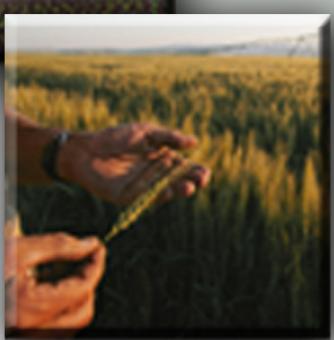
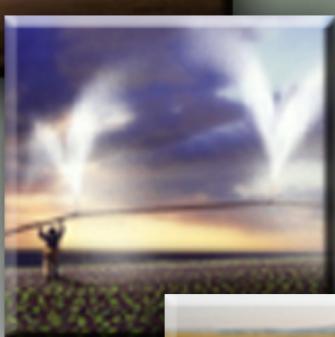




Bureau of
Reclamation

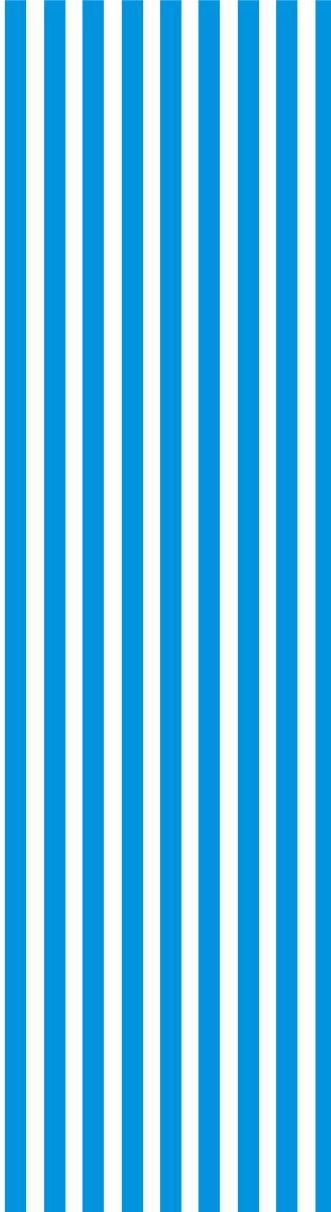
manual de irrigação

Construção de Projetos de Irrigação



**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil

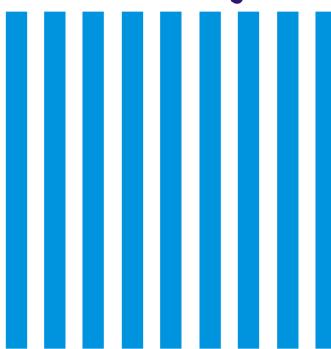




BUREAU OF RECLAMATION
BRASIL



MANUAL DE
IRRIGAÇÃO



Construção de Projetos de Irrigação

BRASÍLIA - DF
2002

Todos os Direitos Reservados

Copyright © 2002 Bureau of Reclamation

Os dados desse Manual estão sendo atualizados por técnicos do Bureau of Reclamation.

Estamos receptivos a sugestões técnicas e possíveis erros encontrados nessa versão. Favor fazer a remessa de suas sugestões para o nosso endereço abaixo, ou se preferir por e-mail.

1ª Edição: Setembro de 1994

2ª Edição: Dezembro de 2002

Meio Eletrônico

Editor:

BUREAU OF RECLAMATION

SGA/Norte - Quadra 601 - Lote I - Sala 410

Edifício Sede da CODEVASF

Brasília - DF

CEP - 70830-901

Fone: (061) 226-8466

226-4536

Fax: 225-9564

E-mail: burec2001@aol.com

Autores

Eric Holler - Engº Mecânico - "Bureau of Reclamation"

James Felix - Engº Civil - "Bureau of Reclamation"

Richard A. Simonds - Engº Civil - Especialista em Tubulação - "Bureau of Reclamation"

Douglas Olson - Engº de Planejamento - "Bureau of Reclamation"

Rod Vissia - Engº de Planejamento - "Bureau of Reclamation"

Peter Hradilek - Engº de Civil - Especialista em Barragens - "Bureau of Reclamation"

Clete Mages - Engº Mecânico - "Bureau of Reclamation"

Edward Gray - Geólogo - "Bureau of Reclamation"

Sherwood Baxter - Engº Elétrico - "Bureau of Reclamation"

Paul Rutch - Engº Civil Especialista em Estações de Bombeamento - "Bureau of Reclamation"

Capítulo 13 - Segurança e Medicina do Trabalho

Firma de Construção Camargo Corrêa

Equipe Técnica do Bureau of Reclamation no Brasil

Catarino Esquivel - Chefe da Equipe

Ricardo Rodrigues Lage - Especialista Administrativo

Evani F. Souza - Assistente Administrativo

Tradutora

Suzanne Sobral - Tradutora Particular

Revisão Técnica

ENGECORP'S (Corpo de Engºs Consultores - Vários Especialistas

CODEVASF / DNOCS - Vários Especialistas

Composição e Diagramação:

Print Laser - Assessoria Editorial Ltda

Ficha Catalográfica:

Construção de Projetos de Irrigação / Eric Holler ... [et al.] . —

Brasília : Bureau of Reclamation, 2002

374 p. : il. (Manual de Irrigação, v.8)

Trabalho elaborado pelo Bureau of Reclamation, do Departamento de Interior dos Estados Unidos, por solicitação do Ministério da Integração Nacional do governo brasileiro.

1. Irrigação - Projeto I. Holler, Eric II. T. Título. III. Série.

CDU 626.83(083.94)

APRESENTAÇÃO

Em maio de 1986, o Banco Mundial aprovou um Contrato de Empréstimo para a elaboração de estudos e projetos de irrigação no Nordeste do Brasil. O Contrato inclui recursos para assistência técnica à Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica e, para isto, foi assinado - em novembro de 1986 - um acordo com o "Bureau of Reclamation", do Departamento do Interior, dos Estados Unidos.

A assistência abrange a revisão de termos de referência, estudos básicos, setoriais e de pré-viabilidade; projetos básicos e executivos; especificações técnicas para construção de projetos de irrigação; critérios, normas e procedimentos de operação e manutenção de projetos de irrigação; apresentação de seminários técnicos; acompanhamento da construção de projetos; formulação de recomendações de políticas relativas ao desenvolvimento da agricultura irrigada.

O trabalho de assistência é realizado por uma equipe residente no Brasil, e por pessoal temporário do Bureau, do Centro de Engenharia e Pesquisa de Denver, Colorado, Estados Unidos. A equipe residente conta com especialistas em planejamento, projetos de irrigação, barragens, hidrologia, sensoriamento remoto e operação e manutenção.

O Bureau vem prestando estes serviços há mais de dezesseis anos. Neste período, obteve um conhecimento bastante amplo sobre a agricultura irrigada, no Brasil. Devido a este conhecimento e à grande experiência do Bureau, em assuntos de irrigação, o Ministério da Integração Nacional, solicitou que fossem elaborados manuais técnicos, para utilização por órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais), entidades privadas ligadas ao desenvolvimento da agricultura irrigada, empresas de consultoria, empreiteiras e técnicos da área de irrigação.

A coleção que ora é entregue a esse público é um dos resultados do Contrato mencionado. Ela é composta dos seguintes Manuais:

- Planejamento Geral de Projetos de Irrigação
- Classificação de Terras para Irrigação
- Avaliação Econômica e Financeira de Projetos de Irrigação
- Operação e Manutenção de Projetos de Irrigação
- Especificações Técnicas Padronizadas
- Standard Technical Specifications
- Avaliação de Pequenas Barragens
- Elaboração de Projetos de Irrigação
- Construção de Projetos de Irrigação

Para sua elaboração contou com o trabalho de uma equipe de engenheiros e especialistas do "Bureau of Reclamation", por solicitação do governo brasileiro.

Construção de Projetos de Irrigação

O objetivo dos Manuais é apresentar procedimentos simples e eficazes para serem utilizados na elaboração, execução, operação e manutenção de projetos de irrigação.

Os anexos 10, 11 e 12 do “Manual de Operação e Manutenção de Projetos de Irrigação” foram redigidos por técnicos do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. O anexo do “Manual de Avaliação de Pequenas Barragens” foi elaborado pelo Grupo de Hidrometeorologia da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, em convênio com o “Institut Français de Recherche Scientifique pour le Developement en Cooperation” - ORSTOM.

Foram publicadas, separadamente, pelo IBAMA / SENIR / PNUD / OMM (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, Secretaria Nacional de Irrigação, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Organização Meteorológica Mundial), as “Diretrizes Ambientais para o Setor de Irrigação”. Estas diretrizes devem ser seguidas em todas as etapas de planejamento, implantação e operação de projetos de irrigação.

O Bureau of Reclamation agradece a gentil colaboração da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) e do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) pela disponibilização de informações sobre Leis e Normas Técnicas Brasileiras.

Sumário

APRESENTAÇÃO	3
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Objetivo do MANUAL	20
1.2 Abrangência	20
2 SUPERVISÃO DA OBRA	22
2.1 Geral	22
2.2 A EMPREITEIRA	22
2.3 O DISTRITO	22
2.4 A FISCALIZAÇÃO	23
2.4.1 Organização	23
2.4.2 Critérios de Seleção e Qualidades Desejáveis	25
2.4.3 Autoridade	25
2.4.4 Obrigações	26
2.4.4.1 Geral	26
2.4.4.2 Andamento e Relatório de Andamento	27
2.4.4.3 Verificação da Qualidade da Obra	28
2.4.4.3.1 Geral	28
2.4.4.3.2 Pessoal de Inspeção	29
2.4.4.3.3 Inspeção	29
2.4.4.3.4 Relatórios de Inspeção	30
2.4.4.3.5 Relatório Diário da Obra (Diário de Obra) ..	34
2.4.4.3.6 Relatórios e Registros dos Ensaios	34
2.4.4.3.7 Arquivo da FISCALIZAÇÃO	35
2.4.4.3.8 Fotografia	36
2.4.4.3.9 Desenhos da Obra "As Built"	37
2.4.4.3.10 Mudanças nas Condições	38
2.4.4.4 Materiais e Equipamento para a Construção Civil	39
2.4.4.5 Inspeções e Ensaios na Fábrica	40
2.4.4.6 Desenhos de Fábrica	40
2.4.4.7 Dados e Desenhos Técnicos Apresentados pela EMPREITEIRA	41
2.4.4.8 Estimativas dos Pagamentos Contratuais	41
2.4.4.9 Atividades Finais	42
2.4.4.9.1 Reunião de Conclusão Pré-Final	42
2.4.4.9.2 Inspeção Pré-Final	43
2.4.4.9.3 Notificação da Data de Conclusão da Obra	44
2.4.4.9.4 Inspeção Final	44
2.4.4.9.5 Transferência do Projeto	44
2.4.4.9.6 Aceitação da Obra	45
2.4.4.9.7 Peças Sobressalentes e Ferramentas	45
2.4.4.9.8 Chaves	45

Construção de Projetos de Irrigação

2.4.4.9.9	Instruções e Manuais de Operação e Manutenção	46
2.4.4.9.10	Garantias	46
2.4.4.9.11	Certificado de Conclusão	46
2.4.4.9.12	Inspeção da Obra Concluída	46
3	QUESTÕES AMBIENTAIS	47
3.1	Objetivo	47
3.2	Abrangência das Questões Ambientais	47
3.3	Uso da Terra e seu Tratamento	48
3.4	Questões Relativas à Qualidade da Água	49
3.5	Questões Relativas à Qualidade do Ar e Outras Questões Associadas	50
3.6	Questões Ambientais Diversas	50
4	TERRAPLENAGEM	52
4.1	Geral	52
4.2	Escavações	52
4.2.1	Classificação das Escavações	52
4.2.2	Desmatamento e Destocamento	52
4.2.3	Levantamento de Controle das Escavações	53
4.2.4	Controle das Águas Subterrâneas	53
4.2.5	Processamento dos Materiais Escavados	54
4.3	Fundações	54
4.3.1	Adequabilidade das Fundações	54
4.3.2	Mudanças das Condições	55
4.3.3	Fundações de Materiais de Primeira Categoria	56
4.3.4	Fundações de Materiais de Segunda e Terceira Categorias	56
4.4	Aterros	57
4.4.1	Geral	57
4.4.2	Aterros Zoneados	57
4.4.3	Construção de Aterros	57
4.4.4	Equipamento de Compactação	58
4.4.5	Operações de Compactação	59
4.4.5.1	Lançamento Inicial do Material	59
4.4.5.2	Materiais sem Coesão	60
4.4.5.3	Zonas Impermeáveis	60
4.4.5.4	Ensaios de Peso Específico Aparente	61
4.4.5.5	Ligações	62
4.4.5.6	Compactação Especial	62
4.4.5.7	Efeitos da Intempéria	62
4.4.6	Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO	63
4.4.7	Distribuição dos Materiais	64
4.5	Reaterro	67
4.5.1	Geral	67
4.5.2	Tipos de Materiais de Reaterro	67
4.5.3	Requisitos de Compacidade	68
4.5.4	Compactação de Reaterros	68
4.6	Proteção com Blocos Rocha- "Riprap"	69
4.6.1	Geral	69
4.6.2	Materiais	69
4.6.3	Lançamento	70
4.6.4	Inspeção	71
5	CONCRETO	72
5.1	Geral	72
5.2	Composição do Concreto	72

5.2.1	Cimento	72
5.2.2	Pozolanas	73
5.2.3	Agregados	73
5.2.4	Água	73
5.2.5	Aditivos	73
5.2.5.1	Aditivos para o Controle da Pega do Concreto	73
5.2.5.2	Agentes Incorporadores de Ar	74
5.2.5.3	Plastificantes	74
5.3	Propriedades do Concreto	74
5.3.1	Resistência	74
5.3.2	Durabilidade	75
5.3.2.1	Intemperismo	75
5.3.2.2	Deterioração Química	75
5.3.2.3	Desgaste	76
5.3.3	Impermeabilidade	76
5.3.4	Mudanças de Volume	77
5.3.5	Trabalhabilidade	77
5.4	Produção de Concreto	77
5.4.1	Processamento do Agregado	77
5.4.1.1	Granulometria da Areia	78
5.4.1.2	Agregados Graúdos	78
5.4.2	Estocagem	78
5.4.3	Peneiramento Final	79
5.4.4	Ensaio e Manuseio dos Componentes	80
5.4.4.1	Agregados	80
5.4.4.2	Cimento	80
5.4.4.3	Água	81
5.4.4.4	Aditivos	81
5.4.5	Dosagem	81
5.4.5.1	Grandes Obras em Concreto	81
5.4.5.2	Obras Médias em Concreto	82
5.4.6	Mistura	83
5.4.6.1	Geral	83
5.4.6.2	Consistência	83
5.4.6.3	Ensaios de Resistência	84
5.4.6.4	Frequência dos Ensaios	84
5.4.6.5	Precauções em Tempo Quente	84
5.5	Preparativos para o Lançamento do Concreto	85
5.5.1	Preparação das Fundações	85
5.5.1.1	Rocha	85
5.5.1.2	Solo	86
5.5.2	Juntas de Construção	86
5.5.3	Outras Juntas	87
5.5.4	Formas para Concreto	87
5.5.4.1	Geral	87
5.5.4.2	Inspeção	88
5.5.4.3	Tirantes e Chumbadores das Fôrmas	89
5.5.4.4	Desfórmã	89
5.5.5	Elementos Embutidos	89
5.5.6	Preparativos Finais antes do Lançamento do Concreto	90
5.6	Lançamento do Concreto	90
5.6.1	Preparativos	90
5.6.2	Transporte do Concreto	90
5.6.3	Procedimentos de Lançamento do Concreto	93
5.6.3.1	Geral	93
5.6.3.2	Adensamento	93

5.6.3.3	Juntas de Vedaçāo	98
5.6.3.4	Lançamento de Concreto em Paredes	98
5.6.3.5	Revestimento de Canais	104
5.7	Terminação do Concreto	106
5.7.1	Acabamento	106
5.7.1.1	Geral	106
5.7.1.2	Tolerâncias	106
5.7.1.3	Inspeção das Operações de Acabamento	106
5.7.2	Cura	106
5.7.2.1	Geral	106
5.7.2.2	Cura com Água	107
5.7.2.3	Cura com Membranas Retentoras	107
5.7.2.4	Precauções em Tempo Quente	108
5.7.3	Reparos de Concreto Defeituoso	108
5.7.3.1	Geral	108
5.7.3.2	Preparativos para Reparos	108
5.7.3.3	Métodos de Reparo	108
5.8	Tipos de Concreto e Métodos de Lançamento Especiais	109
5.8.1	Concreto Leve	109
5.8.2	Concreto de Pregar	111
5.8.3	Concreto com Agregado Pré-Colocado	111
5.8.4	Concreto ou Argamassa de Resina Epóxica	112
5.8.5	Concreto Aparente	112
5.8.6	Concreto Protendido	113
5.8.7	Concreto Projetado	114
5.8.8	Concreto Compactado com Rolo	115
6	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ESPECIAIS	117
6.1	Geral	117
6.2	Tipos de Materiais de Construção Especiais	117
6.2.1	Juntas de Vedaçāo	117
6.2.2	Geomembranas e Geotêxeis	117
6.3	Juntas	118
6.3.1	Função	118
6.3.2	Tipos de Juntas	118
6.3.3	Configurações das Juntas	118
6.3.4	Seleção das Vedações	119
6.4	Juntas de Vedaçāo	119
6.4.1	Aplicações	119
6.4.2	Instalação	124
6.4.3	Controle de Qualidade	124
6.5	Vedador de Compressão	125
6.6	Tiras de Borracha para Juntas	125
6.7	Inspeção de Juntas de Vedaçāo, Vedadores e Tiras	126
6.8	Elastômeros Selantes	126
6.8.1	Geral	126
6.8.2	Tipos de Selantes	126
6.8.2.1	Aplicados a Frio	127
6.8.2.2	Aplicados a Quente	129
6.8.2.3	Outros Selantes	129
6.8.3	Materiais Acessórios	130
6.8.4	Preparo das Juntas	131
6.8.5	Preparo e Aplicação do Selante	131
6.8.5.1	Mistura	131
6.8.5.2	Controle da Temperatura	132
6.8.5.3	Aplicação	132

6.8.6	Inspecção	132
6.8.6.1	Antes da Instalação	132
6.8.6.2	Durante a Instalação	133
6.8.6.3	Depois da Instalação	134
6.9	Geomembranas e Geotêxteis	135
6.9.1	Geomembranas	135
6.9.1.1	Objetivo e Função	135
6.9.1.2	Tipos de Geomembrana	135
6.9.2	Geotêxteis	136
6.9.2.1	Objetivo e Função	136
6.9.3	Armazenamento e Manuseio dos Materiais	138
6.9.3.1	Aceitação	138
6.9.3.2	Armazenamento	138
6.9.3.3	Manuseio	138
6.9.3.4	Reparos	138
6.9.4	Instalação de Revestimentos de Canais	138
6.9.4.1	Escavação	138
6.9.4.2	Preparação da Sub-Base	139
6.9.4.3	Colocação do Revestimento	139
6.9.4.4	Cobertura Protetora de Solo	140
6.9.5	Instalação de Revestimentos de Reservatórios	140
6.9.5.1	Escavação	140
6.9.5.2	Preparação da Sub-Base	140
6.9.5.3	Colocação do Revestimento	141
6.9.5.4	Cobertura Protetora de Solo	142
6.9.6	Instalação dos Geotêxteis	142
6.9.7	Inspecção e Teste	142
7	TUBULAÇÕES	145
7.1	Introdução	145
7.2	Tipos de Tubos e sua Classificação	145
7.2.1	Geral	145
7.2.2	Tipos de Tubos	146
7.2.2.1	Tubos de Concreto	146
7.2.2.2	Tubos de Fibrocimento	146
7.2.2.3	Tubos de PVC	146
7.2.2.4	Tubos de Aço	147
7.2.2.5	Tubos de Ferro Dúctil	147
7.2.3	Classificação dos Tubos	147
7.2.3.1	Geral	147
7.2.3.2	Tubos Rígidos	147
7.2.3.3	Tubos Flexíveis	147
7.3	Preparativos	148
7.3.1	Geral	148
7.3.2	Desenhos	148
7.3.2.1	Desenhos de Leiaute	148
7.3.2.2	Desenhos das Plantas e Perfis	148
7.3.3	Inspecção dos Tubos	149
7.3.4	Descarregamento dos Tubos	149
7.3.5	Armazenamento dos Tubos	150
7.3.6	Armazenamento de Outros Materiais	150
7.4	Escavação	150
7.4.1	Geral	150
7.4.2	Equipamentos de Escavação	152
7.4.3	Linhas e Cotas	152
7.4.4	Material Escavado	152

7.4.5	Linhas dos Serviços Públicos	152
7.4.6	Estabilização das Valas	153
7.4.7	Cronograma da Escavação	153
7.4.8	Controle das Águas	153
7.5	Solo de Assentamento	154
7.5.1	Geral	154
7.5.2	Tubos Rígidos	155
7.5.3	Tubos Flexíveis	155
7.5.4	Resumo	155
7.6	Instalação dos Tubos	157
7.6.1	Geral	157
7.6.2	Manuseio dos Tubos	157
7.6.3	Montagem dos Tubos	157
7.6.3.1	Geral	157
7.6.3.2	Juntas Soldadas	157
7.6.3.3	Juntas Elásticas	157
7.7	Reaterro dos Tubos	159
7.8	Ensaios de Densidade	159
7.9	Acessórios e Peças Especiais	159
7.10	Juntas Elásticas	160
7.11	Ventosas	160
7.12	Blocos de Ancoragem	162
7.13	Proteção Catódica	162
7.14	Enchimento e Teste	162
8	SOLO-CIMENTO	164
8.1	Geral	164
8.2	Usos do Solo-Cimento	164
8.3	Critérios de Projeto	164
8.3.1	Solo	164
8.3.2	Teor de Umidade	165
8.3.3	Prazos entre a Preparação e a Compactação	165
8.3.4	Lançamento	165
8.3.5	Ligações das Superfícies	166
8.4	Uniformidade e Teor de Umidade dos Solos	166
8.4.1	Solos de Áreas de Empréstimo	166
8.4.2	Uniformidade	166
8.4.3	Teor de Umidade	166
8.5	Dosagem e Mistura do Solo-Cimento	169
8.5.1	Finalidade da Central Dosadora e de Mistura	169
8.5.2	Componentes da Central Dosadora e de Mistura	169
8.6	Calibração da Central Dosadora	169
8.6.1	Objetivo	169
8.6.2	Função da FISCALIZAÇÃO	170
8.6.3	Taxa de Alimentação de Solo Seco	170
8.6.4	Taxa de Alimentação de Cimento	170
8.6.5	Taxa de Alimentação de Água	170
8.6.6	Recheigagem da Taxa de Alimentação de Solo e do Teor de Cimento	171
8.7	Monitoramento das Pilhas de Estoque e da Dosagem e Mistura	171
8.7.1	Áreas de Empréstimo e Depósitos	171
8.7.2	Dosagem e Mistura	171
8.8	Preparo das Fundações	172
8.8.1	Alinhamentos e Cotas	172
8.8.2	Compactação	173
8.8.3	Umidade	173

8.9	Transporte do Solo-Cimento	173
8.9.1	Equipamento	173
8.9.2	Operadores.....	173
8.9.3	Rampas	173
8.10	Colocação	174
8.10.1	Equipamento	174
8.10.2	Métodos	174
8.10.3	Preparo da Superfície	175
8.10.4	Controles	175
8.11	Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Preparação das Fundações e o Transporte e o Lançamento do Solo-Cimento	176
8.11.1	Preparo das Fundações	176
8.11.2	Transporte	176
8.11.3	Colocação	177
8.12	Compactação	177
8.12.1	Geral	177
8.12.2	Equipamentos	177
8.12.3	Fatores de Controle da Construção	178
8.12.4	Teste de Controle da Inspeção	179
8.13	Cura	180
8.14	Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Compactação e a Cura	181
8.14.1	Compactação	181
8.14.2	Cura	181
8.15	Extração de Testemunhos	181
8.15.1	Objetivo da Extração de Testemunhos	182
8.15.2	Pontos de Referência	182
8.15.3	Papel da FISCALIZAÇÃO	182
8.16	Relatórios Diários	182
8.16.1	Importância	182
8.16.2	Relatório de Lançamento	182
8.16.3	Relatórios da Central Dosadora e Misturadora	183
8.16.4	Relatórios de Laboratório	184
8.17	Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Extração de Testemunhos e a Elaboração de Relatórios	184
8.17.1	Extração de Testemunhos	184
8.17.2	Relatórios	184
8.17.3	Central Dosadora e Misturadora	184
9	INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO MECÂNICO	186
9.1	Geral	186
9.2	Ferramentas e Técnicas de Inspeção	186
9.3	Limpeza do Aço Inoxidável	188
9.3.1	Pré-Limpeza	188
9.3.2	Remoção de Escamas	188
9.3.3	Solda	189
9.3.4	Limpeza Final	189
9.3.5	Condição Passiva	189
9.4	Preparação para Receber Materiais e Equipamentos	189
9.5	Inspeção de Equipamentos e Materiais	190
9.6	Inspeção de Soldas	190
9.6.1	Geral	190
9.6.2	Problemas Mais Freqüentes	191
9.6.3	Preparação	191
9.6.4	Execução	191
9.6.5	Ensaios	192
	9.6.5.1 Líquido Penetrante	192

	9.6.5.2	Partículas Magnéticas	192
	9.6.5.3	Radiográficos	192
	9.6.5.4	Ultra-Som	192
9.7		Peças Fixas Embutidas	193
	9.7.1	Geral	193
	9.7.2	Soldas	193
	9.7.3	Preparo da Superfície	193
	9.7.4	Posicionamento	193
	9.7.5	Chumbadores	193
	9.7.6	Testes de Pressão	194
	9.7.7	Problemas Especiais	194
	9.7.7.1	Bordaduras Metálicas	194
	9.7.7.2	"Inserts" Metálicos	194
	9.7.7.3	Chumbadores	194
	9.7.7.4	Tubulação de Drenagem	194
	9.7.7.5	Tubos de Passagem	195
9.8		Tubulações de Sucção das Bombas, de Descarga e dos Barriletes	195
9.9		Pontes-Rolantes	195
	9.9.1	Recebimento	195
	9.9.2	Armazenamento	195
	9.9.3	Instalação	196
	9.9.4	Funcionamento Inicial	196
9.10		Comportas e Válvulas	197
	9.10.1	Geral	197
	9.10.2	Sistemas Hidráulicos de Controle	197
	9.10.3	Chave Limite	198
9.11		Comportas Deslizantes	198
	9.11.1	Geral	198
	9.11.2	Sedes e Guias da Comporta	198
	9.11.3	Inspeção de Sedes e Guias das Comportas	198
9.12		Comportas Segmento e Comportas Automáticas com Controle à Jusante	199
9.13		Procedimentos de Inspeção de Comportas	199
9.14		Vedações de Borracha para Comportas	200
9.15		Válvulas	200
9.16		Conjuntos Moto-Bomba	201
	9.16.1	Recepção	201
	9.16.2	Armazenamento	201
	9.16.3	Instalação e Treinamento	201
9.17		Equipamento Auxiliar	202
	9.17.1	Geral	202
	9.17.2	Nivelamento	202
	9.17.3	Fixação com Argamassa	202
	9.17.4	Acoplamentos	203
	9.17.5	Alinhamento	203
	9.17.6	Lubrificação	203
	9.17.7	Pinos-Guia	203
9.18		Conjuntos Motor-Gerador	203
	9.18.1	Geral	203
	9.18.2	Motor	204
	9.18.3	Gerador	204
	9.18.4	Chave de Transferência	204
9.19		Tubulação de Pressão	204
	9.19.1	Geral	204
	9.19.2	Limpeza	204
	9.19.3	Oleodutos	204
	9.19.4	Conexões Soldadas	204

9.19.5	Conexões Roscadas	205
9.19.6	Conexões Flangeadas	205
9.19.7	Juntas Elásticas	205
9.19.8	Juntas Flexíveis	205
9.19.9	Tubulações Galvanizadas	205
9.19.10	Instalação	206
9.19.11	Inspeção	206
9.19.12	Testes	206
9.20	Tanques de Pressão	206
9.21	Equipamento de Ventilação	207
9.22	Lubrificação	207
9.23	Procedimentos para os Testes	208
10	INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO	209
10.1	Introdução	209
10.2	Normas de Fabricação	209
10.3	Condutores Elétricos	210
10.3.1	Condutores Não-Isolados	210
10.3.2	Condutores Isolados	210
10.3.3	Instalações	210
10.3.3.1	Terminações	212
10.3.3.2	Emendas	212
10.4	Conduítes	212
10.4.1	Instalação	213
10.4.2	Sistemas/Designações	213
10.4.3	FISCALIZAÇÃO	214
10.5	Sistema de Aterramento	214
10.5.1	Instalação	215
10.5.2	Teste do Sistema de Aterramento	215
10.6	Desenhos e Símbolos	215
10.6.1	Designação do Equipamento	216
10.6.2	Designação dos Dispositivos	216
10.6.3	Tipos de Desenho da Parte Elétrica	216
10.7	Documentação	217
10.8	Segurança	218
10.8.1	Aspectos Gerais	218
10.8.2	Procedimentos de Verificação das Condições de Segurança e Autorização de Trabalho em Equipamento Elétrico ou Áreas de Alto Perigo	218
10.9	Testes Elétricos e Vistoria do Equipamento	220
10.9.1	Aspectos Gerais	220
10.9.2	Inspeção Física Inicial	220
10.9.3	Circuitos e Equipamento de Controle	221
10.9.3.1	Vistoria Preliminar	221
10.9.3.2	Vistoria da Fiação	221
10.9.3.3	Testes Funcionais/Operacionais	222
10.9.3.4	Vistoria dos Subsistemas	222
10.9.3.5	Procedimentos de Teste	223
10.9.4	Estações Elétricas de Manobra/Subestações	223
10.9.4.1	Chaves Seccionadoras de Alta Tensão	223
10.9.4.2	Chaves Interruptoras SF6	225
10.9.4.3	Barramentos	226
10.9.4.4	Estruturas de Suportes de Aço	228
10.9.4.5	Disjuntores	228
10.9.4.6	Terminações dos Cabos de Alta Tensão	232
10.9.4.7	Transformadores	232

10.9.4.8	Transformadores de Corrente e de Potencial	233
10.9.4.9	Pára-Raios Contra Surtos de Sobretensão	233
10.9.4.10	Sistemas de Aterramento	234
10.10	Sistemas de Adução de Água	234
10.10.1	Aspectos Gerais	234
10.10.2	Comportas	235
10.10.2.1	Aspectos Gerais	235
10.10.2.2	Pontos-Chave na Inspeção	235
10.10.3	Controle de Válvulas	235
10.10.3.1	Aspectos Gerais	235
10.10.3.2	Diretrizes de Inspeção	235
10.10.4	Equipamento de Instrumentação e de Controle	236
10.10.4.1	Aspectos Gerais	236
10.10.4.2	Diretrizes de Inspeção	236
10.10.5	Cabos Enterrados - Pontos-Chave na Inspeção	237
10.11	Estações de Bombeamento	237
10.11.1	Tipos de Estação de Bombeamento	237
10.11.2	Barramentos e Cabos	238
10.11.3	Equipamento de Controle dos Motores	238
10.11.3.1	Aspectos Gerais	238
10.11.3.2	Características do Controle dos Motores	239
10.11.3.3	Diretrizes de Inspeção	239
10.11.4	Transformadores para Instrumentos	240
10.11.5	Proteção contra Sobretensões	240
10.11.6	Instrumentação	240
10.11.7	Equipamentos Auxiliares da Estação de Bombeamento	241
10.11.7.1	Sistemas de Resfriamento de Água, Compressor de Ar, Lubrificação e Bomba de Poço	241
10.11.7.2	Sistemas de Baterias, Carregamento e Distribuição de Corrente Contínua	241
10.11.7.3	Sistemas de Serviço da Estação de Bombeamento	242
10.11.7.4	Guindastes	243
10.11.7.5	Geradores de Emergência	243
10.11.8	Sistemas de Controle, Instrumentação e Proteção	244
10.11.8.1	Aspectos Gerais	244
10.11.8.2	Controle	244
10.11.8.3	Instrumentação	245
10.11.8.4	Proteção	255
10.12	Edificações	257
10.12.1	Especificações das Edificações	257
10.12.2	Características Elétricas Especiais	257
10.12.3	Aquecimento, Ventilação e Condicionamento de Ar	258
10.12.4	Elevadores	258
10.12.5	Comunicações	259
10.12.6	Sistemas de Segurança	259
11	TINTAS E REVESTIMENTOS DE PROTEÇÃO	260
11.1	Geral	260
11.2	Tintas e Materiais de Pintura	260
11.2.1	Os Quatro Principais Grupos de Revestimentos	260
11.2.1.1	Revestimentos Pigmentados	260
11.2.1.2	Revestimentos Transparentes	261
11.2.1.3	Revestimentos Betuminosos	261
11.2.1.4	Outros Tipos de Revestimento	262
11.2.2	Materiais de Pintura Acessórios	262
11.2.3	Sistemas Mais Comuns de Pintura e Revestimento	262

11.3	Aprovação	263
11.3.1	Especificações	263
11.3.2	Aprovação e Certificação	263
11.4	Segurança	263
11.4.1	Geral	263
11.4.2	Operações de Pintura	263
11.4.3	Preparo da Superfície	264
11.5	Ferramentas para a Inspeção da Pintura	265
11.5.1	Geral	265
11.5.2	Mensuração da Temperatura e da Umidade	265
11.5.2.1	Mensuração da Temperatura do Ar	265
11.5.2.2	Mensuração da Temperatura da Superfície	265
11.5.2.3	Mensuração da Umidade	266
11.5.3	Mensuração do Perfil das Superfícies, da Viscosidade e das Espessuras da Película Úmida e da Película Seca	266
11.5.3.1	Mensuração do Perfil das Superfícies	266
11.5.3.2	Mensuração da Viscosidade	266
11.5.3.3	Mensuração da Espessura de Película Úmida	267
11.5.3.4	Mensuração da Espessura da Película Seca	267
11.5.4	Detecção de "Feriados"	268
11.5.5	Teste de Penetração	268
11.6	Preparo da Superfície	268
11.7	Armazenamento e Mistura das Tintas	269
11.7.1	Armazenamento	269
11.7.2	Mistura das Tintas	269
11.8	Aplicação	269
11.9	Demão de Base, Demões Intermediárias e Última Demão	270
11.9.1	Geral	270
11.9.2	Demão de Base	270
11.9.3	Demões Intermediárias e Última Demão	271
11.10	Revestimentos de Desempenho Superior	272
11.10.1	Geral	272
11.10.2	Sistemas de Revestimentos com Resina Vinílica VR-3/VR-6	272
11.10.3	Sistemas de Revestimentos com Esmalte Coaltar	273
11.10.4	Epóxi Coaltar	274
11.10.5	Revestimento de Zinco (Galvanização) Sobre Produtos de Aço	274
11.10.5.1	Reparos com Liga à Base de Zinco	275
11.10.5.2	Reparos com Tintas com Alto Teor de Zinco	275
11.10.5.3	Reparos com Spray de Zinco (Metalização)	275
11.10.6	Revestimento com Epóxi para Sistemas de Água Potável e Água Não-Potável	276
11.10.7	Revestimento com Epóxi de Fusão	276
11.10.8	Revestimentos com Epóxi de Alto Teor e de 100% de Sólidos	276
11.10.9	Poliuretanos	277
11.11	Proteção e Revestimentos Catódicos	277
11.11.1	Geral	277
11.11.2	Proteção Catódica	277
11.11.3	Proteção Catódica e Revestimentos	277
12	DESMONTE POR EXPLOSIVOS	278
12.1	Geral	278
12.1.1	Partes de uma Carga de Explosivo	278
12.1.2	Propriedades dos Explosivos	279
12.1.3	Tipos de Produtos para Desmonte por Explosivo	279
12.1.3.1	Explosivos à Base de Nitroglicerina	280
12.1.3.2	Produtos à Base de Nitrato de Amônia	280

12.1.3.3	Lamas ("Slurries") e Géis	280
12.1.3.4	Outros Produtos	281
12.1.4	Escorvas	281
12.1.5	Reforçadores ("Boosters")	281
12.1.6	Sistemas de Iniciação	281
12.1.6.1	Sistemas de Iniciação Elétricos	281
12.1.6.2	Outros Sistemas de Iniciação	283
12.1.7	Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO	284
12.2	Transporte, Armazenamento e Manuseio de Explosivos	284
12.2.1	Geral	284
12.2.2	Transporte até o Canteiro de Obras	284
12.2.2.1	Normas Relativas aos Veículos	286
12.2.2.2	Carregamento e Fixação de Produtos Explosivos	286
12.2.2.3	Operação do Veículo	287
12.2.3	Armazenamento de Produtos Explosivos	287
12.2.3.1	Construção do Paiol	287
12.2.3.2	Localização do Paiol	288
12.2.3.3	Barricadas	288
12.2.3.4	Armazenamento de Produtos Explosivos	288
12.2.4	Manuseio de Produtos Explosivos	289
12.3	Seleção do Produto Explosivo	290
12.3.1	Geral	290
12.3.2	Fatores que Influenciam a Escolha dos Produtos Explosivos	290
12.3.2.1	Custo do Produto Explosivo	290
12.3.2.2	Diâmetro da Carga	291
12.3.2.3	Custo da Perfuração	291
12.3.2.4	Dificuldades de Fragmentação	291
12.3.2.5	Condições de Umidade	291
12.3.2.6	Indução	292
12.3.2.7	Armazenamento	292
12.3.2.8	Sensibilidade	292
12.4	Interpretação dos Planos de Fogo	292
12.4.1	Geral	292
12.4.2	Terminologia	292
12.4.3	Fatores que Afetam os Projetos de Desmonte	293
12.4.3.1	Determinação das Propriedades das Massas Rochosas	294
12.4.3.2	Densidade e Dureza da Rocha	295
12.4.3.3	Vazios e Zonas de Fraqueza	295
12.4.3.4	Fraturamento	295
12.4.3.5	Acamamento	295
12.4.4	Variáveis no Projeto de Desmonte	296
12.4.4.1	Geral	296
12.4.4.2	Diâmetro do Furo	296
12.4.4.3	Profundidade do Furo	297
12.4.4.4	Afastamento	298
12.4.4.5	Espaçamento do Furo	298
12.4.4.6	Tampão	299
12.4.4.7	Sobreperfuração	299
12.4.4.8	Explosão Retardada	299
12.4.4.9	Desmonte Secundário (Fogacho)	300
12.4.4.10	Razão de Carregamento ou Carga Específica	300
12.4.5	Técnicas de Fogo Controlado	301
12.4.5.1	Pré-Fissuramento	301
12.4.5.2	Fogo Cuidadoso ("Smooth Blasting")	301
12.4.5.3	Perfuração em Linha ("Line Drilling")	302

12.4.5.4	Fogo Amortecido (“Cushion Blasting”)	302
12.4.6	Implicações dos Planos de Fogo Deficientes	303
12.4.6.1	Ultra-Lançamentos de Rocha	303
12.4.6.2	Vibração do Terreno	304
12.4.6.3	Sopro de Ar	305
12.4.6.4	Poeira e Gases Tóxicos	305
12.4.7	Revisão do Plano de Fogo	306
12.4.7.1	Malha de Perfuração	306
12.4.7.2	Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO	306
12.5	Controle do Desmonte por Explosivos	308
12.6	Leiaute e Perfurações	308
12.6.1	Geral	308
12.6.2	Leiaute do Local do Fogo	309
12.6.3	Problemas de Perfuração	309
12.6.4	Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO	309
12.6.4.1	Leiaute	309
12.6.4.2	Perfuração	309
12.7	Escorvamento e Iniciação	310
12.7.1	Geral	310
12.7.2	Sistemas de Iniciação	310
12.7.2.1	Componentes de um Sistema de Iniciação	310
12.7.2.2	Escorvas	310
12.7.2.3	Colocação das Escorvas	311
12.7.2.4	Escorvas Múltiplas	311
12.7.3	Tipos de Sistema de Iniciação	312
12.7.3.1	Sistemas de Iniciação Elétricos	312
12.7.3.2	Sistemas de Iniciação Não-Elétricos	315
12.8	Carregamento dos Furos e Detonação das Cargas	316
12.8.1	Carregamento	316
12.8.1.1	Verificação dos Furos	316
12.8.1.2	Verificação da Profundidade Correta	317
12.8.1.3	Verificação da Presença de Água	317
12.8.1.4	Verificação de Obstruções	317
12.8.1.5	Verificação de Vazios	317
12.8.1.6	Verificação de Furos Quentes	318
12.8.1.7	Procedimentos de Carregamento	318
12.8.2	Detonação da Carga	320
12.8.2.1	Segurança Antes da Detonação	320
12.8.2.2	Evacuação da Área de Detonação	320
12.8.2.3	Sinais Utilizados nas Detonações	320
12.8.2.4	Responsabilidades do Cabo de Fogo	320
12.8.3	Segurança Após a Detonação	321
12.8.3.1	Períodos de Espera	321
12.8.3.2	Retorno ao Local da Detonação	321
12.8.3.3	Destrução das Negas	321
12.8.3.4	Destrução de Material Deteriorado ou Danificado	322
12.8.3.5	Inspeção e Documentação Após o Fogo	322
13	PLANO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO1	323
13.1	Objetivo	323
13.2	Normas Legais	324
13.3	Segurança e Medicina do Trabalho na Camargo Corrêa	325
13.4	Enquadramento das Atividades e Dimensionamento de Pessoal	325
13.5	Atribuições e Responsabilidades	325
13.5.1	Engenheiro de Segurança do Trabalho	325
13.5.2	Médico do Trabalho	327

13.6	13.5.3 Técnico de Segurança do Trabalho	327
	Treinamento Introdutório	328
	13.6.1 Integração	328
	13.6.2 Desenvolvimento do Trabalho	328
13.7	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA	328
13.8	DDS - Diálogo Diário de Segurança	329
	13.8.1 Operacionalização	330
13.9	Inspeção de Segurança do Trabalho	331
13.10	APT - Análise Prevencionista de Tarefa	332
13.11	Comunicação e Registro de Acidentes	335
13.12	Investigação de Acidentes	335
13.13	Prevenção e Combate a Incêndio	337
	13.13.1 Classificação dos Incêndios	337
	13.13.2 Causas Frequentes de Incêndio	338
	13.13.3 Agentes Extintores	338
	13.13.4 Equipamentos de Combate a Fogo	339
	13.13.4.1 Extintores	339
	13.13.4.2 Rede Hidráulica com Hidrantes	339
	13.13.4.3 Proporcionador de Espuma	340
	13.13.4.3.1 Carros-Tanque	341
	13.13.4.4 Bomba de Alta Pressão	341
13.14	Procedimentos de Segurança em Trabalhos com Cilindro e Acetileno e Oxicorte	341
	13.14.1 Recomendações no Manuseio de Conjunto de Oxiacetileno	341
	13.14.2 Causas de Incêndios em Cilindros de Acetileno	342
	13.14.2.1 Cilindros de Acetileno Podem Pegar Fogo	342
	13.14.2.2 Fogo no Cilindro de Acetileno	342
	13.14.3 Precauções com Relação às Situações de Incêndio Involvendo Cilindros de Acetileno	343
	13.14.3.1 Remoção de Cilindros de Acetileno em Chamas	344
	13.14.3.2 Presença de Cilindros de Acetileno em Grandes Incêndios	345
	13.14.4 Medidas Especiais em Corte e Solda de Recipientes	345
	13.14.4.1 Introdução	345
	13.14.4.2 Objetivo	345
	13.14.4.3 Geral	345
	13.14.4.4 Preparação do Recipiente para a Limpeza	346
	13.14.4.4.1 Método de Limpeza com Água	347
	13.14.4.4.2 Método de Limpeza com Solução Química Quente	347
	13.14.4.4.3 Método de Limpeza a Vapor	348
	13.14.4.5 Identificação dos Recipientes Limpos e Seguros	349
	13.14.4.6 Preparação do Recipiente Limpo para a Soldagem ou Corte	349
	13.14.4.6.1 Sistema de Água	349
	13.14.4.6.2 Sistema do Gás Inerte	349
	13.14.4.7 Soldagem ou Corte em Recipientes que Armazenaram Combustíveis	351
13.15	Normas de Segurança em Trabalhos com Eletricidade	352
	13.15.1 Proteção	352
	13.15.2 Medidas Especiais de Segurança para Trabalhos em Eletricidade	354
	13.15.3 Efeitos do Choque Elétrico em Pessoas Adultas	355
13.16	Normas de Segurança Viária	355
	13.16.1 Velocidade Dentro do Canteiro de Obras	356
	13.16.2 Sinalização Viária	356
	13.16.3 Estacionamento	356

13.16.4 Transporte de Pessoal	356
13.16.5 Transporte de Carga	356
13.17 Trabalhos de Escavação	357
13.17.1 Escavação a Céu Aberto	357
13.17.2 Escavação Subterrânea	357
13.18 Normas de Segurança para Construção e Trabalhos em Andaimes e Passarelas	358
13.18.1 Construção em Andaimes	358
13.18.2 Condições para Andaimes Suspensos	360
13.18.2.1 Condições para Andaimes Suspensos Mecânicos Pesados	360
13.18.2.2 Condições para Andaimes Suspensos Mecânicos Leves	361
13.18.3 Condições para Andaimes Fixos	361
13.18.4 Construção de Passarelas	362
13.18.5 Medidas Especiais de Segurança em Andaimes	362
13.19 Normas de Segurança para Fabricação e Colocação de Escadas	363
13.19.1 Escadas de Mão Portáteis, Simples e Extensíveis (de Apoiar)	363
13.19.2 Escadas de Mão Portáteis de Abrir (Duplas)	364
13.19.3 Escadas Fixas, Tipo Marinheiro	364
13.19.4 Escadas Fixas Provisórias, Tipo Escadaria	364
13.19.5 Escadas Especiais	365
13.20 Proteção nos Vãos Livres	365
13.21 Normas de Segurança para Uso de Explosivos	365
13.21.1 Considerações Gerais	365
13.21.2 Construção dos Depósitos	366
13.21.3 Transporte	368
13.21.4 Armazenamento	369
13.22 Equipamentos de Proteção Individual	369
13.22.1 Disposições Gerais	369
13.22.2 Obrigações do Empregador	370
13.22.3 Obrigações dos Empregados	371
13.22.4 Obrigações do Fabricante	371
13.22.5 Tipos e Usos de EPI	371
13.22.6 Emissão de Especificações	372
13.22.7 Aplicação dos Equipamentos de Proteção Individual	372



INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo do MANUAL

O objetivo deste MANUAL é apresentar diretrizes básicas, sob forma de critérios, que devem ser adotadas no desenvolvimento de projetos de irrigação no Brasil.

A necessidade de critérios no acompanhamento de construções já é reconhecida há muitos anos. Em 1932, J.P. Justin escrevia: “An entirely safe and substantial design may be entirely ruined by careless and shoddy execution, and the failure of the structure may very possibly be the result. Careful attention to the details of construction is, therefore, fully as important as the investigation and design.” (“Um projeto executivo substancial e seguro pode ser totalmente destruído por uma execução descuidada e de qualidade inferior, e o resultado poderá ser a falha da estrutura. Uma atenção minuciosa à construção é, portanto, tão importante quanto a investigação e a elaboração do projeto.”)

A finalidade deste MANUAL não é apresentar discussões técnicas detalhadas ou análises de questões técnicas; ao invés disso, o MANUAL pretende fornecer diretrizes e critérios que auxiliem os engenheiros na supervisão e na inspeção da implementação dos projetos de irrigação.

O “Bureau of Reclamation” tem mais de 100 anos de experiência em planejamento, elaboração de projetos executivos, construção e operação de projetos de irrigação no oeste dos Estados Unidos, assim como em outros países, inclusive no Brasil. A finalidade deste MANUAL é transformar essa experiência em diretrizes.

Na medida do possível, o MANUAL foi desenvolvido para as condições e os métodos que prevalecem no Brasil. Com isso, pretende-se maximizar sua utilidade para projetos de irrigação a serem implementados no país. Os critérios constantes das normas brasileiras da ABNT e das diretrizes dos órgãos governamentais brasileiros foram incorporados, da melhor maneira possível, aos critérios do “Bureau of Reclamation”.

1.2 Abrangência

São apresentadas diretrizes para as obras de construção civil e para o fornecimento e a instalação dos principais equipamentos mecânicos e elétricos e da tubulação.

As diretrizes referem-se a três entidades distintas que fazem parte da fase de construção do projeto: a EMPREITEIRA, a FISCALIZAÇÃO e o CONTRATANTE.

O CONTRATANTE é a entidade para quem a obra está sendo realizada. Para os propósitos deste MANUAL, usar-se-á o termo CONTRATANTE, denominação utilizada nas especificações.

A FISCALIZAÇÃO é o Engenheiro Residente do projeto, que representa o CONTRATANTE, ou uma firma de Consultoria em Engenharia (Consultor), que faz a supervisão da

obra, juntamente com o Engenheiro Residente. Em ambos os casos, a autoridade e a responsabilidade finais serão do Engenheiro Residente, conforme delegação do CONTRATANTE. Normalmente, FISCALIZAÇÃO refere-se a ambos - o Engenheiro Residente e o Consultor, salvo em determinadas circunstâncias. Nesses casos, a diferenciação entre um e outro consistirá em colocar a palavra "Consultor" entre parênteses, após a palavra FISCALIZAÇÃO, quando se tratar do Consultor.

A EMPREITEIRA é a firma a quem foi adjudicado o contrato legal com o CONTRATANTE. Poderá ser uma empresa de construção civil, uma firma que forneça o equipamento eletromecânico e/ou uma que realize o trabalho de instalação do equipamento. É comum haver várias empreiteiras trabalhando simultaneamente num canteiro de obras. No MANUAL, serão coletivamente denominadas de EMPREITEIRA.

Outro termo utilizado é DISTRITO, que é a entidade que aceitará o projeto, após sua finalização, para seu próprio uso e benefício. Em geral, é um grupo organizado composto de usuários de água (distrito de irrigação). O DISTRITO é responsável pela operação e manutenção do projeto.

Este MANUAL fornece diretrizes à FISCALIZAÇÃO, de modo a garantir que o trabalho seja efetuado de acordo com o projeto executivo, as especificações e os contratos de construção e de fornecimento de equipamento. Também pode ser utilizado na elaboração de termos de referência para os consultores a serem encarregados da supervisão da obra pelo CONTRATANTE. Inclui diretrizes a respeito de:

- Supervisão da Obra;
- Questões Ambientais;
- Terraplenagem;
- Concreto;
- Materiais de Construção Especiais;
- Tubulações;
- Solo-cimento;
- Instalação de Equipamento Mecânico;
- Instalação de Equipamento Elétrico;
- Tintas e Revestimentos de Proteção;
- Desmonte por Explosivos;
- Plano de Segurança e Medicina do Trabalho.

Este último assunto, o Capítulo 13 (Plano de Segurança e Medicina do Trabalho) é um manual completo elaborado pela firma Camargo Corrêa, que gentilmente o cedeu para que fosse publicado como um capítulo deste MANUAL. Encontra-se, portanto, como originariamente feito, e serve apenas como exemplo, já que é específico para a empresa que o elaborou.



SUPERVISÃO DA OBRA

2.1 Geral

Este capítulo define os termos EMPREITEIRA, DISTRITO e FISCALIZAÇÃO e explica os respectivos papéis a serem desempenhados na execução e na implementação das atividades dos projetos de irrigação. Enfatiza o papel da FISCALIZAÇÃO e suas responsabilidades na proteção dos interesses do CONTRATANTE, assim como assegura a conclusão da OBRA, de maneira segura, oportuna e com êxito.

2.2 A EMPREITEIRA

A EMPREITEIRA é definida como o indivíduo, a firma ou a empresa que executa a obra e/ou os serviços, de acordo com os termos do contrato, diretamente ou através dos seus agentes ou funcionários. Poderá ser um indivíduo ou uma empresa que concorda em cumprir com os requisitos do contrato em troca de uma determinada remuneração.

O papel da EMPREITEIRA será:

- Executar o projeto de acordo com os desenhos e as especificações apresentados pelo CONTRATANTE e/ou fornecer ou instalar o equipamento conforme especificado pelo CONTRATANTE;
- Responsabilizar-se pela notificação de deficiências em projetos executivos, desenhos e/ou especificações;
- Responsabilizar-se pela organização do seu pessoal, do seu equipamento e do das subempreiteiras, de modo a executar a obra conforme especificado;
- Ter seu próprio programa de inspeções. Deverá estar completamente familiarizada com o programa de inspeção da FISCALIZAÇÃO e coordenar seu programa, de modo que esteja em consonância com o da FISCALIZAÇÃO;
- Manter comunicação e coordenação estreitas com a FISCALIZAÇÃO durante todas as fases da obra, a fim de garantir que a obra esteja sendo executada segundo as especificações, assim como todas as seções administrativas do contrato estejam sendo claramente compreendidas e obedecidas. (Qualquer mudança na obra será coordenada e aprovada previamente pela FISCALIZAÇÃO.)
- Responsabilizar-se pela coordenação do trabalho das suas subempreiteiras e, de acordo com os termos do contrato, ser responsável pela qualidade do trabalho por elas executado.

2.3 O DISTRITO

O DISTRITO (distrito de irrigação) é o grupo de irrigantes organizados com a finalidade de operar, manter e gerir o projeto após seu término e subsequente emancipação. O DISTRITO também é responsável pelo pagamento dos custos de operação e manutenção e pelo resarcimento, ao CONTRATANTE, dos custos de investimento do projeto. O DISTRITO assinará um contrato com o CONTRATANTE responsável pelo planejamento, pela elaboração do projeto e pela sua implementação. O contrato entre o DISTRITO e o CON-

TRATANTE define as responsabilidades de ambas as partes após a emancipação do projeto.

No caso de um distrito já existente, seu papel durante a implementação do projeto será:

- Coordenar as ações e se comunicar com a FISCALIZAÇÃO, de modo a se manter a par da implementação do projeto. Não deverá comunicar-se diretamente com a EMPREITEIRA, devendo fazê-lo por intermédio da FISCALIZAÇÃO.
- Participar das inspeções do projeto, caso assim o deseje, mas fazê-lo apenas mediante convite da FISCALIZAÇÃO e sob coordenação desta.
- Acompanhar, através do gerente de operações e manutenção do projeto, o processo de implementação do projeto, familiarizar-se com suas características e equipamento e receber as informações pertinentes da FISCALIZAÇÃO.
- Ter participação efetiva nas inspeções pré-final e final, quando o projeto passará da fase de construção para a fase de operação e manutenção (O&M).
- Participar de inspeção após a construção, que visará identificar quaisquer defeitos de projeto, construção e/ou operação do equipamento detectados após um determinado tempo de operação. Esta inspeção poderá ser efetuada juntamente com a inspeção para aceitação final do equipamento, no término do seu período de garantia (em geral, após 12 meses de operação).
- Receber todas as informações relativas ao projeto, assim como as instruções e os manuais de O&M dos sistemas e do equipamento.
- Auxiliar a FISCALIZAÇÃO e a EMPREITEIRA, durante a implementação do projeto, na redução do vandalismo e do roubo de materiais, através da sua influência com os agricultores do DISTRITO e seu estreito relacionamento com os líderes comunitários locais e a polícia.

2.4 A FISCALIZAÇÃO

2.4.1 Organização

A Supervisão da Obra pode ser efetuada, seja mediante contrato com um Consultor, seja por funcionários do órgão do CONTRATANTE. Quando um Consultor é contratado - caso mais frequente no Brasil -, o CONTRATANTE geralmente designa uma pequena equipe para trabalhar com o Consultor no canteiro de obras. A descrição da estrutura organizacional, apresentada a seguir, coaduna-se com a de uma firma de consultoria. Se a Supervisão da Obra for de exclusiva responsabilidade dos funcionários do CONTRATANTE, a mesma organização poderá aplicar-se, com modificações nas respectivas obrigações, conforme o caso.

Uma boa estrutura organizacional consiste em um mínimo de três divisões: Engenharia de Escritório, Engenharia de Campo e Apoio Administrativo.

A Divisão de Engenharia de Escritório é responsável pela administração dos contratos com as EMPREITEIRAS, pela determinação da faixa de domínio, pela obtenção de autorizações sobre interferências de outros serviços públicos e pelas providências necessárias ao cumprimento das exigências das concessionárias de serviços públicos.

A Divisão de Engenharia de Campo é responsável pela verificação da qualidade dos serviços e pelo controle de qualidade, que incluem a inspeção das operações das EMPREITEIRAS, como levantamentos, ensaios de laboratório, testes, atividades geológicas e geotécnicas, recebimento e aceitação de equipamento, instalação de equipamento, testes de fabricação e de operação, obediência às normas ambientais e de segurança.

A Divisão de Apoio Administrativo é responsável pelas atividades administrativas próprias da FISCALIZAÇÃO, como folha de pagamento, gestão de pessoal, compras, manutenção de estoques e escrituração financeira e contábil.

Mais especificamente, as obrigações da Divisão de Engenharia de Escritório são:

- Elaborar estimativas de pagamentos contratuais parciais e finais;
- Elaborar e submeter ao CONTRATANTE relatórios do andamento da implementação do projeto;
- Preparar estimativas de custos;
- Preparar justificativas de fatos irregulares e negociar solicitações de mudanças;
- Manter atualizados os cronogramas de execução da obra;
- Monitorar e manter em arquivo a documentação exigida da EMPREITEIRA;
- Preparar o arquivo da FISCALIZAÇÃO para cada contrato sob a jurisdição da FISCALIZAÇÃO;
- Manter um conjunto atualizado de desenhos e especificações contratuais;
- Assegurar-se de que as EMPREITEIRAS estão mantendo um conjunto atualizado de desenhos da obra “as built”;
- Elaborar as medições;
- Tomar as medidas necessárias para garantir a execução das tarefas finais dos contratos de acordo com o cronograma, ou seja: correção de defeitos aparentes após a conclusão da construção, teste de equipamento, folha de pagamento, manuais de instruções e de O&M, desenhos da obra “as built”, modificações posteriores, sementeira, plantio e paisagismo;
- Assegurar-se de que serão retidos dos pagamentos à EMPREITEIRA recursos suficientes para proteger os interesses do CONTRATANTE.

As obrigações da Divisão de Engenharia de Campo são:

- Verificar a qualidade das obras, do fornecimento, das instalações e dos testes;
- Verificar se o programa de controle de qualidade da EMPREITEIRA está sendo obedecido;
- Verificar a segurança do projeto;
- Manter documentação de campo, como correspondência e relatórios de controle de qualidade da EMPREITEIRA, das reuniões de segurança, dos resultados de ensaios, de andamento do projeto, de modificações, etc.;
- Preparar Relatórios Diários da Obra, relativos à verificação da qualidade.

As obrigações conjuntas das Divisões de Engenharia de Escritório e de Engenharia de Campo são:

- Verificar a abrangência, a adequação e a condição para a construção dos desenhos e das especificações durante as fases de elaboração do projeto executivo e de licitação;
- Manter um bom relacionamento e uma boa comunicação com o DISTRITO (se já estiver organizado);
- Providenciar e efetuar a inspeção do final do projeto junto com o DISTRITO.

Deverá ser estabelecido um Escritório da Obra no próprio canteiro de obras ou próximo a ele. Tanto o CONTRATANTE quanto a FISCALIZAÇÃO poderão ficar sediados nesse escritório.

Cada Escritório da Obra deverá manter uma biblioteca técnica com acervo básico, como as normas ASTM e ABNT, as especificações contratuais, este MANUAL, informações descritivas dos fabricantes e as instruções para instalação, assim como outros dados necessários para determinar se o equipamento, os materiais e a mão-de-obra da

EMPREITEIRA atendem às respectivas especificações. O acervo da biblioteca técnica da FISCALIZAÇÃO também deverá ser posto à disposição do CONTRATANTE, mas, de preferência, o escritório do CONTRATANTE deverá ter sua própria biblioteca.

2.4.2 Critérios de Seleção e Qualidades Desejáveis

A FISCALIZAÇÃO é selecionada com base na experiência e na compreensão dos princípios e das técnicas de construção que seus integrantes possuem, aos quais deverão ser designados projetos ou áreas de responsabilidade no seu campo de competência. A FISCALIZAÇÃO deverá saber como o trabalho é realizado e por que deve ser efetuado de uma determinada maneira.

A FISCALIZAÇÃO estará sempre sujeita a instruções do CONTRATANTE. Os funcionários da sede do CONTRATANTE deverão estar sempre disponíveis para auxiliar a FISCALIZAÇÃO no tratamento de problemas especiais, na interpretação de desenhos e especificações e na solução de qualquer outro problema que surgir.

Um FISCAL bem sucedido deverá apresentar traços de caráter e de personalidade que imponham respeito aos operários. Deverá ser firme e justo nas suas relações com a EMPREITEIRA. Deverá cooperar com a EMPREITEIRA de modo a assegurar uma obra aceitável pelo menor custo possível. O FISCAL deverá ser observador e prestar máxima atenção às questões mais importantes.

A FISCALIZAÇÃO sempre deverá ter em mente a importância das suas obrigações para garantir a qualidade da obra. Precisa ter conhecimentos técnicos e discernimento. O relaxamento dos padrões de qualidade resultará numa obra de caráter inferior. A FISCALIZAÇÃO e seu pessoal deverão demonstrar vontade de cooperar e interesse mútuo nas tarefas de verificação da qualidade da construção, de modo a cumprir os requisitos contratuais. A FISCALIZAÇÃO e seus funcionários deverão verificar, continuamente, os desenhos e as especificações para ter um conhecimento aprofundado dos requisitos contratuais. Deverá haver uma supervisão estreita no início de cada fase da obra, uma vez que falhas consideradas menores no início tendem a ganhar magnitude mais tarde.

2.4.3 Autoridade

A FISCALIZAÇÃO deverá ter autoridade para:

- Proibir a continuação da obra até que o trabalho preparatório, como o preparo da base, a colocação da armação, o alinhamento das formas e quaisquer inspeções preliminares necessárias tenham sido concluídos;
- Proibir o uso de materiais, equipamento ou mão-de-obra que estiverem fora das especificações;
- Alertar a EMPREITEIRA ou seu representante autorizado a respeito da inaceitabilidade de qualquer fase da obra que não esteja sendo executada de acordo com os desenhos e as especificações;
- Sustar a obra que esteja sendo executada de maneira ou com equipamento que possam pôr em risco vidas ou propriedades;
- Exigir o reparo da obra, equipamento e/ou material defeituosos.

A FISCALIZAÇÃO tem autoridade para garantir o rigoroso cumprimento do contrato, mas não tem autoridade para mudar o contrato ou isentar a EMPREITEIRA do seu cumprimento.

Poderá, ou não, ser delegada à FISCALIZAÇÃO autoridade para exigir a remoção da obra, de materiais e/ou equipamentos defeituosos, ou de obra executada sem inspeção. A remoção de construção defeituosa (ou sustar uma obra) com frequência demanda paga-

mento adicional por parte da EMPREITEIRA. Em consequência, é muito importante que essa ação seja cuidadosamente considerada, a fim de se assegurar de que é completamente justificável.

2.4.4 Obrigações

2.4.4.1 Geral

A função da FISCALIZAÇÃO pode ser dividida em três partes: a supervisão do contrato, a inspeção da obra e os testes relativos ao cumprimento dos requisitos. As obrigações relativas a cada uma destas três partes estão descritas a seguir:

- A FISCALIZAÇÃO deverá ter conhecimentos aprofundados dos desenhos e das especificações, incluindo as normas nacionais e internacionais referenciadas. Se a FISCALIZAÇÃO estiver em dúvida quanto à interpretação das especificações ou dos desenhos, deverá, inicialmente, consultar os projetistas e aqueles que elaboraram as especificações;
- Cabe à FISCALIZAÇÃO manter um relacionamento amigável, embora profissional, com os funcionários da EMPREITEIRA e fazer todo o possível (sem dar ordens à EMPREITEIRA) para dinamizar a obra, ao mesmo tempo em que mantém a obediência ao contrato e às especificações. A FISCALIZAÇÃO deverá negar aprovação de métodos ou procedimentos defendidos pela EMPREITEIRA apenas quando tiver certeza de que resultarão em obra que não esteja nas especificações. Por outro lado, a FISCALIZAÇÃO não deverá comandar as operações da EMPREITEIRA nem recomendar métodos de construção. Cabe à EMPREITEIRA estabelecer os meios de cumprimento do contrato. À FISCALIZAÇÃO cabe verificar se a qualidade da obra atende às especificações;
- A FISCALIZAÇÃO sempre deverá tratar com o representante autorizado da EMPREITEIRA, que, em geral, será o engenheiro encarregado, e cuidadosamente evitar dar instruções ou orientação aos outros operários. A FISCALIZAÇÃO não deverá fazer nada que possa ser interpretado como orientação ou supervisão das operações da EMPREITEIRA;
- Os contatos com a EMPREITEIRA deverão restringir-se a fatos relevantes e a conclusões baseadas em fatos. Ter-se-á muito cuidado na emissão de memorandos assinados ou rubricados pelo pessoal da FISCALIZAÇÃO, os quais possam ser interpretados como “ordem de serviço” e, portanto, ordem relativa ao trabalho que está sendo executado. A FISCALIZAÇÃO não deverá assinar declarações ou dar concordância de qualquer tipo, por solicitação da EMPREITEIRA, salvo quando autorizado pelo CONTRATANTE;
- Quando autorizada pela EMPREITEIRA principal, a FISCALIZAÇÃO poderá tratar diretamente com as subempreiteiras. Deverá relatar qualquer questão que exija correção à EMPREITEIRA principal, a única responsável pela precisão e pela qualidade da obra;
- A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que a obra esteja sendo executada rigorosamente de acordo com os desenhos e as especificações. Ocionalmente, será permitida alguma variação na maneira de se atingir o resultado final. Com frequência, serão necessárias pequenas mudanças nos documentos do projeto, de modo a se obter um bom trabalho. Se a EMPREITEIRA propuser uma alteração nas especificações, a FISCALIZAÇÃO deverá discutir, previamente, com o CONTRATANTE, antes de chegar a uma decisão final;
- A FISCALIZAÇÃO deverá ter sempre em mente que a meta principal é atingir o objetivo do contrato. Todas as decisões da FISCALIZAÇÃO deverão basear-se na obtenção do melhor resultado final possível. Práticas de construção aceitas e provadas e o uso de bom senso e discernimento deverão ser a base de todas as decisões tomadas pela FISCALIZAÇÃO;
- A FISCALIZAÇÃO deverá discutir com o CONTRATANTE quaisquer problemas que surgirem, de maneira que a situação seja bem compreendida. Após ter chegado a uma decisão, a mesma deverá ser aceita pela FISCALIZAÇÃO, que a implementará;

- A FISCALIZAÇÃO deverá elaborar relatórios completos e precisos de qualquer ocorrência.

2.4.4.2 Andamento e Relatório de Andamento

Será indispensável um cronograma de obras, que permita a execução do contrato dentro do prazo estipulado e a programação dos recursos, da mão-de-obra e de outros, assim como a determinação da data em que a obra será concluída e estará pronta para entrar em operação. O cronograma poderá ser elaborado de diversas maneiras, mas deverá ser incentivado o uso de análise de rede, a qual provê o máximo de informação para o gerenciamento da obra.

Até quinze dias antes de iniciar a obra ou dentro de um período predeterminado, a EMPREITEIRA deverá submeter à FISCALIZAÇÃO uma proposta realista de cronograma de andamento da obra, considerando limitações orçamentárias, períodos de chuvas, data de início da obra e outros, de modo a cumprir suas obrigações contratuais. Esse cronograma deverá ser apresentado no formato especificado e conter detalhes suficientes para mostrar como a EMPREITEIRA planeja cumprir o prazo ou os prazos estabelecidos para o término da obra. O cronograma deverá destacar, pelo menos, as características mais notáveis da obra contratada. Também deverá incluir a data prevista para entrada em operação de cada etapa da obra que tenha data individual de término.

Antes do início da obra, a FISCALIZAÇÃO ou o projetista deverá preparar um diagrama lógico das atividades, o qual refletirá a opinião e a intenção do projetista quanto à maneira de implementar o projeto. Os diagramas lógicos de atividades são muito úteis para que se visualize a seqüência lógica das atividades. Mostram a progressão lógica de uma seqüência de atividades, sem escala temporal. Mostram as atividades que antecedem e sucedem os diversos eventos necessários ao bom término do contrato. Assim, o diagrama lógico da FISCALIZAÇÃO poderá ser utilizado pela EMPREITEIRA como orientação no preparo do seu próprio cronograma de andamento. A FISCALIZAÇÃO deverá revisar cuidadosamente o cronograma de andamento da EMPREITEIRA, o qual deverá ser aprovado se for constatado que é prático, contém detalhamento suficiente, é bem平衡eado quanto às necessidades de recursos e está de acordo com os requisitos contratuais. Se o cronograma não for satisfatório, deverá ser devolvido à EMPREITEIRA, para ser corrigido.

As especificações constantes do contrato poderão exigir um sistema de análise de rede (tipo PERT, por exemplo), a ser utilizado na elaboração do cronograma e no controle da obra contratada. Caso a EMPREITEIRA não compreenda o sistema, a FISCALIZAÇÃO deverá prover orientação e instrução à EMPREITEIRA, e incentivá-la a preparar sua própria rede, em lugar de empregar um consultor especial. Quando não tiver sido especificado o uso do sistema de análise de rede, mas sua utilização mostrar-se útil à EMPREITEIRA no controle da obra e na coordenação das subempreiteiras e do recebimento de equipamento e materiais, a FISCALIZAÇÃO deverá incentivar a EMPREITEIRA a utilizar esse sistema.

Em geral, se foi especificado o uso do sistema de análise de rede, a EMPREITEIRA estará obrigada a atualizar o diagrama e/ou a análise de rede periodicamente, de acordo com o andamento da obra, e a apresentar um relatório explicando qualquer atraso ocorrido e as medidas tomadas ou propostas para contornar o problema. A FISCALIZAÇÃO deverá fazer cumprir a cláusula contratual que estipula a elaboração desses relatórios e revisar, cuidadosamente, o conteúdo do relatório da EMPREITEIRA, cotejando o relatório com os resultados das inspeções de verificação de qualidade, da Divisão de Engenharia de Campo, a fim de constatar qualquer divergência, comprovar sua veracidade, tomar quaisquer medidas necessárias, tomar conhecimento de qualquer reclamação notificada, etc.

Se a ordem e/ou a seqüência das operações executadas pela EMPREITEIRA divergirem daquela que consta do cronograma de andamento, a FISCALIZAÇÃO deverá exigir que a EMPREITEIRA revise o cronograma, sem ônus adicional para o CONTRATANTE, e indique como planeja, então, terminar a obra dentro do prazo contratual. A FISCALIZAÇÃO também deverá exigir que a EMPREITEIRA modifique o cronograma de modo a incluir todas as revisões resultantes das mudanças ocorridas na obra. Estas revisões deverão ser incorporadas ao cronograma de andamento atualizado a ser elaborado. Qualquer revisão maior no cronograma, pela EMPREITEIRA, estará sujeita à autorização prévia da FISCALIZAÇÃO e da CONTRATANTE. Se for utilizado o sistema de análise de rede para a elaboração do cronograma, a análise atualizada deverá estar baseada no andamento real na data da(s) revisão(ões) e na abrangência atual das atividades revisadas. Uma vez que a análise de rede automaticamente considera o efeito dominó, poderá ocorrer que a nova análise indique que a EMPREITEIRA tem direito a um aumento de prazo, como resultado das mudanças. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o cronograma esteja sempre atualizado, conforme estabelecido no contrato.

Todos os meses, ou conforme necessário, a FISCALIZAÇÃO deverá enviar um relatório de andamento real ao CONTRATANTE. Deverá ser indicada qualquer divergência entre o andamento real e o previsto, e essas divergências deverão ser explicadas. Atrasos reais ou previstos deverão ser mencionados, junto com as medidas que a EMPREITEIRA ou a FISCALIZAÇÃO está tomando para recuperar o tempo perdido e cumprir o contrato dentro do prazo inicialmente estabelecido. Se a EMPREITEIRA não cumprir o cronograma, será necessário informar o andamento da obra, os atrasos ocorridos, qualquer desleixo por parte da EMPREITEIRA, uma estimativa do tempo adicional necessário e uma estimativa dos novos prazos para o término da obra e quais as multas cabíveis. Qualquer medida recomendada também deverá constar do relatório. Os relatórios deverão ser significativos e apresentados dentro do prazo.

2.4.4.3 Verificação da Qualidade da Obra 2.4.4.3.1 Geral

O termo “qualidade” pode ser definido como conformidade a determinados requisitos. Independentemente do modo como for expresso, existe qualidade quando o produto atende aos requisitos contratuais. O projetista deverá determinar o nível de qualidade apropriado, avaliar os riscos e determinar o custo. A verificação da qualidade é um programa planejado com o intuito de se obter uma obra de qualidade, estabelecendo políticas, procedimentos, padrões, diretrizes e sistemas que visam um nível aceitável de qualidade, na implementação de um projeto.

O controle de qualidade é a aplicação do programa de verificação da qualidade a uma atividade específica do projeto. Um projeto e/ou uma construção de qualidade inferior aumentará os custos de manutenção e operação do projeto. Um alto nível de qualidade, incorporado ao projeto durante a fase de implementação, quase sempre proporciona retornos financeiros superiores à vida útil total do projeto.

A tarefa de levar um projeto de qualidade a bom termo inicia-se quando o CONTRATANTE informa à EMPREITEIRA suas necessidades, seus objetivos e suas expectativas em relação ao projeto, por meio das especificações contratuais. A implementação bem sucedida de um projeto dependerá da atenção prestada às especificações e da definição do nível de qualidade esperado.

O controle de qualidade é executado pela EMPREITEIRA. Cabe à FISCALIZAÇÃO a verificação da qualidade, que deverá ser constatada por indivíduos qualificados, que não sejam diretamente responsáveis pela execução das atividades do projeto.

A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que a EMPREITEIRA mantém um sistema de controle de qualidade adequado e faz as inspeções, conforme necessário, a fim de garantir o atendimento dos requisitos contratuais. Deverá obter da EMPREITEIRA os registros relativos ao controle de qualidade exigidos, para assegurar que as especificações estão sendo obedecidas.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se o sistema de controle de qualidade da EMPREITEIRA é adequado e certificar-se de que o seu próprio programa de verificação da qualidade da obra confirma essa adequação, e se foram executados todos os testes necessários.

2.4.4.3.2 Pessoal de Inspeção

A FISCALIZAÇÃO será responsável pela obtenção e manutenção de uma equipe de inspetores qualificados para inspecionar adequadamente todo o trabalho em andamento. Sempre que for preciso, o pessoal de inspeção deverá ser auxiliado e assessorado pela FISCALIZAÇÃO.

O inspetor detém uma posição muito importante no escritório de FISCALIZAÇÃO. Sua principal responsabilidade é assegurar-se de que a obra seja de boa qualidade e esteja de acordo com os desenhos e as especificações. O inspetor só tem autoridade para verificar o rigoroso atendimento do contrato e não poderá efetuar mudanças ou isentar a EMPREITEIRA de qualquer requisito contratual. Deverão ser desenvolvidas diretrizes para auxiliar os inspetores na execução de todos os tipos de tarefas sob sua jurisdição.

Sistematicamente, a FISCALIZAÇÃO, os encarregados das obras e outros membros qualificados da FISCALIZAÇÃO deverão ministrar curso aos inspetores, a respeito dos métodos corretos de inspeção e da elaboração e manutenção de registros de campo. Todos os inspetores deverão participar destes treinamentos, que incluirão os requisitos gerais e serão suficientemente detalhados para possibilitar que os inspetores saibam como realizar suas tarefas. Deverão ser explicados os problemas específicos relativos a cada fase da obra. Antes do início da obra, as instruções deverão incluir um estudo dos desenhos e das especificações e, durante seu andamento, um estudo detalhado de cada fase da implementação do projeto.

Os inspetores sempre deverão estar adequadamente equipados e muito bem informados. Deverão dispor de:

- Desenhos e especificações;
- Emendas e/ou modificações aos desenhos e às especificações;
- Cópia do contrato assinado;
- Desenhos de fábrica aprovados;
- Cronograma de andamento;
- Diretrizes de Inspeção;
- Plano de Segurança da EMPREITEIRA;
- Relatórios Diários de Verificação da Qualidade da Obra;
- Dispositivos de mensuração e equipamento para ensaios;
- Veículo;
- Equipamento de segurança;
- Cópia do MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO (presente).

2.4.4.3.3 Inspeção

Para assegurar o desempenho satisfatório, a segurança máxima e o máximo retorno de cada parte da obra e para avaliar qualquer representação da EMPREITEIRA ao CONTRATANTE, é essencial que seja mantido um controle sistemático das sucessivas opera-

ções efetuadas durante a implementação daquela parte da obra. Uma vez que as muitas partes da obra ficarão irreversivelmente ocultas após o término do projeto, a monitoração e o controle das operações da EMPREITEIRA deverão ser realizados e documentados enquanto o trabalho estiver em andamento. Este controle deverá ser efetuado pelo pessoal de inspeção, que verifica o atendimento das obras da EMPREITEIRA às normas recomendadas e aos requisitos estabelecidos nos desenhos e nas especificações.

O pessoal de FISCALIZAÇÃO deverá estar sempre a par dos requisitos contratuais. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as inspeções de controle de qualidade foram realizadas detalhada e oportunamente. A melhor maneira de conseguir esse desempenho é mediante o estabelecimento de procedimentos que assegurem inspeções no início de cada nova fase ou segmento da obra. Através das inspeções preparatórias, anteriores à obra física, verificar-se-á se as especificações estão sendo atendidas e/ou se a obra está de acordo com os documentos submetidos à FISCALIZAÇÃO e por ela aprovados. As primeiras inspeções, realizadas no início de cada parte da obra, estabelecerão e permitirão alcançar padrões de mão-de-obra no princípio de cada operação. As inspeções de acompanhamento - diárias ou rotineiras - serão mais produtivas se tiverem sido precedidas de inspeções "preparatória" e "inicial" conjuntas (FISCALIZAÇÃO / EMPREITEIRA). As inspeções preparatória e inicial deverão ser efetuadas com auxílio de uma lista de checagem ("checklist"), de modo a garantir que sejam verdadeiramente completas. A documentação comprovará a realização das inspeções.

A mão-de-obra deverá ser apreciada cuidadosamente, com base nos requisitos contratuais, nos conhecimentos e na experiência da FISCALIZAÇÃO com aquele tipo de mão-de-obra. O contrato estipulará o padrão de mão-de-obra exigido.

Deverá constar do contrato uma cláusula que outorgue ao CONTRATANTE o direito de exigir da EMPREITEIRA a remoção ou a demolição de qualquer obra pronta, a fim de verificar o atendimento de requisitos contratuais. Em alguns projetos, essa autoridade poderá ser delegada à FISCALIZAÇÃO. Essa cláusula também deverá estipular que o ônus da remoção e substituição será da EMPREITEIRA, caso seja constatado que a obra é defeituosa ou que não atende aos requisitos contratuais.

2.4.4.3.4 Relatórios de Inspeção

Os inspetores deverão manter registros diários referentes ao andamento da obra, com um relatório para cada turno. Os relatórios deverão incluir observações relativas a qualquer circunstância especial que possa vir a exigir um ajuste contratual ou afetar o andamento da obra. Periodicamente, os relatórios deverão incluir uma descrição detalhada dos procedimentos cotidianos utilizados para um bom desempenho dos trabalhos. Esses registros deverão ser preparados de modo a prover a base para as seguintes atividades:

- Pagamento de parcelas à EMPREITEIRA;
- Elaboração dos relatórios de andamento e final;
- Modificações contratuais que envolvam mudanças, trabalho adicional ou aumento de prazos;
- Investigação de representação da EMPREITEIRA que vise à compensação adicional.

Os relatórios de inspeção e outros registros, como os diários dos inspetores e de outros funcionários designados pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser conservados como parte dos registros da obra, após a conclusão da mesma. Esses relatórios e registros poderão ser utilizados em eventuais disputas, representações, processos judiciais, etc., relativos à execução do contrato. Uma documentação completa do andamento diário da obra poderá levar a um acordo extrajudicial negociado, o que é preferível a um processo judicial demorado e dispendioso.

As informações contidas nestes registros também poderão ser utilizadas pelo CONTRATANTE para elaborar documentos relativos à história da construção do projeto.

Ao elaborar os relatórios diários, será necessário considerar esses usos potenciais das informações. Muitos detalhes que, de imediato, parecem sem importância poderão, posteriormente, desempenhar importante papel.

O Relatório Diário de Inspeção é o documento mais valioso a respeito das atividades objeto do contrato, porque, em geral, é o único que reflete o que realmente ocorreu durante a implantação do projeto.

No topo do relatório, deverão constar o nome do projeto, o Escritório da Obra e o Escritório de Campo, assim como os nomes da EMPREITEIRA, da Empresa de Supervisão da Obra e do CONTRATANTE. Também deverão aparecer o número do contrato/especificação e o nome das subempreiteiras, conforme o caso. O relatório deverá iniciar-se com a data e os horários de início e fim do turno e, se o trabalho for realizado em turno único, os horários de início e de fim desse turno.

O relatório deverá incluir registros relativos a todas as atividades da EMPREITEIRA cobertas pelo inspetor durante aquele turno, independentemente da sua importância ou grau de complexidade. O relatório deverá ser iniciado no começo do turno e escrito durante o seu transcurso. Deverá ser completado e revisado no final do turno, a fim de evitar qualquer omissão de informações pertinentes. O relatório completo deverá incluir exatamente o que foi feito durante o dia, de modo a permitir o cálculo do custo direto da EMPREITEIRA para aquele dia. Devido a isso, faz-se necessário abordar alguns aspectos, nos parágrafos a seguir.

As condições climáticas ou o tempo são uma parte importante do relatório. Deverão incluir as temperaturas máxima e mínima, as condições de vento e as estimativas de umidade, insolação e precipitação (tipo e intensidade).

Deverão ser incluídas informações referentes à segurança e a qualquer medida tomada, assim como o nome do representante da EMPREITEIRA que realmente estava presente no canteiro de obras. Das informações também deverão constar se houve, ou não, um representante da EMPREITEIRA presente no canteiro de obras durante todo o turno, ou se o representante só esteve presente durante parte do turno.

O corpo principal do relatório deverá conter a localização e uma descrição detalhada do trabalho efetuado. Se necessário, serão incluídos esboços para auxiliar na descrição. Esta descrição deverá refletir o que, onde, quando, por que, quem e como o trabalho foi realizado. O relatório deverá constituir-se num registro das quantidades, para fins de pagamento, das estações ou localizações específicas e da descrição das atividades programadas, conforme o caso.

O relatório deverá indicar a mão-de-obra e os equipamentos que foram realmente utilizados durante o turno, que trabalho estava sendo realizado e quanto tempo o pessoal e os equipamentos estiveram em atividade. Qualquer equipamento ocioso ou em reparo também deverá ser mencionado no relatório. Além de descrever as atividades da EMPREITEIRA durante o turno, o relatório deverá prover informações de utilidade relativas ao trabalho ou às atividades futuras, que poderão ser pertinentes para o próximo turno. Deverá descrever necessidades especiais, como trabalho de laboratório ou levantamentos topográficos. Deverá incluir quaisquer instruções dos encarregados ou de outro pessoal; quais instruções foram dadas à EMPREITEIRA e qualquer comentário por escrito da EMPREITEIRA. Deverá conter uma relação dos materiais e dos equipamentos recebidos no canteiro de obras, os materiais e/ou o equipamento instalado e qualquer equipamento

ou material rejeitado ou perdido durante o turno. O relatório deverá ser assinado pelo inspetor.

O pessoal da empresa contratada para acompanhar a obra no escritório da FISCALIZAÇÃO deverá elaborar listas do pessoal e do equipamento da EMPREITEIRA. Uma vez por semana (ou com a frequência necessária), o inspetor deverá atualizar estas listas, por meio de adendo, e incluí-las no Relatório Diário de Inspeção. O adendo sobre a lista do pessoal da EMPREITEIRA deverá incluir o nome, a profissão, o ofício, o desempenho, o horário, a remuneração horária e o número de identidade de cada funcionário. O adendo sobre a lista de equipamento deverá relacionar a marca, o tipo, o modelo, o número de série, o número de identificação e uma lista dos acessórios de cada peça de equipamento no canteiro de obras.

O relatório de inspeção também deverá conter referências a quaisquer fotografias tiradas e comentários pertinentes relativos ao cumprimento das normas ambientais, a lixo e material perigoso, a contatos com o proprietário da terra, a queixas de operários ou a qualquer problema potencial encontrado.

Deverá haver um relatório por turno e para cada contrato, quando o inspetor for responsável por mais de um contrato.

Poderá ser necessário elaborar outros relatórios especiais anexos ou suplementares ao relatório de inspeção. Estes relatórios especiais deverão ser especificamente mencionados no relatório de inspeção.

Entre os relatórios especiais, destacam-se:

- Relatório relativo à Instalação de Equipamento Mecânico;
- Relatório relativo à Instalação de Equipamento Elétrico;
- Relatório relativo ao Uso de Explosivos;
- Relatório relativo à Injeções;
- Relatório relativo ao Cumprimento das Normas Ambientais;
- Relatório relativo à Instalação de Tubulações;
- Relatório relativo à Instrumentação;
- Relatório relativo a Materiais e Ensaios;
- Relatório relativo à Central de Concreto;
- Relatório relativo a Movimento Extraordinário de Transporte (Escavações);
- Relatório relativo a Trabalhos Adicionais;
- Relatório relativo às Atividades de Análise de Rede;
- Relatório relativo às Atividades de Concretagem;
- Relatório relativo à Verificação do Equipamento de Segurança;
- Relatório relativo aos Testes de Freio;
- Relatório relativo aos Testes dos Guindastes;
- Relatório relativo a Sondagens;
- Relatório a respeito de qualquer obra para a qual se planeja uma reivindicação por parte da EMPREITEIRA.

A FISCALIZAÇÃO será responsável pela integralidade, nitidez e precisão dos relatórios. Deverá revisar todos os relatórios cuidadosamente e rubricá-los, a fim de assegurar-se de que todos os dados exigidos no formulário foram incluídos.

A FISCALIZAÇÃO deverá manter arquivados os relatórios diários de cada contrato, até seu término, quando serão remetidos ao CONTRATANTE, para envio ao arquivo morto.

A seguir, é fornecido um exemplo de formulário de relatório de inspeção. Recomenda-se que seja adotado para todos os projetos e adaptado para o uso específico de cada projeto.

RELATÓRIO DIÁRIO DE INSPEÇÃO

Nome do Projeto _____ Escritório da Obra _____

Escritório de Campo _____ Nome do Contratante _____

Data ____/____/____ Início do Turno _____ Fim do Turno _____

No. Contrato/Especificações _____

Empresa de Supervisão da Obra _____

Empreiteira _____ Representante _____

Subempreiteira _____ Representante _____

Clima: Temp.Máx._____, Mín._____ Vento _____, Umidade _____

Precipitação _____, Insolação _____.

Descrição do trabalho _____

LOCAL _____

ÉPOCA _____

QUE FOI FEITO _____

COMO FOI FEITO _____

QUEM O FEZ _____

COMENTÁRIOS:

Instruções _____

Quantidades _____

Atividades de Análise de Rede _____

Segurança _____

Observações _____

Inspetor _____ Empreiteira _____
(assinatura) (assinatura)

2.4.4.3.5 Relatório Diário da Obra (Diário de Obra)

Todas as pessoas envolvidas em qualquer aspecto da supervisão da obra deverão fazer relatórios diários da obra sob sua responsabilidade.

Os relatórios diários serão utilizados para:

- Assessorar o Chefe de Equipe da FISCALIZAÇÃO quanto ao andamento da obra, às dificuldades encontradas, ao não atendimento aos desenhos e às especificações e a outras questões similares;
- Validar ou refutar reivindicar da EMPREITEIRA;
- Registrar detalhes dos materiais ou dos métodos de construção aos quais poder-se-á fazer referência no futuro, a fim de serem avaliados os procedimentos e os materiais utilizados na obra.

Os relatórios deverão ser integrais e redigidos de modo que possam ser compreendidos por qualquer pessoa, no futuro. Com o tempo, informações de rotina referentes a questões bem conhecidas tornam-se obscuras ou esquecidas. Cada relatório deverá ser independente e apresentar um quadro nítido de todos os fatos pertinentes às atividades daquele dia, incluindo o equipamento (marca, modelo, capacidade, etc.), métodos e mão-de-obra utilizados na obra.

2.4.4.3.6 Relatórios e Registros dos Ensaios

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se todos os dados, os relatórios e os registros dos ensaios de campo são conservados após sua realização. Os relatórios e os dados deverão incluir todas as informações pertinentes requeridas nas especificações, sejam os ensaios executados pelo pessoal do CONTRATANTE, sejam pelo pessoal de controle de qualidade da EMPREITEIRA. A EMPREITEIRA deverá submeter à FISCALIZAÇÃO um modelo de relatório para os ensaios de desempenho e/ou eficiência do equipamento, o qual deverá ser aprovado antes do início dos ensaios.

Todos os dados de ensaios e inspeções de campo deverão ser integralmente documentados. A documentação deverá indicar o material, o equipamento e/ou o sistema, sua localização específica, os resultados do ensaio e/ou da inspeção; a documentação deverá ser incluída no relatório diário de ensaios da EMPREITEIRA.

Os equipamentos próprios dos ensaios deverão estar com documentação que ateste sua aferição por instituto técnico de renomada capacidade.

Nos ensaios de campo de equipamento ou sistemas mecânicos e/ou elétricos, deverá ser compilado um volume de dados técnicos suficiente para permitir uma fácil avaliação do desempenho. Deverão ser marcados com suficiente antecedência para permitir a presença de outras pessoas, além do pessoal de campo, para servirem como testemunhas.

Os relatórios dos ensaios de campo deverão ser detalhados. Deles deverão constar: a(s) data(s) de cada ensaio; o nome do pessoal que deles participou; o tipo, o número, a frequência e os resultados dos ensaios. Se os resultados dos testes indicarem o não atendimento às especificações, o relatório deverá apontar as medidas corretivas necessárias, as medidas tomadas e quem as tomou, e os resultados finais. *Se os ensaios forem repetidos, os registros dos ensaios (ensaio original e a repetição) deverão incluir referências cruzadas que permitam verificar os resultados finais.* Antes de marcar a inspeção pré-final ou final, a FISCALIZAÇÃO deverá fazer uma verificação completa dos ensaios de campo exigidos, a fim de assegurar-se de que os mesmos foram realizados e de que os relatórios foram elaborados e registrados conforme requerido.

A FISCALIZAÇÃO deverá monitorar os testes realizados pela EMPREITEIRA, de modo a verificar se todos os itens que precisam ser ensaiados efetivamente o foram. Deverá haver uma lista dos itens que requerem ensaio, que inclua o tipo de ensaio exigido e a data em que será realizado. Deverá haver um registro relativo à realização de cada ensaio e as normas vigentes da ABNT e INMETRO. Sempre que os ensaios forem mal sucedidos, será necessário repeti-los.

Quando os materiais precisarem atender a determinadas especificações e não houver previsão de ensaio, a FISCALIZAÇÃO ou seu representante autorizado deverá fazer uma inspeção visual, a fim de verificar se as especificações contratuais foram atendidas.

Consta de alguns contratos que os materiais deverão ser ensaiados em laboratório idôneo. Nesse caso, a FISCALIZAÇÃO será responsável pela aprovação do laboratório e pela verificação dos procedimentos de amostragem e testes da EMPREITEIRA.

Quando o CONTRATANTE for responsável pelo ensaio de um determinado material, a FISCALIZAÇÃO deverá determinar a que laboratório serão enviadas as amostras do material, devendo verificar a disponibilidade de recursos para o pagamento dos testes.

2.4.4.3.7 Arquivo da FISCALIZAÇÃO

A FISCALIZAÇÃO deverá manter um arquivo, que deverá consistir nos originais dos relatórios diários, relatórios de inspeção e relatórios e registros de ensaios, em um caderno de capa dura ou uma pasta de folhas soltas. Esse arquivo deverá ser bem organizado, e todas as anotações deverão estar claramente identificadas pelo número do contrato. Também deverá ser mantido um arquivo, tanto em microcomputador como impresso, e colocado em um caderno de capa dura ou uma pasta de folhas soltas, que contenha um resumo dos relatórios diários e dos ensaios, destacando as questões mais importantes. Esse arquivo também deve incluir um breve resumo de todas as ocorrências importantes no Escritório da FISCALIZAÇÃO, como reuniões, conversas telefônicas, instruções à EMPREITEIRA, reação e comentários da EMPREITEIRA e instruções recebidas do CONTRATANTE. Além disso, este arquivo incluirá os seguintes itens, bem detalhados: ocorrências que envolvam diferenças atuais ou potenciais com a EMPREITEIRA, como abrangência do contrato, responsabilidade quanto a uma determinada parte da obra, questões relativas a pagamentos, etc. Deverá haver um arquivo de relatórios de inspeção e um arquivo em microcomputador (e impresso) para cada contrato.

Os arquivos deverão ser preparados sob a direção da FISCALIZAÇÃO e mantidos atualizados pelo representante da FISCALIZAÇÃO para a supervisão de campo da obra. A transcrição deverá ser verificada e assinada pela FISCALIZAÇÃO, e numerada para arquivamento.

Todos os dados e documentação anexa, relativos a qualquer questão que possa vir a servir de base para reivindicação da EMPREITEIRA, deverão ser registrados e preservados cuidadosamente.

Cada anotação no arquivo deverá ser redigida e assinada pela FISCALIZAÇÃO. A pessoa encarregada da obra na ausência da FISCALIZAÇÃO também poderá fazer anotações e rubricá-las. Essas anotações deverão ser verificadas, autenticadas e assinadas pela FISCALIZAÇÃO, no seu retorno à obra.

Os seguintes procedimentos deverão ser seguidos ao se fazerem as anotações, para manter uma comunicação adequada com a EMPREITEIRA:

- Reuniões com a EMPREITEIRA: preparar atas da reunião e arquivá-las no arquivo do contrato correspondente;

- Conversas formais ou telefônicas com a EMPREITEIRA: preparar correspondência formal à EMPREITEIRA ou um memorando de confirmação que indique as instruções ou as interpretações fornecidas à EMPREITEIRA (uma cópia deverá ser colocada no arquivo do contrato correspondente);
- Ocorrências que envolvam reivindicações atuais ou potenciais: preparar correspondência formal, conforme necessário ou um memorando de confirmação (uma cópia deverá ser colocada no arquivo do contrato correspondente);
- Outras consultas ou determinações relativas a pagamentos, responsabilidades, etc. deverão ser expressas em correspondência formal ou num memorando de confirmação, e colocadas no arquivo do contrato correspondente.

Os arquivos deverão ser mantidos em segurança. Após o término do contrato, deverão ser enviados, junto com o restante da documentação, ao CONTRATANTE, a fim de serem anexados ao arquivo oficial do contrato.

Qualquer dado ou prova relativo a questões que possam vir a servir de base para ação/reivindicações por parte da EMPREITEIRA deverá ser registrado, em separado, em relatório da FISCALIZAÇÃO. A informação também deverá ser resumida no arquivo, além do relatório especial.

2.4.4.3.8 Fotografia

Cada escritório do canteiro de obra deverá ter uma câmara fotográfica e o material de fotografia necessário, que serão utilizados para suplementar os relatórios relativos a eventos importantes que ocorrerem durante a implementação do projeto. A FISCALIZAÇÃO deverá tirar as fotografias necessárias em todos os projetos sob sua jurisdição. Em geral, as fotografias serão tiradas pelo pessoal de campo, sob a orientação da FISCALIZAÇÃO.

Deverão ser tirados os seguintes tipos de fotografia:

- Vistas dos principais eventos do projeto durante as diversas fases da construção e após sua conclusão (incluindo diapositivos de 35mm, fotografias e vídeos);
- Cenas apropriadas relacionadas a mudanças nas condições, reivindicações da EMPREITEIRA ou potenciais reivindicações;
- Vistas detalhadas de obras cuja remoção ou reparo foi exigido, por não estarem de acordo com os desenhos ou as especificações;
- Obras nas quais foram vencidas dificuldades singulares ou de interesse técnico, etc.;
- Novos métodos de construção;
- Danos à propriedade ou ao equipamento e danos materiais.

As fotografias e os diapositivos de 35mm são particularmente úteis para ilustrar, com requinte de detalhes, as fases e as seqüências da inspeção e/ou da instalação do equipamento, da construção e da utilização de novos métodos e equipamentos. Essas fotografias poderão ser utilizadas em programas de treinamento e em apresentações especiais e relatórios mensais de andamento.

Cada fotografia deverá ser acompanhada por informações completas que identifiquem seu objeto e o descrevam. Todas as fotografias deverão ser uniformemente legendadas, de modo a facilitar o arquivamento e a pesquisa. Cópias das fotografias mencionadas nos Relatórios Diários de Inspeção deverão ser anexadas ao correspondente relatório. A FISCALIZAÇÃO será responsável pela revelação das fotografias e pelo seu arquivamento. Deverá também dar orientação para fotografar itens especiais.

Deverão ser tiradas outras fotografias e diapositivos para ilustrar a seqüência cronológica relativa ao andamento da implementação do projeto, o desempenho da EMPREITEIRA, as mudanças da obra resultantes da execução, o atendimento às especificações contratuais e outras informações detalhadas, como mão-de-obra defeituosa, alegação de condições alteradas, acidentes e outras condições especiais.

2.4.4.3.9 Desenhos da Obra “As Built”

A EMPREITEIRA deverá manter pelo menos um conjunto completo dos desenhos contratuais, que serão utilizados como Desenhos “As Built”. Qualquer mudança ou acréscimo deverá ser anotado automaticamente assim que ocorrer, ou seja, como Desenho “As Built”. Estes desenhos deverão refletir nitidamente a obra e/ou as instalações, conforme foram executadas. Qualquer condição que exija uma descrição ou uma explicação deverá ser registrada no arquivo ou no Relatório Diário da FISCALIZAÇÃO. Quando a EMPREITEIRA, por força do contrato, for responsável pela elaboração dos Desenhos “As Built”, a FISCALIZAÇÃO deverá revisar esses desenhos periodicamente e antes da sua aceitação.

A seguir, estão relacionados diversos itens que exigem verificação especial antes da aceitação, pela FISCALIZAÇÃO, dos Desenhos “As Built”.

- Localização, dimensões e tipo de linhas de serviços públicos, existentes e novas, em particular, das linhas subterrâneas;
- Disposição e desenhos esquemáticos dos circuitos elétricos e dos eletrodutos;
- Dimensões e detalhes precisos do equipamento, transferidos dos desenhos de fábrica;
- Verificação do alinhamento e da disposição dos sistemas do projeto;
- Localização real de chumbadores, juntas de construção e de controle, etc., no concreto;
- Mudanças na localização de equipamento e de características arquitetônicas;
- Exclusão de palavras e expressões, como “opcional”, “ou igual”, etc., e uma relação específica dos itens ou dos materiais fornecidos;
- Obstruções singulares ou que não constem dos desenhos, que tenham sido constatadas na área da obra;
- Localização, extensão, espessura e dimensões da proteção de enrocamento, em especial onde estiver normalmente submersa.

Se necessário, serão anexados esboços aos desenhos. Os Desenhos “As Built” deverão ser remetidos ao CONTRATANTE quando a obra executada pela EMPREITEIRA, ou fases da mesma, estiverem substancialmente terminadas. Não será necessário reter os desenhos até o término das operações de pintura, limpeza, semeadura, etc. É importante que os desenhos sejam enviados, logo que possível, pela EMPREITEIRA, à FISCALIZAÇÃO, de modo que o traçado original possa ser corrigido e, se possível, que sejam preparadas cópias reproduzíveis, até a data de conclusão da obra.

O passo inicial na elaboração dos Desenhos “As Built” será o de marcar manualmente, nas cópias dos desenhos originais, todas as mudanças ocorridas durante a implementação do projeto, e submeter as marcações e as correções à revisão e aprovação da FISCALIZAÇÃO, após o término da obra. Tão logo os desenhos marcados sejam aprovados, as marcações e as correções deverão ser incorporadas aos desenhos originais, que serão rotulados como “As Built” pelo CONTRATANTE.

Na oportunidade da inspeção final, a FISCALIZAÇÃO deverá ter recebido da EMPREITEIRA um conjunto completo de Desenhos “As Built”, em escala adequada. A FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se de que a EMPREITEIRA entregará esses desenhos oportunamente. Se a EMPREITEIRA não for responsável pela elaboração dos Desenhos

"As Built", a FISCALIZAÇÃO encarregar-se-á desta tarefa. Em ambos os casos, os desenhos marcados "As Built" deverão ser encaminhados ao CONTRATANTE logo após a conclusão da obra.

Os esboços ou os desenhos incorporados ao contrato, mediante modificações, também deverão ser encaminhados como Desenhos "As Built".

2.4.4.3.10 Mudanças nas Condições

As mudanças nas condições de uma estrutura, como um canal, uma tubulação ou uma estação de bombeamento, em geral significam um aumento nos custos, quando comparados aos valores contratuais originais. Os custos de uma solução para as mudanças nas condições poderão aumentar várias vezes o valor contratual original. A documentação, a implementação oportuna de soluções e os esforços para que a EMPREITEIRA não interrompa seu trabalho são essenciais ao controle dos custos, no caso de constatação de condições diferentes das previstas.

Quando se constata uma situação diversa daquela considerada nas especificações, será preciso avaliar e documentar a magnitude do problema, o mais rápido possível. A documentação deverá incluir uma descrição completa das novas condições constatadas, assim como os resultados de quaisquer ensaios pertinentes à situação, que tenham sido efetuados antes e/ou depois da situação ficar aparente. Esta documentação poderá ser utilizada em consultas a engenheiros projetistas, a fim de facilitar uma solução oportuna do problema. Recomenda-se que os projetistas visitem o local, de modo a eliminar qualquer mal entendido. Essa visita é essencial para se definir o problema adequadamente. Antes da visita ao local, deverão ser tomadas as seguintes providências: juntar a documentação mencionada, efetuar um levantamento com marcações ou linhas pintadas nas fundações, ou na estrutura que delineia o problema, e obter amostras, quando apropriado, que permitam estabelecer as características físicas do material em questão. Estas providências auxiliam no estabelecimento dos parâmetros necessários à definição do problema, após o qual poder-se-á procurar uma solução.

As soluções incluem considerações econômicas. Definindo-se a geometria ou a área do problema, será possível obter as informações necessárias à tomada de decisões. Essas informações são:

- O tempo de paralisação da EMPREITEIRA;
- O cronograma da EMPREITEIRA antes de constatado o problema;
- O efeito das diversas soluções propostas no cronograma da EMPREITEIRA;
- O equipamento e a mão-de-obra que a EMPREITEIRA tem no local e que serão afetados pela paralisação;
- A factibilidade de a EMPREITEIRA utilizar tal equipamento e mão-de-obra em outra parte do projeto, de modo a reduzir o impacto da paralisação no cronograma;
- A quantidade de material em questão.

Após implementada a solução, a ênfase da documentação muda para a determinação do esforço dispendido pela EMPREITEIRA na solução do problema. Em geral, é difícil fazer a diferenciação entre o serviço original e o efetivamente executado, como resultado das mudanças. Os relatórios para documentar a situação, do ponto de vista do CONTRATANTE, deverão ser preparados pela FISCALIZAÇÃO. Esses relatórios serão eficazes nas negociações, desde que sejam completos, razoáveis e o mais factuais possível. Antes de se reiniciar a obra segundo as mudanças determinadas, é preciso efetuar um levantamento quantitativo. Será necessário elaborar relatórios diários completos referentes à mão-de-obra, ao equipamento e à qualidade dos materiais utilizados, e a EMPREITEIRA deverá indicar sua concordância com as informações documentadas, rubricando os relatórios. É preciso observar que esses relatórios diários apresentam as quantidades totais dos diver-

sos serviços, isto é, os serviços contratados e os executados como resultado das mudanças determinadas. Ao rubricar os relatórios, a FISCALIZAÇÃO e a EMPREITEIRA não estarão concordando quanto ao custo dos serviços executados, como resultado das mudanças, mas definindo o esforço dispendido.

2.4.4.4 Materiais e Equipamento para a Construção Civil

No Brasil, a licitação do fornecimento de tubulações e equipamento mecânico e elétrico é normalmente realizada separadamente das obras de construção civil. Contudo, a EMPREITEIRA é, em geral, responsável pelo fornecimento do equipamento e dos materiais indispensáveis à construção civil. A FISCALIZAÇÃO deverá tomar todas as medidas necessárias para que a obra fique pronta dentro do prazo estipulado no cronograma. Um motivo comum do não-cumprimento dos cronogramas são os atrasos na entrega dos materiais e dos equipamentos. Em consequência, a FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se, oportunamente, da solicitação, pela EMPREITEIRA, de material e equipamento para as obras de construção civil. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as datas de entrega se harmonizarão com as necessidades do cronograma de obra; de que os desenhos de fábrica requeridos serão submetidos conforme estipulado; e de que a EMPREITEIRA fará um acompanhamento cuidadoso dos pedidos de material e equipamento. A FISCALIZAÇÃO deverá acompanhar de perto as diversas fases do processo de compras e manter um sistema de monitoramento que assegure que os materiais e o equipamento serão pedidos e entregues a tempo de evitar qualquer atraso na obra.

A FISCALIZAÇÃO deverá tomar as medidas que julgar necessárias, dependendo do tipo de obra e das condições constatadas. Deverá insistir para que a EMPREITEIRA cumpra as cláusulas contratuais, exigindo a submissão de cópias das ordens de compra. A FISCALIZAÇÃO, por sua vez, deverá encaminhar ao CONTRATANTE uma cópia dessas ordens de compra, com recomendações quanto ao tipo de inspeção requerida para os itens nelas relacionados. A critério da EMPREITEIRA, os preços poderão ser omitidos das cópias das ordens de compra encaminhadas ao CONTRATANTE.

- Com frequência, as EMPREITEIRAS não conseguem que os materiais e/ou os equipamentos sejam entregues dentro do prazo. Se ficar claro que os esforços da EMPREITEIRA não estão alcançando os resultados desejados, esta deverá solicitar a assistência da FISCALIZAÇÃO. A FISCALIZAÇÃO deverá considerar a solicitação e, se não puder prover qualquer auxílio direto, deverá encaminhar a solicitação, por escrito, ao CONTRATANTE, para sua assistência. As solicitações de auxílio enviadas pela EMPREITEIRA deverão conter as seguintes informações:
 - ▶ Uma cópia da ordem de compra;
 - ▶ Seqüência das ordens emitidas aos fornecedores e até aos fabricantes, com respectivos números e datas;
 - ▶ Datas em que os desenhos de fábrica foram aprovados e devolvidos ao fabricante;
 - ▶ Valor monetário real ou estimado dos materiais e/ou do equipamento a respeito do qual se está solicitando auxílio;
 - ▶ Última data de entrega possível para cumprir o cronograma;
 - ▶ Data de entrega prometida pelo fabricante ou pelo fornecedor;
 - ▶ Data do último contato com o fabricante ou o fornecedor, e os resultados obtidos, incluindo nomes, endereços e telefones.
- Após submeter um pedido de auxílio ao CONTRATANTE, é essencial que a FISCALIZAÇÃO seja avisada imediatamente a respeito de qualquer mudança nas condições que atenuem a necessidade de ajuda ou afete as datas de entrega. A EMPREITEIRA deverá manter a FISCALIZAÇÃO informada a este respeito, de modo que o CONTRATANTE possa ser informado de qualquer alteração.

2.4.4.5 Inspeções e Ensaios na Fábrica

- Os contratos relativos ao fornecimento de tubulações e equipamento eletro-mecânico requerem a realização de inspeções e ensaios na fábrica. Em alguns casos, também poderá ser preciso inspecionar e/ou ensaiar, na fábrica, o equipamento e os materiais comprados para a construção civil. Após revisar as ordens de compra da EMPREITEIRA relativas a esse material, a FISCALIZAÇÃO deverá preparar e enviar ao CONTRATANTE recomendações relativas às inspeções e aos testes necessários, relativos aos itens relacionados em cada ordem de compra;
- Será indispensável discernimento ao se determinar a necessidade de inspeção na fábrica. As seguintes questões deverão ser consideradas: tipo de material ou equipamento, custo da inspeção, importância da verificação do material ou do equipamento, exigências pontuais nas especificações, etc;
- O CONTRATANTE deverá providenciar e coordenar a inspeção na fábrica. Antes de solicitar essa inspeção, a FISCALIZAÇÃO deverá determinar a data em que o material ou o equipamento será manufaturado, a data em que será necessário na obra e o endereço do fabricante;
- A solicitação da inspeção na fábrica deverá ser acompanhada dos dados relacionados a seguir e de quaisquer outras informações necessárias, a serem enviados ao CONTRATANTE, por carta:
 - ▶ Nome do projeto e número do contrato;
 - ▶ Nome da EMPREITEIRA;
 - ▶ Nome e endereço da subempreiteira e/ou do fabricante;
 - ▶ Locais para a realização dos testes e montagem do equipamento;
 - ▶ Lista do equipamento e grau de inspeção requerido, com referência às especificações;
 - ▶ Lista dos desenhos de fábrica pertinentes;
 - ▶ Cópias das ordens de compra;
 - ▶ Data aproximada em que o equipamento será montado e estará pronto para inspeção.

Os resultados das inspeções de fábrica, exigidas nas especificações relativas ao fornecimento de equipamento, deverão ser detalhados nos relatórios de aceitação, preparados pelos inspetores do CONTRATANTE ao fazerem a inspeção. Além disso, poderá ser exigida, nas especificações relativas ao fornecimento, a apresentação de Relatórios do Ensaio de Fábrica ("Mill Test") e/ou Certificados de Qualidade (cumprimento das especificações) de determinados materiais ou equipamentos.

A FISCALIZAÇÃO deverá receber uma cópia de cada Relatório de Aceitação do Inspetor, do Relatório do Ensaio de Fábrica e do Certificado de Qualidade, assim como cópias das guias de transporte dos itens fornecidos, de acordo com as especificações para o fornecimento de equipamento e também daqueles que estarão sendo comprados para as obras de construção civil. Os Relatórios de Ensaio, os Relatórios do Teste de Fábrica e os Certificados de Qualidade deverão ser comparados às especificações contratuais pertinentes, a fim de se verificar se o contrato está sendo cumprido.

2.4.4.6 Desenhos de Fábrica

Os desenhos de fábrica, como denominados neste parágrafo, são os documentos submetidos para aprovação do material ou do equipamento a ser utilizado no projeto. Podem ser dados de catálogo, desenhos e/ou cálculos.

Os desenhos de fábrica exigidos da EMPREITEIRA estão geralmente relacionados no Caderno de Especificações Técnicas; entretanto, a FISCALIZAÇÃO deverá ter o direito de exigir desenhos de fábrica de qualquer material ou equipamento a ser incorporado à obra contratada.

A FISCALIZAÇÃO será responsável pela obtenção e revisão imediata de todos os desenhos de fábrica requeridos. Assim que for possível, após a assinatura do contrato, deverá ser solicitado à EMPREITEIRA o fornecimento de uma lista de todos os desenhos de fábrica que planeja submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, com uma estimativa da data em que cada desenho será submetido. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar a lista cuidadosamente, devido à importância da sua rápida conclusão e a pronta submissão dos desenhos de fábrica. Submeter oportunamente um conjunto completo de desenhos de fábrica contribui materialmente para o bom termo da obra. A lista dos desenhos da fábrica é o registro que permitirá verificar seu andamento, e a FISCALIZAÇÃO deverá conferir a lista freqüentemente, de modo a garantir que os desenhos relativos a cada fase da obra estejam disponíveis e aprovados quando forem necessários, a fim de evitar atrasos.

Esses desenhos deverão ser verificados cuidadosamente, a fim de se garantir que estão de acordo com as especificações contratuais. Qualquer desenho inadequado deverá ser devolvido à EMPREITEIRA. Deverá ser remetida ao CONTRATANTE uma cópia de cada desenho de fábrica aprovado; outra cópia deverá ficar à disposição dos inspetores.

2.4.4.7 Dados e Desenhos Técnicos Apresentados pela EMPREITEIRA

A EMPREITEIRA é obrigada a apresentar todas as informações relacionadas nas especificações contratuais. Deverão ser apresentados itens como desenhos, diagramas, tabelas ou curvas operacionais, relatórios de testes, cilindros de prova, amostras de materiais, instruções e manuais para O&M, certificados e garantias do produtor, do fabricante ou da EMPREITEIRA. A FISCALIZAÇÃO poderá solicitar a apresentação de outros documentos, além dos relacionados. A EMPREITEIRA será responsável pela apresentação desses documentos, de forma adequada e precisa, assim como pelo atendimento das especificações contratuais.

A EMPREITEIRA será responsável pelo controle do cronograma de entrega de documentos, por ela estabelecido. A FISCALIZAÇÃO deverá manter um registro atualizado dos documentos submetidos (documento de controle). O controle a nível de campo é necessário a fim de assegurar um controle gerencial imediato por parte da EMPREITEIRA. Para manter o controle dos documentos submetidos, a FISCALIZAÇÃO deverá instituir revisões sistemáticas e um procedimento de acompanhamento da submissão de documentos. Se a EMPREITEIRA for negligente ou relapsa, a FISCALIZAÇÃO deverá notificá-la imediatamente da falha, exigindo ação rápida, de modo a evitar atrasos nas entregas e na obra.

A FISCALIZAÇÃO será responsável pelo processamento e revisão de todos os documentos submetidos à aprovação.

2.4.4.8 Estimativas dos Pagamentos Contratuais

A FISCALIZAÇÃO deverá preparar estimativas claras e precisas dos pagamentos contratuais de progresso. Os cálculos dos pagamentos deverão ser preparados utilizando-se planilha própria. A frequência dos pagamentos (período de pagamento) à EMPREITEIRA e o procedimento de indexação dos custos, a fim de compensar a inflação, serão estabelecidos contratualmente.

As parcelas pagas à EMPREITEIRA deverão basear-se no trabalho por ela executado, de um período de execução ao subseqüente, conforme cronograma físico-financeiro.

As planilhas de estimativa deverão ser numeradas consecutivamente, devendo haver uma planilha para cada período de pagamento para o qual houve acordo de ganho substancial, durante toda a vigência do contrato. A última planilha deverá ser marcada com a palavra "Final". A planilha de estimativa deverá incluir as datas cobertas, que

devem ser coerentes com o contrato e o cronograma físico-financeiro. Deverão ser aprovadas e assinadas pelo CONTRATANTE. Se o representante da EMPREITEIRA no canteiro de obras estiver autorizado a assinar as planilhas de estimativa e desejar fazê-lo, sua assinatura deverá ser colhida no original da planilha, antes de ser enviada para pagamento. Se houver diferença irreconciliável em relação à quantia a ser paga à EMPREITEIRA, esta deverá assinar a planilha de estimativa referente àquele pagamento, ressalvando que discorda da quantia e por quê. Nesse caso, a FISCALIZAÇÃO deverá apresentar um relatório dos fatos ao CONTRATANTE.

A FISCALIZAÇÃO deverá deduzir os percentuais retidos dos pagamentos à EMPREITEIRA, conforme definido no contrato. Se a data de execução da obra coberta pela medição se estender além do prazo final estabelecido para conclusão da obra, deverão ser deduzidas as indenizações ou as multas a título de mora, estabelecidas no contrato. Se a EMPREITEIRA tiver direito a um prazo adicional, justificado contratualmente, a multa ou a indenização não será abatida da importância devida à EMPREITEIRA. Nesse caso, a FISCALIZAÇÃO deverá anexar uma declaração a esse respeito à planilha de medição de pagamento. Custos finais acima ou abaixo dos estabelecidos inicialmente deverão ser levados ao conhecimento do CONTRATANTE, assim que identificados ou previstos e, novamente, ao submeter-se a respectiva planilha de estimativa de pagamento. A FISCALIZAÇÃO deverá encaminhar ao CONTRATANTE um relatório, separado da planilha, expondo os fatos relacionados às quantidades finais acima ou abaixo do estabelecido, seja de itens, seja de custo.

A FISCALIZAÇÃO tem direito a reter quaisquer pagamentos, como resultado de serviço mal realizado, não correção de defeitos, falta de segurança, gestão inadequada do contrato, etc.; e deverá exercer esse direito. Entretanto, as importâncias retidas não deverão exceder o valor dos itens que acarretaram essa retenção.

A medição final deverá basear-se num resumo preciso de todo o serviço realizado; entretanto, esse serviço deverá ser aquele a ser pago segundo os termos contratuais. Deverão ser preparadas folhas de cálculo, para fundamentar cada estimativa final. Essas folhas deverão incluir desenhos, esboços, cortes, comprovantes de peso, fitas da máquina de calcular, etc., necessários à computação do pagamento. Todos os itens deverão ser indexados com as folhas de cálculo e compilados de maneira clara e sistemática, para sua fácil revisão e verificação. Todas as medidas deverão ser efetuadas de maneira precisa. Todos os cálculos deverão ser verificados, datados e rubricados pela(s) pessoa(s) encarregada(s) dos cálculos e das verificações. Os cálculos deverão ser preparados à medida que os diversos itens da obra forem concluídos, de modo que as folhas de cálculos completas e as estimativas finais possam ser submetidas à verificação e que o pagamento final do contrato possa ser efetuado sem delongas.

2.4.4.9 Atividades Finais

2.4.4.9.1 Reunião de Conclusão Pré-Final

A FISCALIZAÇÃO deverá providenciar e realizar uma reunião de conclusão pré-final com a EMPREITEIRA. Essa reunião sempre deverá ser realizada entre 30 e 40 dias antes da data prevista para a conclusão da obra, e seu propósito será efetuar uma revisão das fases finais. Não será necessária para obras de menos de 120 dias de duração. A agenda da reunião deverá incluir os seguintes itens, embora possam ser abordados também outros temas:

- Comparação do andamento real ao andamento programado;
- Consideração das modificações, reivindicações e extensões de tempo pendentes, incluindo a subdivisão dos custos, para fins de análise;
- Indenizações;

- Documentos a serem submetidos:
 - ▶ instruções/manuais de O&M,
 - ▶ ensaios e resultados,
 - ▶ desenhos “as built”,
 - ▶ peças de reposição;
- Ensaio do equipamento;
- Cronograma de plantio;
- Afixação das instruções do equipamento;
- Treinamento necessário à operação e/ou manutenção, para o pessoal dessas áreas;
- Procedimento para as inspeções pré-final e final;
- Procedimento para a transferência do projeto e da responsabilidade pelo mesmo;
- Segurança (de prédios, devolução dos crachás, entrega das chaves, etc.);
- Correção de defeitos (como e quando); e
- Retenção de pagamento relativo aos defeitos.

Dar-se-á ênfase particular à retenção de fundos do pagamento à EMPREITEIRA, de modo a assegurar a conclusão de todos os requisitos contratuais no prazo estabelecido. A FISCALIZAÇÃO também deverá explicar a alternativa do CONTRATANTE de terminar a obra de outra maneira e cobrar esses serviços da EMPREITEIRA, caso esta não consiga concluir os dentro do prazo.

Após a reunião pré-final, a FISCALIZAÇÃO deverá estabelecer um programa de monitoração para verificar se a mão-de-obra e o desempenho da EMPREITEIRA serão suficientes para concluir as obras do projeto oportuna e satisfatoriamente. Cópias das minutas da reunião deverão ser encaminhadas à EMPREITEIRA e ao CONTRATANTE.

2.4.4.9.2 Inspeção Pré-Final

O CONTRATANTE será responsável pela aceitação da conclusão de um contrato. Assim que se souber quando o contrato estará substancialmente concluído, o CONTRATANTE deverá ser informado e enviada uma sugestão de data para a inspeção pré-final. O CONTRATANTE deverá ser informado a respeito da data da inspeção com bastante antecipação, a fim de poder convidar os órgãos interessados. A maioria dos órgãos requerem um aviso prévio de 10 (dez) dias. A inspeção pré-final só deverá ser realizada quando a obra estiver substancialmente concluída. Se houver atrasos inesperados por parte da EMPREITEIRA (após a inspeção pré-final ter sido programada), a inspeção deverá ser adiada. Os participantes deverão ser informados sobre os detalhes da obra que não serão concluídos antes da data da inspeção. Atrasos desta natureza raramente ocorrerão se houver cuidado na marcação da inspeção pré-final.

Antes da data de transferência do projeto, a FISCALIZAÇÃO deverá realizar uma inspeção pré-final das obras do projeto, junto com a EMPREITEIRA, o CONTRATANTE e o pessoal da FISCALIZAÇÃO, assim como com o pessoal do DISTRITO, se já tiver sido constituído e seus membros desejarem participar da inspeção. Se necessário, deverá haver uma demonstração da operação do projeto. Após a inspeção, a FISCALIZAÇÃO deverá imediatamente indicar à EMPREITEIRA as ações corretivas exigidas, caso necessário.

A data da inspeção final deverá ser estabelecida no fim da Inspeção Pré-final. Além disso, deverá ser marcada uma reunião dos membros do grupo que realizou a inspeção, imediatamente após a mesma. Os defeitos constatados durante a inspeção deverão ser expostos claramente e os membros do grupo informados, pela FISCALIZAÇÃO, da ação corretiva proposta.

2.4.4.9.3 Notificação da Data de Conclusão da Obra

A FISCALIZAÇÃO deverá notificar o CONTRATANTE, por escrito, da data prevista para a conclusão da obra. Essa notificação deverá ser enviada com a maior antecedência possível, assim que a FISCALIZAÇÃO determinar a data de conclusão da obra e dela tiver certeza. Deverá ser incluída, na carta, ressalva a respeito das circunstâncias que poderão afetar a conclusão da obra dentro do prazo previsto. Qualquer mudança substancial na data de conclusão, verificada após o envio da notificação ao CONTRATANTE, deverá ensejar nova notificação, explicando a mudança.

2.4.4.9.4 Inspeção Final

A inspeção final só deverá ser realizada após a conclusão da obra e a eliminação e correção de todos os defeitos. A data da inspeção final deverá ser marcada pela FISCALIZAÇÃO, com as anuências do CONTRATANTE e do DISTRITO, se já estiver constituído. A FISCALIZAÇÃO deverá obter a anuência do DISTRITO, por escrito, com data específica para a transferência do projeto, a fim de evitar mal entendido. A inspeção final será efetuada pela FISCALIZAÇÃO, com representantes da EMPREITEIRA e do CONTRATANTE. Após a conclusão das correções dos defeitos, a FISCALIZAÇÃO deverá terminar, sem demora, todas as questões administrativas e aquelas relativas ao pagamento final à EMPREITEIRA que dependam de ações da FISCALIZAÇÃO.

2.4.4.9.5 Transferência do Projeto

A data de transferência do projeto deverá ser considerada pela FISCALIZAÇÃO durante todo o período da obra, a fim de simplificar o máximo a tarefa de preparação dos inventários de materiais, ferramentas e equipamento. A transferência é a cessão das instalações do projeto, pela EMPREITEIRA, à entidade que as deverá operar. Na maioria dos projetos, as instalações são transferidas inicialmente ao CONTRATANTE, uma vez que o processo de emancipação, mediante o qual o projeto é transferido ao DISTRITO, para sua operação e manutenção, geralmente exige de dois a três anos, após a conclusão das obras. Esse processo de emancipação é descrito detalhadamente no Manual de “Operação e Manutenção de Projetos de Irrigação”. O inventário das instalações a serem transferidas deverá ser concluído até a data da inspeção final (data de transferência). O inventário deverá relacionar todas as instalações, incluindo prédios, estruturas, serviços públicos, sistemas de distribuição, áreas pavimentadas e outras áreas, seja obra nova, reestruturada ou reformada. Todos os manuais de operação e manutenção, os desenhos, os dados dos fabricantes e outras informações pertinentes deverão ser compilados e transferidos ao CONTRATANTE, assim como relacionados no inventário.

A FISCALIZAÇÃO será responsável pela obtenção dos dados e pela elaboração do inventário. Se os dados forem compilados à medida que o projeto for implantado, a elaboração do inventário será muito facilitada. As informações constantes do inventário deverão ser precisas e integrais. O CONTRATANTE aceitará a transferência do projeto apondo sua assinatura ao inventário. As deficiências constatadas durante a inspeção final, que não forem imediatamente corrigidas, deverão ser relacionadas no verso do formulário. Só deverão ser anotadas deficiências relativas às exigências contratuais, sem maiores consequências, que não afetem a operação do projeto. As deficiências do projeto executivo não deverão ser incluídas. Se possível, as divergências relativas a essas deficiências serão dirimidas pela FISCALIZAÇÃO. Caso contrário, a divergência será encaminhada, por escrito, ao CONTRATANTE, junto com uma explicação dos fatos.

Antes da inspeção final, a FISCALIZAÇÃO deverá determinar o custo aproximado do contrato, excluindo possíveis representações. O cálculo desse custo deverá estar disponível durante a inspeção final, caso seja solicitado.

Registros do Ensaio do Equipamento - Todos os testes do equipamento exigidos no contrato deverão ser realizados antes da inspeção pré-final. Deverá ser elaborado um registro completo dos testes efetuados, que deverá estar disponível para consulta durante a inspeção final. É recomendável convidar o DISTRITO (se tiver sido constituído) a participar dos testes. O DISTRITO deverá receber uma cópia dos relatórios dos testes do equipamento. Nos contratos que especificam treinamento do pessoal de operação, esse treinamento deverá ser concluído, satisfatoriamente, antes da transferência do projeto.

Registros dos Desenhos de Fábrica - No início da obra, deverá ser elaborada uma relação de todos os desenhos de fábrica exigidos contratualmente. Todos os desenhos de fábrica requeridos deverão ser aprovados antes da aceitação dos materiais e do equipamento. Os dados dos desenhos de fábrica deverão ser compilados para poderem ficar à disposição dos interessados, durante a inspeção final. Após a inspeção, os dados dos desenhos de fábrica deverão ser encadernados e transferidos ao CONTRATANTE e, subsequentemente, ao DISTRITO.

2.4.4.9.6 Aceitação da Obra

Se possível, a aceitação da obra ou da instalação de construção civil, ou de qualquer parte separável especificada de tal obra ou instalação, deverá ser efetuada logo após a sua conclusão. A FISCALIZAÇÃO deverá encaminhar ao CONTRATANTE todos os dados necessários à rápida conclusão do contrato.

Na maioria dos casos, os equipamentos mecânicos e elétricos principais terão um ano de garantia. A aceitação provisória desses equipamentos ocorrerá após o término satisfatório dos ensaios de campo específicos de cada equipamento. A aceitação final será outorgada no final do prazo de garantia. Os resultados da inspeção final, para fins de transferência do projeto, não deverão invalidar ou de outra forma alterar as provisões da garantia do equipamento.

2.4.4.9.7 Peças Sobressalentes e Ferramentas

A FISCALIZAÇÃO deverá examinar cuidadosamente as especificações contratuais e obter, da EMPREITEIRA, as peças sobressalentes e as ferramentas exigidas no contrato. Essas peças e ferramentas deverão ser transferidas ao CONTRATANTE e, subsequentemente, ao DISTRITO, acompanhadas de uma relação das peças sobressalentes para cada equipamento, incluindo o nome dos fornecedores e o custo unitário.

Essa informação deverá ser encaminhada ao CONTRATANTE, por escrito, até a data em que ele assumir a responsabilidade pela operação e manutenção integral ou parcial do projeto. Os dados relativos às peças sobressalentes, ou a lista de peças sobressalentes recomendadas pelo fabricante, deverão ser encaminhados, assim que possível, após a compra do equipamento, a fim de permitir que o CONTRATANTE tenha tempo de adquirir as peças não fornecidas.

2.4.4.9.8 Chaves

O contrato deverá ser cuidadosamente verificado, a fim de determinar o número, o tipo e a classe de chave exigida. Serão verificadas cuidadosamente as exigências relativas às chaves-mestra e às chaves das válvulas, dos hidrantes, do equipamento de escritório e das janelas. A EMPREITEIRA deverá fornecer todas as chaves exigidas, devidamente rotuladas e preparadas para serem transferidas ao CONTRATANTE e, subsequentemente, ao DISTRITO. Incluir-se-á uma relação completa das chaves fornecidas.

Na oportunidade da emancipação do projeto, o CONTRATANTE deverá fornecer ao DISTRITO as chaves das fechaduras, que deverão estar claramente rotuladas e coordena-

das com o inventário das fechaduras, o número do prédio e o número da porta ou outra designação, assim como “pass-words” de equipamentos de controle, etc.

2.4.4.9.9 Instruções e Manuais de Operação e Manutenção

Para cada equipamento, a FISCALIZAÇÃO deverá obter da EMPREITEIRA instruções abrangentes relativas à operação e à manutenção, conforme consta do contrato. As instruções de operação e manutenção serão as publicadas pelo fabricante.

Os manuais de operação e manutenção exigidos no contrato, relativos às estruturas e ao equipamento do sistema, deverão ser revisados e aprovados pela FISCALIZAÇÃO. A FISCALIZAÇÃO deverá encaminhar essas informações ao CONTRATANTE, até a data em que ele assumir a responsabilidade pela operação e manutenção integral ou parcial do projeto. Deverão ser afixadas cópias emolduradas dessas instruções de operação do equipamento, na parede junto ao respectivo equipamento, antes dos testes de aceitação do(s) sistema(s).

2.4.4.9.10 Garantias

As especificações contratuais deverão ser revistas, e uma relação das garantias exigidas será compilada. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se a EMPREITEIRA entregou todas as garantias requeridas, para posterior encaminhamento ao CONTRATANTE. Isso inclui os nomes, os endereços, e os contatos daqueles responsáveis pela implementação dessas garantias. Além disso, deverá ser anexada à documentação das garantias uma relação das datas de expiração de cada garantia.

2.4.4.9.11 Certificado de Conclusão

Logo após a conclusão do projeto, a FISCALIZAÇÃO deverá preparar um Certificado de Conclusão e submetê-lo ao CONTRATANTE. Este documento certificará que a inspeção final foi efetuada e que a obra realizada pela EMPREITEIRA foi concluída de acordo com os desenhos e as especificações contratuais, tendo sido aceita pela FISCALIZAÇÃO e, depois, transferida ao CONTRATANTE. Também deverá ser fornecida uma relação das diversas datas, como a de conclusão do contrato, a de aceitação pela FISCALIZAÇÃO e a de transferência ao CONTRATANTE. Caso sejam constatadas deficiências no documento de transferência, deverão ser incluídas no certificado as datas em que essas deficiências foram sanadas.

A FISCALIZAÇÃO também deverá certificar-se de que foi concluída a transferência das instalações ao CONTRATANTE e de que foi fornecido ao CONTRATANTE todo o material relacionado no subitem [2.4.4.9.5](#), Transferência do Projeto.

2.4.4.9.12 Inspeção da Obra Concluída

Espera-se que a obra, após transferida ao CONTRATANTE e, posteriormente, ao DISTRITO, atenda a todas as exigências contratuais e satisfaça as necessidades operacionais. Entretanto, alguns tipos de deficiências no projeto executivo, construção ou suficiência funcional só poderão ser constatadas após a instalação entrar em operação. A fim de garantir a descoberta e eliminação de tais deficiências em futuros projetos executivos ou obras, o CONTRATANTE deverá efetuar uma inspeção pós-conclusão do projeto, aproximadamente um ano após o início da operação do projeto. Essa inspeção poderá ser realizada junto com a inspeção dos equipamentos mecânicos e elétricos, no final do prazo de garantia. Os defeitos constatados durante esta inspeção deverão ser relatados ao escritório de elaboração de projetos executivos, para evitar que sejam repetidos. Além das inspeções pós-conclusão da obra, deverão ser realizadas, periodicamente, reuniões relativas à operação do projeto, de “feedback”, de inspeção e de coordenação de projetos executivos.



QUESTÕES AMBIENTAIS

3.1 Objetivo

O objetivo deste capítulo é alertar a FISCALIZAÇÃO acerca da necessidade de cumprir as normas de proteção ao meio ambiente, resultantes das legislações federal e estadual e sua regulamentação, as quais se encontram incluídas nas especificações do projeto. Cabe à FISCALIZAÇÃO assegurar que a EMPREITEIRA cumpra os compromissos de proteção ao meio ambiente durante todas as fases de um projeto. De forma objetiva, a FISCALIZAÇÃO utilizará as especificações do projeto para verificar o cumprimento das normas de proteção ao meio ambiente, durante as diversas fases do projeto, de modo a auxiliar o CONTRATANTE a atender seu compromisso com o meio ambiente.

3.2 Abrangência das Questões Ambientais

As questões ambientais são muito complexas, abrangendo a proteção de espécies em extinção, a proteção das florestas, os recursos culturais, a paisagem, a qualidade da água e a qualidade do ar (prevenção da poluição do ar, inclusive a sonora).

Existem três razões principais para se abordarem as questões ambientais durante a obra. A primeira é atender as normas expressas nas legislações federal e estadual. A segunda, evitar efeitos de longo prazo prejudiciais ao meio ambiente, que podem ser causados pelas atividades da construção. Por exemplo, os resíduos e os subprodutos químicos rotineiramente despejados em áreas isoladas podem vir a causar a contaminação das águas subterrâneas.

A terceira é respeitar a população. Mesmo quando não há ameaça direta à segurança pública ou aos recursos naturais, os projetos podem, desnecessariamente, causar poeira, barulho e problemas de trânsito e de segurança à população vizinha à obra. Se as especificações do projeto forem elaboradas com atenção especial às questões do meio ambiente e se a EMPREITEIRA obedecer a essas especificações, será possível minimizar os distúrbios à população. A FISCALIZAÇÃO será responsável pelo fiel cumprimento das especificações.

Durante a fase de planejamento e antes do projeto executivo, o projeto proposto deverá ser revisado, a fim de se avaliar o seu impacto ambiental potencial, e quantificá-lo, e de se identificarem as medidas corretivas que nele devem ser incluídas. As normas a serem seguidas em relação aos aspectos ambientais dos projetos de irrigação no Brasil podem ser encontradas nas “Diretrizes Ambientais para o Setor de Irrigação” do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), da Secretaria de Irrigação (SIR), do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e da Organização Metereológica Mundial (OMM).

A seguir, são abordados tópicos ambientais específicos, relativos às atividades de construção.

3.3**Uso da Terra e seu Tratamento**

A FISCALIZAÇÃO precisa estar ciente das questões específicas relativas ao uso da terra. Estes usos incluem preservação da paisagem, conservação da vegetação, controle de ervas daninhas, uso de produtos químicos, replantio, limpeza e eliminação do lixo e manutenção da segurança do público e do seu acesso às áreas em questão.

Para preservação da paisagem natural, a EMPREITEIRA deve ser cuidadosa no momento das obras, de modo a evitar desnecessárias destruição, escarificação ou mutilação do meio ambiente natural vizinho. Exceto quando for imprescindível o desmatamento para dar lugar a obras permanentes, construir estradas que tenham sido aprovadas ou efetuar escavações, a EMPREITEIRA deverá preservar e proteger todas as árvores, arbustos nativos e vegetação dos trabalhos de construção e do equipamento.

Durante a fase de elaboração do projeto executivo, poderá ser desenvolvido um programa racional de desmatamento, a ser realizado nas parcelas de irrigação. A elaboração deste programa deverá incluir um inventário das espécies vegetais existentes, a delimitação das áreas a serem desmatadas, o estabelecimento de reservas ecológicas, áreas de preservação permanente, e de corredores de fuga para a fauna, a seleção de métodos de desmatamento adequados e a utilização dos recursos florestais, como toras e lenha, e também para produção de carvão. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se do cumprimento das exigências deste programa pela EMPREITEIRA. Em especial, as reservas ecológicas, áreas de preservação permanente, e os corredores de fuga para os animais não deverão ser invadidos por atividades relacionadas às obras, como áreas de armazenamento temporário ou estradas de acesso, ou outros usos não autorizados pelo pessoal da EMPREITEIRA.

Recentemente, a proteção das espécies vegetais em vias de extinção tornou-se assunto de grande interesse. Em áreas geográficas nas quais existam tais espécies, a FISCALIZAÇÃO deverá monitorar cuidadosamente o trabalho da EMPREITEIRA, de modo a ter certeza de que tais espécies não serão destruídas.

O controle de ervas daninhas no canteiro de obras é muito importante em termos do uso da terra, porquanto os métodos de controle podem ter impacto significativo no meio ambiente. As ervas daninhas são, em geral, controladas por borrifações, roçadura, gradagem ou aradura. No caso da borrifação de produtos químicos, cresce o papel da FISCALIZAÇÃO, porque tais produtos podem provocar impacto expressivo ao meio ambiente e à segurança.

A FISCALIZAÇÃO será responsável pela supervisão e aplicação de todos os pesticidas, herbicidas e inseticidas utilizados pela EMPREITEIRA. Os produtos químicos selecionados e seu método de aplicação deverão atender todas as normas e exigências constantes na legislação relativa ao meio ambiente e nas especificações do projeto. A FISCALIZAÇÃO deverá estar familiarizada com os tipos de produtos químicos cujo uso é proibido por lei, a fim de se assegurar de que esses produtos não sejam utilizados durante as obras.

Para controlar a erosão, em determinados projetos será necessário efetuar replantio. Nesses casos, as sementes especificadas deverão ser, em geral, uma mistura das gramíneas nativas, normalmente encontradas na área do projeto. O papel da FISCALIZAÇÃO é assegurar a seleção das sementes apropriadas e a semeadura adequada pela EMPREITEIRA, de maneira a garantir perfeita germinação e crescimento.

A limpeza e disposição do refugo é questão importante no uso da terra, não apenas devido aos cuidados com a saúde e a segurança do pessoal durante a construção, como também pela imagem deixada ao público após a limpeza final, quando o projeto for con-

cluído. O refugo típico das obras inclui material de escavação, vegetação e madeira cortada, sobras de concreto, formas, lixo e entulho, resíduos perigosos, óleo de motor usado proveniente de veículos utilizados durante a obra, e dejetos sanitários. A FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se de que, à medida que o refugo se acumule, a EMPREITEIRA deverá encarregar-se de sua disposição final, segundo o estabelecido na legislação vigente.

Importantes questões do uso da terra são a manutenção do acesso e a segurança das pessoas em torno do canteiro de obras, que incluem o acesso à obra, o estacionamento para o pessoal da obra e, em alguns casos, os alojamentos para os empregados da EMPREITEIRA. Neste caso, cabe à FISCALIZAÇÃO assegurar que o trabalho da EMPREITEIRA não prejudicará o acesso da população à área vizinha à obra, e que a população e os empregados da EMPREITEIRA serão adequadamente protegidos dos trabalhos de construção. A FISCALIZAÇÃO também será responsável pela revisão de quaisquer planos de acesso exigidos, submetidos pela EMPREITEIRA, de modo a preservar o acesso da população às áreas em questão e garantir sua segurança.

3.4

Questões Relativas à Qualidade da Água

A prevenção da poluição da água é fator importante em qualquer atividade de construção realizada próximo aos cursos d'água, rios, lagos e reservatórios.

A FISCALIZAÇÃO deverá ficar alerta, durante a obra, para os seguintes poluentes:

- Turbidez causada por água proveniente do desaguamento das fundações, tráfego de veículos de construção no leito dos cursos d'água, erosão das ribanceiras, lavagem de veículos nos cursos d'água, ou bota-fora muito próximo aos cursos d'água;
- Óleo ou produtos de petróleo provenientes das máquinas ou de vazamento nos tanques de armazenamento;
- Sobras de concreto;
- Aterros contaminados resultantes de fontes não-autorizadas, como rejeitos de mineração;
- Esgotos sanitários.

A EMPREITEIRA deverá desenvolver um Plano de Controle e de Contramedidas para a Prevenção de Extravasamentos, no caso de possuir armazenamento total de produtos derivados do petróleo que exceda 5m³ ou uma vasilha individual com capacidade superior a 2,5m³, e de existir a possibilidade de um extravasamento de óleo chegar aos cursos d'água. Este plano deverá ter dois pontos: 1) evitar escapamento de óleo, mediante o planejamento da localização dos depósitos e das áreas de armazenamento; e 2) prover um plano imediato de contenção e limpeza, no caso de escapamento accidental. A FISCALIZAÇÃO deverá revisar o plano e recomendar sua revisão, quando necessário.

Freqüentemente, as especificações incluem instruções para minimizar o desmatamento do canteiro de obras, de modo a controlar a erosão. Deverão ser deixadas faixas de vegetação virgem ao longo das margens dos rios e cursos d'água, a fim de impedir a erosão. O material escavado não deverá ser estocado a menos de 7,5m de brejos ou dentro da área de cota máxima de rios ou canais de derivação, de modo a evitar que seja lavado por grandes vazões ou pelo escoamento fluvial, durante tormentas. Quando for necessário realizar obras num leito de rio ou curso d'água, essas obras não deverão ser feitas durante períodos de vazões mais elevadas e deverão ser programadas e finalizadas o mais rápido possível.

As escavações para fundações e as atividades de desvio de cursos d'água deverão ser realizadas de modo a evitar que águas enlameadas ou material de erosão se misturem aos cursos d'água. Isso pode ser conseguido mediante a construção de valas de intercepção, barreiras, lagoas de sedimentação, ou outros meios aceitos. A EMPREITEIRA deverá for-

necer poços coletores, bombas e equipamento adjunto, conforme necessário, para içar a água até as lagoas de sedimentação ou outras instalações de tratamento. A EMPREITEIRA deverá garantir que o sistema de tratamento de água também terá capacidade suficiente para tratar a água proveniente de outras fontes, como escoamento fluvial, dentro do canteiro de obras e das pilhas de estoque de material.

3.5

Questões Relativas à Qualidade do Ar e Outras Questões Associadas

Durante a construção, a EMPREITEIRA deverá utilizar todos os meios viáveis para controlar, evitar ou minimizar a descarga de contaminantes no ar. A diminuição da poeira e o controle das emissões de gases são considerações óbvias relativas à qualidade do ar. Nesta categoria, também está inclusa a diminuição do barulho.

Reducir a poeira é a questão que a FISCALIZAÇÃO enfrenta com maior frequência, uma vez que as atividades relacionadas à construção civil tendem a produzir poeira. A diminuição da poeira visa a minimizar sua disseminação. Há diversas razões para reduzir a poeira, entre as quais podem-se relacionar:

- Prejudica o desempenho dos motores a gasolina ou a diesel;
- Pode ocasionar prejuízos a culturas, pomares, campos cultivados e prédios vizinhos ao canteiro de obras;
- Pode interferir no equilíbrio ecológico natural da área, especialmente quando há espécies em vias de extinção;
- Cria incômodos ou problemas de saúde para os operários da construção e os residentes vizinhos da área.

O método mais comum para reduzir a poeira do ar é jogar água periodicamente por toda a área problemática.

A poluição do ar inclui cheiros, fumaça, "smog", produtos químicos, gases e fumaça perigosa. Estes poluentes podem não afetar a FISCALIZAÇÃO ou a EMPREITEIRA, mas são extremamente incômodos para os habitantes da área em torno do canteiro de obras, ou mesmo de áreas longínquas, na direção do vento. Poluentes visíveis, como fumaça e "smog", são problemáticas particularmente sérias.

Quanto ao controle das emissões de gases ou fumaça, a FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se de que a EMPREITEIRA faça uma manutenção adequada do equipamento, de modo que a descarga de fumaça ou gases não seja excessiva. Além disso, a FISCALIZAÇÃO deverá monitorar as operações da EMPREITEIRA, para garantir que o lixo seja queimado de maneira a minimizar a fumaça, ou que se evite sua queima.

A redução do barulho tem duas finalidades: evitar incomodar os vizinhos e proteger os operários. O uso de martelos pneumáticos, bate-estacas e outros equipamentos de grande impacto e barulhentos, durante longos períodos, pode prejudicar a audição dos operários. Conseqüentemente, é importante que a FISCALIZAÇÃO verifique se os operários estão utilizando proteção auditiva apropriada e se foram tomadas as medidas necessárias para minimizar o impacto do barulho nos vizinhos.

3.6

Questões Ambientais Diversas

Este item trata de problemas ambientais que ocorrem com menos frequência mas que são suficientemente importantes para merecerem a atenção por parte da FISCALIZAÇÃO. Estes problemas são a proteção de recursos culturais e a preservação da vida selvagem.

O termo “recursos culturais” refere-se a dados históricos e arqueológicos. Arqueologia refere-se a tudo que foi fabricado ou modificado pelo ser humano, como cemitérios, áreas habitacionais, estruturas, fundações, locais de disposição de refugo, utensílios, jóias, pinturas rupestres e outras obras de arte. Os locais de especial significância espiritual também estão incluídos. Fósseis e ossos são dados arqueológicos. Os dados históricos normalmente referem-se a edificações e estruturas com cinqüenta ou mais anos.

Em regiões onde haja grande possibilidade de se realizarem descobertas culturais, o CONTRATANTE deverá efetuar um levantamento dos recursos culturais, antes do início da construção. Esta inspeção do local das obras inclui a superfície terrestre ou as características que possam ser afetadas pelo projeto. Após o levantamento, dar-se-á início à construção. A FISCALIZAÇÃO precisará saber se foi, realmente, realizado esse tipo de levantamento.

Nos locais em que a preservação da vida selvagem é de interesse, particularmente quando há espécies em extinção na área, todo o pessoal da EMPREITEIRA deverá ficar ciente do compromisso do CONTRATANTE para com a proteção dos animais. A FISCALIZAÇÃO deverá tomar parte ativa na educação ecológica dos empregados da EMPREITEIRA, no que diz respeito ao compromisso de proteção da vida selvagem.

TERRAPLENAGEM



4.1 Geral

Este capítulo apresenta informações básicas e destaca os fatores mais importantes referentes à terraplanagem e escavações. Na construção, em geral, ocorrem problemas que não foram previstos no projeto. A maneira como manejá-los é explicada com base em experiências anteriores.

4.2 Escavações

4.2.1 Classificação das Escavações

Para fins de pagamento, as especificações consideram três tipos de material, que correspondem às diferentes categorias de escavação.

- Material de Primeira Categoria - Todos os depósitos de material solto ou moderadamente coesivo, como cascalho, areia, silte, argila ou misturas desses materiais, com ou sem matéria orgânica, formados por agregação natural, que podem ser escavados com ferramentas manuais ou com equipamento convencional de escavação. Estão incluídos na primeira categoria os fragmentos de rocha, as pedras soltas e os pedregulhos, com diâmetros iguais ou inferiores a 15cm, independentemente do seu teor de umidade e, em geral, todo tipo de material que não possa ser classificado como de segunda e terceira categorias, conforme descrito a seguir;
- Material de Segunda Categoria - Materiais com resistência à remoção mecânica inferior ao da rocha sólida. A escavação pode ser efetuada mediante uma combinação de métodos que envolvam equipamento de escarificação, explosivos e outros processos equivalentes. Estão inclusos nesta categoria os fragmentos e os blocos de rocha, os matacões e as pedras com diâmetros superiores a 15cm, e iguais ou inferiores a um metro;
- Material de Terceira Categoria - As formações naturais resultantes da agregação natural de grãos minerais, ligados por forças de coesão permanentes muito intensas, com resistência à escavação mecânica equivalente à da rocha sólida. Para enquadrar-se nesta classificação, o material deverá ter dureza e textura tais que não possa ser rompido ou desagregado com ferramentas manuais e que exijam o uso de explosivos, cunhas, ponteiros, barras de aço ou outros meios similares. Estão incluídos nesta categoria os blocos e fragmentos de rocha, matacões e pedra solta com diâmetros superiores a um metro.

4.2.2 Desmatamento e Destocamento

O desmatamento é a primeira operação do processo de escavação. As áreas a serem ocupadas pela construção permanente e outras, como as de empréstimo e de estocagem, designadas pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser limpas de árvores, mato, detritos e matéria orgânica indesejável.

Em alguns casos, as especificações poderão determinar que as madeiras de valor comercial, incluindo a lenha, sejam separadas dos outros resíduos, assim como sobre a maneira de dispor dessas madeiras.

O destocamento consiste na extração de todos os tocos, troncos enterrados, raízes e outros materiais inaceitáveis, até uma profundidade especificada, normalmente 30 centímetros.

Quando permitido nas especificações, as opções para a disposição dos materiais indesejáveis devem incluir queimar ou enterrar a matéria orgânica removida. De preferência, a matéria orgânica deverá ser picada e os pedaços disseminados sobre áreas alteradas, a fim de auxiliar na recomposição da vegetação.

4.2.3 Levantamento de Controle das Escavações

O levantamento primário de controle, providenciado pela FISCALIZAÇÃO antes do início da construção, deverá ser ratificado e documentado, por escrito, pela EMPREITEIRA, que fará a implantação.

O levantamento primário de controle deverá ser utilizado pela EMPREITEIRA para estabelecer a localização dos diversos elementos do projeto em campo, de acordo com os desenhos e as especificações. Além disso, a FISCALIZAÇÃO deverá utilizar o levantamento de controle para verificar a localização correta dos diversos elementos do projeto.

As estacas das linhas centrais e as seções transversais executadas pela EMPREITEIRA deverão ser verificados pela FISCALIZAÇÃO antes de permitir que a EMPREITEIRA inicie as operações de escavação. Este mesmo procedimento de levantamento e verificação documentada deverá ser observado sempre que for encontrada uma categoria diferente de material de escavação.

Após executado o desmatamento e destocamento, e antes do início da escavação, deverão ser elaboradas seções transversais da superfície do solo, conforme se apresenta, a fim de se estabelecerem as bases a serem usadas para fins de pagamento. Os intervalos entre as seções transversais deverão ser, aproximadamente, 10m. Também deverão ser elaboradas seções transversais nos pontos em que ocorrerem irregularidades abruptas na superfície do terreno.

Deverão ser colocadas estacas de talude que indiquem os limites da escavação. Essas estacas deverão incluir informações relativas à estação, ao recuo da linha central e à profundidade do corte.

4.2.4 Controle das Águas Subterrâneas

São vários os objetivos do processo de controle das águas subterrâneas:

- Estabilizar os taludes e as fundações;
- Evitar o carreamento de material fino das fundações;
- Escavar a seco;
- Construir a seco.

A EMPREITEIRA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO um plano de rebaixamento do lençol e drenagem que indique o método a ser utilizado e como a água será descartada. O rebaixamento do lençol só serão permitidos após a aprovação do plano. A maioria das especificações determina que a escavação e a construção sejam executadas a seco. Entre os métodos mais comuns de rebaixamento do lençol destacam-

se as ponteiras drenantes, os poços profundos, os sumidouros, as valas e os drenos “franceses”.

4.2.5 Processamento dos Materiais Escavados

Á medida que os materiais forem escavados, deverão ser classificados, separados e quando não aplicados diretamente deverão ser depositados em pilhas de estoque, para uso posterior na construção. A utilização de materiais de escavação em aterros, reaterros, etc. é uma prática econômica de construção. Diminui a necessidade de material de empréstimo, e o material pode ser depositado perto do local onde será utilizado posteriormente. Será preciso documentar a classificação, as quantidades e a localização dos materiais escavados, a fim de planejar adequadamente a terraplanagem do projeto.

O teor de umidade dos materiais escavados a serem utilizados no projeto deverá obedecer às especificações. Os materiais demasiado úmidos para compactação imediata deverão ser adequadamente tratados, para que sequem.

Na medida do praticável, o material deverá ser apropriadamente umedecido no local da escavação, e a EMPREITEIRA deverá levar em conta a perda de água durante as operações de escavação, transporte e lançamento. Também é possível umedecer e trabalhar o material novamente, após seu lançamento e antes da sua compactação. Contudo, este procedimento é ineficiente e afeta negativamente as operações de espalhamento e compactação do material, quando é necessária uma quantidade de água substancial.

O método recomendado para umedecer os materiais muito secos é a borrhificação da superfície do solo com água, permitindo que esta percole naturalmente através do material. Esta operação deverá ser executada bem antes do início das escavações, de maneira a permitir que a água penetre até a profundidade exigida. Após adicionar a água, o material poderá ser trabalhado, a fim de se obterem uma mistura perfeita e um teor de umidade uniforme em todo o material, antes do seu transporte para o aterro.

4.3 Fundação

4.3.1 Adequabilidade das Fundações

Uma boa fundação deve ter resistência adequada para sustentar a carga a que será sujeita. Entre as condições que determinam a adequabilidade da fundação, destacam-se:

- Capacidade de suporte;
- Estabilidade;
- Recalque;
- Permeabilidade.

As especificações determinarão os materiais apropriados. Entre os impróprios, destacam-se:

- A terra vegetal;
- A matéria orgânica;
- Os materiais de baixo peso específico;
- Os materiais colapsíveis;
- Os materiais expansivos;
- Os materiais saturados;
- Rocha junto com solo, ou rocha junto com material de granulometria fina, que poderiam causar assentamentos diferenciais;
- As argilas de alta plasticidade, expansivas ou dispersivas.

4.3.2 Mudanças das Condições

As mudanças nas condições de uma estrutura, como um canal, uma tubulação ou uma estação de bombeamento, em geral significam aumento dos custos, quando comparados aos valores contratuais originais. Os custos de uma solução para as mudanças nas condições poderão aumentar várias vezes o valor contratual original. Além disso, há os custos inerentes resultantes dos atrasos na execução do projeto. A documentação, a implementação oportuna de soluções e os esforços para que a EMPREITEIRA não interrompa seu trabalho são essenciais ao controle dos custos, no caso de constatação de condições diferentes das previstas.

Quando se descobre, numa fundação, material impróprio ou que não foi considerado nas especificações, a magnitude do problema precisa ser imediatamente avaliada e documentada. A documentação deverá incluir um relato das características físicas do material, determinadas com base em ensaios, e uma descrição detalhada dos locais ensaiados, incluindo as suas coordenadas e cotas. Esta documentação poderá ser utilizada em consultas com os engenheiros projetistas, a fim de facilitar uma solução oportuna do problema. Recomenda-se que os engenheiros projetistas visitem o local, de modo a eliminar qualquer mal entendido; essa visita é essencial para poder definir o problema adequadamente. Antes da visita ao local, deverão ser tomadas as seguintes providências: juntar a documentação já mencionada, efetuar um levantamento geotécnico com marcações ou linhas pintadas nas fundações e obter amostras que permitam estabelecer as características físicas do material. Estas providências, em geral, auxiliam no estabelecimento dos parâmetros necessários à definição do problema, após o qual poder-se-á procurar uma solução.

As soluções incluem considerações econômicas. Definindo a geometria ou a área do problema, será possível obter as informações necessárias à tomada de decisões. As informações a serem obtidas e documentadas são:

- O tempo necessário de paralisação da EMPREITEIRA;
- O cronograma da EMPREITEIRA antes de constatado o problema;
- A influência das diversas soluções alternativas no cronograma da EMPREITEIRA;
- Os equipamentos e a mão-de-obra disponíveis no local pela EMPREITEIRA e que serão afetados pela paralisação;
- A viabilidade de a EMPREITEIRA utilizar tal equipamento e mão-de-obra em outra parte das obras, de modo a reduzir o impacto da paralisação no cronograma;
- A quantidade de material em questão.

Após implementada a solução, a documentação deverá registrar o esforço despendido pela EMPREITEIRA na solução do problema. Em geral, é difícil fazer-se a diferenciação entre o serviço originalmente previsto e o serviço efetivamente executado, devido às mudanças. Relatórios documentando a situação, do ponto de vista do CONTRATANTE, deverão ser preparados pela FISCALIZAÇÃO. Esses relatórios serão importantes nas negociações, porém necessitam ser abrangentes, impessoais, razoáveis e o mais factuais possível. Antes de se reiniciar a obra, será necessário efetuar um levantamento quantitativo das mudanças a serem efetuadas. Será necessário elaborar relatórios diários completos, relativos à mão-de-obra, aos equipamentos e às quantidades de materiais utilizados ou não. Esses relatórios diários deverão ser rubricados pela EMPREITEIRA, objetivando desta maneira a concordância com as informações documentadas. É preciso mencionar que esses relatórios diários apresentam as quantidades totais dos diversos serviços, registrando tanto os serviços contratados quanto os serviços executados como resultado das mudanças determinadas. Deve-se salientar que, ao rubricar os relatórios, a FISCALIZAÇÃO e a EMPREITEIRA não estarão concordando quanto ao custo dos serviços executados oriundo das mudanças efetuadas, mas apenas registrando de comum acordo o esforço de trabalho despendido.

4.3.3 Fundações de Materiais de Primeira Categoria

Ao chegar à cota final, os materiais de Primeira Categoria deverão ser submetidos aos ensaios físicos especificados nas normas da ABNT e descritos no "Earth Manual" do "Bureau of Reclamation", a fim de determinar a adequação das fundações, com base nas especificações técnicas.

As especificações técnicas deverão incluir métodos para melhorar a adequabilidade destas fundações nas áreas identificadas como deficientes durante as investigações do projeto. Estes métodos são:

- Remoção de materiais impróprios;
- Pré-consolidação, mediante rebaixamento do lençol freático ou irrigação;
- Construção de aterros de estabilização, para evitar deslocamentos das fundações;
- Compactação para aumentar o peso específico dos solos de fundação;
- Utilização de cal para estabilização de solos expansivos.

Após as escavações das fundações (incluindo os taludes laterais), far-se-á um levantamento geológico. Os taludes laterais e as fundações deverão ser limpos, de modo a permitir um mapeamento preciso. Este levantamento será muito valioso, caso ocorram problemas posteriores ou se for necessária a execução de obras adicionais na área.

4.3.4 Fundações de Materiais de Segunda e Terceira Categorias

Em geral, as fundações de materiais de Segunda e Terceira Categorias não apresentam problemas relativos a capacidade de suporte. Uma vez que são usados explosivos nas escavações destes materiais, será necessário limpar cuidadosamente a área, a fim de eliminar materiais soltos ou fraturados. Fundações limpas permitem uma inspeção cuidadosa das reais condições geológicas, como zonas de cisalhamento e cavidades. Quaisquer zonas de cisalhamento ou cavidades não previstas nas especificações deverão ser mapeadas, e o CONTRATANTE deverá ser consultado, caso as condições constatadas não estiverem cobertas por critérios de tratamento indicados nas especificações técnicas.

As fundações deverão ser limpas e os detritos, as pedras e outros materiais impróprios, removidos, antes do início da concretagem, para garantir uma adesão adequada entre o concreto e o material das fundações. A limpeza deverá ser efetuada com ar comprimido, jato de água sob pressão, ou uma combinação de ar e água, a fim de eliminar todo o material solto.

Os siltitos, os arenitos, os argilitos e outros materiais similares são muito suscetíveis à deterioração. Se estes materiais forem utilizados como fundações, poderá ser necessário aplicar um revestimento protetor, após a limpeza. Algumas vezes, será necessário aplicar o revestimento até 30 minutos após a limpeza, para evitar o secamento e a deterioração rápida da fundação. Esses revestimentos protetores, além de evitar a deterioração do material exposto ao ar, provêm uma superfície para as atividades subsequentes.

Entre os revestimentos de proteção, destacam-se:

- A cobertura com solo;
- O concreto magro ou de regularização;
- O asfalto;
- A "gunite" (concreto projetado com jato de ar);
- A argamassa de arraste (enchimento das fissuras e das fendas com argamassa);
- O concreto dental (para encher as cavidades e assegurar completa ligação).

A inspeção final deverá ser efetuada após a limpeza e antes do lançamento da primeira concretagem.

4.4
4.4.1

Aterros
Geral

Os taludes dos aterros deverão permanecer estáveis durante a construção e, posteriormente, durante a operação do projeto. Ao longo da vida útil do projeto, deverão ter manutenção e serem protegidos contra a erosão. O aterro deverá ser projetado e construído de maneira a não impor solicitações excessivas às fundações.

Mesmo um aterro projetado de modo a atender estes critérios só será seguro e estável se forem utilizados materiais e métodos de construção adequados e se houver inspeção e controle de qualidade satisfatórios durante a construção.

Deverão ser elaboradas seções transversais, por meio de levantamento topográfico, logo após a conclusão das escavações das fundações do aterro. Essas seções transversais deverão ser utilizadas para calcular os volumes de aterro e de material escavado, para fins de pagamento.

4.4.2

Aterros Zoneados

O zoneamento é utilizado nos projetos de aterro com o intuito de economizar materiais que existem em quantidades limitadas, mediante a utilização de uma diversidade de materiais disponíveis. As vantagens dos aterros zoneados são:

- Os taludes podem apresentar inclinações mais acentuadas, o que provoca uma redução no volume total de material de aterro;
- Uma ampla gama de materiais poderá ser utilizada;
- O material escavado das fundações e de outras estruturas acessórias pode ser utilizado ao máximo, permitindo, consequentemente, a diminuição de exploração de empréstimos e disposição de bota-fora e, finalmente, a redução de custos.

É importante que seja controlada a granulometria dos materiais nas zonas adjacentes, de maneira que as partículas finas de solo de uma zona impermeável não sejam carreadas para os vazios das zonas adjacentes menos impermeáveis, como consequência do regime permanente de percolação ou pela ação das forças de percolação durante processos de rebaixamento rápido em reservatórios. Para evitar que isso ocorra, faz-se uma zona de transição granulométrica, constituída por cascalho e areia ou brita fina, entre as zonas. Embora estas zonas de transição só precisem ter menos de um metro de largura, muitas vezes são construídas em larguras maiores por razões construtivas. As granulometrias dos materiais colocados nestas zonas de transição devem ser verificadas freqüentemente, de modo a garantir o atendimento às especificações técnicas.

Durante a construção não será permitida qualquer diminuição da largura das zonas, que deverá ser razoavelmente fiel às linhas e às cotas estabelecidas.

4.4.3

Construção de Aterros

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as fundações são adequadas ao lançamento dos aterros, bem como se os materiais a serem utilizados são apropriados à construção. Os tipos de materiais a serem colocados deverão constar das especificações técnicas. Nenhuma matéria orgânica ou outro material impróprio poderá ser utilizado nos aterros.

Em geral, a espessura máxima das camadas de material compactado deverá ser indicada nas especificações técnicas. Normalmente, com material coeso, uma espessura de 23cm de material solto resultará numa camada compactada de 15cm de espessura.

A espessura das camadas deverá ser verificada após a EMPREITEIRA ter lançado cada camada. A diferença entre as cotas será utilizada na determinação da espessura média da camada. A FISCALIZAÇÃO usará gabarito para conferir a espessura da camada e a topografia, e conferirá após duas ou três camadas lançadas.

O teor de umidade do material deverá ser ajustado preferencialmente nas áreas de empréstimo, de maneira que fique dentro dos limites determinados nas especificações técnicas. Se for necessário acrescentar água, apenas 2% poderão ser adicionados eficientemente por meio de carro-pipa, no aterro, sem afetar de modo adverso as operações de espalhamento e compactação. Após adicionar a água, o material deverá ser bem homogeneizado, a fim de que o teor de umidade seja uniforme em toda a camada. A gradagem com disco é um método muito utilizado para a mistura eficaz do material.

A gradagem com disco também é utilizada para secar o material. Se o material estiver demasiado úmido, a gradagem não será eficaz, pois o ar não conseguirá secá-lo suficientemente. Nesse caso, o material deverá ser levado de volta às pilhas de estoque ou às áreas de empréstimo e misturado a solos mais secos, ou, então, descartado.

Poderá ser necessário remover camadas de material que estiver excessivamente molhado devido à chuvas, a critério da FISCALIZAÇÃO. Seja o material removido ou não, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se o teor de umidade atende às especificações técnicas, antes da compactação da camada.

A distribuição e a granulometria dos materiais no aterro não deverão formar lentes, bolsões e/ou estrias. Os materiais de cada camada não poderão diferir substancialmente em textura, granulometria ou teor de umidade do material circunvizinho no aterro.

Os lançamentos sucessivos de material no aterro deverão ser efetuados de modo a se obter a sua melhor distribuição prática possível. Para isso, a FISCALIZAÇÃO poderá designar os locais do aterro em que os lançamentos individuais deverão ser depositados, a fim de que o material mais impermeável seja colocado na parte central e o menos impermeável fique distribuído de maneira que a permeabilidade do material aumente gradualmente, à medida que se aproximar dos taludes externos.

O material deverá ser depositado em camadas contínuas e aproximadamente horizontais, de 15 a 30cm de espessura máxima após a compactação, dependendo da zona.

Se a superfície da fundação preparada ou a superfície compactada de qualquer camada de material for demasiado seca ou lisa a ponto de prejudicar sua ligação à camada subsequente, deverá ser umedecida e/ou trabalhada com uma grade, um escarificador ou outro implemento adequado, de maneira apropriada e numa profundidade suficiente para prover uma superfície de ligação satisfatória antes do lançamento da próxima camada de material.

Qualquer camada executada, cuja superfície compactada seja muito úmida para o lançamento da camada subsequente, deverá ser removida, deixada secar, ou trabalhada com grade, escarificador ou outro implemento apropriado, de modo a reduzir o teor de umidade até o nível exigido, após o qual deverá ser recompactada antes do lançamento da próxima camada.

4.4.4 Equipamento de Compactação

Antes de iniciar as operações de aterro, o equipamento a ser utilizado na compactação deverá ser verificado e aprovado. As especificações técnicas determinarão as características exigidas do equipamento.

Cada cilindro dos rolos “tamping” lastreado com fluido deverá ser equipado com pelo menos uma válvula reguladora da pressão e um dispositivo de segurança. A válvula reguladora da pressão deverá ser de operação manual e deverá ser aberta periodicamente. O pessoal encarregado de abrir as válvulas reguladoras de pressão também deverá verificar se a abertura da válvula está obstruída, de modo a garantir que qualquer pressão desenvolvida nos cilindros dos rolos “tamping” seja liberada em cada inspeção.

As cargas utilizadas nos cilindros dos rolos “tamping” e a operação destes últimos deverão ser apropriadas à compactação especificada. Quando mais de um rolo compactador for usado numa determinada camada do aterro, todos eles deverão ser do mesmo tipo e ter, essencialmente, as mesmas dimensões. Os rolos operados em tandem deverão ser rebocados de maneira que as marcas das “patas” não fiquem sobrepostas.

Os rolos compactadores deverão ser rebocados por tratores de esteira ou dotados de pneus. O uso destes últimos deverá ser interrompido se constatar que os pneus deixam trilhas que impedem uma compactação uniforme com os rolos compactadores. Os tratores utilizados para rebocar os rolos compactadores deverão ser potentes o suficiente para tracionar os rolos de modo adequado, mesmo quando completamente lastrados.

A critério da EMPREITEIRA, poderão ser utilizados rolos compactadores autopropelidos que atendam às especificações, em lugar de rolos rebocados por tratores. No caso de rolos compactadores autopropelidos, com rodas dotadas de pneus de borracha na direção, a pressão dos pneus não deverá exceder 275kPa.

Durante a operação de compactação, os espaços entre as patas “tamping” deverão ser conservados isentos de qualquer material que possa prejudicar a eficácia da compactação.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os rolos compactadores atendem às especificações em relação a:

- Número de patas;
- Comprimento das patas;
- Espaçamento das pata;
- Área do rolo compactador;
- Peso do rolo compactador;
- Barras de limpeza;
- Pontos gastos na beirada das patas.

4.4.5 Operações de Compactação

4.4.5.1 Lançamento Inicial do Material

- Antes de lançar a primeira camada de material de aterro sobre uma fundação de materiais de Primeira Categoria será necessário umedecer e compactar a superfície da fundação até o peso específico determinado para as camadas subseqüentes do aterro. Algumas vezes, a superfície das fundações deverá ser escarificada com implemento próprio, de modo a garantir uma boa ligação, embora, em geral, não haja necessidade de escarificação adicional quando a superfície é sujeita à penetração das patas “tamping”.
- Se houver perigo de interferência nas fundações de material de Segunda Categoria, como resultado da penetração das patas “tamping”, far-se-á a compactação das primeiras camadas com rolo provido de pneus. Estas camadas não deverão exceder 35cm de espessura de material solto em nenhum lugar; poderão ser necessárias passagens adicionais do rolo para obter o grau de compactação requerido.
- Imediatamente antes de colocar a primeira camada do material, todas as superfícies de fundações de materiais de Segunda e Terceira Categorias, sobre ou contra as

quais o material será lançado, deverão ser isentas de materiais soltos ou indesejáveis, removendo-se, segundo a maneira aprovada, tais materiais por procedimentos manuais, com barras, apanhando os detritos, escovando-as, com jatos d'água ou outro meio eficaz. Qualquer poça de água que por ventura ocorra nas depressões dessas superfícies deverá ser eliminada, devendo as superfícies ser adequadamente umedecidas e limpas, de modo a obter-se uma boa ligação à camada sucessiva.

- As cavidades, as depressões e as irregularidades, existentes ou resultantes da remoção de fragmentos de rocha, na área que será coberta pelo material de aterro, deverão ser preenchidas e compactadas. Nos bolsões que não puderem ser compactados pelo equipamento, utilizar-se-ão métodos especiais de compactação, ao invés de se aceitar uma primeira camada excessivamente espessa, que sirva como superfície uniforme para a compactação. Onde forem utilizados métodos especiais de compactação e onde a camada inicial do material tiver espessura maior do que a determinada para as operações normais de compactação, realizar-se-ão ensaios de determinação do peso específico aparente de campo, para verificar se foi atingido o grau de compactação definido na base da camada.

4.4.5.2 Materiais sem Coesão

- Os materiais sem coesão serão utilizados em zonas mais permeáveis ou conforme indicado nas especificações técnicas. A espessura da camada, determinada nas especificações, deverá ser verificada por mensuração direta;
- A compactação dos materiais sem coesão poderá ser efetuada por meio de diversos métodos e equipamentos (rolos pneumáticos, tratores de esteira ou rolos vibratórios). Em geral, as especificações determinam o uso de trator nesse tipo de solos; entretanto, outros métodos de compactação também produzem um adensamento satisfatório;
- A compactação máxima de areias e cascalhos pode ser obtida com tratores, se o solo estiver completamente seco ou bem molhado. Em geral, as especificações determinam a compactação sob condições de grande umidade porque é mais fácil obter-se um peso específico satisfatório e os testes de campo são mais confiáveis nessas condições;
- O teor de umidade será adequado se as marcas deixadas pelo trator ficarem úmidas, imediatamente após sua passagem. Se o teor de umidade for adequado, o material compactado terá aparência firme e sólida após sua compactação. Se o material permanecer mole, a umidade é excessiva; se estiver fofo, o teor de umidade é insuficiente;
- Na compactação de materiais sem coesão, é preferível o emprego de materiais bem graduados ou invés de materiais mais uniformes. Um teor de material fino superior a 3 a 5% em alguns casos adensará o material ao ponto de prejudicar sua trabalhabilidade, embora a permeabilidade permaneça suficientemente alta para atender às especificações.

4.4.5.3 Zonas Impermeáveis

- No controle das obras em zonas impermeáveis do aterro, destacam-se os seguintes objetivos:
 - ▶ O material deverá formar uma massa essencialmente homogênea, isenta de qualquer caminho potencial de percolação, através da zona ou ao longo dos contatos com ombreiras ou estruturas de concreto;
 - ▶ A massa de solo deverá ser suficientemente impermeável para impedir uma perda excessiva de água;
 - ▶ O material não deverá consolidar-se excessivamente sob a carga do material sobreposto;
 - ▶ O solo deverá desenvolver e manter a máxima resistência possível ao cisalhamento;

- ▶ O material não deverá consolidar-se ou amolecer excessivamente, quando saturado com água do canal ou do reservatório.
- Estes objetivos poderão ser atingidos mediante o uso adequado de equipamento e métodos de condicionamento nas áreas de empréstimo, assim como de escavação, lançamento e compactação do material de aterro.

4.4.5.4 Ensaios de Peso Específico Aparente

A FISCALIZAÇÃO deverá detectar a ocorrência de áreas de baixo peso específico e, quando localizadas, deverá verificar a sua razão e remediar essa condição mediante borrifação, escarificação e/ou recompactação, conforme necessário. Uma importante função da FISCALIZAÇÃO é a determinação de quando e onde realizar os ensaios de peso aparente de campo. Estes ensaios deverão ser assim efetuados:

- Em áreas em que há dúvidas quanto ao grau de compactação;
- Em áreas em que as operações de aterro concentram-se em pequena área;
- Para cada 1.500m³ de aterro, quando não houver áreas concentradas ou de compactação duvidosa;
- Em conjunção com outros ensaios de controle (ensaios de permeabilidade e adensamento e de peso específico), efetuados para cada 25.000m³ de aterro compactado;
- Pelo menos um ensaio será efetuado em cada turno de terraplenagem;
- É recomendado escavar um ou dois poços de inspeção no aterro compactado, a fim de determinar o resultado efetivo das operações de terraplenagem. Os efeitos da compactação com rolo e da superimposição de cargas poderão ser determinados fazendo-se ensaios de peso específico aparente de campo, à medida que o poço for sendo escavado. O grau de uniformidade no teor de umidade, em função da profundidade, poderá ser determinado ensaiando-se amostras de várias profundidades; a inspeção visual indicará se foi conseguida uma boa ligação entre as camadas.

A FISCALIZAÇÃO deverá determinar o local onde serão realizados os ensaios, assim como as suas coordenadas e cotas. A camada superior do solo deverá ser removida, de maneira que o ensaio possa ser efetuado em material totalmente compactado.

A FISCALIZAÇÃO poderá detectar as áreas de compactação duvidosa mediante simples exame visual. Os locais onde poderá haver compactação insuficiente são:

- ▶ A junção entre áreas de compactação por métodos especiais e convencionais, ao longo de estruturas ou de muros;
- ▶ As áreas em que os rolos mudam de direção durante as operações de compactação;
- ▶ As áreas em que foi colocada uma camada demasiadamente espessa;
- ▶ As áreas em que o material tinha teor de umidade impróprio;
- ▶ As áreas em que foram utilizados rolos nos quais o espaço entre as patas estavam obstruídos com terra;
- ▶ As áreas em que não se percebeu que havia pedras excessivamente grandes misturadas ao material de aterro, o que, em geral, é percebido pelo tranco do rolo quando passa sobre as pedras (consultar as especificações acerca de tamanhos de material permitidos);
- ▶ As áreas que foram compactadas por um rolo que, possivelmente, tinha perdido parte do seu lastro;
- ▶ As áreas que contêm material que difere substancialmente do material de tipo médio;
- ▶ A junção entre as fundações e a primeira camada de material de aterro.

O número de ensaios de peso específico aparente de campo e a sua localização deverão permitir a eliminação das áreas de compactação duvidosa.

Quando as operações de aterro se concentrarem numa pequena área, isto é, se diversas camadas sucessivas do material forem colocadas num só dia, os testes deverão ser efetuados a cada terceira ou quarta camada, a fim de se poder verificar se a compactação conseguida é satisfatória.

Independentemente do número e do objetivo de outros ensaios do peso específico aparente de campo, será efetuado um ensaio de controle para cada 25.000m³ de material lançado, o qual deverá ser representativo das condições do aterro. Também deverão ser realizados testes de permeabilidade e adensamento e de peso específico, em material adicional adjacente à cavidade do ensaio de peso específico aparente de campo.

Durante as operações de compactação, verificar-se-á a existência de material solto, materiais não-misturados, separações lamelares, áreas não-compactadas e áreas de ligação deficiente.

4.4.5.5 Ligação

- Uma boa ligação impede a formação de caminhos de percolação.
- Uma boa ligação resulta numa estrutura homogênea.

Laminações causadas por superfícies sem ligação entre camadas e dentro delas prejudicam as propriedades dos aterros. Com frequência, são causadas por equipamento provido de pneus. Mudança da configuração de trânsito dos equipamentos ajudam a evitar laminações. Entretanto, qualquer área que tiver marcas de pneus deverá sofrer escarificação, antes do lançamento da camada seguinte.

Em geral, uma boa compactação resulta numa boa ligação. A ligação do material de aterro às fundações poderá exigir um tratamento especial. Estes tratamentos poderão requerer materiais com a plasticidade mais alta e maiores teores de umidade permissíveis.

4.4.5.6 Compactação Especial

Em geral, a compactação especial é realizada com equipamento manual em espaços restritos ou em áreas estreitas, em que não é possível utilizar equipamento de grande porte. Os compactadores manuais minimizam os danos às fundações e/ou às estruturas.

Dentre os equipamentos manuais de compactação, destacam-se:

- Os soquetes mecânicos manuais;
- Os compactadores de ar comprimido;
- Os rolos manuais;
- As placas vibratórias manuais.

4.4.5.7 Efeitos da Intempérie

Durante chuvas fortes, o aterro deverá ser protegido para evitar que a chuva penetre no aterro, encharcando-o. A superfície do aterro deverá ter declividade transversal e longitudinal para permitir sua rápida drenagem, propiciando, desta maneira, afastar a água das ombreiras, de modo a evitar que se formem poças d'água entre o aterro e as ombreiras.

4.4.6 Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO

As variáveis mais importantes que afetam a construção de aterros são: a distribuição dos materiais; o teor de umidade durante o lançamento dos materiais e a uniformidade do teor de umidade em todo o material; o teor de umidade dos materiais de empréstimo; os métodos de correção do teor de umidade do material de empréstimo, quando demasiado seco ou úmido; as características dos rolos de compactação; o número de passagens de rolo; a espessura das camadas; o tamanho máximo e a quantidade de blocos no material; as condições da superfície das camadas após a compactação; e a eficiência da compactação especial em locais inacessíveis ao equipamento de grande porte ou onde não se recomenda sua utilização.

A inspeção adequada e o controle de qualidade são essenciais para se obter uma boa construção do aterro. Em cada turno, deverá haver pelo menos um inspetor no aterro e um técnico no laboratório. As operações nos empréstimos em obras pequenas poderão ser checadas pelo inspetor de aterro. Em obras maiores, poderão ser necessários inspetores nas áreas de empréstimo, especialmente quando o controle do teor de umidade é crítico.

Os inspetores das áreas de empréstimo deverão controlar e registrar todas as operações de terraplenagem antes da descarga do material no aterro. A FISCALIZAÇÃO deverá selecionar as áreas a serem escavadas, definir a profundidade dos cortes e determinar a zona no aterro para onde será levado cada tipo de material, de acordo com as especificações. Deverá verificar a adequação dos métodos de mistura e separação utilizados pela EMPREITEIRA e, conforme necessário, cooperar com a EMPREITEIRA na determinação da quantidade de água a ser acrescentada por meio de irrigação ou a ser removida mediante tratamentos apropriados das áreas de empréstimo ou na seleção de outros métodos de se obter o teor de umidade correto nos materiais, antes da sua remoção.

A determinação do teor de umidade dos materiais de empréstimo deverá ser efetuada muito antes da escavação, de modo a se poderem tomar medidas corretivas oportunamente. A diferença entre o teor de umidade ótimo de Proctor e o teor de umidade do material de empréstimo poderá ser determinada por meio do método rápido de controle da compactação (Hilf), ou poder-se-á realizar um ensaio de agulha-umidade (Proctor) no material de empréstimo e comparar seu resultado com a relação agulha-umidade previamente estabelecida.

Em geral, não é possível manter-se o controle da umidade final na área de empréstimo, devido às mudanças no teor de umidade resultantes da chuva, das operações de mistura e separação e da evaporação. Entretanto, envidar-se-ão esforços para que o teor de umidade do material escavado se conserve o mais perto possível do teor de umidade exigido, antes de levar o material ao aterro. Os princípios de inspeção, relacionados anteriormente, também se aplicam às escavações em que os materiais escavados são colocados diretamente no aterro.

A FISCALIZAÇÃO deverá estabelecer métodos para determinar a localização dos ensaios realizados no aterro e para relatar o andamento das operações da EMPREITEIRA. Além disso, será preciso estabelecer um controle horizontal, por meio de coordenadas ou de estacas de referência e distâncias em relação a um eixo. O controle vertical será efetuado com marcos de referência, a partir dos quais a FISCALIZAÇÃO poderá determinar a cota em qualquer local do aterro, mediante um nível manual e miras taqueométricas.

Na chegada dos materiais ao local do aterro, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se foram colocados na zona apropriada, conforme indicado nas especificações. As linhas de demarcação podem ser pintadas nas ombreiras rochosas ou marcadas com bandeirolas, no caso da construção de um aterro zoneado. Para ambos os tipos de aterro, zoneados e

homogêneos, os solos mais impermeáveis deverão ser colocados no centro de uma zona impermeável (núcleo), e os solos mais grossos e permeáveis, mais perto dos taludes do aterro, de maneira que a permeabilidade e a estabilidade dos materiais aumentem do centro em direção aos taludes externos. Em geral, se os materiais diferirem em peso específico seco, mas apresentarem permeabilidade similares, os materiais de maior peso específico seco deverão ser lançados nas seções externas da zona, a fim de melhorar a estabilidade dos taludes do aterro.

Após os materiais terem sido lançados, a FISCALIZAÇÃO precisará determinar, antes da compactação, se o teor de umidade está correto. Se o solo já tiver sido tratado nas áreas de empréstimos, determinar-se-á se é preciso acrescentar água, pelo ensaio de agulha-umidade (Proctor) ou pelo método rápido de controle da compactação (Hilf), efetuado em amostras retiradas de diversas cargas, após serem depositadas no local do aterro. Se os materiais chegarem demasiado secos ao local do aterro, será necessário umedecê-los adequadamente mediante borrifação, antes, durante ou depois de espalhados. As operações de borrifação e de mistura da água no solo, efetuadas pela EMPREITEIRA, podem variar. Independentemente do método utilizado, o teor adequado de umidade deverá ser distribuído uniformemente em toda a camada, antes do início da compactação.

A espessura do material espalhado, antes da compactação, deverá ser verificada com frequência. O esforço de compactação dos rolos de um determinado peso não produzirá a compacidade exigida na parte inferior da camada, se ela for espalhada de forma a ficar excessivamente espessa. A espessura correta da camada espalhada que resultará numa compactação adequada, de acordo com o que foi especificado, deverá ser determinada durante as operações iniciais de lançamento do material ou, eventualmente, mediante a construção de um aterro experimental, antes das operações de aterro.

Quando o teor de blocos de rocha de tamanho excessivo for superior a cerca de 1%, sua remoção do material de aterro será mais eficiente se realizada durante as escavações. Se o conteúdo for inferior a 1%, os blocos poderão ser removidos do aterro - apanhados manualmente, com implementos apropriados a essa tarefa, ou selecionando-se o material com uma motoniveladora. Os blocos de diâmetro excessivo que ainda restarem poderão ser, em geral, detectados pela FISCALIZAÇÃO durante as operações de compactação, observando-se o tranco no rolo quando passa sobre um bloco oculto. A FISCALIZAÇÃO deve fazer com que esses blocos sejam removidos pela EMPREITEIRA.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os rolos estão passando sobre cada camada, bem como o número de vezes determinado nas especificações. Qualquer descuido no número de passagens poderá diminuir consideravelmente o grau de compacidade do material.

O grau de compacidade deverá ser determinado pelo ensaio de peso específico aparente de campo e pelo método rápido de controle da compactação (Hilf). Se o grau de compacidade e o desvio de umidade do material que passar na peneira no. 4 (4,75mm) estiverem dentro dos limites especificados, o aterro estará pronto para o lançamento da próxima camada. O tempo necessário para se obterem os resultados do ensaio de peso específico aparente de campo, pelo método rápido de compactação (Hilf), não deverá exceder uma hora.

4.4.7 Distribuição dos Materiais

A [Figura 4.1](#) mostra parte de um desenho representativo da distribuição dos materiais, e a [Tabela 4.1](#) apresenta a correspondente distribuição de materiais para a construção de aterro zoneado. O projetista do aterro ou a FISCALIZAÇÃO deverá preparar desenho e tabela similares, que mostrem as fontes previstas do material de escavação e a distribuição no aterro proposta para esses materiais. O desenho e a tabela deverão ser

Construção de Projetos de Irrigação

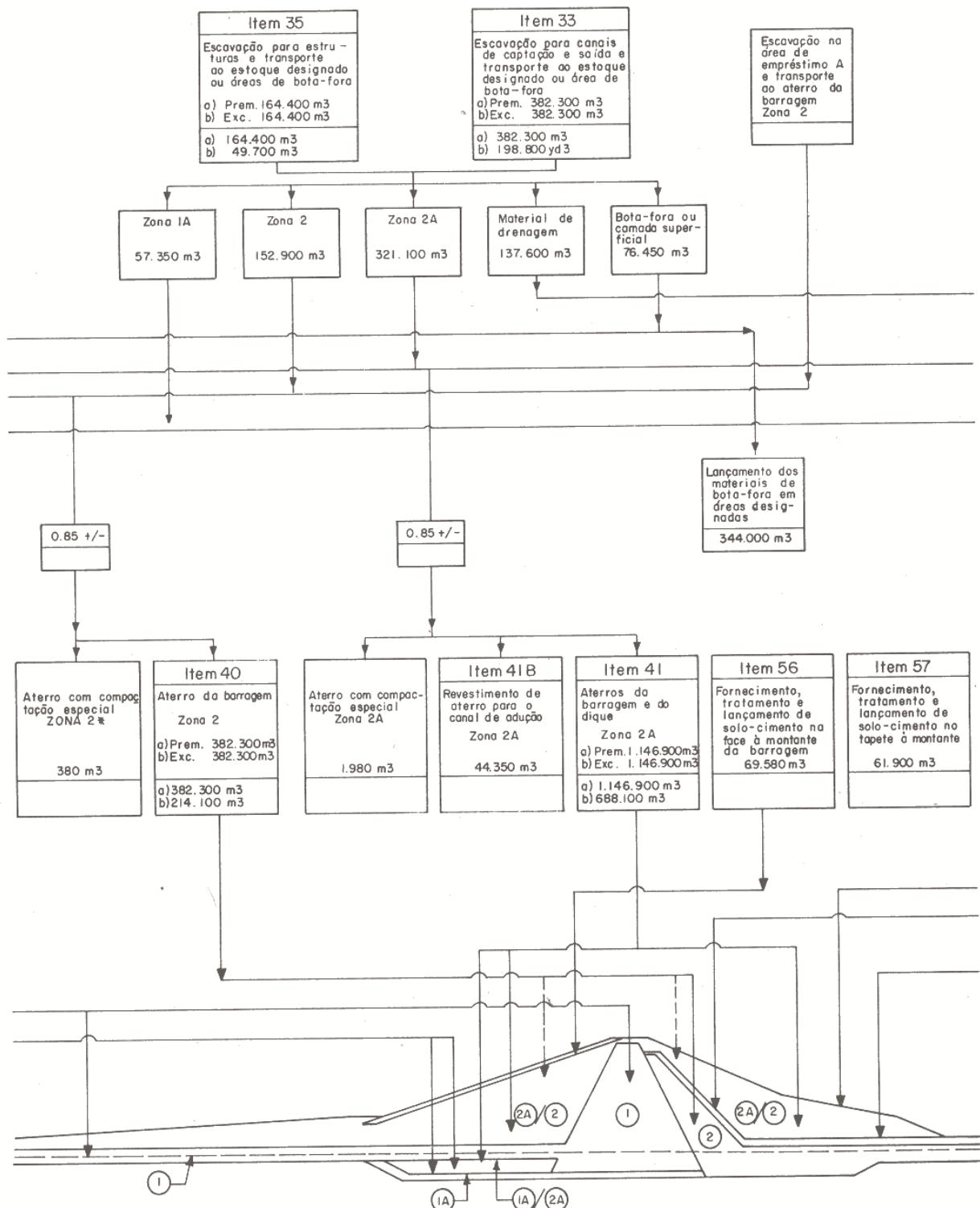


Figura 4.1

Distribuição dos Materiais da Escavação até o Aterro

utilizados como orientação e modificados durante o andamento da obra, a fim de adequá-los às condições de campo constatadas. Tais desenhos e tabelas poderão constituir importantes ferramentas da FISCALIZAÇÃO no controle das operações de escavação e de lançamento dos materiais e como registro da obra “as built”.

Tabela 4.1 Materiais para Distribuição Escavação

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	QUANTIDADE ESPECIFICADA/ PROJETADA	QUANT. ATUAL
34	Escavação para fundação da barragem e do dique e transporte ao estoque designado ou áreas de bota-fora	1.500.000 m3	
35	Escavação para estruturas e transporte ao estoque designado ou áreas de bota-fora	164.400 m3	
33	Escavação para canais de captação e saída e transporte ao estoque designado ou áreas de bota-fora	581.100 m3	
	Escavação em estoques da Etapa I e transporte ao aterro da barragem	917.500 m3	
	Escavação na área de empréstimo A e transporte ao aterro da barragem		
	Escavação na área de empréstimo B e transporte ao aterro da barragem	3.670.000 m3	
	Escavação para materiais de drenagem na área de empréstimo D e transp. ao centro de processamento	336.400 m3	
ATERROS			
45	Aterro com compactação especial	6.270 m3	
41 A	Revestimento do aterro para o canal de captação, Zona 1	137.600 m3	
38	Aterros da barragem e do dique, Zona 1	1.911.500 m3	
39	Aterros da barragem, Zona 1A	305.800 m3	
40	Aterros da barragem, Zona 2	596.400 m3	
41 B	Revestimento de aterro para o canal de captação, Zona 2A	44.350 m3	
41	Aterros da barragem e do dique, Zona 2A	1.835.000 m3	
42	Dreno chaminé de areia e cascalho	35.200m3	
43	Manta de areia e cascalho para drenagem horz.	104.750 m3	
48	Material de filtro no aterro do dique	650 m3	
44	Estocagem dos materiais de drenagem	72.600 m3	
49	Reaterro permeável compactado para estruturas	20.500 m3	
47	Manta de filtro	33.400 m3	
52	Camada superficial do terreno	160.550 m3	
46	Aterros variados	183.500 m3	
56	Fornecimento, tratamento e lançamento de solo-cimento na face montante da barragem	69.580 m3	
57	Fornecimento, tratamento e lançamento de solo-cimento no tapete de montante	61.900 m3	
59, 60	Fornecimento, tratamento e lançamento de 1 metro de solo-cimento para estruturas	2.920 m3	

**4.5
4.5.1****Reaterro
Geral**

São considerados reaterros as construções de aterros em espaços confinados ou os reaterros das escavações das estruturas.

Na medida do possível, os materiais de reaterro deverão ser obtidos nas escavações obrigatórias. Quando não houver material adequado disponível nessas escavações, os materiais poderão ser obtidos em áreas de empréstimo aprovadas. Os materiais deverão estar uniformemente distribuídos e isentos de lentes, bolsões, estriais e outras imperfeições. Não poderá haver matéria orgânica nem blocos de rocha ou torrões de diâmetro superior a 7,5cm.

Quando o material de reaterro estiver sendo depositado em torno de uma estrutura, deverá ser colocado e compactado em camadas com aproximadamente a mesma cota superior em todos os lados da estrutura, a fim de evitar carregamentos desiguais.

4.5.2**Tipos de Materiais de Reaterro**

Os materiais de reaterro são classificados da seguinte maneira:

- Reaterro normal (sem restrições);
- Reaterro impermeável com solos argilosos e/ou siltosos;
- Reaterro permeável com solos sem coesão e de livre drenagem.

O reaterro impermeável deverá ser utilizado conforme constar nos desenhos ou quando definido durante a execução dos trabalhos. Estes solos são utilizados para reaterros em torno ou sob tubulações e estruturas em que o vazamento será limitado, ou onde a drenagem não é um fator limitante. A FISCALIZAÇÃO deverá aprovar o material, a quantidade de material e a maneira de se efetuarem seu lançamento e sua compactação.

Os solos sem coesão e de livre drenagem, com grande permeabilidade, são utilizados em torno das tubulações ou estruturas, ou sob elas, quando:

- Não é necessária a impermeabilidade;
- É desejável uma boa drenagem;
- É preciso um berço especialmente bom ou fundações de baixa compressibilidade.

Com frequência, este tipo de material de aterro é preferido aos solos argilosos ou siltosos, devido à facilidade e economicidade em se conseguir um aterro muito estável e de baixo recalque, particularmente em áreas confinadas. Este tipo de material é especificado para uso sob estações de bombeamento e outras estruturas, quando for necessário remover os solos moles subjacentes e melhorar a capacidade de suporte das fundações. É também utilizado como reaterro em espaços demarcados ou em locais adjacentes a determinadas estruturas, a fim de limitar o recalque da superfície.

Quantidades excessivas de material fino (diâmetros inferiores a 75 micrônios) encherão os espaços vazios entre as partículas maiores e diminuirão a permeabilidade do solo. A [Tabela 4.2](#) mostra a adequabilidade geral dos diversos tipos de solo, como material de aterro permeável, sem coesão e de drenagem livre.

Tabela 4-2**Adequabilidade Geral dos Solos como Material de Reaterro Permeável, sem Coesão, de Livre Drenagem**

TIPO DE SOLO	LIMITAÇÕES
GW, GP, SW, SP	Todos adequados (os finos nestes solos limitam-se a 5%, por definição).
GW-GM, GW-GC GP-GM, GP-GC	Adequados quando os finos constituem menos de 8% do solo.
SW-SM, SW-SC SP-SM, SP-SC	Todos adequados (os finos nestes solos limitam-se a 12%, por definição).

Os finos são partículas menores do que a abertura da peneira No. 200 (75 mícrons).

4.5.3 Requisitos de Compacidade

O material de reaterro sempre deverá ser compactado. Em algumas áreas, os desenhos poderão especificar que o material de reaterro deverá ser “compactado sem controle”. Nesses casos, não é exigido que o peso específico do material compactado atenda a determinados valores ou os exceda. O material deverá ser suficientemente compactado de modo que não fique solto e que não haja espaços vazios no reaterro.

Em outras áreas, exigir-se-á que o material seja “compactado com controle”, ou não haverá qualquer determinação relativa a controle. Exceto quando se especifica “sem controle”, o material de reaterro sempre deverá ser compactado a um grau de compactação mínimo especificado, em geral 97% do peso específico aparente seco máximo de laboratório (Proctor).

O número mínimo recomendado de ensaios de determinação do peso específico aparente de campo no reaterro compactado é de um ensaio para cada 100 metros cúbicos de reaterro. Não há necessidade de se efetuarem ensaios de peso específico aparente nos reaterros compactados sem controle.

Os ensaios de determinação do peso específico aparente de campo não deverão ser efetuados em locais em que a passagem de equipamento possa causar erros nos resultados dos ensaios. A FISCALIZAÇÃO deverá localizar os locais dos ensaios de modo que constituam um registro representativo da obra acabada. A localização e a cota de cada ensaio deverão ser registradas.

4.5.4 Compactação de Reaterros

Para o material de reaterro coesivo ou permeável sem coesão, a espessura das camadas não deverá exceder 15cm após a compactação, quando for utilizado rolo compactador, exceto quando especificado de outra forma. A espessura da camada compactada deverá ser reduzida a 10cm ou menos, quando se usar equipamento manual de compactação (soquete mecânico, compactadores de placa vibratória, etc.), a fim de se conseguir a compactação especificada. Estes solos deverão ser compactados com teor de umidade ótimo, até se atingir o percentual mínimo do peso específico aparente máximo (Proctor) exigido nas especificações técnicas.

Em geral, a consolidação de solos sem coesão é efetuada por meio de rolos pneumáticos, tratores e vibradores superficiais ou internos, após os solos terem sido completamente umedecidos.

No caso de material sem coesão, a espessura da camada poderá variar consideravelmente, dependendo do tamanho e da granulometria do material e do equipamento utilizado na compactação. A espessura da camada de seixos e de cascalho a ser compactada

pelas esteiras do trator ou por rolo vibratório poderá ser de até 30cm. No caso da consolidação de areia mediante vibração interna, a espessura máxima da camada poderá ser especificada em função do comprimento do vibrador. O uso de um vibrador de concreto limitar-se-á a materiais que contenham menos de, aproximadamente, 5% de finos. Neste procedimento, acrescentar-se-á água enquanto o material estiver sendo vibrado, e o material deverá ter drenagem extremamente livre, de maneira que a água flua através do material de reaterro, enchendo os espaços vazios entre as partículas mais grossas e com as partículas mais finas de areia, sob os efeitos do vibrador. Materiais constituídos por areia e cascalho com mais de 5% de finos deverão ser compactados mediante soqueamento ou rolo compactador, pois teores superiores a 5% de finos diminuem a permeabilidade do material, impedindo livre drenagem.

Quando são utilizados os métodos de compactação por vibração, normalmente não se especifica o teor de umidade do material sem coesão. Em geral, é necessária uma quantidade substancial de água na compactação de material sem coesão por meio de métodos vibratórios. A quantidade correta deverá ser determinada experimentalmente.

4.6

4.6.1 Proteção com Blocos Rocha- “Riprap” Geral

A proteção com blocos de rocha é necessária em aterros e taludes de escavação e no fundo dos canais, para evitar a erosão do material de solo causada pela ação da água, gerada por ondas, fluxos turbulentos ou fortes chuvas. Dependendo da gravidade da ação erosiva da água, a proteção com blocos de rocha poderá ser:

- “Riprap” - uma camada relativamente espessa de fragmentos de rochas grandes, de preferência angulares, que serve de proteção contra a severa ação erosiva as ondas e dos fluxos d’água de grande velocidade;
- Enrocamento - uma camada relativamente fina de fragmentos de rocha, que serve de proteção contra a ação erosiva moderada, como a erosão causada pela chuva;
- Proteção com cascalho grosso - uma camada de cascalho grosso, que serve de proteção contra a erosão leve, como aquela que ocorre no lado externo das curvas acentuadas dos canais.

Em geral, são exigidas camadas de “riprap” nas tomadas d’água dos reservatórios e outras estruturas dissipadoras de energia, nas quais os fluxos turbulentos de altas velocidades são reduzidos a valores de velocidades que não causam erosão.

Na construção de canais, podem ocorrer erosões em trechos curtos, à jusante das estruturas de concreto, junto aos pilares das pontes e nas curvas acentuadas. A necessidade de proteção é muito variável, desde uma fina camada de cascalho grosso até “riprap” equivalente àquele à jusante de uma estrutura dissipadora de energia.

4.6.2 Materiais

A eficiência da proteção com blocos de rocha depende das seguintes características:

- Qualidade dos blocos de rocha utilizados;
- Peso e/ou tamanho individuais dos blocos;
- Espessura da Proteção;
- Formato dos blocos;
- Estabilidade dos taludes nos quais a Proteção é colocada;
- Estabilidade e eficácia do material de berço sobre o qual a Proteção é colocada.

O material para proteção com blocos de rocha deverá satisfazer os seguintes requisitos:

- Os blocos deverão ter o tamanho especificado. O material deverá apresentar granulometria razoavelmente bem graduada, dentro dos limites definidos nas especificações técnicas;
- Os blocos deverão ser densos, duráveis e resistentes aos processos envolvidos na sua obtenção e lançamento e aos processos normais de intemperismo associados com o local em que serão utilizados;
- A densidade e o peso específico da rocha deverão atender às especificações técnicas.

As rochas ígneas são, em geral, consideradas as mais duráveis a serem utilizadas nas superfícies de "riprap" expostas a ação erosiva pronunciada. As rochas metamórficas e maciças e as rochas sedimentares metamorfoseadas têm durabilidade satisfatória, e os siltitos e arenitos bem cimentados são considerados adequados. Siltitos e arenitos com intercalações xistosas são impróprios para esta finalidade.

Quando o enrocamento é utilizado para proteger a superfície contra a chuva, qualquer material rochoso que não se desintegre quando exposto ao ar ou à água é aceitável. Os seixos rolados são freqüentemente utilizados com este objetivo. Os xistos e alguns siltitos são quase os únicos tipos de pedra considerados inaceitáveis.

O formato individual dos blocos influencia a capacidade do enrocamento de resistir à ação das ondas. Fragmentos angulares de rochas tendem a encaixar-se uns nos outros e, desta forma, resistem melhor às forças de deslocamento, do que os seixos rolados e os matações.

Em geral, nos locais onde a ação das ondas é mais forte ou onde é preciso utilizar rochas de qualidade marginal, especifica-se o uso de blocos de rocha de granulometria bem graduada, de até 0,75 metro cúbico em volume. Quando as condições são menos rigorosas, especificam-se pedras de até 0,5 metro cúbico em volume. O material deverá ter granulometria de modo que os grandes fragmentos de rocha estejam uniformemente distribuídos e os pequenos fragmentos enchem os espaços entre as pedras maiores, produzindo uma camada uniforme de "riprap", da espessura exigida. Só deverá ser incluída uma quantidade de fragmentos de rocha menores e de material do tamanho de cascalho suficiente para encher os espaços vazios no "riprap", sem ter excesso, conforme determinado pela FISCALIZAÇÃO. O solo, a areia e o pó de rocha não deverão exceder 5% do volume total do "riprap", ou proteção com cascalho grosso. As pedras excessivamente grandes deverão ser reprocessadas.

As especificações dos elementos que requerem proteção com blocos de rocha deverão incluir os requisitos para cada material e a identificação de suas fontes.

4.6.3 Lançamento

O "riprap" deverá ser lançado sobre uma camada de berço adequadamente projetada, constituída por cascalho ou fragmentos de rocha.

Em geral, as camadas de proteção não são compactadas, mas jogadas ou lançadas, de maneira a se obter a mais alta resistência possível ao cisalhamento, mediante o encaixe dos fragmentos angulares das pedras, uns nos outros. É desejável uma grande permeabilidade, o que limita a quantidade de finos permitida. Por outra parte, não é recomendável a existência de grandes espaços vazios. A melhor superfície de "riprap" é bem embricada e de textura rugosa, a fim de resistir eficazmente à ação das ondas.

A colocação de camadas de “riprap” junto a estruturas de concreto requer cuidados especiais. O lançamento “manual” do enrocamento deverá ser especificado somente na extensão necessária à fixação satisfatória das partículas de pedra junto às estruturas de concreto.

4.6.4 Inspeção

Poderá ser necessário realizar inspeções, tanto na fonte de obtenção de blocos de rocha, quanto na área onde estes estão sendo lançados, a fim de se assegurar que o material está sendo utilizado sem uma quantidade excessiva de finos. As operações de lançamento deverão ser inspecionadas, de modo a se ter a garantia de que não haverá segregações nem serão deixados grandes espaços vazios no enrocamento. Esta inspeção consiste na observação visual das diversas operações envolvidas na construção, para se assegurar de que a camada de proteção consiste de fragmentos de rocha bem embricadas, com a qualidade e a granulometria especificadas, que resultam numa superfície densa e rugosa.



CONCRETO

5.1 Geral

O concreto é o principal material estrutural em, praticamente, todo projeto de distribuição de água no Brasil. Ao contrário da teoria da engenharia, o uso correto do concreto como material de construção não é normalmente apresentado nos currículos universitários. As técnicas adequadas de produção, lançamento e acabamento do concreto foram desenvolvidas ao longo de anos de experiência em construções e ensaios do concreto.

Este capítulo define as propriedades e os componentes do concreto de boa qualidade, propõe diretrizes para sua produção, lançamento e acabamento e aborda a importância dessas diretrizes.

5.2 Composição do Concreto

5.2.1 Cimento

O cimento é o componente do concreto que, quando combinado com água, endurece e une os componentes agregados. No Brasil, são comercializados os seguintes tipos de cimento:

- Cimento Portland Comum - utilizado para concreto comum, pastas de cimento e argamassas;
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (ARI) - utilizado na fabricação de elementos de concreto pré-moldado e em outras aplicações em que se requer concreto de alta resistência inicial;
- Cimentos Portland com Moderada Resistência a Sulfatos (MRS) e Alta Resistência a Sulfatos (ARS) - utilizados em concreto que estará sujeito a ambientes agressivos, com altos teores de sulfato;
- Cimento Portland de Alto Forno (AF) - usado, em geral, em pavimentos de concreto e onde se requer maior resistência aos sulfatos;
- Cimento Portland Pozolânico (POZ) - usado para controlar reações álcali-agregado prejudiciais, nos casos em que o concreto contém um agregado reativo e um cimento com alto teor de álcali;
- Cimento Portland Branco - utilizado nos locais em que se deseja um tratamento arquitetônico de superfícies expostas ou rejuntamento de elementos, tais como azulejos, pastilhas, etc.

Diversas normas da ABNT definem os cimentos mencionados anteriormente. A FISCALIZAÇÃO deverá examinar cuidadosamente as Especificações do Projeto, a fim de identificar o(s) tipo(s) de cimento exigido(s), assim como as normas pertinentes relativas a esse(s) tipo(s).

5.2.2 Pozolanas

As pozolanas são materiais que reagem com hidróxido de cálcio, na presença de água, e que assumem as propriedades de cimentação.

As pozolanas são utilizadas para melhorar a trabalhabilidade e a qualidade do concreto, para economizar a quantidade de cimento necessária na mistura ou para proteger contra expansão prejudicial, causada pela reação entre certos agregados e os álcalis contidos no cimento.

É necessário ter cuidado na seleção e na utilização das pozolanas, pois suas propriedades variam muito e algumas podem provocar características adversas (contração excessiva de secagem e resistência e durabilidade reduzidas) no concreto. As pozolanas propostas deverão atender às normas da ABNT.

5.2.3 Agregados

Em geral, os agregados do concreto consistem de areia e cascalho naturais, pedra britada ou misturas desses materiais. As areias e cascalhos naturais são mais comuns e são utilizados, desde que sejam de qualidade satisfatória, e podem ser adquiridos economicamente em quantidade suficiente.

A qualidade do agregado é muito importante, já que pode limitar a resistência do concreto e também afetar, significativamente, sua durabilidade e seu desempenho estrutural.

5.2.4 Água

Normalmente, qualquer água potável é adequada para uso na fabricação do concreto. Se a qualidade da água for duvidosa, deverá ser efetuada análise química, para determinar o tratamento necessário ao seu uso. Se a água for transparente, sem coloração, e não tiver gosto adocicado, salino ou salobre, provavelmente poderá ser utilizada na mistura e na cura do concreto, sem necessidade de maiores testes.

5.2.5 Aditivos

Quase sempre é possível mudar algumas das propriedades do cimento mediante o uso de um aditivo apropriado, eliminando, assim, a necessidade de se utilizarem cimentos especiais. Há inúmeros produtos disponíveis, os quais criam vários efeitos diferenciados.

5.2.5.1 Aditivos para o Controle da Pega do Concreto

Os agentes aceleradores ou retardadores podem ser acrescentados à mistura para acelerar ou retardar a pega inicial do concreto.

- Os aceleradores podem trazer vantagens na fabricação de elementos de concreto pré-moldado, na aplicação de concreto projetado e em outras aplicações em que se deseja uma pega precoce e uma resistência inicial aumentada. Deverão ser tomadas precauções especiais para evitar demoras no manuseio e no lançamento de concreto, uma vez que a perda de "slump" (abatimento do tronco de cone) e o enrijecimento da mistura também são acelerados.

O cloreto de cálcio é um acelerador eficaz, embora de uso limitado. Em geral, as especificações limitam a quantidade de cloretos que podem ser acrescentados à mistura. O cloreto de cálcio não deve ser utilizado quando há possibilidade de ataque de sulfatos,

com elementos embutidos de metal galvanizado ou de alumínio, ou quando o tempo está quente.

- Os retardadores podem trazer vantagens em grandes operações de lançamento de concreto e nas épocas quentes, quando um aumento no tempo disponível auxilia nas operações de acabamento. Quando se acrescenta um retardador à mistura, a taxa de desenvolvimento da resistência é normal ou aumenta após o início da pega.

5.2.5.2 Agentes Incorporadores de Ar

Define-se ar incorporado no concreto como aquele intencionalmente incorporado mediante o uso de agente apropriado, como óleos animais ou vegetais, resinas naturais de madeira, ou sais alcalinos de compostos orgânicos sulfatados. O ar incorporado consiste de pequenas bolhas, dispersas em toda a pasta de cimento da mistura, as quais contribuem consideravelmente para a durabilidade e a impermeabilidade do concreto endurecido.

O uso de agentes incorporadores de ar no concreto é uma exigência geral da construção, uma vez que não apenas traz as vantagens já mencionadas, como também é possível reduzir o volume de areia utilizado em, aproximadamente, o mesmo volume de ar incorporado à mistura. Os agentes incorporadores de ar deverão atender às normas da ABNT.

5.2.5.3 Plastificantes

São também denominados redutores do consumo de água. Estas substâncias são adicionadas à mistura de concreto com o propósito de reduzir a quantidade de água necessária à trabalhabilidade. Conseqüentemente, será necessário um menor teor de cimento, para manter a razão água-cimento desejada para se obter a resistência de concreto especificada. Alguns destes aditivos também têm propriedades de controle da pega. Ensaios prévios são desejáveis ou exigíveis, para verificar sua compatibilidade com os cimentos utilizados e a intensidade de seus efeitos.

5.3 Propriedades do Concreto

O concreto tem uma série de propriedades importantes, o que lhe permite ser um material de construção apropriado para todo o projeto ou parte dele. Os usos específicos do concreto e as condições e/ou os fatores que o afetam precisam ser identificados, a fim de se projetar a dosagem corretamente. As propriedades e os fatores que afetam o concreto são discutidos nos próximos parágrafos.

5.3.1 Resistência

Se a relação água-cimento máxima permitível numa mistura foi estabelecida com base na resistência e na durabilidade exigidas, em geral o concreto desenvolverá uma adequada resistência à compressão, sempre que misturado, lançado e curado apropriadamente. A cura e as temperaturas têm efeito acentuado no desenvolvimento da resistência. As temperaturas mais baixas, são necessários períodos mais longos de cura úmida para desenvolver uma determinada resistência inicial, do que a temperaturas mais altas. Entretanto, em estágios posteriores, algum tempo após 28 dias, essa tendência é revertida, e o concreto lançado e curado a temperaturas mais baixas desenvolve resistências superiores.

A resistência do agregado graúdo é outro fator significativo na resistência final do concreto. Quanto mais duro for o agregado e menor tendência tiver à fissuração ou ao esfarelamento, mais resistente será o concreto.

O grau de uniformidade da resistência do concreto é uma medida da eficácia do controle de qualidade em campo. Se não houver um controle de qualidade adequado das operações de produção do concreto, poderão ocorrer grandes variações de resistência e poderá ser necessário acrescentar mais cimento para se ter a certeza de que o concreto atenderá às exigências de resistência mínima.

5.3.2 Durabilidade

A durabilidade é definida como a capacidade do concreto de resistir ao intemperismo, ao ataque de produtos químicos, à abrasão ou a qualquer outro processo de deterioração.

5.3.2.1 Intemperismo

A desintegração pelo intemperismo é causada, principalmente, pela expansão e contração, sob restrição, resultantes de variações de temperatura e, umidade e secura alternadas. A parte superior de paredes, pilastras, parapeitos, meios-fios, soleiras, sacadas e cantos expostos estão entre os locais mais sujeitos ao intemperismo.

A umidade é o principal elemento do intemperismo. O concreto seco e o concreto com alto teor de cimento e baixa relação água-cimento não sofrem grandes danos. Os efeitos do intemperismo podem ser consideravelmente diminuídos mediante:

- Declividade das superfícies expostas, a fim de evitar o acúmulo da água de chuva;
- A utilização de misturas de concreto com baixas relações água-cimento;
- A utilização de agentes incorporadores de ar;
- A utilização de agregados densos e duráveis;
- Lançamento, acabamento e cura do concreto adequados;
- A inspeção das obras de concreto em todas suas fases;
- A impermeabilidade (vide item 5.3.3).

5.3.2.2 Deterioração Química

A ação dos produtos químicos poderá provocar deterioração do concreto de diversas maneiras:

- A deterioração que ocorre quando os álcalis no cimento e os constituintes minerais dos agregados reagem entre si, que é caracterizada por:
 - ▶ fissuramento, em geral seguindo um padrão aleatório, em grande escala;
 - ▶ expansão interna e geral excessiva;
 - ▶ rachaduras que podem ser muito largas (25mm ou mais) nas superfícies do concreto, mas que não se estendem a todo o comprimento do elemento concretado;
 - ▶ aparência sem vida, gredosa do concreto recém fraturado.
- A erosão do concreto pela formação de produtos solúveis, removidos pelo lixiviação. Quando o cimento e a água se combinam, um dos compostos químicos resultantes é a cal hidratada, solúvel em água e que produz lixiviação. Quando as superfícies do concreto apresentam eflorescências, conclui-se que ocorreu lixiviação;
- A combinação de determinados agentes com o cimento para formar compostos de baixa solubilidade que podem prejudicar o concreto, porque seu volume é superior ao volume da pasta de cimento a partir da qual se formaram. (Comum entre estas substâncias é o álcali branco encontrado em solos alcalinos e nas águas subterrâneas);
- Quando a superfície é sujeita, alternadamente, a estar molhada e seca, certos sais podem causar desintegração da superfície, devido à formação de cristais nos poros do concreto;

- O concreto é rapidamente atacado por água destilada. A água isenta de minerais rapidamente dissolve a cal e outros compostos solúveis disponíveis no concreto. O concreto deve ser protegido de água muito pura e livre de minerais, por meio de material de revestimento que não seja afetado pela água.

5.3.2.3 Desgaste

A principal causa do desgaste das superfícies de concreto é a cavitação e o movimento de material abrasivo provocados por águas correntes.

A cavitação é uma das forças mais destrutivas existentes, à qual o concreto ou qualquer outro material de construção oferece muito pouca resistência, independentemente da sua qualidade. Em superfícies de concreto sujeitas a um fluxo de água de grande velocidade, uma obstrução ou uma mudança abrupta no alinhamento da superfície pode causar a formação de uma zona de pressão subatmosférica (um vácuo) contra a superfície imediatamente à jusante da obstrução, ou mudança abrupta. Esta zona é rapidamente preenchida por água turbulenta, cheia de pequenas cavidades de vapor d'água, parecidas com bolhas que se movimentam rapidamente.

As cavidades de vapor d'água formam-se imediatamente à montante da zona, a atravessam e, depois, sofrem um colapso, devido a um aumento da pressão dentro do fluxo d'água, num ponto logo à jusante. Quando ocorre o colapso, a água nos limites das cavidades flui rapidamente para o centro da cavidade, a alta velocidade, concentrando enormes quantidades de energia. A repetição destes golpes de grande energia acaba formando poços ou buracos denominados erosão por cavitação. Pode ocorrer com velocidades d'água superiores a 12m/s e pode ser causada por projeções ou depressões na superfície do concreto, como aquelas resultantes de fôrmas de má qualidade ou de acabamento deficiente da superfície do concreto. A cavitação pode ocorrer em superfícies horizontais ou em declive sobre as quais a água flui, ou em superfícies verticais, pelas quais a água escorre.

O desgaste do concreto causado por materiais abrasivos na água pode ser tão grave quanto aqueles resultantes da cavitação. A peça com exposição de reforço e agregados muito gastos constitui a característica deste tipo de erosão.

O uso de concreto com resistência de compressão e resistência ao desgaste aumentadas oferece alguma proteção contra a abrasão. Entretanto, da mesma forma que ocorre com a erosão causada pela cavitação, a melhor cura é a prevenção, a eliminação ou a redução das causas, mediante concepção, construção e operação adequadas das estruturas de concreto.

5.3.3 Impermeabilidade

A impermeabilidade é uma qualidade desejável, e o concreto endurecido pode ser totalmente impermeável se for composto apenas de matéria sólida. Entretanto, não é praticável produzir concreto em que todos os espaços entre as partículas de agregado estejam preenchidos com material sólido de cimentação. A fim de se obterem misturas trabalháveis, utiliza-se mais água do que é necessário à hidratação. Quando o excesso d'água se evapora, são criados espaços vazios ou cavidades, que podem estar interconectados e formar passagens contínuas.

A construção de estruturas impermeáveis, duráveis, não é problema, contanto que os procedimentos utilizados sejam adequados. O concreto com ar preso deverá ser utilizado, já que os esferóides separados de ar substituem as cavidades formadas, quando a água se evapora, e reduzem a formação de canais contínuos. Uma cura prolongada e

completa também é significativa, porque resulta no desenvolvimento de um gel carbonoso que reduz o tamanho dos vazios existentes e aumenta a impermeabilidade.

5.3.4

Mudanças de Volume

Uma mudança excessiva de volume é prejudicial ao concreto. As frestas no concreto reprimido formam-se devido à contração resultante, principalmente, de queda na temperatura e também devido à secagem, quando o concreto, ainda novo, não teve oportunidade de desenvolver suficiente resistência à ruptura. O concreto sempre perde alguma umidade, mas, se tal perda ocorre de modo muito rápido, o concreto encolhe e trinca. Este problema agrava-se em climas quentes e áridos. A contração devida à secagem é afetada pelo teor unitário de água, pela composição de agregado e pela duração da cura úmida inicial.

A hidratação do cimento - a combinação química do cimento e da água - é acompanhada pela geração de calor considerável, que, sob certas circunstâncias, tem substancial influência na mudança de volume do concreto. Em pequenas estruturas, o calor de hidratação não tem maior importância, pois é rapidamente dissipado. Em estruturas de grande porte, o calor de hidratação pode causar aumento de temperatura da ordem de 10 a 15 graus centígrados, com correspondente mudança de volume. Na elaboração de estimativas, calcula-se que o concreto médio muda aproximadamente 10 milionésimos do seu comprimento para cada grau centígrado de mudança de temperatura.

5.3.5

Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é crítica nas operações de lançamento do concreto, pois tem um impacto na capacidade de maximizar as outras propriedades desejáveis do concreto.

Define-se trabalhabilidade como a propriedade da mistura fresca de concreto que determina o grau de facilidade e homogeneidade com que ela pode ser misturada, transportada, lançada, adensada e acabada.

A trabalhabilidade não é uma propriedade requerida no produto acabado, como acontece com a durabilidade e a resistência. O concreto precisa ser suficientemente trabalhável para ser lançado na área especificada. Com frequência, as características que tornam o concreto trabalhável reduzem algumas outras propriedades desejáveis. Por exemplo, um maior teor de água melhora a trabalhabilidade mas diminui a durabilidade e a resistência do concreto. Consequentemente, é necessário equilibrar os fatores, de modo a maximizar os benefícios derivados de cada propriedade.

5.4

Produção de Concreto

A produção de concreto envolve o processamento do agregado, sua estocagem, os ensaios do agregado, a certificação e/ou o ensaio do cimento, a análise da água, a dosagem e a mistura. Um concreto de qualidade, que atenda às especificações, será obtido mediante a utilização de práticas e métodos próprios.

5.4.1

Processamento do Agregado

O agregado cru deverá ser processado de maneira a se obter um material limpo e de granulometria apropriada. A EMPREITEIRA e a FISCALIZAÇÃO deverão estar constantemente alertas, de modo a garantir o controle da qualidade. As duas principais dificuldades no processamento do agregado são a falta de uniformidade na provisão natural e a dificuldade de manter a uniformidade do produto acabado, por meio das etapas de processamento necessárias.

5.4.1.1 Granulometria da Areia

A areia pode ser obtida em áreas aprovadas ou determinadas. A areia natural é preferível, pois o uso de areia manufaturada, mediante a britagem de pedras ou cascalho, poderá resultar numa mistura áspera e com má trabalhabilidade, devido ao formato angular das partículas.

A granulometria da areia, conforme chega da fonte, em geral não atende às especificações e exige algum tipo de processamento. Qualquer desvio da granulometria especificada deverá ser corrigida por:

- Remoção de parte das frações existentes em quantidades excessivas;
- Adição e mistura de areia apropriada;
- Britagem da fração de partículas maiores em excesso;
- Utilização de uma combinação de métodos.

A areia pode ser processada por métodos secos ou úmidos. Existe uma variedade de equipamentos utilizáveis com ambos os métodos. A areia obtida em depósitos naturais é normalmente úmida e, com frequência, precisa ser lavada para remover matéria orgânica ou outra matéria estranha. Conseqüentemente, o processamento úmido é normalmente mais eficaz do que o seco, quando se deseja melhorar a qualidade e a granulometria da areia. Além disso, a areia seca tende a se segregar quando manuseada, especialmente se for colocada em pilhas de estoque ou dentro de depósitos.

Independentemente do método utilizado, o processamento deverá ser efetuado de modo a se produzir uma areia limpa, com granulometria segundo os limites especificados.

5.4.1.2 Agregados Graúdos

As especificações deverão indicar a fonte do agregado graúdo. O agregado poderá ser pedra britada, cascalho natural ou uma mistura de ambos. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se o agregado está sendo retirado de áreas aprovadas.

O agregado graúdo deverá ser do maior tamanho viável, de acordo com os requisitos especificados. Seu tamanho poderá variar conforme os diversos lançamentos de concreto.

Em geral, o agregado graúdo proveniente de área de empréstimo precisa ser lavado e separado. Deverá ter a dureza, a não fragilidade, a resistência e a sanidade especificadas. Qualquer material deletério deverá ser removido por meio de método adequado. Algumas vezes, simples peneiramento será suficiente para eliminar o material prejudicial ou demais grande do agregado. Em seguida, o agregado graúdo deverá ser separado de acordo com seu tamanho, mediante peneiramento, e estocado para uso posterior da central de dosagem.

5.4.2 Estocagem

A estocagem é o processo de acumulação, numa única área, dos agregados limpos e separados, para uso futuro na produção de concreto.

A área de estocagem ou depósito deverá ser cuidadosamente preparada. A base deverá ser dura e limpa, a fim de evitar a contaminação do agregado pelo material subjacente. É uma boa prática a colocação de um leito de areia, cascalho ou pedra sobre a área, antes de iniciar a estocagem. Deverá ser evitada a superposição de agregados de tamanho diferente, por meio de grandes espaços entre um tipo e outro, ou pela construção de paredes adequadas para separar as diversas pilhas. Se forem utilizados guindas-

tes, deverá ser evitada a passagem de caçambas cheias de agregado de um determinado tamanho por cima das pilhas de agregado de um tamanho diferente.

Uma boa parte do agregado que foi adequadamente peneirado na central de agregado poderá não atender às especificações quando chegar à central de dosagem de concreto, uma vez que, durante o manuseio e a estocagem, o agregado está sujeito a segregação e a quebra. Os agregados com granulometria correta poderão sofrer segregação durante qualquer operação de estocagem executada incorretamente, a ponto de causar variações inaceitáveis na trabalhabilidade e na qualidade do concreto no qual é utilizado.

Se o agregado estiver coberto por uma camada de poeira, e a areia for grossa e poeirenta, a origem da poeira deverá ser localizada, já que poderá ser uma fonte de contaminação. A granulometria do material deverá ser checada para se verificar se há excesso de finos (materiais que passam pela peneira de 0,075mm da ABNT). O agregado contaminado precisará ser lavado ou limpado de outra maneira.

As dificuldades podem ser minimizadas mediante a separação do agregado em diversos tamanhos e a utilização de sistemas de manuseio bem planejados e corretamente operados.

5.4.3 Peneiramento Final

Durante as operações de manuseio e estocagem, normalmente serão produzidos agregados de dimensões menores. Conseqüentemente, em geral será necessário efetuar um peneiramento final do agregado graúdo, na central de dosagem do concreto, por meio de peneiras vibratórias.

Essas peneiras vibratórias são mais eficazes quando montadas sobre os depósitos da central dosadora. Se a central existente não for estruturalmente adaptável a este tipo de arranjo, contudo, será possível instalar o equipamento de peneiramento final adjacente à central, seja a nível térreo, seja acima dos depósitos, a fim de que o material peneirado possa ser transportado diretamente ao depósito apropriado.

Para manter um equilíbrio dos diversos tamanhos nos depósitos da central dosadora, a alimentação das peneiras vibratórias deverá ser uma mistura regulada dos vários tamanhos de agregado graúdo. O material deverá cair diretamente das peneiras vibratórias, através de calhas corretamente construídas, até o depósito apropriado.

Também é possível utilizar peneiras estáticas no peneiramento final dos agregados, mas apenas em pequenos trabalhos com agregados naturais. Estas peneiras não são adequadas para agregados britados e exigem supervisão constante para manter as aberturas limpas.

Dentre as vantagens decorrentes do peneiramento final na central de dosagem, é possível ressaltar:

- A redução da necessidade de controle cuidadoso do peneiramento e do manuseio antes do peneiramento final;
- A garantia de que o material não será colocado no depósito errado;
- Maior facilidade de manuseio e de lançamento do concreto;
- Uma economia de 2-10% em cimento (permitida pela maior uniformidade).

5.4.4 Ensaio e Manuseio dos Componentes

5.4.4.1 Agregados

- Efetuar-se-ão ensaios de laboratório para determinar se o material, com processamento apropriado, é satisfatório. Os ensaios de laboratório recomendados são os seguintes:
 - ▶ Análises Granulométricas - Deverá ser realizada uma série de ensaios para estabelecer a granulometria do material cru, a quantidade total de material processado, as quantidades de areia e de agregado graúdo finalizadas produzidas e a quantidade de material esperdiçado, por tamanho. Deverão ser efetuadas análises granulométricas periódicas na central de dosagem, a fim de se obterem informações que permitam ajustes no peso do traço.
 - ▶ Umidade Superficial - Efetuar-se-ão freqüentes ensaios de teor de umidade, que permitam compensar nos pesos dos traços e computar a relação águacimento. Em centrais de dosagem que misturam grandes quantidades de concreto, poderão ser instalados medidores de umidade.
 - ▶ Massa Específica - É importante saber, com precisão, a massa específica que será utilizada nos cálculos iniciais do teor de ar incorporado à mistura. Os ensaios deverão ser realizados quando há razões para suspeitar de alguma mudança no agregado, de maneira a ajustar a quantidade de ar incorporado, se necessário.
 - ▶ Outros - Sempre que houver qualquer dúvida a respeito da observância às especificações da mistura, poderá ser necessário efetuar ensaios do teor de matéria orgânica, de argilas e de xistos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

5.4.4.2 Cimento

Todas as remessas de cimento deverão estar acompanhadas pela seguinte documentação:

- Certificado de que o cimento atende às especificações;
- Tipo de cimento remetido, assim como local e data de fabricação;
- Número do lote;
- Data da remessa;
- Quantidade de cimento remetido.

Na chegada ao canteiro de obras, será indispensável efetuar o número de checagens necessário para se ter a segurança de que o peso dos sacos de cimento atende às especificações. Os sacos que apresentarem variações superiores a 3% do peso declarado deverão ser rejeitados. Além disso, se o peso médio de 50 sacos, escolhidos aleatoriamente dentre o total de uma remessa, for inferior ao peso declarado, toda a remessa deverá ser rejeitada. Verificar-se-á se os sacos estão rasgados ou furados, e se apresentam outros defeitos. Registrar-se-ão quaisquer variações das especificações de peso que possam servir de base a ajustes no pagamento do cimento.

O cimento deverá ser utilizado em ordem cronológica de chegada ao canteiro de obras. Cimento armazenado por período superior a três meses, antes de utilizado, precisará ser submetido a ensaios que confirmem se ainda atende às especificações. Todo o cimento deverá ser armazenado em depósitos adequadamente ventilados, que o protejam da intempéries. O sistema de armazenamento deverá atender às especificações.

Se as especificações limitarem a temperatura de lançamento do concreto, ou se existirem razões para se acreditar que a temperatura do cimento pode ser fator determinante do desempenho do concreto, essa temperatura deverá ser registrada. Não se utiliza cimento que chegue com resquícios de sua temperatura de fabricação.

O cimento que não atender às especificações deverá ser rejeitado pela FISCALIZAÇÃO antes de ser utilizado na produção de concreto. O concreto produzido com cimento que subsequentemente for testado e que demonstrar não atender às especificações poderá ser rejeitado pela FISCALIZAÇÃO e, nesse caso, deverá ser removido e substituído sem ônus para o CLIENTE.

5.4.4.3 Água

Após definir as fontes de água a serem utilizadas na produção do concreto, não será necessário efetuar ensaios e inspeções regulares. Isso só será preciso se a água for contaminada com matéria em suspensão, devido a um fluxo d'água anormal ou a concentrações inaceitáveis de sais solúveis durante a estação seca. Se a água for cristalina e não tiver gosto adocicado, salino ou salobre, só será indispensável efetuar ensaios para a determinação dos sulfatos solúveis. Se a água ficar contaminada, será necessário tratá-la, conforme definido nas especificações, ou procurar uma outra fonte de água adequada.

5.4.4.4 Aditivos

Os aditivos deverão ser ensaiados por um laboratório independente, a fim de se verificar se atendem às normas da ABNT. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que os aditivos, incluindo os que têm efeitos idênticos no concreto, receberam certificado de um laboratório idôneo de atendimento às normas.

5.4.5 Dosagem

A dosagem consiste na pesagem e introdução dos ingredientes de um traço na betoneira. O método atual de dosagem de concreto por peso é muito mais preciso, mais simples e permite maior flexibilidade.

A EMPREITEIRA deverá notificar a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar as operações de dosagem de concreto, que só serão efetuadas na presença da FISCALIZAÇÃO, exceto quando especificamente dispensadas.

A FISCALIZAÇÃO deverá:

- Verificar se estão sendo utilizados o tipo e a quantidade de cimento especificados;
- Verificar se os materiais (agregados, água, etc.) estão disponíveis nas quantidades apropriadas;
- Verificar se foram efetuados os ensaios de aceitação dos materiais;
- Verificar a precisão dos dispositivos de dosagem;
- Observar a dosagem e a mistura na central de concreto;
- Assegurar-se de que está sendo acrescentada a quantidade correta de água;
- Ensaiar o peso unitário, o teor de ar incorporado e o abatimento do tronco de cone ("slump");
- Verificar se estão sendo efetuadas as mudanças necessárias nas proporções dos componentes, quando for o caso.

5.4.5.1 Grandes Obras em Concreto

Nos grandes projetos, as centrais de dosagem e mistura do concreto podem ser automatizadas, com dosagem automática mediante controles com intercomunicação, seletores de dosagem, ajustes de interrupção, registros automáticos do peso dos traços e medidores de umidade. Esse moderno equipamento é necessário para acompanhar o rápido ritmo de lançamento, no caso de grandes volumes de concreto.

As especificações deverão descrever os requisitos de capacidade e precisão do equipamento de pesagem.

A EMPREITEIRA deverá prover instalações adequadas à obtenção de amostras dos ingredientes do concreto. Freqüentemente, são utilizadas caçambas de amostragem sobre rolos.

Em geral, as especificações determinam que o cimento, a pozolana, a areia e cada tamanho de agregado graúdo, que constituem uma parte de concreto, sejam pesados separadamente. A água e os aditivos deverão ser pesados desta mesma forma. Poderá ser necessário adicionar gelo à água de mistura, a fim de diminuir a temperatura do concreto. É preferível pesar o gelo separadamente.

Os ingredientes do concreto deverão ser pesados com equipamento aprovado e operado segundo os limites definidos de precisão. A FISCALIZAÇÃO deverá inspecionar as balanças antes da sua utilização e, periodicamente, durante o período da obra.

Utilizar-se-ão pesos-padrão, fornecidos pela EMPREITEIRA, na verificação das balanças, que deverão ser carregadas por etapas até alcançar-se o limite máximo da escala.

Se houver qualquer evidência de que as balanças não estão funcionando corretamente, determinar-se-á e corrigir-se-á a causa do defeito.

Os dispositivos de alimentação e de interrupção e o de registro da dosagem também deverão ser inspecionados quando as balanças forem checadas.

5.4.5.2 Obras Médias em Concreto

Nas obras pequenas e médias, o concreto deverá ser dosado, transportado e misturado por equipamento de menor porte. É igualmente importante verificar se os materiais chegam à dosadora em quantidades precisas e uniformes.

- Dois tipos de equipamento de mensuração de campo deverão ser utilizados: 1) as dosadoras por peso, que geralmente são alimentadas a partir de depósitos e 2) as balanças do tipo plataforma;
- Para a medição precisa da água de mistura e das soluções de aditivos, o equipamento de dosagem deverá possuir medidores, válvulas e conexões para introduzir a água medida para um traço. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se esses dispositivos são precisos e se estão funcionando corretamente. A precisão, a confiabilidade, a visibilidade, o fácil acesso para reparos e ajuste, assim como a facilidade de ajuste são características importantes deste tipo de equipamento. A precisão das dosadoras visual-mecânicas na dosagem dos agentes incorporadores de ar e de outros aditivos também deverá ser verificada;
- Deverá haver dispositivos que permitam um ajuste fácil da quantidade de água acrescentada para compensar as variações de umidade do agregado;
- Os aditivos sempre deverão ser dosados na forma de solução, que será introduzida junto com a água de mistura. As soluções de aditivos não deverão ser misturadas nos tanques de dosagem ou de armazenamento, uma vez que estes materiais, quando combinados em solução, formam um resíduo grudento, que entope as válvulas e interfere no funcionamento dos medidores;
- Existem no comércio dispensadores do tipo visual que podem ser utilizados para os agentes incorporadores de ar e os redutores de consumo de água, os quais funcionam como sifões automáticos ou mediante a força de gravidade. A fim de se assegurar de que esses aditivos estão sendo distribuídos uniformemente em todo o traço, dever-se-á acrescentá-los à água da mistura durante a dosagem.

5.4.6 Mistura

5.4.6.1 Geral

- A seguir, são fornecidos exemplos de práticas corretas de mistura do concreto. Verificar-se-á se as especificações determinam qualquer outro requisito adicional.
 - ▶ Os aditivos utilizados deverão ser misturados à água ou nela dissolvidos.
 - ▶ Uma parte da água deverá preceder os ingredientes sólidos, outra deverá ser acrescentada junto com eles e a restante deverá ser adicionada após todos os ingredientes sólidos.
 - ▶ A areia, os agregados graúdos e o cimento deverão ser alimentados à betoneira simultaneamente.
 - ▶ Os materiais deverão ser misturados pelo menos o tempo mínimo determinado nas especificações. Os materiais não deverão ser misturados excessivamente, e o tempo de mistura não deverá exceder três vezes o tempo de mistura mínimo especificado.
 - ▶ A ação de misturar de cada dosadora e as caçambas ou os funis de recepção deverão ser facilmente observáveis pela FISCALIZAÇÃO.
 - ▶ Cada betoneira deverá possuir um dispositivo medidor de tempo.
- As betoneiras basculantes são muito eficientes e podem ser descarregadas rapidamente, com segregação mínima dos ingredientes do concreto. Também são mais fáceis de limpar;
- Os caminhões-dosador consistem de equipamento de misturar montado sobre um caminhão, o qual pode misturar o concreto no trajeto entre a central dosadora de concreto e o canteiro de obras. O concreto de caminhão-betoneira pode tender mais à segregação e a variações de consistência, a não ser que sejam tomadas as devidas precauções. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as especificações relativas ao uso de caminhões-betoneira estão sendo rigorosamente obedecidas. Se a última porção do traço contiver uma quantidade excessiva de agregado graúdo, a betoneira não está tendo um desempenho satisfatório. Se o problema não puder ser remediado reduzindo-se o tamanho do traço ou revertendo-se a direção de rotação do tambor misturador, o caminhão-betoneira deverá ser retirado de uso.

5.4.6.2 Consistência

- O ensaio indicativo da consistência e da trabalhabilidade da mistura de concreto é o do abatimento do tronco de cone ("slump"). A finalidade de se controlar o abatimento do tronco de cone ("slump") é o de controlar, diretamente, a consistência e a trabalhabilidade necessárias ao lançamento correto do concreto e, indiretamente, a razão água-cimento;
- Em princípio, diversos traços de uma mesma mistura que alcancem a mesma consistência terão o mesmo teor de água e, consequentemente, a mesma razão água-cimento, contanto que fatores como o peso do traço, a granulometria dos agregados e as temperaturas dos materiais sejam uniformes. As variações no teor de água têm um efeito muito mais pronunciado sobre o abatimento do tronco de cone ("slump") do que as variações normais dos outros fatores mencionados. Nas obras em que se exerce um controle razoavelmente bom da granulometria e da dosagem, as variações no abatimento do tronco de cone ("slump") refletirão variações no teor de água e na razão água-cimento. Em geral, uma mudança de cerca de 3% no teor de água causará uma variação de 2,5cm no abatimento do tronco de cone ("slump"); uma mudança de 1% (por peso) na umidade superficial da areia provocará uma variação de aproximadamente 4cm no abatimento do tronco de cone ("slump");
- O abatimento do tronco de cone ("slump") deverá ser o mínimo no qual o concreto possa ser adensado satisfatoriamente, mediante vibração. As condições que afetam o lançamento do concreto nas fôrmas determinarão o abatimento mínimo factível do concreto, para cada parte da obra;

- A EMPREITEIRA deverá estar a par das medidas que poderão ser tomadas se o abatimento do tronco de cone ("slump") não atender às especificações. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o concreto só seja lançado quando atender às especificações relativas ao abatimento do tronco de cone ("slump").

5.4.6.3 Ensaios de Resistência

- É necessária a realização de ensaios de resistência no concreto novo, durante as primeiras etapas de concretagem, para estabelecer o traço adequado. Os ensaios de resistência deverão ser executados utilizando corpos de prova, a fim de determinar o atendimento às especificações. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se a EMPREITEIRA está obedecendo às determinações constantes das especificações na fabricação dos corpos de prova, quanto:
 - ▶ À utilização das técnicas corretas de amostragem do concreto fresco;
 - ▶ Ao uso de fôrmas apropriadas para moldar os corpos de prova;
 - ▶ Ao uso dos procedimentos corretos de colocação do concreto nas fôrmas.
- Os cilindros não deverão ser movidos além do necessário antes da pega final do concreto e, preferivelmente, não deverão ser manuseados durante as primeiras 24 horas. Deverão ser protegidos de temperaturas significativamente superiores ou inferiores a 20 graus centígrados e da perda de umidade;
- Cada espécimen deverá ser marcado cuidadosamente, embrulhado em papel impermeável e encaixotado com serragem úmida, a fim de prevenir qualquer perda de umidade durante seu transporte.

5.4.6.4 Frequência dos Ensaios

- ▶ Ensaios de Resistência - A FISCALIZAÇÃO deverá determinar a frequência com que as amostras serão obtidas para a realização dos ensaios de resistência, com base na quantidade e na classe do concreto. Em geral, as especificações estipulam, pelo menos, uma série de três amostras para cada 25m³ de concreto lançado.
- ▶ Ar Incorporado - Para cada série de ensaios de resistência, deverá ser realizado um ensaio para determinar a quantidade de ar incorporado à mistura.
- ▶ Consistência - Para cada série de ensaios de resistência deverá ser realizado um ensaio de abatimento do tronco de cone ("slump"). Outros ensaios desse tipo deverão ser efetuados a critério da FISCALIZAÇÃO, sempre que as operações de lançamento do concreto exigirem uma mudança no abatimento do tronco de cone ("slump") ou quando a aparência da mistura de concreto faça supor que houve uma mudança nos ingredientes da mistura.

5.4.6.5 Precauções em Tempo Quente

- As especificações estipulam que o concreto, à medida que for lançado, deverá ter temperatura igual ou inferior a um determinado valor (em geral, 32 graus centígrados). Em alguns projetos em regiões quentes do Nordeste, poderá ser proibido o lançamento de concreto para revestimento de canais, enquanto o tempo estiver excessivamente quente;
- Os limites relativos à temperatura máxima e ao lançamento do concreto em tempo quente são impostos devido aos prejuízos causados à qualidade e à durabilidade quando o concreto é misturado, lançado e curado a altas temperaturas, o que afeta diversas propriedades do concreto.
 - ▶ A resistência final do concreto misturado e curado a altas temperaturas nunca atinge aquela de concreto misturado e curado a temperaturas inferiores a 20 graus centígrados.

- ▶ As necessidades de água para a mistura aumentam quando a temperatura do concreto é alta, o que contribui para uma maior contração na secagem do concreto, a qual resulta em uma maior tendência a trincar.
- ▶ A tendência a trincar aumenta devido à maior diferença entre a temperatura alta durante o endurecimento e a temperatura final mais baixa atingida pelo concreto.
- Há diversas maneiras de reduzir a temperatura do concreto, como:
 - ▶ Utilizar água fria de mistura, mesmo adicionando gelo (o gelo deverá estar completamente derretido antes de a mistura terminar);
 - ▶ Evitar o uso de cimento quente (o cimento armazenado deverá ser protegido do sol por uma cobertura). Como já referido anteriormente, não se deve utilizar cimento trazendo calor de fabricação;
 - ▶ Isolar as tubulações de abastecimento de água e as caixas d'água ou, pelo menos, pintar as superfícies expostas com tinta branca para que refletem o calor;
 - ▶ Esfriar o agregado graúdo com jatos de água ou de ar frios; a utilização de aspersores de água sobre as pilhas de agregado é muito eficaz;
 - ▶ Isolar os tambores misturadores ou arrefecê-los com borrifação de água ou cobertura de sacos de areia úmida;
 - ▶ Fazer sombra sobre os materiais e as instalações (incluindo os agregados, etc.);
 - ▶ Trabalhar só à noite, madrugada e parte da manhã;
 - ▶ Sustar o lançamento do concreto, especialmente em lajes muito finas ou no revestimento de canais, quando a velocidade do vento aumenta, para evitar fissuras causadas pela contração durante a secagem do concreto.

A temperatura do concreto durante seu lançamento deverá ser conforme especificada. A EMPREITEIRA deverá tomar as medidas necessárias a esse respeito.

5.5 Preparativos para o Lançamento do Concreto
5.5.1 Preparação das Fundações
5.5.1.1 Rocha

Quando for indispensável uma boa ligação do concreto às fundações rochosas, a superfície da rocha deverá ser preparada e tornada áspera, onde necessário, e muito bem limpa. Serão removidos quaisquer vestígios de pedra solta, argamassa seca, películas ou escamas de revestimento, depósitos orgânicos ou outro material estranho ou indesejável.

A limpeza será efetuada por meio de vassouras duras, picaretas, jato de ar e de água a alta velocidade, jato de areia úmida ou qualquer outro método eficaz, seguido por lavagem cuidadosa. A água de limpeza acumulada nas depressões deverá ser removida antes do lançamento do concreto. A superfície da rocha deverá ser seca por jato de ar até atingir-se a condição de rocha saturada com a superfície seca. A presença de qualquer água superficial livre, que poderá ser percebida pelo seu brilho, poderá impedir a obtenção da ligação desejada do concreto à superfície da rocha.

As superfícies da rocha regularizada sujeitas a hidratação ou desagregação apresentam problemas especiais. Diversos expedientes, como o revestimento de concreto projetado ou uma cobertura de sacos de aniagem úmidos, têm sido utilizados, com êxito, para conservar as superfícies intactas até o lançamento do concreto.

Poderá ser feito um revestimento por borrifação com produtos químicos estabilizadores ou com um composto betuminoso ou outro selante, nos locais em que não haja necessidade de boa ligação do concreto à rocha.

5.5.1.2 Solo

- Muitas estruturas são construídas sobre fundações de solo. Nesses casos, antes do lançamento do concreto, é necessário verificar se a superfície e a sub-base das fundações são adequados à carga prevista. O Capítulo 4 deste MANUAL, o Manual de Elaboração de Projetos de Irrigação, e o “Earth Manual” (Manual de Terra) do “Bureau of Reclamation” contêm informações adicionais úteis acerca de fundações de solo;
- A sub-base de solo deverá estar úmida, mas não molhada, quando o concreto for lançado. Sub-bases de drenagem livre em regiões áridas e quentes deverão ser umedecidas até uma profundidade de 15cm, a fim de proverem um contato úmido para o concreto. As especificações poderão determinar o lançamento de uma camada de concreto magro de espessura igual ou superior a 5cm, sobre o solo, imediatamente após a aprovação do preparo das fundações. Isso permitirá que a EMPREITEIRA trabalhe sobre uma superfície sólida enquanto continua a lançar o concreto da estrutura e impede que as fundações sequem.

5.5.2 Juntas de Construção

Juntas de Construção são o contato entre o concreto recém-lançado e as superfícies de concreto existentes, tão rígidas que o concreto novo não pode ser incorporado integralmente por meio de vibração.

A boa qualidade de ligação e a impermeabilidade numa junta de construção horizontal dependem, em grande parte, de como o concreto existente foi lançado. Deve ter sido lançado com o abatimento do tronco de cone (“slump”) mínimo consoante com os requisitos de consolidação e trabalhabilidade, conforme discutido no [item 5.6](#). Deverão ser evitadas as misturas com excesso de água.

A obtenção de uma boa junta dependerá da limpeza adequada da superfície do concreto existente na junta. Uma superfície áspera não garante uma boa junta. Qualquer marca de pé ou agregado saliente dificultará a limpeza, especialmente a essencial remoção de água e areia.

Qualquer óleo na junta de concretagem deverá ser removido. O fosfato trisódico remove óleo eficazmente, facilitando a obtenção de uma boa ligação.

Quando forem necessárias boa ligação e impermeabilidade da junta de construção, as superfícies do concreto existente deverão ser tratadas com jato de areia, lavadas cuidadosamente e secadas até a condição de concreto saturado com a superfície seca, imediatamente antes do lançamento do concreto fresco. A areia utilizada no tratamento deverá ser densa, dura e difícil de quebrar, assim como bastante seca para facilitar sua livre passagem através do equipamento. A areia de boa qualidade algumas vezes pode ser recolhida, reprocessada e reutilizada.

Ao limpar a superfície de concreto de boa qualidade, só é necessário remover o filme de nata de cimento do revestimento de argamassa. Não há qualquer vantagem em remover a superfície da junta até que o agregado graúdo subjacente esteja exposto. A junta poderá ficar enfraquecida se a superfície for cortada muito profundamente, até o ponto de prejudicar a fixação dos pedaços maiores de agregado.

O concreto estrutural moldado deverá ter o menor número possível de juntas, uma vez que estas juntas resultam em planos de fraqueza susceptíveis de rachaduras e passagem d’água. O moderno equipamento de lançamento de concreto permite lançar paredes altas, de até 12m, de lançamento monolítico.

5.5.3 Outras Juntas

Juntas de contração são sulcos formados, serrados ou trabalhados na estrutura de concreto, em locais determinados, que visam criar um plano de fraqueza e controlar a localização das rachaduras que resultarem de mudanças dimensionais. Os sulcos transversais das juntas de contração dos revestimento de canais são formados a intervalos iguais ou inferiores a três metros.

Junta fria é uma junta ou descontinuidade resultante de um atraso suficiente no lançamento do concreto, a ponto de impedir a união do material de dois lançamentos sucessivos.

Junta de dilatação é a separação estabelecida entre partes adjacentes de uma estrutura de concreto, a fim de permitir a ocorrência independente de pequenos movimentos relativos, como aqueles causados por mudanças térmicas. Nas juntas de dilatação, utiliza-se, em geral, um enchimento com um material elástico apropriado, como esponja de borracha, "styrofoam" ou cortiça e um produto mástique selante. São também utilizadas tiras de borracha selante, fixadas a ambos os lados da junta mediante um produto adesivo apropriado.

Juntas de isolamento permitem a separação completa de partes adjacentes de uma estrutura de concreto, em geral, ao longo de uma superfície vertical, num local determinado. Estas juntas, que interrompem, total ou parcialmente, as barras de aço de ligação, facilitam os movimentos relativos das partes e impedem a formação de fissuras do concreto em outros locais.

Os materiais utilizados nas juntas são em geral testados e aprovados antes de serem remetidos. A FISCALIZAÇÃO deverá checar as diversas remessas para verificar se o material está são e se está sendo adequadamente armazenado, preparado e instalado. O Capítulo 6 deste Manual provê informações adicionais acerca dos materiais utilizados nas juntas.

**5.5.4 Formas para Concreto
5.5.4.1 Geral**

As fôrmas precisam ser bastante fortes, estruturalmente, para suportar as cargas do concreto sem deflexão excessiva. Em geral, a fôrma serve também como plataforma de trabalho ou tablado, de maneira que precisa sustentar, com segurança, os operários, o equipamento e os materiais necessários ao lançamento do concreto. Em outros casos, como nos edifícios de vários andares, o sistema de fôrmas precisará resistir a mais de um lançamento de concreto.

As especificações poderão ou não detalhar as fôrmas a serem utilizadas. Se a EMPREITEIRA projetar as fôrmas, a FISCALIZAÇÃO precisará verificar se esse trabalho foi realizado por um engenheiro experiente e se atende às especificações e às normas da ABNT.

Poderão ser utilizadas na fabricação das fôrmas madeira compensada, chapas de aço ou tábuas revestidas de plástico. As fôrmas de madeira compensada para superfícies expostas deverão ser revestidas, em ambos os lados, por um filme de plástico do tipo "Tego-film". Os pontais e as escorras das fôrmas deverão atender às especificações e serem bastante fortes para suportar as cargas impostas pelo concreto fresco.

As fôrmas deverão ser adequadamente tratadas com um óleo desformante adequado, a fim de impedir que o concreto grude à fôrma. O óleo deverá ser aplicado com um

pincel ou borrifado, cobrindo a fôrma uniformemente, sem excessos ou gotejamento. A FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se de que o óleo desformante não se espalhou na superfície das juntas, no ferro da armadura ou em outros elementos embutidos, quando as fôrmas foram instaladas. Nas fôrmas de aço podem ser utilizados produtos derivados de petróleo especialmente fabricados para esta finalidade.

A EMPREITEIRA também deverá montar um sistema de monitoramento do alinhamento das fôrmas e de detecção de deslocamentos durante as operações de concretagem. O sistema deverá receber a aprovação da FISCALIZAÇÃO antes do início das operações de lançamento do concreto. É comum utilizarem-se arames ou fios, verticais ou horizontais, no acompanhamento das fôrmas, de modo a constatar qualquer deslocamento durante o lançamento do concreto. Além disso, utilizam-se dispositivos como equipamento de levantamento topográfico, de laser, de vídeo e dinamômetros.

5.5.4.2 Inspeção

Após o alinhamento das fôrmas nas linhas e nas cotas determinadas, deverão ser inspecionados os seguintes itens:

- Estanqueidade das Fôrmas - As fôrmas deverão ser bem vedadas, de modo a impedir a perda de argamassa pelas juntas das fôrmas; durante a vibração do concreto, as fôrmas deverão resistir à pressão decorrente do próprio concreto e àquela adicional causada pela vibração, sem que ocorra deflexão ou abertura das juntas;
- Tipo de Acabamento - Se o acabamento superficial ou a aparência forem importantes e tiverem sido especificados, deverá ser assegurada a utilização de fôrmas que garantam esse resultado;
- Estabilidade - A estabilidade pode ser afetada por inúmeros defeitos, incluindo contraventamento transversal ou horizontal inadequado, falhas na regulagem da taxa de lançamento do concreto, falta de previsão de pressões laterais, solos instáveis, falta de previsão da pressão do vento, vibração proveniente de cargas móveis adjacentes e deslizamento de aterro próximo;
- Limpeza e Revestimento - A limpeza e o revestimento das fôrmas deverão ser verificados imediatamente antes do lançamento do concreto; qualquer concreto endurecido ou outra matéria presa às fôrmas deverá ser removido, até o último vestígio; o revestimento de óleo desformante deverá ser uniforme, sem excessos ou gotejamento;
- Segurança - Deve ser considerado qualquer perigo que possa ocorrer durante a construção, o carregamento e a remoção das fôrmas. A resistência e a estabilidade das fôrmas são fatores críticos à segurança. Não se deverá permitir a imposição de cargas de construção sobre estruturas parcialmente completadas, exceto quando tal circunstância foi contemplada no projeto. Sob nenhuma hipótese, serão os tirantes das fôrmas ou as ancoragens no concreto submetidos a qualquer carga até que o concreto tenha concluído a pega durante o tempo mínimo especificado. Nas áreas expostas à passagem ou ao trabalho de pessoas, as fôrmas e as escoras deverão ser retiradas e empilhadas imediatamente após sua remoção. Quaisquer pregos, arames e outros acessórios salientes, desnecessários a trabalhos subsequentes, deverão ser removidos, cortados, ou de alguma forma eliminados, como medida de segurança;
- Durante o lançamento do concreto, a FISCALIZAÇÃO deverá monitorar continuamente as fôrmas para detectar a ocorrência de qualquer deslocamento, utilizando o sistema instalado para essa finalidade. Um movimento da linha, do declive ou das dimensões indica que alguma parte do sistema de fôrmas ficou solto ou sobrecarregado. Sempre que for detectado deslocamento das fôrmas, o lançamento do concreto será suspenso naquela área, até que o problema tenha sido corrigido.

5.5.4.3 Tirantes e Chumbadores das Fôrmas

O tirante mais econômico é aquele que desenvolve completamente a resistência da madeira da fôrma, quando é carregado até a capacidade recomendada. Os valores de carga recomendados pelo fabricante não deverão ser excedidos.

Os chumbadores das fôrmas fixam-nas à rocha ou ao concreto lançado anteriormente. Não só deverão ter resistência à tensão suficiente para suportar a carga imposta sobre eles, como também precisam ter a profundidade de embutimento no concreto ou na rocha necessária para desenvolver essa resistência.

5.5.4.4 Desfôrma

O período que deverá decorrer antes da desfôrma deverá basear-se no efeito da remoção no concreto. Quando as fôrmas são removidas, não deverão ocorrer rachaduras, deflexões ou distorções do concreto, causadas pela remoção dos apoios, nem deverá qualquer fragmento do concreto ficar preso às fôrmas.

As fôrmas e as escoras de sustentação não serão removidas das vigas, pisos ou paredes até que esses elementos estejam suficientemente fortes para sustentar o próprio peso e qualquer outra carga a eles sobreposta. A base mais confiável para determinar a remoção das fôrmas de sustentação é fornecida pelo ensaio de corpos de prova do concreto curado à temperatura da obra. A resistência do concreto será suficiente quando os corpos de prova indicarem um fator de segurança de dois para os esforços a serem resistidos. Não deverão ser aplicadas aos elementos estruturais quaisquer cargas sobrepostas até os corpos de prova terem atingido a resistência projetada exigida pelas especificações.

As fôrmas deverão ser removidas ou afrouxadas o mais cedo viável, de maneira que o processo de cura possa iniciar-se sem atrasos. Qualquer reparo ou tratamento da superfície poderá ser efetuado enquanto o concreto estiver verde e as condições favorecerem uma boa ligação. O concreto deverá ser mantido úmido enquanto os reparos estiverem sendo executados, especialmente durante tempo quente.

5.5.5 Elementos Embutidos

Em geral, os desenhos relativos ao lançamento do concreto são elaborados como parte do projeto executivo. Deverão ser preparados desenhos para cada lançamento individual de concreto, os quais deverão mostrar os detalhes pertinentes a todos os elementos embutidos ou associados ao lançamento do concreto. Estes desenhos constituem a fonte de referência relativa a todos os elementos embutidos, de modo a garantir a instalação nos locais corretos, dentro das tolerâncias permitidas. Deverão ser registradas as quantidades dos elementos embutidos pagas por unidade de comprimento ou com base no peso, a fim de facilitar o pagamento posterior à EMPREITEIRA.

Todos os elementos embutidos deverão ser devidamente fixados, de forma a resistir a qualquer deslocamento provocado pelas operações de lançamento e vibração do concreto. Qualquer elemento oco, como tubulações, eletrodutos e "blockouts" para o segundo estágio da concretagem, deverão ser fechados e selados, por meio de tampas soldadas ou rosqueadas, a fim de impedir a entrada de argamassa e outros elementos indesejáveis. Os elementos embutidos não poderão afetar a localização da armadura de reforço, exceto como indicado nos desenhos, nem deverão ser colocados onde possam diminuir a resistência do elemento de concreto. A instalação de elementos embutidos é discutida, em detalhe, no Capítulo 9, e a instalação de juntas de vedação, no Capítulo 6 deste MANUAL.

5.5.6 Preparativos Finais antes do Lançamento do Concreto

Encontram-se relacionados, a seguir, os diversos itens a serem checados antes do início das operações de lançamento do concreto, por meio de uma lista de verificação similar à apresentada na **Figura 5.1**.

- Verificar-se-á se os tirantes e as escoras estão fixados firmemente, no local correto;
- Verificar-se-á se as fôrmas foram danificadas, se são estanques, se estão limpas, se foram devidamente untadas com óleo desformante, se sua superfície está isenta de umidade e matéria estranha, e se os parafusos tirantes das Juntas de construção estão bem apertados;
- Verificar-se-ão a bitola dos aços da armadura, seu espaçamento e localização, se atendem aos desenhos e se o recobrimento de concreto exigido poderá ser obtido;
- Verificar-se-ão os elementos embutidos, quanto à localização e à fixação adequadas;
- Verificar-se-ão as condições meteorológicas, a fim de se determinar a necessidade de se adotarem precauções especiais quanto a calor, frio ou umidade.

Todos os preparativos precisam ser terminados antes da inspeção final. Não será permitido qualquer preparativo ulterior, durante as operações de lançamento do concreto.

5.6 Lançamento do Concreto

5.6.1 Preparativos

A EMPREITEIRA deverá estar preparada para lançar o concreto de maneira satisfatória, mesmo antes de ser autorizado o início das operações. Os itens a seguir devem ser verificados.

- Antes de iniciar o lançamento do concreto, é importante que tenham sido estocados, na central de dosagem, os materiais necessários à fabricação do concreto, dos tipos e das resistências especificados e em quantidades suficientes para completar o lançamento programado;
- O equipamento de transporte e de lançamento deverá estar limpo e funcionando perfeitamente; deverá haver um número suficiente de equipamentos, que deverão estar distribuídos de modo adequado, a fim de não atrasar o lançamento desnecessariamente;
- Se o concreto for lançado à noite, será indispensável providenciar equipamento de iluminação adequado, que deverá alcançar o interior das fôrmas;
- O pessoal da EMPREITEIRA deverá ser em quantidade suficiente para o lançamento e o acabamento correto do concreto;
- Deverá haver suficientes vibradores em perfeitas condições, para uso imediato e como reserva;
- As condições meteorológicas deverão ser propícias. As operações de lançamento não deverão ser iniciadas se houver probabilidade de chuva; a EMPREITEIRA deverá dispor de coberturas protetoras para as superfícies de concreto fresco;
- O material para o início imediato da cura com água ou mediante produto de cura deverá estar pronto para uso, quando chegar o momento;
- Deverá existir um sistema de comunicação entre os locais de lançamentos grandes e a central de dosagem do concreto, a fim de melhor controlar o cronograma de entregas, evitar desperdício de concreto e controlar sua trabalhabilidade.

5.6.2 Transporte do Concreto

O concreto pode ser transportado de diversas maneiras. A critério da EMPREITEIRA e de acordo com os limites impostos pelas especificações, selecionar-se-ão os métodos e o equipamento a serem utilizados no transporte do concreto. Entretanto, sua qualidade

Construção de Projetos de Irrigação

Projeto:		Especificação n°:				
Estrutura:		Lançamento n°:				
Est.:	até Est.:	Recuo:	até Recuo:	Elev.:	até Elev.:	
Empreiteira:						
Item de Checagem	Empreiteira			Fiscalização		
	Número	Data	Hora	Número	Data	Hora
Sub-base						
Seção Transversal Final						
Armaduras						
Tubos Embutidos						
Peças Mecânicas Embutidas						
Peças de Metal Embutidas						
Peças Elétricas Embutidas						
Alinhamento e Cota						
Formas						
"Blochouts"						
Juntas de vedação						
Itens Arquiteturais						
Acesso de Segurança						
Equipamento para Lançamento						
Proteção para Concreto						
Outros itens						
Limpeza final						
Permissão para lançamento do concreto						

Concreto Pedido		Dosagem		
Desperdício do Concreto	Vazamento			
	Fora de Especificação			
	Pedido em Excesso			
Desperdício Total				
Lancamento Total				

Concreto Total em Lançamento:		Concreto Total Desperdiçado	
	Data	Hora	Inspector
Início			
Término			
Término Acabamento			
Observação:			

precisa ser mantida e qualquer equipamento que não produza bons resultados deverá ser imediatamente modificado ou substituído.

As caçambas de carregar concreto deverão ser enchidas até a sua capacidade e entornadas de uma vez. As caçambas deverão ser equipadas com trombas ou mangas. Ambas são eficientes no lançamento de misturas de concreto magras de baixo abatimento do tronco de cone ("slump"), e podem ser carregadas e descarregadas sem maior separação do agregado graúdo (vide [Figura 5.2](#)).

As calhas também são utilizadas no trabalho com concreto. Embora este tipo de equipamento seja dos mais utilizados no transporte de concreto, é dos menos satisfatórios. As operações precisam ser controladas cuidadosamente para evitar segregação ou perda excessiva do abatimento do tronco de cone ("slump"). Não será permitido o uso de calhas de alumínio.

A calha deverá ser colocada num declive suficientemente pronunciado para se poder trabalhar com o concreto de menor abatimento do tronco de cone ("slump") a ser lançado e deverá ser escorada de maneira que o declive se mantenha constante com cargas variáveis. Se a calha tiver mais de um metro de comprimento, deverá ser protegida do vento e do sol. Deverá ser providenciado um controle final eficaz que produza uma queda vertical e evite a separação dos componentes (vide [Figura 5.3](#)).

As esteiras também são utilizadas para o transporte do concreto. Há vários tipos de esteiras de alta velocidade, amplamente utilizadas e capazes de depositar o concreto em áreas relativamente inacessíveis.

A segregação no ponto de descarga deverá ser eliminada por meio de trombas ou raspadores de esteira apropriados. As esteiras deverão ter apoio rígido. Quando o tempo estiver quente, seco ou se estiver ventando, será preciso observar cuidadosamente as esteiras longas, a fim de determinar se é necessário proteger o concreto para evitar que seque ou que ocorra uma perda excessiva de abatimento do tronco de cone ("slump") (vide [Figura 5.3](#)).

Um dos melhores métodos para transportar concreto em espaços limitados, como em lajes de ponte e em algumas estações de bombeamento e outras edificações altas, é bombeiar o concreto através de tubulações. Em geral, a distância efetiva de bombeamento varia de 100 a 300m, horizontalmente, e de 30 a 100m, verticalmente. As curvas, as subidas e os materiais ásperos do concreto reduzem a distância máxima de bombeamento. Por exemplo, uma curva de 90 graus equivale a cerca de 12m de linha reta, e cada 8m de linha, a um metro de altura de carga. Existem tubulações de aço e plástico. Não será permitido o uso de tubulações de alumínio.

O bombeamento exige um suprimento contínuo de concreto trabalhável, plástico e uniforme, de consistência média. O abatimento do tronco de cone ("slump") do concreto quando entregue à bomba deverá ser entre 75 e 100mm, ou ligeiramente maior, no caso de concreto com ar incorporado. A dimensão máxima do agregado arredondado não deverá exceder 40% do diâmetro da tubulação. O tamanho permitido deverá ser reduzido quando se trabalha com agregados achatados, alongados ou britados.

A inspeção deverá consistir, principalmente, na observação das condições do concreto no fim da tubulação, do controle do abatimento do tronco de cone ("slump") e na verificação de que não está sendo colocada água, sem prévia autorização, no funil alimentador da bomba. Ao se iniciarem as operações de bombeamento, o concreto deverá ser precedido por uma argamassa consistindo de concreto normal sem o agregado graúdo. Será suficiente bombear cerca de um metro cúbico de argamassa para lubrificar 400m de tubulação, independentemente do diâmetro da tubulação. Toda a argamassa utilizada

deverá ser removida no final do bombeamento. A água empregada para limpar a tubulação no início e no fim de cada lançamento deverá ser jogada fora das fôrmas.

Para o transporte do concreto é possível, também, utilizar caminhões-betoneira ou caminhões basculantes com agitador. Com estes últimos, será necessário assegurar-se, na entrega, de que não existe água livre na superfície do concreto e de que não ocorreu assentamento excessivo do agregado graúdo ou de aglutinação no fundo da betonada. Esse assentamento poderá ser reduzido, se forem usadas misturas mais secas ou agentes incorporadores de ar.

5.6.3

5.6.3.1

Procedimentos de Lançamento do Concreto

Geral

- O concreto deverá ser depositado próximo ao local de utilização final e não poderá fluir lateralmente além de uma pequena distância. O concreto deverá ser lançado diretamente nos cantos e nas extremidades das paredes, e qualquer fluxo do concreto deverá ocorrer a partir dos cantos e das extremidades, e não ao contrário.
- Outros métodos de lançamento resultam na concentração da argamassa menos durável nos cantos e nas extremidades das paredes, onde a durabilidade é fator da maior importância. Além disso, estes métodos encorajam o uso de misturas mais aguadas do que o necessário ao adensamento correto do concreto.
- Com frequência, a EMPREITEIRA deseja que a FISCALIZAÇÃO mude a mistura para facilitar o lançamento do concreto, quando, na realidade, ela (a EMPREITEIRA) deveria mudar o método de lançamento e, talvez, o equipamento utilizado.
- As especificações também estipulam que o concreto deverá ser lançado em camadas horizontais. Cada camada ainda deverá estar trabalhável quando a próxima camada for lançada. Esta especificação poderá determinar as profundidades das camadas (entre 30 e 60cm).
- Na construção de lajes, o concreto novo deverá ser lançado diretamente contra o concreto já lançado e não a alguma distância (vide **Figura 5.4**).
- Só deverá ser depositada a quantidade de concreto que possa ser adensada conveniente e efetivamente. A parte superior da camada que está sendo lançada deverá ser mantida o mais nivelada possível.
- Se o concreto for lançado sobre fundações de rocha, a elas se ligando, deverá ser esfregada uma camada de argamassa ou de pasta de cimento na superfície da ligação apenas quando a superfície da rocha for horizontal ou quase horizontal, e as superfícies forem porosas e absorventes, ou conforme definido nas especificações.
- Quando a argamassa for aplicada, as superfícies rochosas deverão estar saturadas com superfície seca e sem água empoçada. A argamassa deverá ser concreto normal, sem o agregado graúdo e com um agente incorporador de ar. A argamassa deverá ser fluida o suficiente para ser espalhada facilmente sobre a superfície da ligação, numa espessura de cerca de 1cm. Se possível, o revestimento de argamassa deverá ser bem escovado para dentro da superfície da ligação. Em áreas inacessíveis, utilizar-se-ão jatos de ar comprimido para espalhar a argamassa. A seguir, será lançada uma camada de concreto de, no máximo, 50cm de espessura.
- Os operários deverão evitar pisar desnecessariamente sobre o concreto fresco ou sobre a armadura. Na construção de lajes muito largas, será necessário providenciar plataformas de trabalho sobre toda a largura da laje, de maneira a evitar que o concreto recém-lançado seja danificado. Procurar-se-á evitar andar sobre o concreto fresco usando botas enlameadas.

5.6.3.2

Adensamento

- O concreto deverá ser adensado imediatamente após seu lançamento, por meio de vibração, a fim de eliminar espaços vazios dentro do concreto. O concreto adequadamente adensado é isento de espaços vazios entre os agregados graúdos, ou

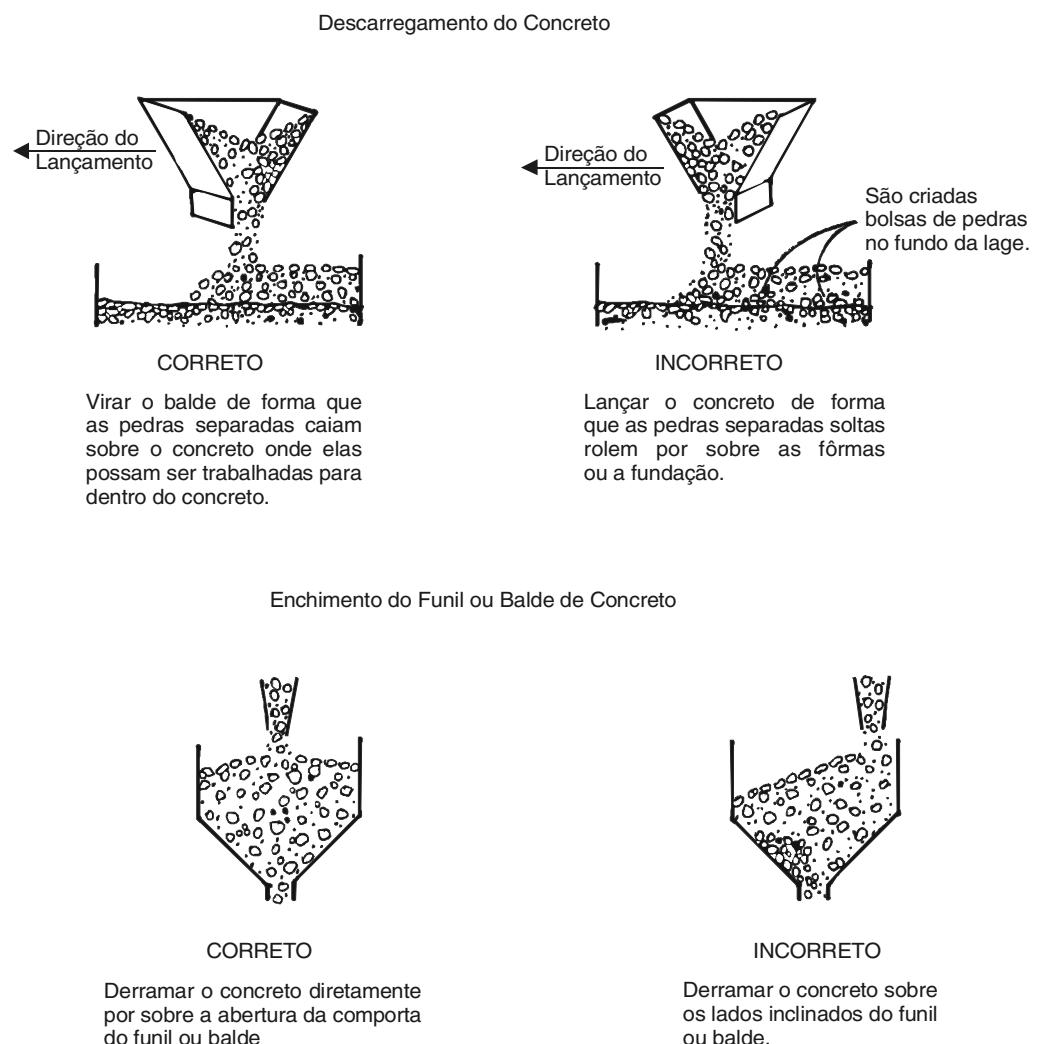
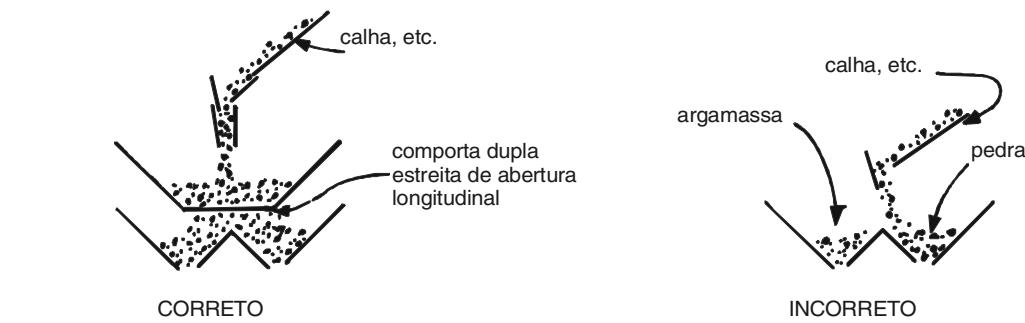


Figura 5.2

Métodos Corretos e Incorretos de Carregamento e Descarregamento do Concreto

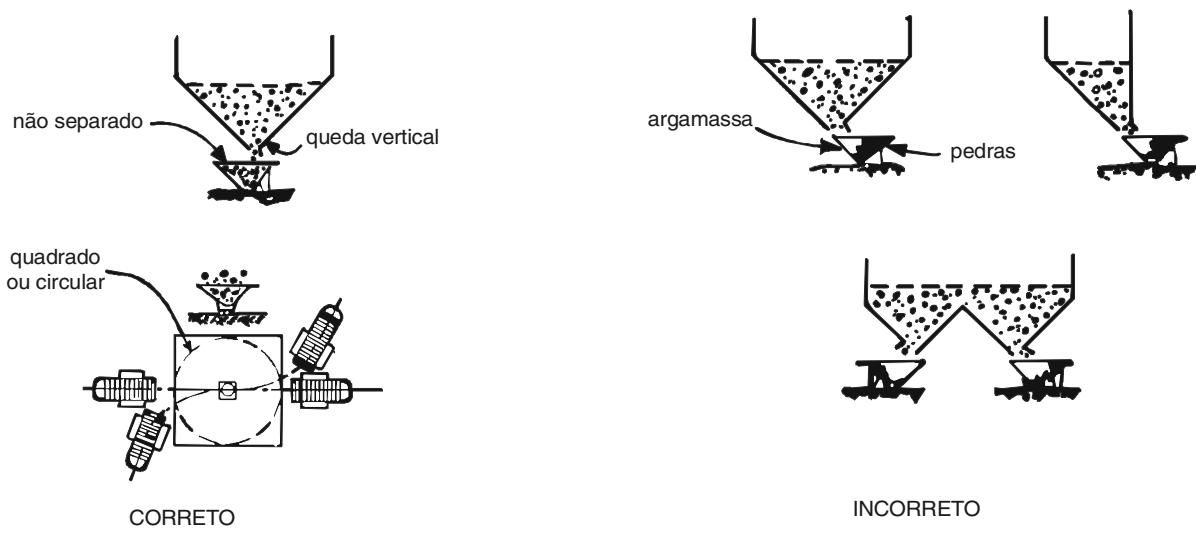
Funis Divididos de Concreto



As disposições acima mostram um método viável, caso deva ser utilizado um funil dividido (sempre que possível, devem ser usados funis de descarga única).

O enchimento de funis divididos conforme o dispositivo acima resulta, invariavelmente, em separações e falta de uniformidade no concreto proveniente de cada comporta.

Descarga dos Funis para Carregamento dos Carrinhos para Concreto



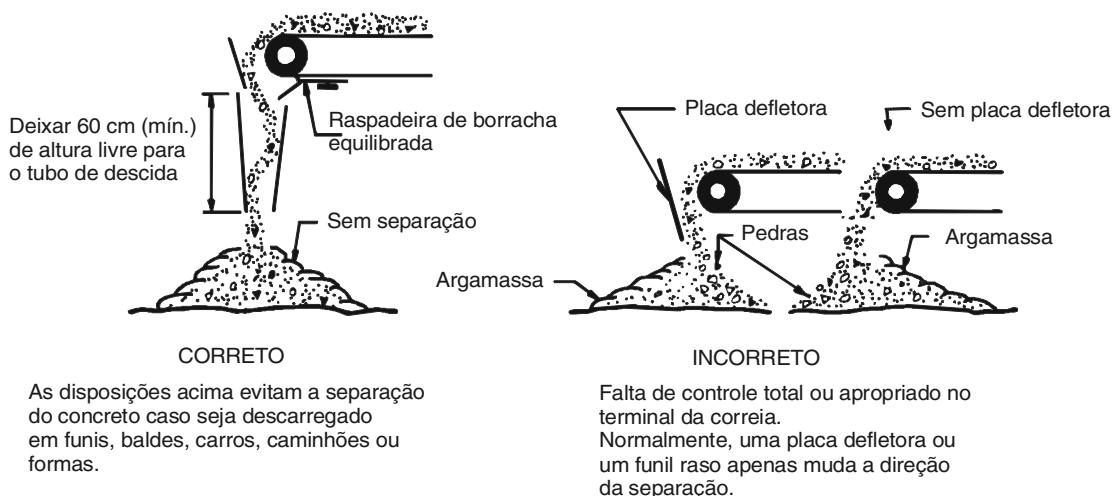
Descarga a partir da abertura central permitindo queda vertical no centro do carrinho. Partir alternativamente das laterais opostas permite um carregamento tão rápido como obtido com funis divididos com duas comportas de descarga.

Comportas de funis inclinados que realmente são calhas sem controle final, causando separação censurável no enchimento dos carrinhos.

Figura 5.2

Métodos corretos e Incorretos de Carregamento e Descarregamento do Concreto

Controle de Separação do Controle no Terminal da Correia de Transporte



Lançamento de Concreto em uma Superfície Inclinada

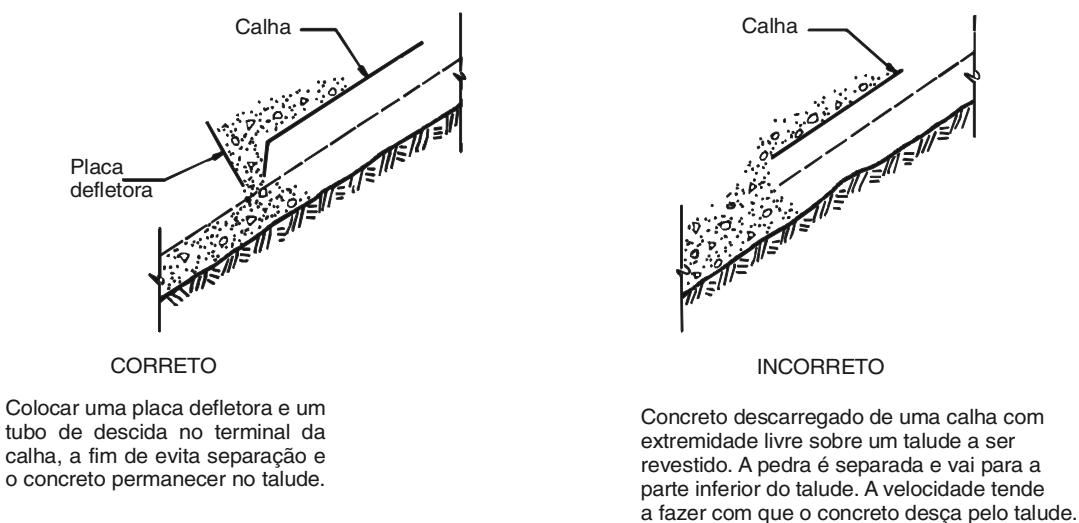
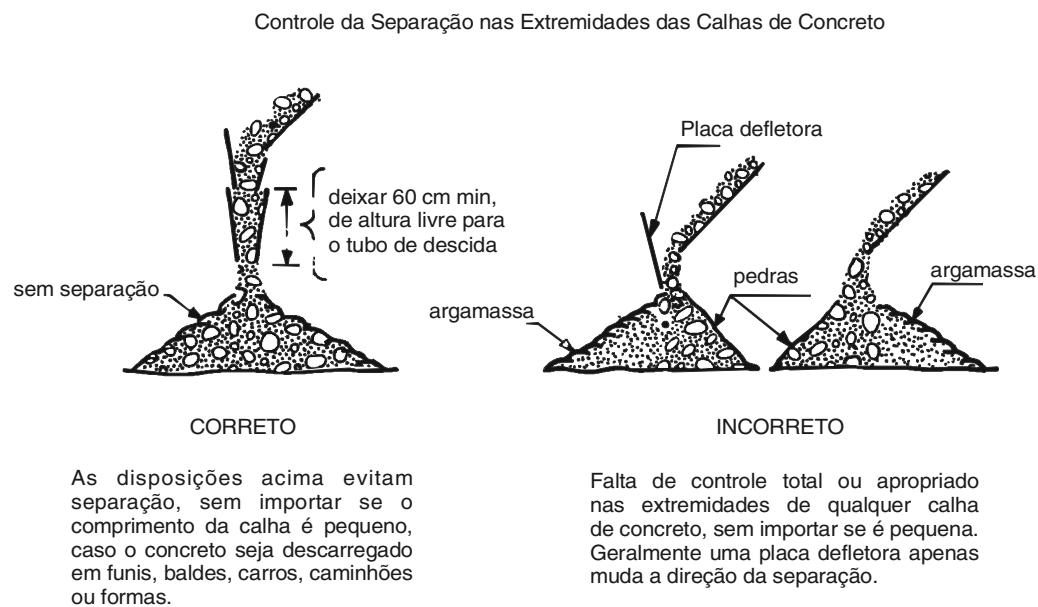


Figura 5.3

Métodos Corretos e Incorretos de Lançamento de Concreto



Refere-se às descargas em superfícies inclinadas de betoneiras, caminhões com betoneira, etc, assim como às calhas maiores, mas não quando o concreto for descarregado em outra calha ou sobre uma correia de transporte.

Figura 5.3

Métodos Corretos e Incorretos de Lançamento de Concreto

- bolhas de ar preso, e fica em contato íntimo com as fôrmas, a armadura e outros elementos embutidos;
- É indispensável verificar se, no canteiro de obras, há equipamento e pessoal suficiente, incluindo vibradores de reserva, para poder fazer o adensamento do concreto no mesmo ritmo em que está sendo produzido pela central de dosagem, sob condições normais de lançamento. Se o ritmo do adensamento diminuir devido a falhas no equipamento, falta de pessoal ou trabalhabilidade desfavorável dos traços, também será necessário reduzir o ritmo de produção do concreto. Isso evitará o acúmulo de concreto não-adensado nos locais de lançamento ou que o concreto endureça dentro da betoneira, na tramonha, na caçamba, ou em outras partes do sistema de transporte.

Será preciso determinar o tipo de equipamento de adensamento estipulado nas especificações. Em geral, são exigidos vibradores elétricos ou pneumáticos, de imersão ou de fôrma. As especificações definirão o número de vibrações por minuto para os vibradores de imersão e poderão também descrever outros requisitos especiais. O manuseio deverá ser efetuado por pessoal devidamente qualificado ou instruído para tal.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar a velocidade dos vibradores, por meio de dispositivo apropriado. Se o equipamento de vibração não estiver funcionando à velocidade especificada, deverá ser devolvido e consertado ou substituído.

Os vibradores de imersão devem ser inseridos verticalmente, em pontos distantes 45 a 75cm entre si, e depois retirados vagarosamente. Em geral, será suficiente vibração durante 5 a 15 segundos em cada penetração. A vibração terá sido suficiente quando

grandes bolhas de ar deixarem de aflorar à superfície e o volume de concreto parar de diminuir. Será necessário estabelecer um espaçamento sistemático dos pontos de vibração, a fim de garantir o correto adensamento de todo o concreto (vide [Figura 5.5](#)).

No adensamento de concreto lançado sobre concreto endurecido ou rocha, a primeira camada precisa de mais vibração do que as camadas subsequentes, a fim de assegurar contato estreito continuado na junta fria. A melhor maneira de se conseguir isto consiste na inserção dos vibradores com espaçamento igual à metade do espaçamento normal, para curtos períodos.

5.6.3.3 Juntas de Vedaçāo

É necessário cuidado para que as juntas de vedação não sejam rasgadas, furadas ou deslocadas. É imprescindível protegê-las do sol, uma vez que contêm borracha e plásticos que podem se deteriorar. As juntas de vedação embutidas que ficarão expostas durante longo tempo também precisam ser protegidas. O concreto não deverá ser lançado diretamente sobre as juntas de vedação, mas empurrado para cima delas pela vibração. O concreto deverá fluir sob a flange da junta de vedação e, depois, ser adensado. De início, deverá fluir sob a junta de vedação, cobrindo-a depois, de maneira que não fique ar preso sob a flange. O bulbo no centro da junta de vedação deverá ser centrado com a junta. O Capítulo 6 apresenta explicação detalhada acerca desta questão.

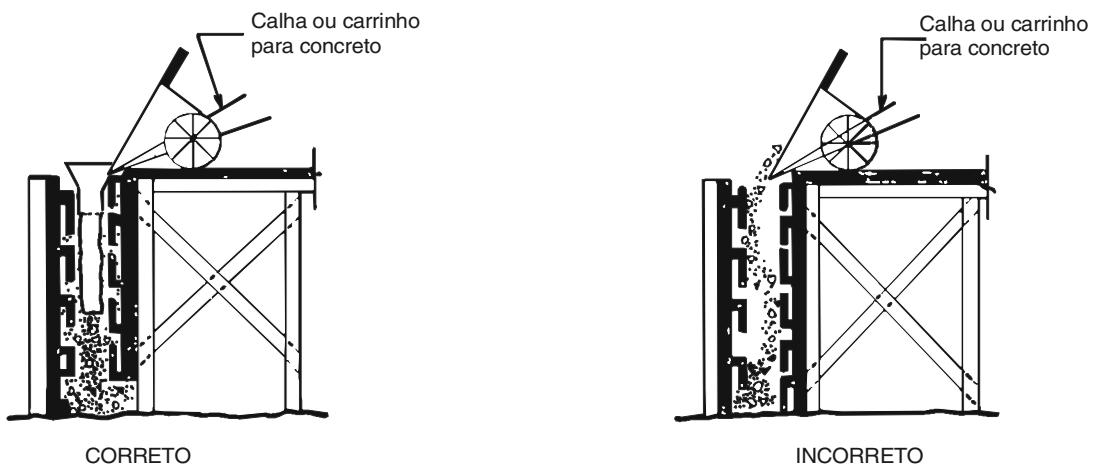
5.6.3.4 Lançamento de Concreto em Paredes

Antes do lançamento, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o sistema de monitoração do movimento das fôrmas está em funcionamento e se o pessoal que verificará as fôrmas está apto e sabe o que deverá fazer.

Se for utilizado um guindaste ou uma caçamba para o lançamento do concreto, o operador do guindaste precisará verificar se todo o local do lançamento está dentro do alcance do guindaste, considerando suas limitações de raio e de carga. Além disso, precisará saber em que direção será efetuado o lançamento, a fim de evitar que a caçamba passe por cima dos operários.

- Providenciar-se-ão trombas ou mangas apropriadas para o lançamento do concreto dentro das fôrmas, sem se bater na armadura, nos elementos embutidos ou nos lados das fôrmas. Ou então serão providenciadas aberturas de acesso nas fôrmas, em locais apropriados, a fim de o concreto ser lançado e adensado corretamente, sem que haja segregação (vide [Figura 5.4](#));
- À medida que o concreto é adensado nas fôrmas, a água da mistura tende a subir à parte superior da camada que está sendo vibrada. Quando são lançadas camadas adicionais, as camadas superiores recebem a água das camadas inferiores. Se as especificações determinarem o lançamento inicial de uma camada fina de argamassa (a mistura de concreto normal, sem o agregado graúdo) sobre as juntas de construção na parte inferior das paredes, a argamassa e a primeira camada de concreto normal deverão ter um abatimento do tronco de cone ("slump") suficiente para permitir a sua vibração na direção da superfície da junta. À medida que for sendo efetuado o lançamento, até níveis superiores, o abatimento do tronco de cone ("slump") deverá diminuir progressivamente, a fim de evitar aumento excessivo de água nas camadas superiores. Os traços relativos às camadas mais superiores deverão ter suficiente água para permitir apenas o adensamento por vibração (vide [Figura 5.4](#));
- As fôrmas deverão ser monitoradas durante toda a operação de lançamento do concreto. Se forem constatados vazamentos de nata de cimento, o pessoal encarregado das fôrmas deverá fazer os devidos reparos imediatamente. Se for percebi-

Lançamento de Concreto por Cima de Formas Estreitas



Descarregar o concreto em funil leve, abastecendo um tubo de descida flexível. Evita-se separação. As fôrmas e as armaduras ficam limpas até o concreto cobri-las.

Permitir que o concreto de calha ou carrinho bata contra a fôrma e ricocheteie nas barras e nas faces das fôrmas, causando separação e cavidades no fundo.

Lançamento de Concreto em Lajes através de Carrinhos



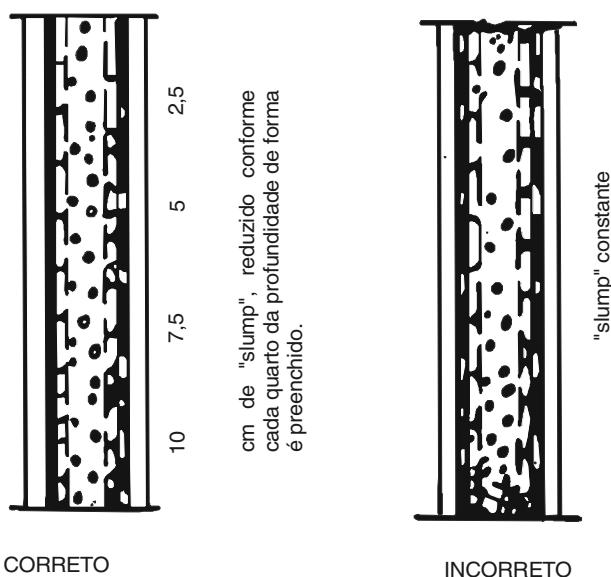
Lançar o concreto na face de concreto já lançado.

Lançar o concreto fora do concreto já lançado.

Figura 5.4

Métodos de Lançamento de Concreto em Formos Profundos e Estreitos e em Lajes (Fl. 1/4)

Consistência do Concreto em Formas Estreitas e Profundas



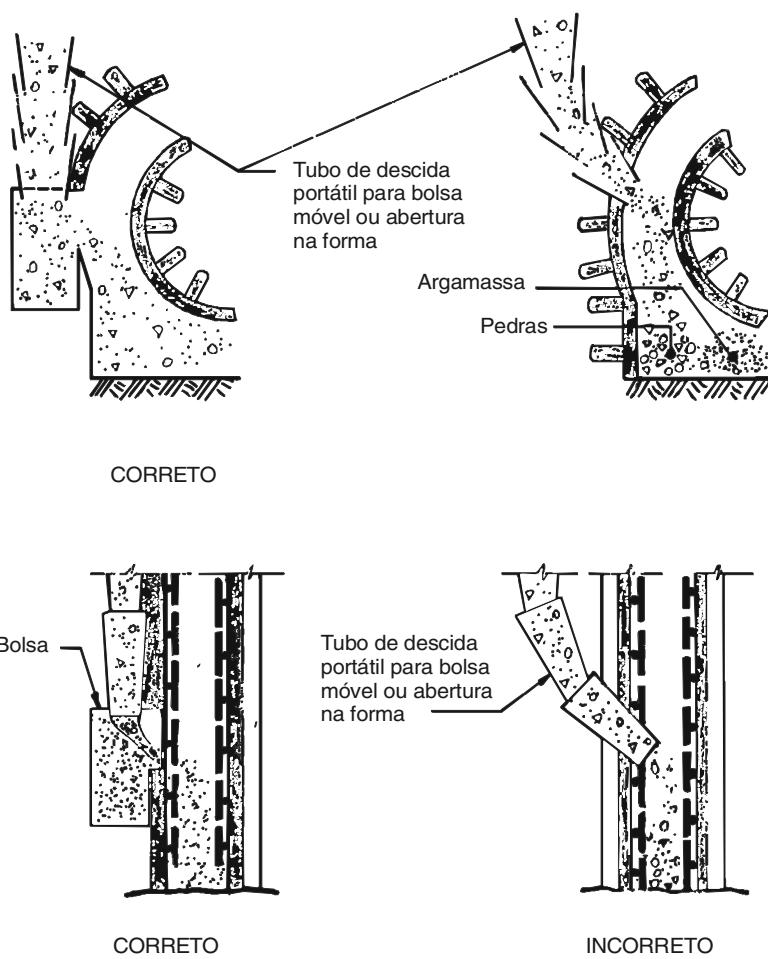
Necessariamente, com maior teor de água no fundo da fôrma estreita e profunda, que fica mais seco, conforme as camadas mais acessíveis próximas à parte superior são atingidas. O ganho de água tende a igualar a qualidade do concreto. Encolhimento proveniente da consolidação é mínimo.

Usar o mesmo "slump" (abatimento do tronco do cone) na parte superior, e no fundo do fôrma. Um alto "slump" na parte superior resulta em ganho excessivo de água, com consequente descoloração e perda de qualidade e de durabilidade na camada superior.

Figura 5.4

Métodos de Lançamento de Concreto em Formos Profundos e Estreitos e em Lajes (Fl. 1/4)

Lançamento em Paredes Profundas ou Curvas Através de Abertura na Forma



Derramar o concreto verticalmente na bolsa externa sob cada abertura da forma, de modo a permitir que o concreto pare e flua facilmente para dentro da forma, sem haver separação.

Permitir grande velocidade no fluxo do concreto que estiver sendo lançado nas formas, em um ângulo o partir do vertical. Tal procedimento resulta, invariavelmente, em separação.

Figura 5.4

Métodos de Lançamento de Concreto em Formos Profundos e Estreitos e em Lajes (Fl. 1/4)

Lançamento de Concreto em Fôrmas Profundas e Estreitas.

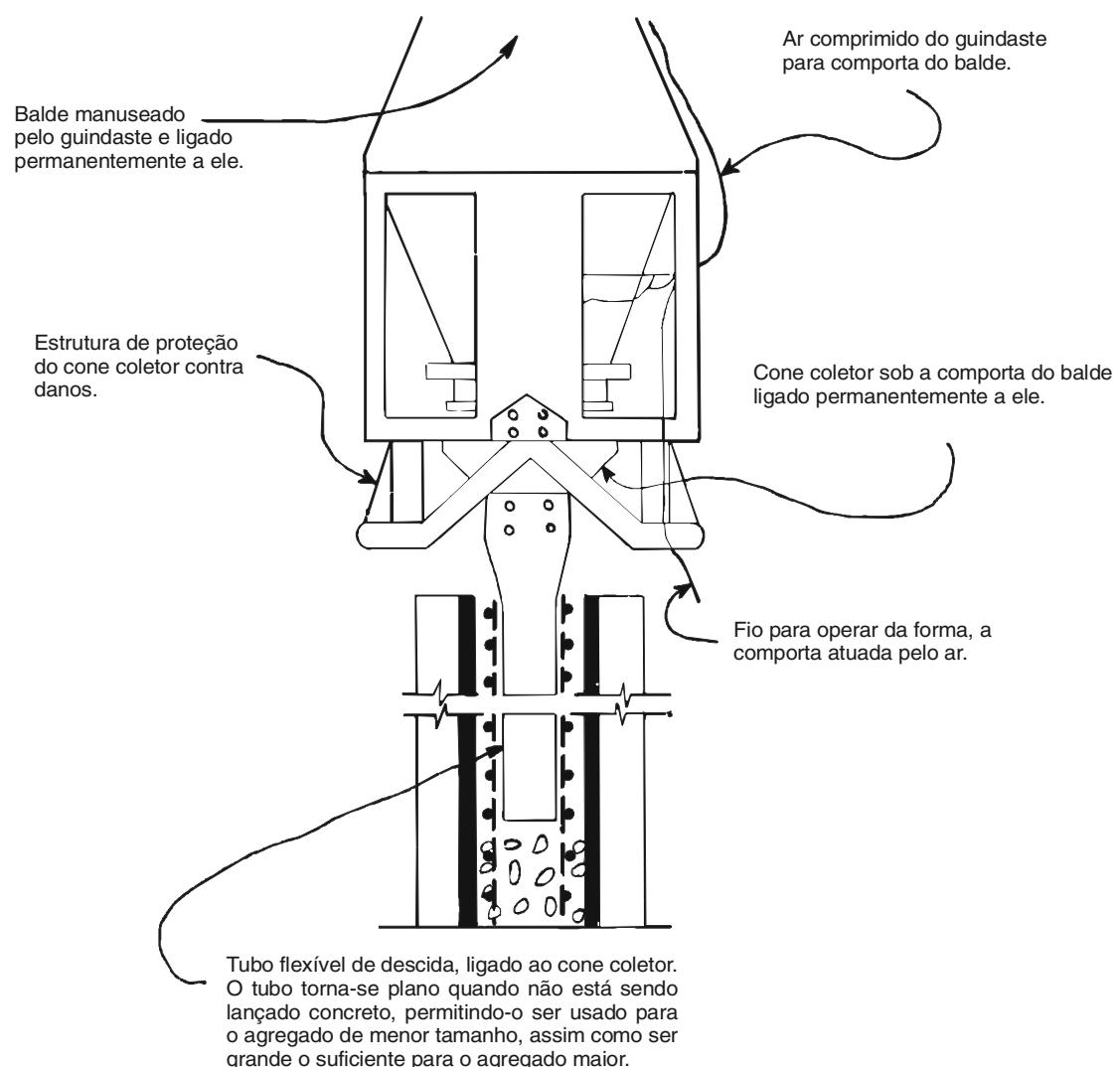
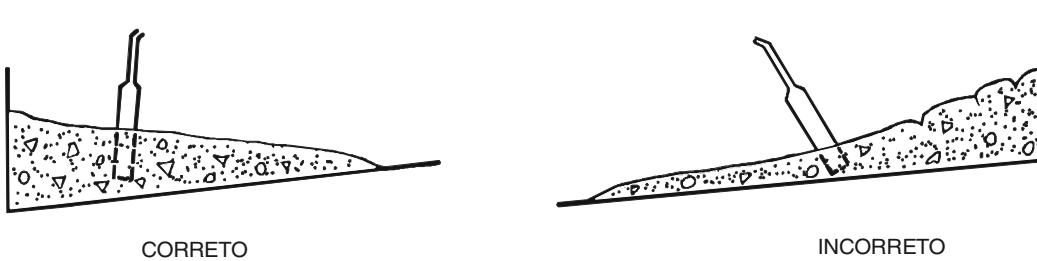


Figura 5.4

Métodos de Lançamento de Concreto em Formos Profundos e Estreitos e em Lajes (Fl. 1/4)

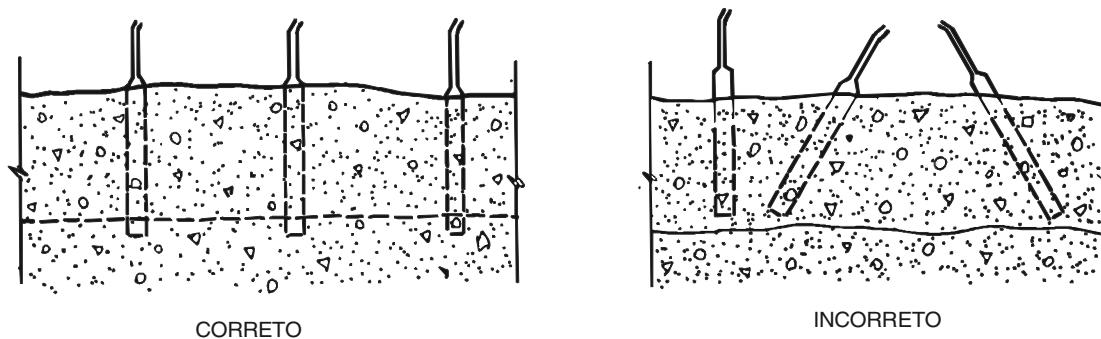
Quando o concreto precisa ser lançado em superfície inclinada



Iniciar o lançamento no fundo da inclinação, de forma a fazer com que a compactação seja aumentada pelo peso do concreto que está sendo lançado, enquanto a vibração está consolidando o concreto.

Iniciar o lançamento pela parte superior da inclinação. O concreto de cima tende a se separar, especialmente quando há vibração por baixo dele, já que a vibração faz iniciar o fluxo e tira o apoio do concreto de cima.

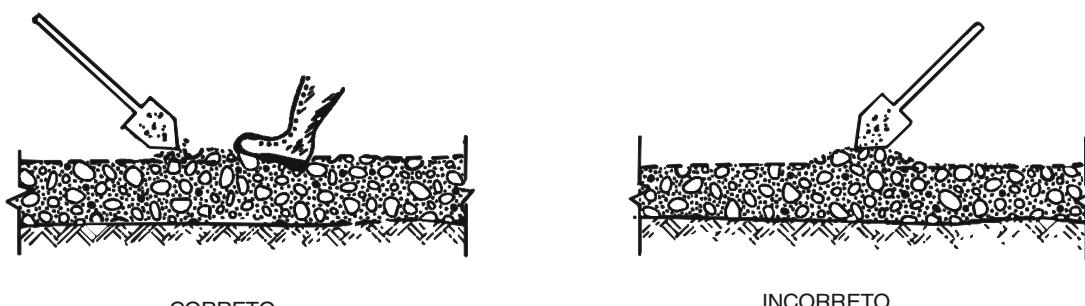
Vibração sistemática de cada camada nova



Penetração vertical do vibrador em 5 ou 10 cm na camada anterior (que ainda não deve estar rígida) em intervalos sistematicamente regulares que propiciem uma consolidação adequada.

Penetração de maneira casual do vibrador em todos os ângulos e espaçamentos, sem profundidade suficiente para garantir uma combinação monolítica das duas camadas.

Tratamento das bolsas de pedras, quando do lançamento do concreto



Lançar pedras com pá, a partir de uma bolsa de pedras por sobre uma área macia com muita areia e pisar forte ou vibrar.

Tentar corrigir as bolsas de pedras, lançando com pá, argamassa e concreto mole sobre elas.

Figura 5.5

Métodos de Vibração e Trabalho do Concreto

- do qualquer deslocamento das fôrmas, o lançamento deverá ser adiado ou sustado até que a situação tenha sido remediada;
- Em geral, o concreto pode ser lançado nas paredes à razão de 1 a 1,5 metro de altura por hora, dependendo da temperatura ambiente. A FISCALIZAÇÃO deverá inspecionar o adensamento do concreto e verificar se as camadas estão uniformes e na profundidade correta. Verificar-se-á se houve deslocamento dos elementos embutidos;
- Antes de se afastar do lançamento, a FISCALIZAÇÃO precisará assegurar-se de que foi efetuado o acabamento especificado, se a cura já foi iniciada e se foram tomadas as devidas precauções em relação ao tempo.

5.6.3.5 Revestimento de Canais

O concreto para revestimento de canais precisa ser suficientemente plástico para um bom adensamento e suficientemente rijo para se manter sobre um declive. Se lançado à mão ou com equipamento mais leve, sendo colocado com réguas do fundo ao topo do talude, a consistência deverá permitir que o concreto apenas se mantenha sobre a superfície. Em geral, um abatimento do tronco de cone ("slump") entre 50 e 60mm é satisfatório. Com as máquinas de fôrmas deslizantes, mais pesadas, operadas longitudinalmente, os melhores resultados são obtidos com um abatimento do tronco de cone ("slump") de 50mm. Entretanto, a consistência da mistura deverá permitir o adensamento do concreto quando o equipamento de revestimento avança num ritmo aceitável.

O preparo da sub-base deverá ser efetuado com suficiente antecedência, de modo a evitar atrasos nas operações de revestimento. Quando o concreto é lançado, a sub-base deve estar bem umedecida (embora não enlameada), até uma profundidade de 15cm.

Os métodos de lançamento variam desde a operação manual até o uso de fôrmas deslizantes que operam longitudinalmente. A operação manual mais simples é o lançamento de revestimento não-armado em pequenos canais laterais ou valas dentro da propriedade irrigada, nos quais o concreto é despejado e espalhado sobre os lados e o fundo. Deverá ser espalhado sobre a sub-base por meio das réguas, declive acima, na espessura especificada. Com réguas de até três metros é possível trabalhar com apenas dois homens. Estes revestimentos mais finos são adensados, principalmente, pelo tratamento com régua. Uma ou duas passagens de trolha de aço de cabo longo completa o acabamento. As misturas para este método deverão ter alto teor de areia, de modo a simplificar o trabalho de lançamento e acabamento. Em canais maiores, os revestimentos são lançados em painéis alternados, para simplificar as operações de lançamento, acabamento e cura. Também haverá alguma redução das trincas ou fissuras produzidas durante a contração do concreto, se passar bastante tempo no lançamento dos painéis intermediários. Neste método, a laje do fundo deverá ser lançada primeiro, a fim de prover sustentação para os pés dos painéis laterais. Os painéis precisam ser tratados declive acima com a régua, e o concreto vibrado na frente da régua.

O uso de régua deslizante com contrapeso, de face de aço, sem vibrador, de, aproximadamente, 70cm de largura na direção do movimento, é um método eficiente de lançar concreto sobre declives. A régua pode ser puxada declive acima por meio de equipamento sobre berma ou por meio de guinchos pneumáticos montados sobre a régua deslizante. Sob condições adequadas de operação, a superfície formada pela régua deslizante não precisará de qualquer trabalho adicional e quase nenhum acabamento. O concreto deverá ser vibrado logo na frente da régua deslizante. A régua deslizante própria não deverá ser vibrada, pois isso provoca o inchamento do concreto que emerge pelo lado inferior.

Existem diversas máquinas do tipo régua deslizante utilizadas para revestir canais de vários tamanhos. Nos canais menores, a régua desliza sobre patins similares a trenós,

a ela fixados ou, então, a régua é presa ao alinhamento e ao nível por meio de uma placa de aço com a mesma conformação da seção do canal. Os trenós ou a placa de aço seguram a régua afastada da escavação, a fim de prover a espessura do revestimento especificada, à medida que a régua é puxada ao longo do canal. Nos canais maiores, a régua deslizante é sustentada e guiada por esteiras sobre as margens do canal, seguindo linhas de orientação fixadas de acordo com o alinhamento e o nível.

Coloca-se o concreto nas réguas deslizantes por meio de uma combinação de caixilhos, esteiras transportadoras, tremonhas e/ou outros meios, conforme a máquina que está sendo utilizada. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que não está havendo segregação em qualquer ponto do transporte do concreto, conforme abordado no **item 5.6.2**. Em geral, o concreto é adensado com vibradores internos na seção da tremonha logo antes da régua deslizante, e a FISCALIZAÇÃO deve assegurar-se de que o concreto está sendo vibrado suficientemente para se obter uma consolidação adequada. A espessura da camada de concreto deve ser verificada com frequência, em especial na parte superior dos declives.

Algumas máquinas de revestimento de canais também podem utilizar rolos de aço de, aproximadamente, 30 a 40cm de diâmetro e 1,5 a 2m de comprimento, que se deslocam declive acima e abaixo para consolidar o concreto. Essas máquinas reposam sobre trilhos nas margens do canal. Nos canais maiores, há máquinas que lançam o concreto sobre um lado do talude e a metade do fundo do canal numa passagem, e é feita uma segunda passagem para lançar o concreto sobre a outra metade da seção de canal. Nos canais menores, todo o revestimento da seção poderá ser lançado de uma vez. Nestes casos, as máquinas normalmente utilizadas têm dois rolos, um para cada lado do talude mais a metade do fundo. Os rolos operam em conjunção, um rolo se desloca talude abaixo e o outro, talude acima. As áreas trabalhadas pelos dois rolos se justapõem no fundo, para consolidar completamente o centro do fundo.

Com as máquinas de rolo, o concreto deverá ser depositado uniformemente sobre a área que está sendo revestida, pois os rolos tendem a levantar o concreto e não deslocam eficazmente o concreto dos pontos altos para encher os pontos mais baixos.

Em geral, as máquinas de rolo formam a seção do fundo do canal como um arco circular. Em geral, as seções de canal são projetadas com configuração trapezóide; portanto, se a EMPREITEIRA pretende utilizar este tipo de máquina, será necessária a autorização do CLIENTE, de modo que o projeto hidráulico do canal possa ser ajustado, conforme necessário.

A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as juntas de contração estão sendo formadas no revestimento do canal, nos intervalos especificados nos desenhos. Em geral, tanto as juntas longitudinais quanto as transversais são formadas empurrando-se uma barra metálica, com as dimensões corretas, para dentro do concreto, até que esteja nivelada com a superfície do concreto. Esta barra é depois removida durante as operações de acabamento, formando um sulco para a junta, no concreto. As juntas longitudinais também podem ser formadas mediante cortadores estacionários ou rotativos fixados na parte traseira da máquina de revestimento. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os sulcos têm acabamento limpo, nas dimensões especificadas.

5.7 Terminação do Concreto
5.7.1 Acabamento
5.7.1.1 Geral

O concreto deverá ser acabado conforme definido nas especificações. A composição da mistura de concreto, seu abatimento do tronco de cone ("slump") e as condições meteorológicas são os principais fatores que determinam quando as operações de acabamento deverão ser efetuadas.

O acabamento só deverá ser efetuado na presença da FISCALIZAÇÃO. O tipo de acabamento e as ferramentas a serem utilizadas dependerão das especificações. As condições meteorológicas poderão determinar a necessidade de precauções especiais. A EMPREITEIRA deverá utilizar um número suficiente de operários para poder terminar as operações de acabamento antes da pega inicial do concreto.

5.7.1.2 Tolerâncias

As tolerâncias são variações permissíveis das linhas, cotas e dimensões especificadas e o tamanho das irregularidades superficiais permitidas. As tolerâncias previstas nas especificações são para o concreto acabado e são estabelecidas com base no efeito que as variações podem ter na aparência ou no desempenho de uma estrutura. Não serão permitidas irregularidades além das tolerâncias estipuladas.

5.7.1.3 Inspeção das Operações de Acabamento

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as condições relacionadas a seguir foram cumpridas:

- ▶ Evitar fazer o acabamento enquanto o concreto ainda estiver muito plástico;
- ▶ Não acrescentar água para auxiliar no acabamento;
- ▶ Acabamento excessivo traz as areias finas e a argamassa à superfície e reduz sua resistência;
- ▶ A água de sangramento deverá ter-se evaporado antes do início do acabamento final. Dependendo das condições atmosféricas, isso poderá demorar várias horas, após o lançamento do concreto;
- ▶ O concreto deverá ser protegido da chuva e do frio ou do calor excessivos;
- ▶ O acabamento também deverá ser efetuado por baixo de quaisquer tábuas utilizadas para sustentar os operários;
- ▶ Não poderão ser utilizados soquetes do tipo grade-metálica. Algumas EMPREITEIRAS os utilizam em lugar dos vibradores, mas essa prática não será permitida;
- ▶ Após efetuar o acabamento, tomar-se-ão medidas para proteger o concreto de pessoas, animais, poeira, vento e chuva.

5.7.2 Cura
5.7.2.1 Geral

A cura é definida como a manutenção da umidade e da temperatura do concreto recém-lançado, durante um período definido após o lançamento e o acabamento, a fim de assegurar a hidratação satisfatória dos materiais aglomerantes e o endurecimento adequado do concreto. A cura correta do concreto é essencial para garantir o desenvolvimento das propriedades desejáveis do concreto, em especial sua resistência.

O teor de água da mistura fresca de concreto é suficiente para a hidratação do cimento. Entretanto, uma perda apreciável desta água, por evaporação ou outra causa, após a pega inicial, atrasará ou impedirá a hidratação total do cimento. A cura é efetuada

para evitar a perda da água necessária ou suplementá-la durante a primeira e relativamente rápida etapa da hidratação.

São utilizados diversos métodos de cura, conforme o tipo de concreto. As exigências relativas à cura deverão ser detalhadas nas especificações, e a FISCALIZAÇÃO precisará verificar se foram obedecidas.

5.7.2.2 Cura com Água

Qualquer água que atenda aos requisitos de uso na mistura de concreto poderá ser utilizada para cura. A superfície exposta deverá ser mantida permanentemente úmida por meio de borrifação ou sendo coberta com solo, areia ou aniagem mantida sempre úmida.

Se o concreto for protegido do sol, será menos provável que a cura seja interrompida por períodos de secagem e, portanto, será mais eficaz. Aniagem molhada diretamente sobre o concreto é excelente para esta finalidade, uma vez que sombreia o concreto e mantém a umidade. Também é eficaz o uso de reaterro bem úmido.

As fôrmas de madeira provêm boa proteção contra o sol, mas não mantêm o concreto suficientemente úmido para serem aceitáveis na cura do concreto externo. Enquanto o concreto permanecer nas fôrmas, deverá aplicar-se água e permitir que escorra entre as fôrmas e o concreto.

5.7.2.3 Cura com Membranas Retentoras

A membrana retentora de água poderá ser uma lona de plástico impermeável colocada sobre a superfície ou uma película formada pela aplicação de compostos de cura na superfície do concreto. As membranas retardam a evaporação da água da mistura, de forma que esta é retida no concreto para a hidratação adequada do cimento. Uma membrana eficaz, mantida intacta durante 28 dias, provê o equivalente a 14 dias de cura úmida continuada.

A cura com membrana, que utiliza um composto de cura, é muito utilizada, pois dispensa molhar continuamente o concreto durante longos períodos, com a possibilidade de interrupção do suprimento de água ou a cobertura incompleta. A presença da água também prejudica outras atividades construtivas na área e pode manchar ou desfigurar as superfícies de concreto.

Os compostos de cura tendem a impedir manchas profundas, já que impermeabilizam a superfície. Os compostos de cura devem ser removidos por meio de jato de areia, caso seja necessário lançar mais concreto sobre a superfície em que foram aplicados, ou quando a superfície for pintada.

As superfícies de concreto devem ser mantidas úmidas antes da aplicação do composto de cura, pois, de outra forma, o processo não será eficaz. Em geral, os compostos de cura são aplicados por meio de borrifação. O equipamento de borrifação de produtos à base de cera deverá ser do tipo de tanque pressurizado, com agitação contínua. A pressão e os bicos de borrifação do equipamento, sejam mecanizados, sejam portáteis, deverão permitir uma perfeita atomização do produto, para uma aplicação adequada.

As técnicas de borrifação empregadas deverão produzir uma película de espessura uniforme. Os produtos pigmentados permitem verificação visual desse efeito. Se forem utilizados produtos transparentes, será preciso duas ou mais passagens, a curtos intervalos e a ângulos retos entre si, para assegurar uma cobertura adequada. A inspeção da aplicação de compostos com base resina, emulsificados em água, é difícil, já que o material praticamente não tem pigmentação e apenas escurece a superfície do concreto. Uma cobertura correta deverá ser confirmada com base na quantidade de material aplicado numa determinada área.

As lonas de plástico são próprias para a cura de lajes e elementos estruturais. Quando o concreto estiver suficientemente duro para evitar danos, as superfícies deverão ser ligeiramente borrifadas com água e cobertas inteiramente com uma lona de plástico branco. Essa lona deverá ser impermeável ao ar, não deverá produzir manchas e deverá impedir a passagem de vapor, a fim de evitar a perda de umidade por evaporação. Em geral, as especificações exigem que este tipo de membrana seja mantida sobre o concreto no mínimo por 14 dias.

5.7.2.4 Precauções em Tempo Quente

Embora os requisitos de cura sejam sempre importantes, são fundamentais quando o tempo está quente e seco, pois as possibilidades de o concreto rachar são muito maiores. As precauções a serem adotadas em tempo quente incluem borração com água com maior frequência, utilização de aniagem molhada, sombreagem e revestimento com tinta branca ou caiação.

5.7.3 Reparos de Concreto Defeituoso

5.7.3.1 Geral

Os reparos necessários podem variar de retoques em pequenas imperfeições, como furos nos tirantes das fôrmas, até danos maiores como aqueles causados pela força da água ou falhas estruturais. Os reparos incluem não apenas encher os pequenos buracos, como também esmerilhar, bujardear, cortar e remover agregado, assim como refazer a superfície do concreto.

Os reparos deverão ser duráveis e imperceptíveis e ter boa ligação às outras superfícies. Uma vez que a maioria dos reparos são operações manuais, os operários que os efetuarem deverão ser experientes e convededores das técnicas de reparo de concreto.

Os reparos de concreto, quer novo, quer velho, deverão ser efetuados assim que for constatada sua necessidade. Em geral, as especificações contêm uma descrição detalhada dos materiais e dos métodos a serem utilizados no reparo do concreto. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que os reparos estão sendo efetuados segundo os prazos estabelecidos e da forma especificada para cada método de reparo. Antes de se iniciarem os reparos, a FISCALIZAÇÃO deverá examinar e aprovar os métodos e os materiais que serão utilizados.

5.7.3.2 Preparativos para Reparos

As superfícies de concreto, às quais se ligará o novo concreto do reparo, deverão estar limpas, rugosas e secas. Qualquer parte danificada, solta ou sem ligação do concreto, deverá ser removida com martelos de desbarbar ou com outra ferramenta aprovada. As superfícies serão, então, preparadas por meio de jato de areia úmida, jato d'água, aparelho à bujarda ou outro método aprovado. Após estas operações, as superfícies preparadas deverão ser completamente limpas e secas.

5.7.3.3 Métodos de Reparo

- Enchimento Seco - Deverá ser utilizado para encher buracos de profundidade igual ou superior à menor dimensão superficial da área de reparo, buracos remanescentes da retirada dos tirantes das fôrmas e das fendas estreitas cortadas para efetuar o reparo das rachaduras. O enchimento seco não deverá ser utilizado para reparar depressões relativamente rasas, em que é impossível se obter retenção lateral, por trás de uma malha de armadura, ou buracos que atravessam toda a seção de concreto;

- Concreto de Reposição - Os reparos com concreto, com ou sem a aplicação de um agente epóxico de ligação numa superfície preparada, podem ser utilizados quando a profundidade da área que está sendo reparada exceder 15cm (ou atravessar toda a seção de concreto) e o reparo será realizado numa área contínua apreciável. Os reparos com concreto também devem ser usados em buracos onde não houver armadura, com áreas mínimas de reparos da ordem de 30 x 30cm e profundidade mínima de 10cm, e em áreas mínimas da ordem de 20 x 20cm, desde que sua profundidade ultrapasse a ferragem da armadura;
- Argamassa de Reposição - A argamassa de cimento Portland pode ser utilizada para reparar defeitos em superfícies não muito expostas, nas quais os defeitos são excessivamente grandes para reparo com enchimento seco, demasiado rasos para se usar concreto de reposição e de uma profundidade que não exceda a face interna da armadura mais próxima da superfície. Os reparos podem ser efetuados com concreto projetado ou aplicado à mão. Em ambos os casos, a argamassa precisa ser corretamente curada;
- Concreto de Agregado Pré-colocado - É vantajoso utilizar este método em grandes reparos em que é preciso lançar concreto sob água, ou quando o lançamento convencional do concreto pode ser difícil. O item 5.8.3 refere-se a concreto de agregado pré-colocado;
- Resina Epólica - A resina epólica deve ser utilizada para ligar concreto ou argamassa novos ao concreto antigo, sempre que a profundidade do reparo for de 4 a 15cm. A argamassa epólica colada com resina epólica é utilizada quando a profundidade do reparo for inferior a 4cm e até quase zero. As superfícies deverão estar limpas e secas. Se preciso, serão utilizadas fôrmas para o concreto e para o concreto ligado com resina epólica, a fim de confiná-lo e moldá-lo segundo as linhas exigidas. Também poderá ser necessário utilizar fôrmas para evitar desmoronamento ou deformação da argamassa epólica colada com resina epólica. Essas fôrmas deverão ser revestidas com película de polietileno e só deverão ser removidas quando a argamassa tiver endurecido completamente. O uso de óleo desformante não será permitido.

A resina epólica é um material constituído por dois componentes que, quando misturados, têm vida útil limitada e devem ser utilizados imediatamente. A vida útil da mistura depende da temperatura (maior a baixas temperaturas e bem menor a altas temperaturas). Por conseguinte, só deverá ser preparada a quantidade que será imediatamente aplicada e acabada dentro da vida útil da mistura.

Durante a aplicação da resina epólica, é preciso evitar que o produto se espalhe além da área em que está sendo aplicado. O aço a ser embutido em argamassa epólica deve ser revestido com resina epólica.

5.8 Tipos de Concreto e Métodos de Lançamento Especiais

São utilizados muitos tipos especiais de concreto e métodos de lançamento para se conseguirem efeitos ou propósitos especiais. Nos próximos itens, serão abordadas as razões para o uso dos diversos tipos especiais de concreto, assim como os procedimentos para tal uso.

5.8.1 Concreto Leve

O concreto leve vem sendo utilizado há mais de 50 anos. Sua resistência é quase proporcional ao seu peso, e sua resistência ao intemperismo é, aproximadamente, a mesma do concreto comum. Apresenta algumas vantagens e desvantagens, quando comparado ao concreto comum de areia e cascalho. As vantagens são economia no tamanho dos elementos estruturais de apoio, incluindo as fundações, e melhor resistência ao fogo, assim como isolamento térmico e sonoro. As desvantagens são custo mais elevado,

necessidade de maiores cuidados no seu lançamento, maior porosidade e maior contração na secagem.

O principal emprego do concreto leve é na construção de subleitos de pisos e lajes de teto, nos quais é possível se obter economia substancial pela diminuição da carga estática. Também é utilizado em algumas seções isolantes de pisos e paredes.

Os agregados leves são produzidos a partir da expansão de argila, xisto, ardósia, xisto diatomáceo, perlita, obsidiana e vermiculita pela aplicação de calor; da expansão da escória de alto forno, mediante um processo especial de arrefecimento; de depósitos naturais de pedra-pomes, escória vulcânica, cinzas vulcânicas, tufo e diatomita; e de cinzas industriais.

As propriedades dos diversos agregados leves variam bastante. A resistência do concreto produzido com xisto e argila expandidos é relativamente alta, similar à do concreto comum. A pedra-pomes, a escória vulcânica e alguns xistos expandidos produzem um concreto de resistência intermediária, enquanto a perlita, a vermiculita e a diatomita produzem concretos de muito baixas resistências.

As propriedades de isolamento dos concretos de baixa resistência são melhores do que as dos concretos mais pesados e resistentes. O valor de isolamento dos materiais mais pesados (argila e xisto expandidos) é quase quatro vezes maior do que o do concreto comum.

Todos os agregados leves, com exceção das argilas e dos xistos expandidos e da escória vulcânica, produzem concreto sujeito a considerável contração. A maioria dos concretos leves é mais fácil de pregar e serrar do que os concretos convencionais. Entretanto, os pregos, embora fáceis de introduzir, podem soltar-se facilmente em alguns concretos leves.

A produção de concreto uniforme com agregados leves exige os mesmos procedimentos e idênticas precauções do concreto comum. Contudo, podem surgir problemas com o uso de agregados mais leves, devido às maiores variações na absorção, na massa específica aparente, no teor de umidade e na quantidade e na granulometria dos agregados de diâmetros anões. Se os ensaios do peso unitário e de abatimento do tronco de cone ("slump") forem realizados freqüentemente e os teores de cimento e de água da mistura, ajustados sempre que necessário, poderá-se obter resultados razoavelmente uniformes.

Os concretos produzidos com muitos agregados leves são difíceis de lançar e acabar, devido à porosidade e à angularidade dos agregados. Em algumas misturas, a argamassa poderá separar-se do agregado, e este poderá flutuar para a superfície. Quando isso ocorre, geralmente é possível melhorar as condições do concreto, ajustando a granulometria do agregado. A trabalhabilidade também pode ser melhorada, acrescentando-se um agente incorporador de ar. Em termos de trabalhabilidade, o melhor teor de ar é de 4 a 6%, e o abatimento do tronco de cone ("slump") não deverá exceder 15cm.

Para garantir um teor de água uniforme do material, o agregado deverá ser saturado durante 24 horas, antes de ser utilizado. Em geral, é necessário misturar o concreto leve durante um período mais longo.

Poderá haver maior variação da trabalhabilidade do concreto leve, comparado com concreto convencional com o mesmo abatimento do tronco ("slump"), devido às diferenças de tipo, porosidade e massa específica aparente dos materiais. Pela mesma razão, a quantidade de agente incorporador de ar, necessário para produzir uma determinada quantidade de ar, também poderá variar. O concreto leve não deverá ser vibrado excessivamente.

mente, pois os agregados maiores, que são mais leves, poderão flutuar para a superfície. A cura contínua com água é especialmente vantajosa com o concreto leve.

5.8.2

Concreto de Pregar

O concreto que facilita pregar e que segura firmemente os pregos é denominado concreto de pregar. É utilizado para construir filetes, aos quais são pregados os materiais para o teto e as tapa-juntas. Dentre os agregados que produzem um bom concreto de pregar, destacam-se a serragem, a escória expandida, a pedra-pomes natural, as perlitas e a escória vulcânica.

Um bom concreto de pregar poderá ser produzido misturando-se partes iguais, por volume, de cimento Portland, areia e serragem de pinus, com água suficiente para prover um abatimento do tronco de cone ("slump") de 25 a 50mm. O ato de pregar será facilitado se a areia tiver tamanho para passar nas peneiras no. 16 ou no. 8 (1,18 ou 2,36mm). Não é essencial que essas proporções sejam rigidamente obedecidas. Se o concreto for demasiado duro, a quantidade de serragem poderá ser aumentada em até 100%, enquanto as quantidades de cimento e de areia permanecem constantes. O concreto com estas proporções é muito trabalhável e adere bem ao concreto de base. Após três dias do seu lançamento, o concreto de serragem pode ser facilmente pregado e tem excelente poder de fixação. O concreto deverá ser bem misturado, de preferência numa betoneira. Deverá ser curado a água durante dois dias e, depois, deixado secar antes de se pregar algo. A serragem deverá ser limpa, isenta de lascas ou pedaços de madeira que não passem pela peneira no. 4 (4,75mm), mas não demasiado fina para passar toda pela peneira no. 16 (1,18mm).

5.8.3

Concreto com Agregado Pré-Colocado

O concreto com agregado pré-colocado é produzido colocando-se primeiro o agregado graúdo compactado e, depois, enchendo-se os espaços vazios com uma injeção de calda de cimento. À medida que a calda de cimento é injetada nas fôrmas, desloca qualquer água presente e enche todas as cavidades, criando, assim, um concreto denso. O concreto com agregado pré-colocado contém um maior percentual de agregado graúdo que o concreto convencional, devido ao contato entre as partículas do agregado graúdo, sofrendo não mais do que a metade da contração de secagem do concreto convencional.

A maior vantagem é a facilidade com que este concreto pode ser lançado em certos locais, onde o lançamento de concreto convencional pode ser extremamente difícil. Em especial, o concreto com agregado pré-colocado é muito adaptável às obras sob água, a reparos no concreto e na alvenaria, a certos tipos de construção nova.

A granulometria do agregado graúdo deverá ser favorável e variar de 20mm até o maior diâmetro que possa ser colocado sem segregação excessiva. O teor de vazios após a colocação do agregado graúdo nas fôrmas variará entre 40 e 50%. O agregado deverá ser lavado e peneirado imediatamente antes da sua colocação nas fôrmas, de maneira que esteja isento de material anão e que sua superfície esteja úmida, quando começar a injeção de calda de cimento. Os agregados secos impedem que os espaços vazios sejam preenchidos pela calda de cimento e reduzem a ligação da argamassa com o agregado graúdo.

A calda de cimento deverá ser constituída de cimento Portland, areia e água. Aditivos como as pozolanas, os agentes plastificantes, os agentes de expansão, os incorporadores de ar ou os pigmentos são modificadores eficazes. As relações cimento-areia geralmente utilizadas variam de 1:1 até 1:2, por peso. A areia da calda de cimento deverá ter granulometria favorável, com 95% passando pela peneira no. 16 (1,18mm) e um módulo de finura entre 1,2 e 2,0.

Em geral, a calda de cimento é injetada por meio de canos de injeção de 20 a 25mm de diâmetro, com espaçamento de 2 a 2,25m. Esses canos estendem-se horizontalmente através das fôrmas ou verticalmente, de cima para baixo. Os canos verticais deverão estender-se até, no mínimo, 15cm do fundo da fôrma. A calda de cimento é normalmente injetada em camadas horizontais ou mediante técnicas de avanço de declive. Nos dois sistemas, a calda de cimento deverá começar a ser injetada no ponto mais baixo da fôrma. Deverão ser instalados suspiros em todos os locais em que ar ou água possam ficar presos dentro da fôrma. Deverão ser utilizados poços de sondagem, canos horizontais ou arames calibrados eletronicamente na monitoração da elevação da calda de cimento.

5.8.4 Concreto ou Argamassa de Resina Epóxica

O concreto e as argamassas de resina epóxica consistem em resina epóxica misturada no canteiro de obras apenas com agregados (agregados miúdos para a argamassa e miúdos e graúdos para o concreto). Tanto o concreto quanto a argamassa de resina epóxica são materiais excelentes para efetuar reparos no concreto. Entretanto, seu alto custo os torna impróprios para reparos em outras áreas que não em pequenas áreas isoladas ou naquelas sujeitas a condições de serviço pesado, como cavitação, abrasão forte, cargas pontuais excessivas, ataque químico e outras condições similares. Normalmente, a argamassa de resina epóxica é utilizada para reparos de profundidade inferior a 4 ou 5cm; o concreto epóxico é usado em reparos mais profundos.

Os ligantes de resina epóxica precisam ser formulados especificamente para este uso. Os agregados deverão ser duros, densos, limpos e, essencialmente, de forma arredondada ou cúbica. Os agregados precisam estar completamente secos quando forem utilizados. Os agregados graúdos de tamanho superior a 19mm são muito pouco usados. O tamanho máximo a ser utilizado é de material de peneira no. 16 (1,18mm), quando for necessário talhar a argamassa em gume.

O preparo da superfície é o mesmo daquele de qualquer reparo estrutural. O reparo precisa ser delineado com serradura de 1cm de profundidade, para os reparos com argamassa, e de 2,5 a 5cm, para os de concreto. As superfícies sobre as quais o material será aplicado deverão estar secas. As temperaturas do concreto de base e do ambiente deverão ser moderadas (15 a 25 graus centígrados), antes de se colocar o material, e também durante a cura.

Imediatamente antes de colocar a argamassa ou o concreto de resina epóxica, a superfície do concreto de base deverá ser revestida com uma camada fina de resina epóxica, que deverá ser esfregada até total penetração na superfície. A camada deverá estar pegajosa, mas não seca, quando a argamassa ou o concreto for lançado. Se a camada ficar seca, a superfície deverá ser ligeiramente desgastada, e uma fina camada adicional de resina, aplicada. O material deverá ser bem consolidado, em geral mediante soqueteamento manual, a fim de eliminar qualquer vazio. O trabalho com régua e o acabamento deverão ser efetuados do mesmo modo que com outros concretos ou argamassas.

5.8.5 Concreto Aparente

O termo concreto aparente é aplicado a elementos de concreto que exigem cuidados especiais para produzir uma superfície perfeita ou nas quais as superfícies expostas são tratadas para melhorar sua aparência visual. Os tratamentos mais comuns incluem a exposição dos agregados; a abrasão ou remoção de parte da superfície; o uso de pigmentos; a produção de desenhos ou texturas na superfície não-moldada, por meio de usinagem com ferramentas ou outros procedimentos, e, no caso de superfície moldada, por meio de forros ou revestimentos de fôrma texturizados ou modelados; e a utilização de uma vari-

edade de tratamentos após a remoção das fôrmas. O concreto arquitetônico pode ser moldado *in situ* ou pré-moldado e pode sustentar carga estrutural ou não.

As especificações de concreto aparente podem apenas descrever a superfície desejada apenas em termos gerais. Podem especificar a cor do cimento, assim como a cor, o tamanho, a forma e a granulometria dos agregados. As texturas da superfície podem ser especificadas ou descritas genericamente, como leve aplicação de jato de areia ou grande exposição do agregado graúdo. Embora as especificações devessem ser precisas, é difícil descrever uma representação artística com palavras escritas.

Para produzir um concreto aparente aceitável, é preciso que haja uniformidade de materiais, equipamento, operações e mão-de-obra. Quando viável, cada material deverá ser obtido numa única fonte e, no caso de material fabricado ou processado, do mesmo lote de produção. Se possível, os materiais deverão ser obtidos e estocados ou depositados no canteiro de obras antes de se iniciar a construção. O mesmo equipamento e o mesmo pessoal deverá ser utilizado em todo o trabalho, a fim de assegurar um resultado final uniforme.

São quase ilimitados os desenhos e as texturas que podem ser produzidos com materiais diferentes de forração ou de revestimento das fôrmas. Conseqüentemente, é essencial que a textura ou a superfície de todas as fôrmas, novas ou usadas, seja idêntica e não seja alterada entre um uso e outro. As juntas das fôrmas deverão ser totalmente estanques para impedir vazamentos. A uniformidade dos materiais e da mistura é extremamente importante, particularmente quando são utilizados pigmentos. O equipamento de dosagem, mistura e transporte deverá ser mantido limpo. O lançamento deverá ser vagaroso e constante, de modo a não produzir juntas frias. A vibração deverá ser sistemática e correta.

5.8.6 **Concreto Protendido**

O concreto protendido é aquele com tensões de compressão internas, induzidas pela sua armadura, fios ou cabos de protensão, em aço de alta resistência, sob tensão de tração. As tensões de compressão são de tal magnitude e distribuição que as tensões de tração do concreto, resultantes de cargas impostas, são compensadas até o grau desejado. Em geral, o concreto protendido é obtido por pré-tensão, a pós-tensão, ou por meio de uma combinação de ambas.

A pré-tensão é um método de protender concreto no qual os cabos são tendidos antes do lançamento do concreto. Os cabos são instalados corretamente na fôrma, com curvatura específica ou outro padrão, e aplica-se uma força especificada de protensão. O concreto é lançado cuidadosamente, adensado e, em seguida, curado, a fim de garantir ligação adequada aos cabos protendidos. Após o concreto ter desenvolvido a resistência mínima necessária, as ancoragens de tração dos cabos são soltas e, mediante a ligação ou aderência entre os cabos de aço e o concreto, a tração inicial no aço produz a compressão exigida no concreto.

A pós-tensão é o método de protender concreto no qual os cabos são tendidos após o endurecimento do concreto. São incorporados tubos ou bainhas às fôrmas, os quais formam dutos ou espaços vazios longitudinais, em todo o comprimento do elemento de concreto. Antes ou depois do lançamento do concreto, são inseridos cabos de aço nas bainhas ou nos tubos, de maneira que os cabos possam-se movimentar livremente após o endurecimento do concreto. Quando o concreto já desenvolveu a resistência mínima necessária, os cabos são tendidos até a tração exigida, e suas extremidades ancoradas ao concreto, a fim de reter a tração no aço e, deste modo, desenvolver compressão no concreto. Normalmente, os cabos são injetados com calda de cimento, resina, ou outros produtos protetores, como argamassa, dentro das bainhas ou dos tubos, ou podem ficar

livres, sem injeção. Nesta hipótese, sua integridade (durabilidade) deverá ser garantida por outros meios que não cabe aqui desenvolver. (Observe-se que os comportamentos estruturais de uma peça com ou sem aderência diferem entre si.)

O concreto protendido também pode ser pré-moldado ou moldado *in situ*. Se pré-moldado, pode ser protendido ou pós-tendido. Se moldado *in situ*, utiliza-se pós-tensão para colocar os tendões sob tração.

Em termos de controle de qualidade, o concreto pré-moldado protendido difere do pré-moldado armado. Os tendões exigem manuseio especial, a fim de não serem danificados, de se garantirem sua colocação e esticamento corretos e de se protegerem os operários. Devido às altas tensões de tração aplicadas aos cabos, estes ou as bainhas, em caso de pós-tensão, podem romper-se, se tocados pelo vibrador durante as operações de adensamento do concreto.

É essencial um bom controle de qualidade para evitar problemas, como abaulamento excessivo ou inadequado.

O produto terminado é muito resistente a fissuramento, se adequadamente içado ou sustentado; portanto, é fácil de manusear e transportar. Em geral, o concreto protendido tem maior resistência e, com frequência, menor abatimento do tronco de cone ("slump") do que o concreto em outros concretos pré-moldados. Não devem ser utilizados cloreto de cálcio ou aditivos que contenham este produto, uma vez que, por estar o aço de alta resistência sujeito a esforço elevado, é mais vulnerável à corrosão na presença de cloreto, de sulfatos e da água. Como em todos os concretos, são imprescindíveis bom controle de qualidade da mistura, adensamento apropriado, boas rotinas de lançamento, cura adequada, assim como manuseio, armazenamento e montagem corretos do produto acabado.

5.8.7 Concreto Projetado

A argamassa ou o concreto projetado são lançados pneumáticamente. Há dois processos de produção de concreto projetado. No processo de mistura seca, os materiais secos são bem misturados com suficiente umidade para impedir que se levante poeira. Esta mistura seca é injetada, sob pressão de ar, por uma mangueira, e é acrescentada água pelo bico de projeção. No processo de mistura úmida, os materiais e a água são misturados para produzir argamassa ou concreto. Essa mistura é então forçada através da mangueira, até o bico, no qual se injeta ar sob pressão, para aumentar a velocidade de saída.

Se forem utilizados agregados graúdos no processo de mistura seca, poder-se-á usar um acelerador da pega, de modo que o agregado graúdo seja melhor fixado dentro da massa. O acelerador também produz maior resistência inicial. Recentemente, o processo de mistura úmida foi modificado, a fim de permitir o uso de aceleradores.

O concreto projetado é utilizado em reparos e no fortalecimento de edificações; como material de proteção de aço, alvenaria e pedra; em vários tipos de revestimento fino, na sustentação especial da rocha, na construção de túneis; no revestimento de tubulações de aço; no revestimento de canais; e em certos tipos de reparo.

As superfícies a serem revestidas com concreto projetado deverão ser bem limpas de qualquer material solto e de sujeira, graxa, óleo, escamações e outros contaminantes. Se a armadura for coberta, deverá ser fixada no lugar por meio de parafusos de expansão ou firmemente ancorada com chumbadores. Quando se usa concreto projetado no suporte de túneis ou como revestimento protetor, sua aplicação deve ser a mais rápida possível após a exposição da superfície.

Devido à velocidade de impacto, parte da mistura rebota da superfície à qual está sendo aplicada. Isso é denominado reflexão do concreto projetado. A quantidade de reflexão tende a aumentar com intensificação na velocidade no bico. A quantidade de reflexão do concreto projetado de areia varia inversamente com a relação água-cimento. À medida que o percentual de água aumenta, a argamassa torna-se mais plástica e pegajosa, e tem maior tendência de aderir à superfície. No concreto projetado de agregado graúdo, se o acelerador estiver funcionando adequadamente, a quantidade de reflexão não deverá exceder a do concreto projetado de areia. É essencial que a superfície a ser revestida esteja isenta de qualquer material refletido.

A dosagem ótima contém um pouco menos água do que aquela que causaria deslizamento e suficiente cimento para se obter a relação água-cimento desejada. A dosagem ótima para concreto projetado de areia é, aproximadamente, uma parte de cimento para 4,5 partes de areia, por peso, e a relação água-cimento, de 0,54 a 0,57. As proporções ótimas de dosagem para o concreto projetado de agregado graúdo são determinadas fazendo-se painéis de ensaios para cada obra.

Para a aplicação correta do concreto projetado, o bico deverá estar posicionado perpendicular à superfície a ser revestida, e a um metro de distância. A velocidade favorável dependerá do diâmetro do bico. Para bicos de 30mm, a velocidade média deverá ser de 140 metros por segundo. No acabamento de cantos e em espaços fechados, velocidades menores (pressões menores) são mais satisfatórias. As velocidades (pressões) variam segundo os diâmetros da mangueira e do bico. No processo seco, é essencial que a pressão da água seja superior à pressão do ar, a fim de assegurar completa umectação dos materiais no bico e permitir que o operário tenha controle mais rápido e positivo. As operações deverão ser suspensas quando o vento carregar o borrifo do bico e impedir um controle adequado da consistência.

Quando se exigir que a espessura do revestimento a ser aplicado sobre uma superfície vertical ou saliente seja igual ou superior a 2,5cm, deverá ser aplicado concreto projetado sem agregado graúdo, em várias camadas, para evitar deslizamento do material. No caso da aplicação de mais de uma camada, uma demora de 30 a 60 minutos entre camadas é, normalmente, suficiente para prevenir deslizamentos. Se o concreto contiver agregado graúdo e um acelerador, não será necessária qualquer demora na aplicação, uma vez que a pega inicial é quase imediata. A segunda camada deverá ser aplicada antes de a primeira ter atingido completamente o ponto de pega, a fim de garantir a ligação entre as camadas.

O concreto projetado pode ser trabalhado com régua e acabado da mesma maneira que o concreto comum, embora exija um pouco mais de cuidado. Recomenda-se cura com água. Se o concreto projetado for lançado na superfície, deverá ser protegido dos raios diretos do sol durante três dias, exceto se for inundado, como ocorre nos canais.

5.8.8 Concreto Compactado com Rolo

O concreto compactado com rolo (CCR) representa um conceito relativamente novo no qual concreto com consistência de abatimento do tronco do cone ("slump") igual a zero é transportado, lançado e compactado utilizando-se equipamento de terraplenagem e de construção de enrocamentos. As propriedades do CCR endurecido são equivalentes às do concreto convencional com a mesma relação água-cimento.

O CCR é um concreto seco, consolidado mediante vibração externa utilizando-se rolos vibradores. Difere do concreto convencional, principalmente na consistência requerida. Para uma consolidação eficaz, o CCR deverá estar bastante seco, de modo a sustentar o peso do equipamento de vibração, mas suficientemente úmido para permitir uma adequa-

da distribuição do aglomerante em pasta em toda sua massa, durante o processo de mistura e vibração.

O CCR de consistência mais seca, em especial aquele que contém agregados de tamanho superior a 35mm, acarreta problemas na ligação do concreto fresco ao endurecido. A ligação melhora com a redução da segregação do CCR durante as operações de transporte e lançamento e com o emprego de uma mistura especial de leito de grande plasticidade no início do lançamento. Na construção em camadas, a mistura normal de CCR pode ser utilizada sobre outras camadas de concreto, sempre que o concreto mais velho tiver bastante plasticidade para ser combinado, mediante vibração, com o cimento fresco que está sendo lançado.



MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ESPECIAIS

6.1 Geral

Os materiais de construção especiais são utilizados principalmente para controlar as infiltrações e/ou a movimentação de partículas de solo, nos diversos tipos de estruturas hidráulicas, como canais, reservatórios, lagoas, estações de bombeamento, usinas elétricas, barragens, vertedouros, tomadas d'água e tubulações.

6.2 Tipos de Materiais de Construção Especiais

Os principais tipos de materiais de construção especiais são:

- Juntas de vedação: pré-moldadas e moldadas em campo;
- Geomembranas e geotêxteis.

6.2.1 Juntas de Vedação

As juntas de vedação pré-moldadas são fabricadas em seções sólidas ou ocas e incluem diversas juntas de vedação rígidas e flexíveis, tiras de borracha para juntas e vedadores de compressão. As juntas de vedação são formas longas, de borracha ou plástico PVC, embutidas no concreto, em locais predeterminados, onde se espera movimentação das seções que foram unidas, e que mantêm essas juntas estanques. As juntas de vedação localizam-se ao longo da junta, antes ou depois do lançamento do concreto, para evitar a passagem de água através da junta, provendo a rota mais longa e mais restrita de infiltração de água. Os vedadores de compressão e as tiras de borracha para juntas são instalados nas juntas, após o endurecimento do concreto, muitas vezes por meio de substâncias adesivas.

As vedações moldadas em campo são elastômeros selantes (mastiques), utilizados com a mesma finalidade dos outros selantes. São aplicados em forma líquida ou semilíquida nas juntas ou fendas, após o endurecimento do concreto. Depois de sua aplicação, curam até atingir consistência similar à da borracha.

Nos canais, o concreto de revestimento deverá ser curado no mínimo durante sete dias, antes da colocação do elastômero selante nas ranhuras das juntas.

6.2.2 Geomembranas e Geotêxteis

As geomembranas são membranas finas, duráveis e flexíveis de plástico impermeável ou de elastômero. São utilizadas para controlar infiltrações nos canais de irrigação e nos reservatórios, em especial em áreas impróprias para revestimento de concreto ou de solo compactado. Os geotêxteis são telas porosas, usadas para separar as camadas de materiais, o reforço das fundações de solo, drenagem ou filtragem. Enquanto as geomembranas utilizadas em revestimentos são projetadas para impedir a passagem de

água, os geotêxteis permitem a passagem de água em uma ou em ambas as direções, embora retenham as partículas de solo.

6.3

6.3.1

Juntas

Função

A maioria das estruturas de concreto tem juntas entre as seções. Algumas juntas são apenas o resultado do processo de construção - de terminar uma seção de concreto e começar uma outra. Outras juntas são criadas propositalmente para permitir a movimentação das seções ou para controlar rachaduras aleatórias no concreto.

O concreto muda suas dimensões e/ou posicionamento em resposta às mudanças ambientais. Por exemplo:

- Perdas de umidade durante a cura inicial provocam contrações permanentes;
- Mudanças de temperatura podem causar expansão e contração alternada do concreto;
- Mudanças na carga e movimentos do solo podem causar deslocamento e assentamento das estruturas de concreto;
- Mudanças químicas no concreto podem provocar mudanças permanentes de volume (em geral, expansão).

No caso do concreto não-armado, o controle de rachaduras é normalmente efetuado limitando-se a distância entre as juntas. Numa junta, cria-se uma fraqueza intencional no elemento, a fim de que ele trinque naquele local.

No concreto armado, a armadura de aço tende a distribuir as tensões e a restringir o tamanho das trincas. As juntas podem ser incluídas com a armadura contínua através delas, o que resultará em uma trinca estreita.

6.3.2

Tipos de Juntas

As juntas no concreto diferem quanto a sua função, o seu objetivo e o modo como são formadas. A maioria das juntas encaixa-se numa das categorias relacionadas a seguir:

- Juntas de Construção - São consequência da interrupção do lançamento do concreto ou da localização das unidades pré-moldadas. Não há compensação para os movimentos nestes locais. Quando indicado nos desenhos, instalar-se-ão juntas de vedação para garantir a estanqueidade;
- Juntas de Contração - Sua finalidade é controlar a localização das trincas ou fissuras que resultam da contração do concreto durante a cura. Em geral, o concreto trinca no ponto mais fraco, de maneira que, para induzir uma rachadura num determinado local, a espessura do concreto é reduzida no local desejado. Isso pode ser feito instalando-se tiras finas de material no concreto fresco ou formando-se uma ranhura na superfície do concreto;
- Juntas de Dilatação - Seu objetivo é prevenir danos quando duas seções adjacentes de concreto se deslocam em direção uma da outra. A junta deverá ser bastante larga para acomodar o movimento, sem danificar a vedação;
- Trincas Aleatórias - Embora as juntas sejam utilizadas para impedir rachaduras aleatórias no concreto, algumas rachaduras sempre ocorrem. Para vedação, as rachaduras são consideradas juntas de contração, com formato e dimensões não uniformes.

6.3.3

Configurações das Juntas

Existem duas configurações básicas de juntas: de topo e de recobrimento.

- Juntas de Topo - Nas juntas de topo (vide [Figura 6.1](#)), duas seções encostam uma na outra. O movimento típico das juntas de topo também consta da [Figura 6.1](#). O enchimento ou selante da junta pode trabalhar em tração ou sofrer compressão. Entretanto, se houver possibilidade de ocorrer movimento diferencial vertical, o selante também poderá ser submetido a cisalhamento. As juntas de topo (incluindo as juntas escalonadas) constituem a configuração mais frequente das estruturas;
- Juntas de Recobrimento - Nas juntas de recobrimento (vide [Figura 6.2](#)), as duas seções se sobrepõem. Em geral, o movimento é de deslizamento das seções, paralelo à junta. O selante é submetido a cisalhamento.

6.3.4

Seleção das Vedações

O tipo de movimento e a magnitude do movimento da junta afetam a seleção da vedação. À medida que a junta se abre ou se fecha, a vedação deverá ser esticada ou comprimida, sem perder sua capacidade de vedação.

A [Figura 6.3](#) ilustra o funcionamento de algumas vedações, em relação à tração, à compressão e ao cisalhamento.

Entre outros fatores que afetam a seleção da vedação, é possível ressaltar o tipo e o formato da junta, as temperaturas de instalação e de serviço e as propriedades físicas do material de vedação.

6.4

6.4.1

Juntas de Vedação Aplicações

As juntas de vedação padrão são utilizadas nas estruturas para vedar as juntas sujeitas a pressão hidrostática e a movimento limitado. Em geral, têm um bulbo central para acomodar o movimento da junta (especialmente, em cisalhamento) e bulbos ou nervuras nos rebordos. As juntas de vedação sem bulbo central são utilizadas apenas quando não puder haver cisalhamento através da junta.

Os formatos típicos das juntas de vedação de borracha e de PVC constam das [Figuras 6.4](#) e [6.5](#).

- Juntas de Vedação de Borracha - Durante o movimento da junta, a junta de vedação de borracha estica-se e alonga-se, ficando mais fina e longa. Os bulbos dos rebordos fixam as juntas de vedação no concreto e garantem vedação. A elasticidade do material (e do bulbo central, quando existir) permite movimento significativo da junta, sem rasgar a junta de vedação;
- Juntas de Vedação de PVC - Funcionam de maneira similar às de borracha, exceto que as nervuras garantem, com eficácia, tanto fixação quanto vedação. O encaixamento mecânico com o concreto é distribuído a intervalos, ao longo da largura da junta de vedação. Quando a junta se abre, as nervuras próximas às superfícies da junta se deformam, mas aquelas que estão perto dos rebordos da junta de vedação permanecem em contato com o concreto;
- Juntas de Vedação de PVC de Perna Dividida - São uma variação ([Figura 6.6](#)) das juntas de vedação nervuradas, na qual a metade da junta de vedação é dividida. Durante a instalação, as duas flanges da perna dividida são separadas, para poderem ser fixadas no local apropriado, durante o lançamento do primeiro concreto, por meio de um anteparo comum nas fôrmas. Após o lançamento do primeiro concreto e a remoção do anteparo, as flanges são esticadas e unidas para formar uma só perna para o próximo lançamento. Em geral, seu uso restringe-se às juntas de construção retas e simples, uma vez que as interseções são difíceis de serem construídas com este tipo de junta de vedação.

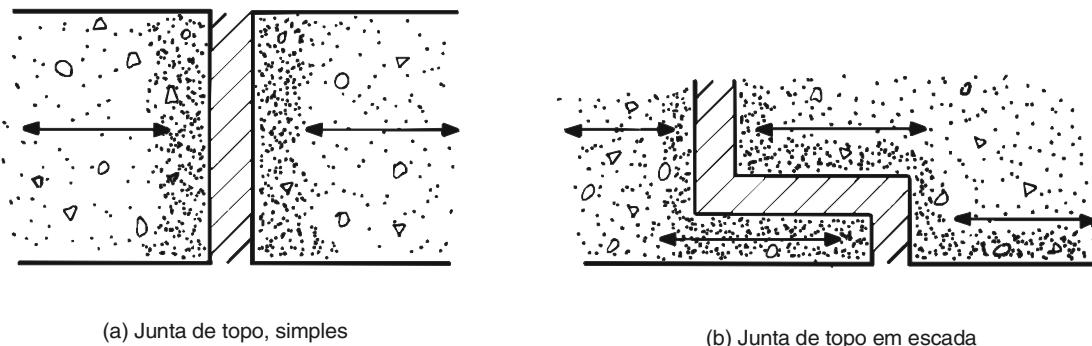


Figura 6.1

Junta de Topo Típica

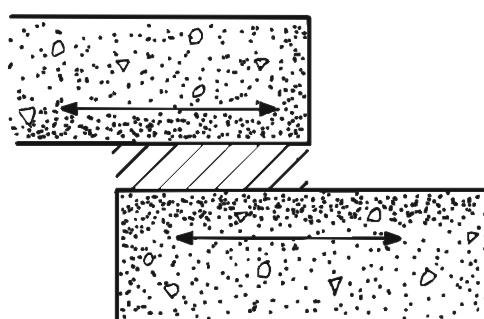


Figura 6.2

Junta Sobreposta Típica

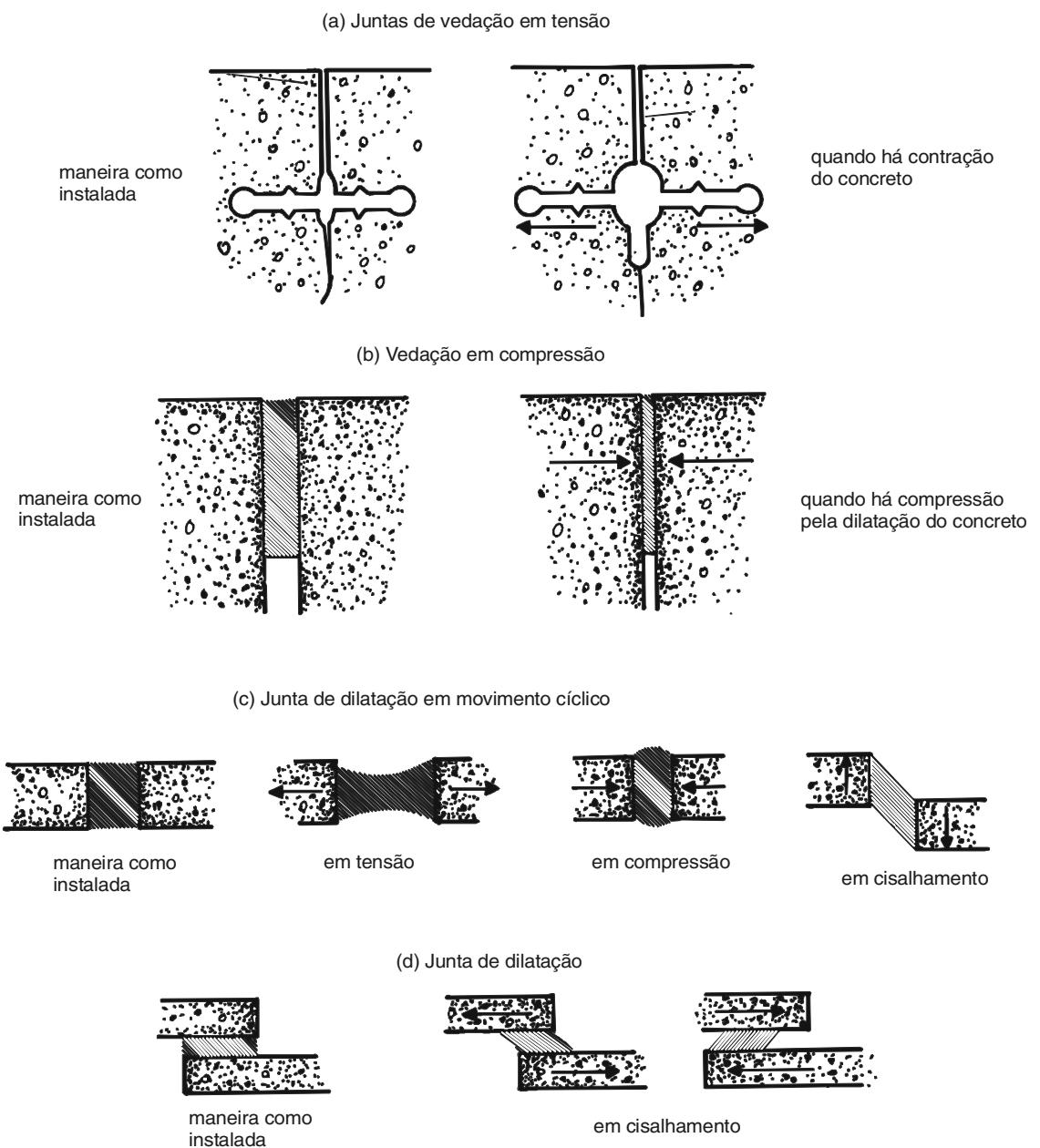
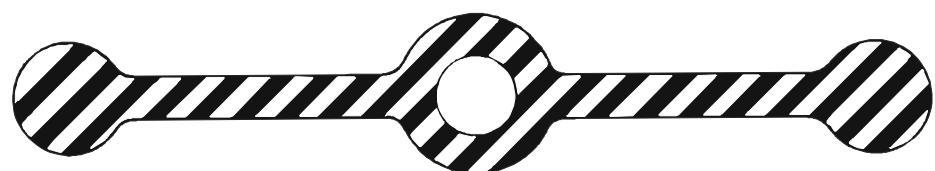


figura 6.3

Funcionamento das Juntas de Vedação



Tipo - Bulbo central



Tipo - Bulbos nos rebordos

Figura 6.4

Juntos de Vedação de Borracha

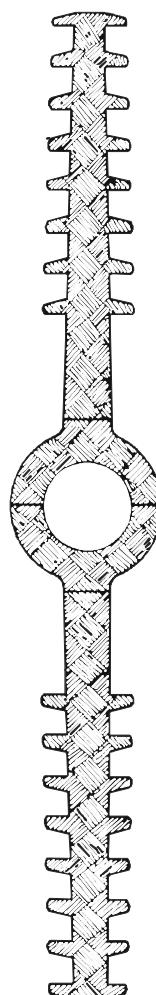


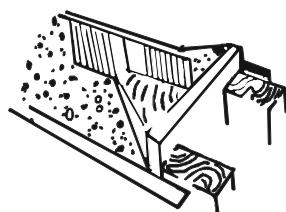
Figura 6.5

Juntas de Vedação de PVC

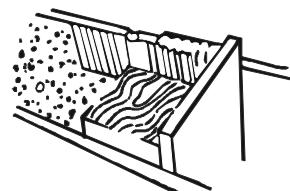


Figura 6.6 Juntas de Vedaçāo de PVC de Perna Dividida

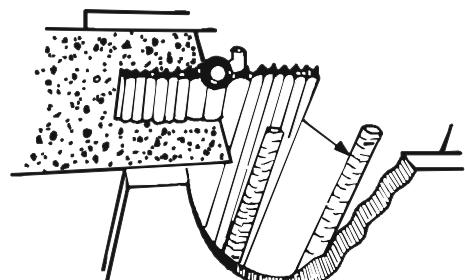
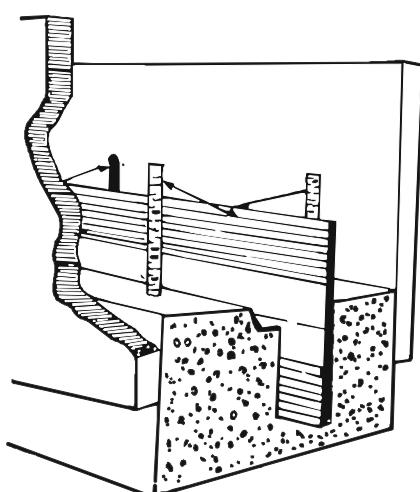
(a) Meio de fendas



(b) Anteparos divididos



(c) Amarrada a armadura (amarrar somente entre as últimas duas nervuras)



(d) Perna dividida fixada ao anteparo e depois amarrada à armadura

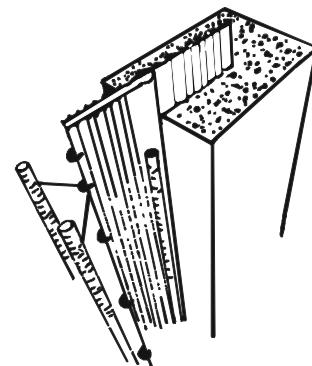
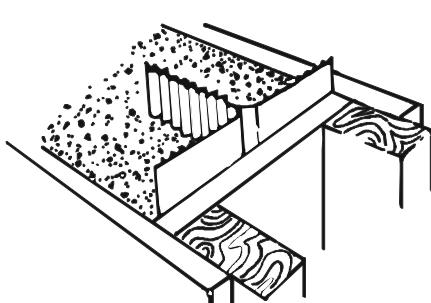


Figura 6.7

Método de Fixação das Juntas de Vedaçāo

6.4.2 Instalação

A instalação das diversas juntas de vedação de borracha e de PVC varia conforme o fabricante e o formato do material. As instruções do fabricante relativas à instalação sempre deverão ser obedecidas, para assegurar uma vedação eficaz.

- Posicionamento - As juntas de vedação deverão ser centradas entre as duas seções de concreto a serem construídas, com o bulbo central centrado na junta entre o primeiro e o segundo lançamento;
- Fixação - A maioria das juntas de vedação de borracha e de PVC são demasiado flexíveis para serem instaladas sem estarem firmemente ancoradas no lugar, por meio de fendas ou cortes na fôrma. A [Figura 6.7](#) mostra alguns métodos de fixação. A junta de vedação de PVC nervurada pode ser pregada ou amarrada à armadura ou à fôrma, sempre que a fixação for efetuada no 1,5cm externo da junta de vedação. As juntas de vedação de borracha não deverão ser pregadas nem amarradas entre o bulbo central e o do rebordo, uma vez que qualquer furo na superfície selante prejudicaria a vedação. Deverão ser pregadas ou amarradas através do bulbo do rebordo;
- Lançamento do Concreto - A metade da junta de vedação deverá ser embutida no primeiro lançamento do concreto, que deverá ser vibrado, até sua consolidação, em torno da junta de vedação. Antes de efetuar o segundo lançamento, a junta deverá ser preparada conforme indicado nas especificações. No caso das juntas de construção, é primordial que haja ligação entre os dois lançamentos. Por outra parte, nas juntas de contração, não é preciso, nem é recomendado que haja ligação. Se for necessário empregar jato abrasivo para limpar a junta, será indispensável evitar danos à junta de vedação, e qualquer sujeira, graxa ou chapisco de concreto deverá ser removido da junta de vedação. Se for aplicado produto de cura ou algum outro agente à superfície da junta para impedir a ligação entre dois lançamentos de concreto, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o produto não vaza ou é aplicado inadvertidamente na junta de vedação;
- Consolidação do Concreto - O contato entre a junta de vedação e o concreto, ao longo de toda a superfície da junta de vedação, é crítico para o funcionamento correto das juntas de vedação. Bolhas de ar e ratoeiras em torno da junta prejudicarão a vedação. Para garantir um bom contato, o concreto deverá ser muito bem adensado próximo à junta de vedação, de modo a assegurar total consolidação;
- Emendas - As emendas das juntas de vedação deverão obedecer estritamente às especificações e/ou às instruções do fabricante. Evitar-se-ão emendas desnecessárias, e aquelas imprescindíveis deverão ser efetuadas corretamente e inspecionadas com todo rigor. Se possível, utilizar-se-ão juntas pré-fabricadas.

Dentre os fatores mais importantes na emenda de juntas de vedação, podem-se mencionar os seguintes:

- Alinhamento linear (ambas as extremidades aparadas no mesmo ângulo, de modo a formar um plano reto quando unidas);
- Alinhamento seccional (extremidades alinhadas, a fim de que seus contornos se casem na emenda);
- Consistência da solda (solda completa, sem bolhas ou separações).

6.4.3 Controle de Qualidade

Diferentes tipos de materiais podem ser utilizados para fabricar juntas de vedação de borracha e de PVC. As especificações deverão indicar os materiais permitidos e as propriedades exigidas. Cabe à FISCALIZAÇÃO assegurar-se de que os resultados dos ensaios de certificação submetidos pela EMPREITEIRA atendem às especificações.

As juntas de vedação deverão estar limpas e intactas antes da sua instalação. Se armazenadas durante um longo período, deverão ser examinadas para se verificar se a exposição causou deterioração, o que poderá ser constatado por descoloração, rachaduras na superfície, amolecimento, etc. Qualquer óleo, sujeira, produto de cura ou chapisco de concreto deverá ser removido da junta antes do lançamento do concreto. A parte exposta da junta de vedação deverá ser limpa, novamente, antes do segundo lançamento. Na limpeza das juntas de vedação, o método utilizado não deverá ser excessivamente agressivo. Em geral, a sujeira pode ser removida com uma escova dura; a graxa e o óleo normalmente podem ser limpos com um pano absorvente seco; e o produto de cura pode ser removido com xileno ou outros solventes, embora só deva ser utilizada a quantidade mínima imprescindível. O uso de solventes poderá exigir medidas especiais de segurança.

6.5 Vedador de Compressão

Os vedadores de compressão são constituídos de um material celular ou compartimentalizado de borracha, como neoprene, e são utilizados para tornar estanques as juntas de dilatação. Para que funcionem adequadamente, é preciso manter pressão contínua e elevada no vedador na junta. Isso exige alguma compressão do vedador (pelo menos 15%).

A instalação dos vedadores de compressão exige uma largura uniforme ao longo de todo o comprimento da junta, com superfícies retas, lisas e sem lascas. Entretanto, a junta não requer o mesmo grau de limpeza exigido pelos selantes moldados em campo, exceto quando se utiliza um adesivo junto com o vedador.

Na instalação dos vedadores de compressão, aplica-se um lubrificante/adesivo líquido (às vezes, à base de neoprene) na junta, imediatamente antes do vedador. Este é instalado com um rolo de mão ou com uma ferramenta de inserção. O vedador é colocado verticalmente sobre a abertura da junta e, com o bulbo central totalmente comprimido, a tira é pressionada contra e adiante, para dentro da abertura. Durante a instalação, é preciso evitar torcer, esticar ou dobrar o vedador de compressão.

Para unir as seções dos vedadores de compressão, são, simplesmente, colocadas topo-a-topo, utilizando-se mais um pouco de lubrificante/adesivo. Isso é efetuado apenas nos locais menos críticos. Nos mais críticos, pode ser necessário emendar as seções.

6.6 Tiras de Borracha para Juntas

A tiras de borracha para juntas são utilizadas nas juntas de dilatação e de contração, em estruturas subterrâneas ou na superfície. As tiras de borracha utilizadas nos projetos de irrigação em geral são fabricadas com neoprene, embora também possam ser de EPDM, borracha natural e outros elastômeros. Será preciso testar a resistência à tração, a dilatação e a deformação compressiva permanente do material das tiras; o material precisa ser aprovado para uso antes de se iniciar a instalação.

Antes de se instalarem tiras de borracha, o concreto deverá estar completamente curado, e as superfícies das juntas deverão estar limpas e secas.

As tiras de borracha fornecidas deverão ter um comprimento mínimo de quatro metros. As emendas nas tiras de borracha deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante. Salvo indicado de outra forma nos desenhos, os rebordos das tiras de borracha deverão ser colocados rente às superfícies acabadas da junta.

Em geral, as tiras de borracha são fabricadas em formato tubular e em várias configurações transversais diferentes. São fabricadas com alhetas nos lados da tira, as quais

estarão em contato com as superfícies da junta de concreto após sua instalação. Também podem ser fabricadas com duas ou mais câmaras internas. A(s) câmara(s) interna(s) de certos produtos pode(m) ser pressurizada(s) (após se selarem as duas extremidades da tira de borracha), a partir de uma fonte de ar comprimido, por meio de uma válvula de ar incorporada à tira de borracha. Tais produtos exigem a aplicação de um adesivo apropriado sobre a superfície limpa e seca da junta de concreto e sobre as alhetas nos lados da tira, imediatamente antes de colocá-la na junta. Após posicionar a tira corretamente na junta, a(s) câmara(s) interna(s) deverá(ão) ser pressurizada(s) conforme recomendado pelo fabricante, de maneira a expandir a tira contra as superfícies da junta. A pressão de ar interna deverá ser mantida até a cura completa do adesivo, após o que a válvula de ar deverá ser removida e a pressão, eliminada.

6.7 Inspeção de Juntas de Vedaçāo, Vedadores e Tiras

A FISCALIZAÇÃO deverá inspecionar as juntas de vedação, os vedadores de pressão e as tiras. Essa inspeção deverá verificar se os materiais foram testados e se atendem às especificações, se a EMPREITEIRA está obedecendo às especificações e/ou às instruções do fabricante e se a mão-de-obra atende aos padrões de qualidade estabelecidos.

6.8 Elastômeros Selantes

6.8.1 Geral

Os selantes moldados em campo, normalmente utilizados nas juntas de contração, nas juntas de dilatação e na vedação de trincas aleatórias, são materiais de consistência fluida, injetados sob pressão nas juntas, onde se solidificam até a consistência da borracha. Os selantes dependem da adesão ao concreto para funcionar corretamente e, portanto, é essencial que haja bom contato do selante com as superfícies da junta durante sua aplicação.

Para que o selante numa junta possa se deformar completamente e se recompor à medida que a junta se abra e se feche, é preciso controlar sua profundidade. Se o selante for demaisdo espesso ou demasiado fino, poderá não se deformar adequadamente, sem romper-se ou separar-se do concreto. A aderência-em-três-lados - adesão aos lados e ao fundo da superfície da junta - também interfere na movimentação total do selante e talvez precise ser evitada.

O projeto da junta mais freqüentemente utilizado é uma ranhura formada no concreto com lados retos, largura uniforme e uma razão largura-profundidade igual ou superior a 1:1. Poderão ser usados materiais de base ou os produtos de enchimento da junta, no controle da profundidade da ranhura e na prevenção da aderência-em-três-lados. São utilizados produtos que previnem a ligação, para evitar a aderência-em-três-lados (vide Figura 6.8).

As trincas aleatórias são um problema constante nos canais. Existem dois métodos de vedar essas rachaduras com elastômero selante. O método preferível consiste em entalhar a rachadura, para fazer uma ranhura com as dimensões próprias e executar sua vedação como mostra a Figura 6.9. Como alternativa, algumas vezes pode ser necessário, devido a limitações temporais e de custo, vedar a trinca com uma tampa, conforme indicado na Figura 6.10. Este tipo de vedação é mais suscetível a danos, mas tem demonstrado sua utilidade em muitos casos.

6.8.2 Tipos de Selantes

As propriedades que caracterizam um bom selante são:

- Deformação para acomodar o movimento da junta;

- Recuperação da forma original e das condições anteriores após a deformação;
- Retenção da ligação às superfícies da junta de concreto;
- Não ocorrência de rasgaduras ou rupturas;
- Impermeabilidade;
- Não endurecimento ou fragilidade após envelhecimento;
- Não ocorrência de fluidez ou amolecimento durante o tempo quente;
- Resistência às condições ambientais, após envelhecimento.

O grau requerido de cada uma destas propriedades dependerá do uso dado ao material e das condições às quais será sujeito. Não existe qualquer produto que possua todas as propriedades anteriormente relacionadas, para todas as aplicações. Para cada obra, especificar-se-ão os produtos que melhor atendam às necessidades do serviço.

Há muitos tipos diferentes de selante; podem conter materiais de vinil, butil, acrílico, polissulfetos, poliuretano, silicone, ou outros produtos e podem conter aditivos, como alcatrão. Os produtos podem ser classificados de acordo com a sua aplicação, como:

- Produtos aplicados a frio
 - ▶ componente único,
 - ▶ duplo componente;
- Produtos aplicados a quente;
- Outros.

Além disso, são utilizados vários produtos acessórios, em conjunção com os produtos selantes, incluindo os enchimentos de junta, as primers, os materiais de base e os materiais que previnem a ligação.

A viscosidade dos produtos selantes utilizados normalmente varia daquela do óleo para engrenagem até a da graxa de chassi. Os produtos de menor viscosidade tendem a fluir facilmente e procuram o próprio nível. Estes selantes são denominados autoniveladores.

Os produtos autoniveladores são empregados em aplicações horizontais, em espaços confinados. Sua escassa consistência permite que enchem os espaços vazios facilmente e que formem uma superfície lisa, sem precisarem ser trabalhados.

Os produtos mais viscosos são classificados como sem cimento e são aplicados em superfícies verticais ou em declive, nas quais os materiais de baixa viscosidade fluem. Pode ser preciso trabalhar este selante para garantir um adequado enchimento da junta, um perfeito contato com as superfícies da junta e um bom acabamento superficial.

6.8.2.1 Aplicados a Frio

Os selantes aplicados a frio, de cura química, existem no formato de sistemas de polímeros de componente único ou duplo, que curam até a consistência da borracha, mediante uma reação química. Incluem polissulfetos, poliuretano, silicone e outros polímeros.

Estes selantes são adequados num amplo leque de situações, devido ao seu desempenho superior quanto às seguintes propriedades:

- Resistência ao intemperismo;
- Flexibilidade em uma ampla variação de temperaturas;
- Inércia a uma grande quantidade de produtos químicos; e
- Variação da expansão-compressão de, mais ou menos, 25% (sob condições de campo). Movimentos de, mais ou menos, 50% poderão ser tolerados durante períodos limitados.

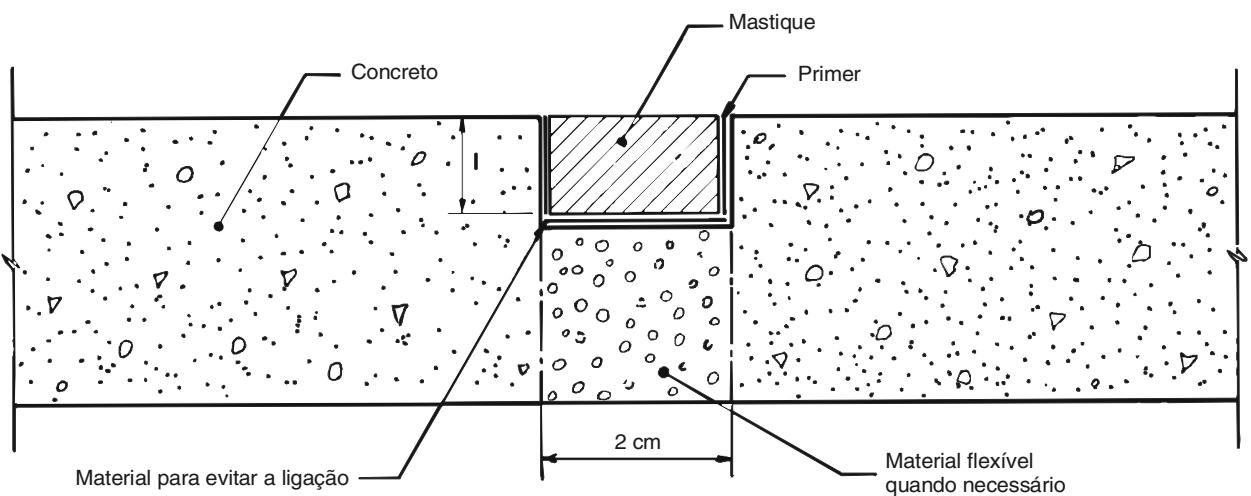


Figura 6.8 Junta do Tipo Pré-Formado Comum

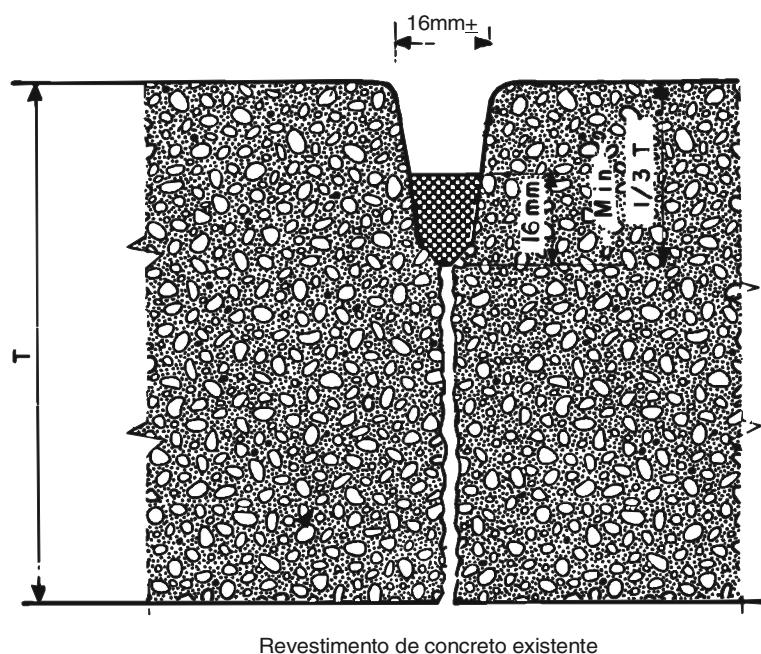


Figura 6.9 Vedação para Rachaduras Aleatórias (Dimensões Típicas)

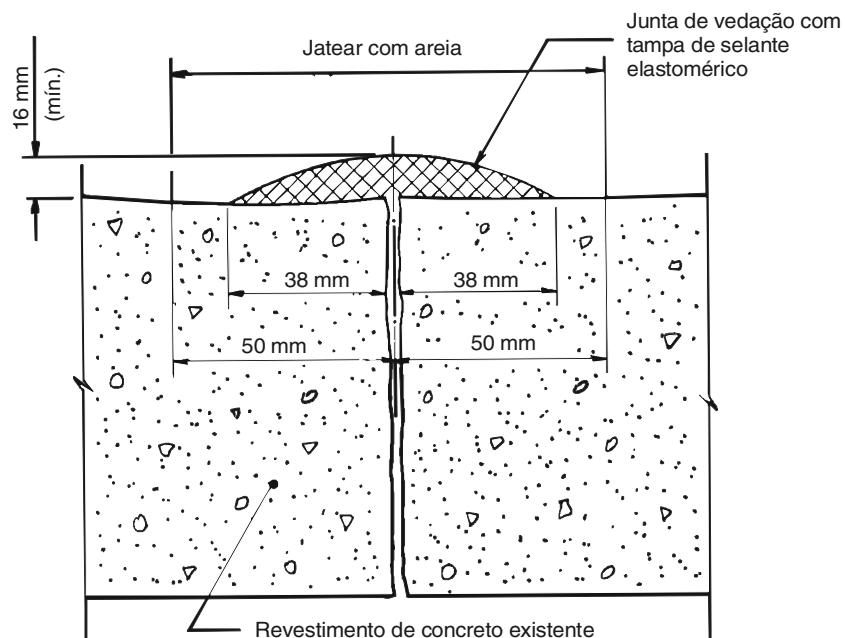


Figura 6.10 Vedação com Tampa (Dimensão Típica)

A longo prazo, os silicones selantes não aderem satisfatoriamente ao concreto embaixo d'água, embora sua durabilidade seja excelente quando aplicados expostos, em especial em condições de altas temperaturas e intensa insolação. O silicone funciona muito bem a temperaturas que variam de - 40 a 82 graus centígrados. Consequentemente, podem ser especificados para aplicações arquitetônicas.

6.8.2.2 Aplicados a Quente

Os selantes aplicados a quente, de cura química, são fluidos durante o aquecimento e solidificam, até atingir a consistência da borracha, quando esfriam e quando sofrem mudança química.

Calor excessivo durante o processo de fusão-liquefação dos selantes aplicados a quente poderá afetar negativamente suas propriedades. Calor insuficiente poderá impedir a completa reação do polímero e prejudicar a sua aplicação.

Em geral, os selantes aplicados a quente são utilizados em juntas horizontais, uma vez que fluem livremente, em superfícies verticais ou em declive, de modo especial em tempo quente.

6.8.2.3 Outros Selantes

Outros tipos de selantes são fluidos, porque contêm solventes (certos produtos butílicos) ou porque são produtos de emulsão em água (os acrílicos e os vinis freqüentemente encontrados na construção de residências). Endurecem mediante a liberação dos solventes ou desfazendo as emulsões, quando expostos ao ar. Os selantes butílicos são freqüentemente utilizados para vedar painéis de metal sobrepostos. Os selantes acrílicos, com frequência denominados calafetagem, têm baixo custo e provêem resistência ao intemperismo onde, essencialmente, não ocorre movimentação da junta.

6.8.3 Materiais Acessórios

- Enchimento para juntas - Podem ser utilizados enchimentos de borracha de esponja, cortiça, ou isopor, durante o lançamento do concreto, a fim de criar uma junta de expansão entre seções, para mantê-la sem detritos e permitir que se feche livremente.

Os produtos para o enchimento de juntas podem ser cortados no tamanho e no formato das superfícies da junta e fixados à face da seção de concreto lançada primeiramente, por meio de pregos de cobre ou de um produto adesivo não-betuminoso. Quando aplicados sem outro produto, os rebordos do enchimento precisam estar rentes à superfície acabada da junta. Se aplicados com um elastômero selante, o enchimento deverá ser colocado a uma profundidade que permita a subsequente colocação do selante e de qualquer outro material de base especificado.

- Primers - São, algumas vezes, recomendadas para melhorar a aderência do selante às superfícies da junta. A primer deverá ser utilizada quando recomendado pelo fabricante do selante, e as instruções do fabricante deverão ser rigorosamente obedecidas na aplicação. A aplicação ou o uso incorreto poderá causar problemas de ligação, ao invés de auxiliar a aderência entre o selante e as superfícies da junta;
- Materiais de Base - Podem ser colocados na junta antes da aplicação do selante. São usados para evitar a aderência-em-três-lados do selante, controlar a profundidade da junta e prover apoio ao selante. Vários materiais são utilizados com estas finalidades, incluindo as barras e os tubos de esponja ou de plástico, assim como as espumas flexíveis. Da mesma maneira que as primers, os materiais de base precisam ser compatíveis com o selante;
- Materiais que Previnem a Ligação - São utilizados para resolver o problema da aderência-em-três-lados, pois impedem o selante de aderir ao fundo da junta. Os materiais de base não precisam de produtos para prevenir a ligação, visto que se movimentam com o selante e não aderem ao fundo da junta. Quando é indispensável usar produtos para prevenir a ligação, porque a junta é demasiado rasa para permitir a utilização de material de base ou de um produto de enchimento de juntas, especifica-se, em geral, um papel ou fita gomada;
- Instalação - Em geral, o selante vem acompanhado de primer apropriada, que pode ser aplicada com brocha ou pistola. É preciso evitar a empoçagem da primer. Quantidades excessivas da primer precisam ser removidas, enquanto a primer estiver ainda fluida; é necessário deixar que a primer seque antes de aplicar o selante. O tempo de secagem varia de 30 minutos a 5 ou mais horas.

As juntas entre peças adjacentes do material de enchimento precisam estar bem estanques, para impedir que o concreto vaze através das juntas.

Antes de fixar o produto de enchimento da junta, a superfície de concreto precisa estar completamente limpa e isenta de qualquer matéria estranha, incluindo o produto de cura e água empoçada.

Os materiais de base e os produtos para prevenir a ligação, em geral colocados à mão, devem estar na profundidade correta, conforme determinado nas especificações. Os materiais de base nas juntas de expansão deverão ser compressíveis, de modo que o selante não seja forçado para fora quando a junta fechar; também deverão voltar às dimensões anteriores quando a junta abrir. À medida que os materiais de base forem instalados, será preciso verificar se o material se comprime em cerca de 50%. As juntas de largura não-uniforme podem causar problemas com relação a esse ponto e devem ser reenchidas, se o material de base parecer solto ou demasiado apertado em alguns lugares. Os tubos e as barras do material não deverão ser esticados ou torcidos durante a sua instalação. Quando utilizados, os produtos que previnem a ligação deverão ser aplicados sobre os materiais de base de acordo com as instruções do fabricante.

6.8.4 Preparo das Juntas

- Limpeza - As superfícies da junta, sobre as quais o selante será colocado, deverão estar limpas, secas, isentas de poeira, óleo ou outros detritos que possam interferir com a aderência. Agregado solto, matéria estranha incrustada e lascas de concreto também poderão prejudicar a livre movimentação da junta (em especial, das juntas de expansão) e provocar falha. A largura da junta deverá obedecer às especificações.

A limpeza das juntas pode envolver uma combinação de tratamento com escova metálica, jato abrasivo, lavagem, ar comprimido e aspiração a vácuo. Se for utilizado jato de água, poderá ser necessário efetuar uma limpeza adicional, caso se forme uma película à medida que a superfície seque.

Caso seja aplicado um produto de cura nas superfícies da junta (como ocorre no revestimento de canais), essas deverão ser tratadas com jato abrasivo. As superfícies submetidas a jato abrasivo deverão ser limpas com ar comprimido sob pressão, para remover qualquer poeira e areia produzida pelo processo.

Poderão ser utilizados solventes em superfícies não-porosas, como vidro ou metal, mas não nas porosas, como concreto ou madeira.

Poderá fazer-se uma limpeza final com escova, a fim de remover a poeira; o ar comprimido é mais indicado, contanto que esteja isento de óleo. Também poderá utilizar-se um aspirador de pó. A limpeza deverá ser realizada imediatamente antes da colocação do selante ou da primer, para que não se acumule poeira.

- Reparos - Em alguns casos, é necessário reparar defeitos no concreto, como agregado solto, matéria estranha incrustada e lascas de concreto. Esses reparos devem ser efetuados antes da limpeza final.

6.8.5 Preparo e Aplicação do Selante

6.8.5.1 Mistura

Geralmente as instruções do fabricante determinam a mistura. No caso dos sistemas selantes com dois componentes, é crucial que se faça uma mistura perfeita durante todo o período especificado, para que o material tenha propriedades uniformes após a cura. Se o selante endurecer de modo não-uniforme, será preciso remover as partes mais moles e substituí-las por material corretamente misturado.

Pequenas quantidades de produtos de endurecimento lento podem ser misturadas com uma espátula de massa ou outra ferramenta, mas, na maioria dos serviços, é essencial que a mistura seja mecânica. A mistura mecânica em recipientes de mais de 20 litros é difícil e exige equipamento especial e muita atenção. Os sistemas selantes com dois componentes têm vida com condições de trabalhabilidade útil limitada, dependendo do produto e da temperatura. Após misturar o acelerador, a reação de cura inicia-se. Portanto, as bateladas deverão limitar-se à quantidade que pode ser aplicada durante a vida com condições de trabalhabilidade do produto.

Para os selantes de endurecimento rápido, existe equipamento que mistura os componentes imediatamente antes da sua aplicação. Às temperaturas normais de aplicação especificadas pelos fabricantes, a reação dos dois componentes inicia-se rapidamente, e o selante começa a endurecer. O tempo real de endurecimento depende do tipo de material utilizado e das condições ambientais, mas, em geral, varia de 1 a 30 minutos.

6.8.5.2 Controle da Temperatura

Em geral, os selantes aplicados a quente são misturados e lentamente aquecidos num só processo. Isso é feito em vasilhames controlados termostaticamente e encamisados em óleo, que possuem agitadores mecânicos. A maioria dos fabricantes recomenda a temperatura máxima de aplicação para os selantes aplicados a quente, a qual não deverá ser ultrapassada, pois um aquecimento excessivo poderá afetar substancialmente as propriedades do produto.

6.8.5.3 Aplicação

- Temperatura - Em geral, as superfícies da junta deverão estar secas, e a temperatura acima da temperatura de geada, para que o selante possa aderir ao concreto. Os selantes não deverão ser colocados sob chuva.

As especificações do projeto ou do produto podem também restringir a faixa de temperatura (por exemplo, entre 4 e 50 graus centígrados) para a aplicação de selantes. A aplicação a temperaturas superiores ou inferiores às especificadas poderá resultar num período reduzido de vida com condições de trabalhabilidade do selante. As condições meteorológicas ideais para a aplicação de selantes são de tempo seco com temperaturas próximo às médias anuais.

- Equipamento - Nas obras menores, as pistolas de calafetação de cartucho são apropriadas para aplicar os selantes. Uma grande aplicação, contudo, exigirá o uso de sistemas pressurizados. O equipamento de alimentação sob pressão assegura o fluxo uniforme do selante, de modo a evitar que as juntas sejam enchidas com selante a mais ou a menos. Ambos os sistemas de componente único e os de duplo componente de endurecimento lento, após a mistura, podem ser aplicados com o equipamento pressurizado. Os selantes de componentes duplos, de endurecimento rápido, precisam ser bombeados através de linhas separadas até um misturador especial, localizado perto do bico do aplicador. As bombas de deslocamento positivo são muito satisfatórias para estes sistemas de selantes;
- Uniformidade - A aplicação de selantes é uma operação que exige perícia. O bico precisa ser mantido a um ângulo de cerca de 45 graus da superfície e deslocado gradualmente, de maneira que seja aplicado um filete uniforme, sem arraste, rasgaduras ou falhas. O operário deverá empurrar o filete com a pistola e não arrasta-lo. O material estravado não deverá ter bolhas ou inchaços;
- Quando colocado na ranhura, o selante deverá ser extrudado no fundo da ranhura da junta. Materiais sem cimento deverão ser trabalhados com ferramenta apropriada, a fim de se assegurar um bom contato com as superfícies da junta, remover o ar preso e prover uma aparência limpa e uniforme. Quando colocado como tampa de vedação nas trincas, o centro da tampa deverá acompanhar a rachadura, de modo a se obter espessura máxima do selante diretamente sobre a rachadura;
- Profundidade - A profundidade da ranhura é controlada por meio de materiais de base, que devem ser colocados corretamente, na profundidade indicada nas especificações.

Nas juntas com ranhuras, o selante exposto deverá estar rente à superfície do concreto. As tampas vedadoras deverão ser levantadas acima da superfície do concreto, com o domo diretamente acima da rachadura.

6.8.6 Inspeção

6.8.6.1 Antes da Instalação

- Especificações - A FISCALIZAÇÃO deverá estudar as especificações do projeto e as instruções dos fabricantes. As especificações deverão identificar os tipos de

produtos de vedação a serem utilizados, como devem ser instalados e quaisquer outras características necessárias à preparação das juntas.

As instruções dos fabricantes deverão explicar os métodos de aplicação, identificar os produtos acessórios compatíveis e prover informações, tais como a temperatura recomendada para a aplicação, os requisitos de armazenamento e a vida útil do produto. Qualquer conflito entre as especificações e as instruções dos fabricantes deverá ser resolvido antes de se iniciar o trabalho.

- Controle de Qualidade - Antes de abrir os recipientes dos selantes, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar os rótulos, a fim de se assegurar de que foi fornecido o produto apropriado e que este foi aprovado para uso no projeto. Os materiais precisam ser corretamente armazenados;
- Preparo das Juntas - A FISCALIZAÇÃO precisa monitorar o preparo das juntas que receberão o produto de vedação e os métodos de limpeza empregados. Cada junta deverá ser inspecionada antes da colocação de produto para enchimento da junta, materiais de base, primers ou selantes, para poder garantir que a junta está:
 - ▶ isenta de poeira, óleo, detritos e outros contaminantes;
 - ▶ seca;
 - ▶ livre de defeitos que possam prejudicar a aderência ou o contato uniformes, como lascas, agregado solto e matéria estranha incrustada;
 - ▶ de largura uniforme, de acordo com as especificações;
 - ▶ a uma temperatura segundo a tolerância definida nas especificações e/ou nas instruções do fabricante (a temperatura do concreto deverá ser tomada).
- Na aplicação de primer é preciso verificar se:
 - ▶ está sendo utilizada a primer adequada;
 - ▶ qualquer excesso de primer é escovado, para impedir a formação de poças;
 - ▶ a primer está sendo aplicada em película uniforme, sobre todas as superfícies da junta;
 - ▶ está-se deixando secar a primer durante o tempo requerido.
- Quando é utilizado produto para enchimento de juntas ou material de base, é necessário verificar se:
 - ▶ está sendo comprimido cerca de 50% ao longo de todo o comprimento da junta (válido apenas para o material de base);
 - ▶ foi colocado na profundidade apropriada;
 - ▶ não está sendo torcido ou esticado;
 - ▶ não está contaminando as superfícies limpas da junta.

Caso alguma dessas normas de preparo das juntas não esteja sendo cumprida, a FISCALIZAÇÃO precisa discutir o problema com a EMPREITEIRA, a fim de encontrar uma solução para o problema, antes de reiniciar o serviço.

6.8.6.2 Durante a Instalação

Durante a instalação, a FISCALIZAÇÃO deverá monitorar as operações de mistura, aquecimento e aplicação, a fim de garantir o atendimento das condições relacionadas a seguir:

- Aquecimento e Mistura
 - ▶ deverá ser utilizado equipamento de aquecimento e/ou mistura apropriado ao tipo e à quantidade de produto a ser aplicado.
 - ▶ os componentes dos sistemas de duplo componente deverão ser misturados durante todo o período especificado.

- ▶ a temperatura dos selantes de aplicação a quente deverá ser mantida dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante.
- ▶ os selantes que possuam vida com condições de trabalho limitada deverão ser misturados em bateladas suficientemente pequenas para serem utilizadas dentro desse período.
- ▶ os selantes misturados deverão conter a dosagem correta de cada componente. (Os métodos para verificar as proporções são descritos a seguir.)
- Aplicação
 - ▶ o selante deverá ser aplicado em filete uniforme, sem arraste, rasgadura ou espaços falhos. Se um selante de componente duplo e rápido endurecimento tomar a aparência de corda, o produto estará endurecendo rapidamente e não terá a aderência desejada.
 - ▶ o selante deverá ser colocado até a profundidade especificada.
 - ▶ os selantes indeformáveis deverão ser trabalhados com ferramenta apropriada, até se obter uma aparência lisa e limpa.
- Ensaios de Dosagem - A dosagem dos elastômeros selantes pode ser verificada mediante o enchimento de moldes, de profundidade mínima de 15cm, com o aparelho de extrusão, e a monitoração do tempo necessário ao endurecimento do produto misturado. A taxa de bombeamento do aparelho não deverá exceder a taxa máxima especificada pelo seu fabricante.

Os ensaios de dosagem devem ser efetuados em condições idênticas às de produção do selante em campo. Por exemplo, quando são misturados componentes separados no misturador do bico, o sistema operará sob determinadas condições de contrapressão. É importante que as calibrações sejam realizadas sob as mesmas condições de contrapressão nas linhas de alimentação. De outro modo, os resultados da calibração estarão errados. Se a contrapressão mudar durante a produção, o sistema deverá ser recalibrado, a fim de se ter a garantia de que a dosagem continua correta.

Uma outra técnica de acompanhamento da dosagem da mistura é manter registros precisos do material usado durante o turno. A medição acurada do material utilizado, numa base horária (ou outro período determinado), permitirá o cálculo da dosagem média para aquele período.

6.8.6.3 Depois da Instalação

Após a instalação do produto selante, é necessário inspecionar e efetuar ensaios, para verificar se foram cumpridas as seguintes condições:

- O selante tinha a dosagem adequada e foi bem misturado;
- Não houve formação de espuma, borbulhamento ou bolhas no selante;
- Houve aderência completa ao longo de todo o comprimento da junta.

Qualquer selante que não cure até formar um produto homogêneo, com consistência de borracha, que não consiga aderir às superfícies da junta ou não atenda as outras exigências contidas nas especificações, deverá ser removido. A seguir, a junta será novamente limpa e vedada.

- Ensaio de Dosagem para Selantes de Endurecimento Rápido - Além dos ensaios de dosagem realizados durante a colocação do selante, o seguinte ensaio poderá ser efetuado, após a colocação, a fim de verificar a mistura e a dosagem adequadas dos selantes de endurecimento rápido.

Dez minutos (ou mais, em tempo frio) após a colocação do selante na junta, é pressionada a beirada de uma moeda de encontro à superfície do selante, até uma profundidade igual à metade do seu diâmetro, e solta imediatamente. Um selante corretamente dosado e misturado rejeitará a moeda em alguns segundos, sem aderir a ela.

- Ensaio de Aderência (Teste do Canivete) - Para testar a aderência do selante à superfície do concreto, cortam-se, periodicamente, amostras do selante curado com um canivete, as quais são inspecionadas para verificar a existência de falhas de aderência, bolhas ou defeitos similares.

Faz-se um teste de aderência cortando-se fora uma seção de 7,5cm X 10cm do selante curado da junta. O comportamento do selante quanto à seção puxada permitirá avaliar o grau de aderência, já que um selante de baixa aderência se destaca além da área cortada; o contrário ocorre quando há uma boa aderência. É também possível tentar soltar o selante com o canivete, destacando-o da superfície da junta. Uma boa aderência faz com que o selante se rasgue, ao invés de se soltar da junta.

As áreas dos ensaios deverão ser devidamente reparadas e submetidas à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

- Inspeção Visual e Reparos - As juntas deverão ser inspecionadas a olho nu, a fim de se verificar se estão isentas de fendas, descamação, falhas de aderência, lascas ou rachaduras.

As pequenas fendas e os pontos moles ou duros nos selantes em geral podem ser reparados com o próprio selante. Se a falha for substancial, o selante deverá ser removido, a junta, limpa novamente e o selante, substituído. A causa dos defeitos deverá ser determinada, a fim de evitar sua repetição.

6.9 Geomembranas e Geotêxteis
6.9.1 Geomembranas
6.9.1.1 Objetivo e Função

As geomembranas são mantas impermeáveis de plástico ou de elastômeros, finas e duráveis, cuja espessura varia de 0,5 a 2,5mm. São utilizadas para controlar infiltrações nos canais de irrigação e nos reservatórios, especialmente em áreas impróprias para revestimentos de concreto ou de solo compactado. A geomembrana é sobreposta à sub-base preparada e depois coberta com uma camada protetora de solo (vide [Figura 6.11](#)). Devido à cobertura de solo, a velocidade do fluxo fica limitada a valores de 0,3 a 1 m/s, nos canais revestidos com geomembranas.

Os revestimentos de plástico têm sido utilizados na reabilitação de canais velhos e deteriorados, assim como em construções novas.

6.9.1.2 Tipos de Geomembrana

As geomembranas mais freqüentemente utilizadas são:

- PVC (cloreto polivinílico), principalmente utilizado no controle de infiltrações em canais;
- CPE (polietileno clorinado);
- CSPE (polietileno clorossulfonado), também denominado Hypalon, que é marca registrada da empresa DuPont;
- HDPE (polietileno de alta densidade);
- HDPE-A (liga de polietileno de alta densidade);
- PE (poliéster).

Existem também geomembranas de elastômeros, fabricadas com neoprene, butil e produtos de borracha de EPDM, mas são mais dispendiosas do que as geomembranas plásticas, e são menos utilizadas.

PVC, CPE e CSPE são manufaturados em rolos e depois transformados, na fábrica, em grandes mantas de até 21 metros de largura e algumas centenas de metros de comprimento, por meio de métodos apropriados de selagem a quente ou química. As especificações deverão determinar a aprovação do material em formato de rolo, antes da sua transformação em grandes mantas.

Em geral, os revestimentos de CPE e CSPE são manufaturados com tela reforçadora, em geral poliéster, a fim de melhorar sua resistência ao rasgo e à tração e sua estabilidade dimensional (resistência ao encolhimento).

Os produtos de HDPE são produzidos em rolos de até 10 metros de largura e 244 metros de comprimento. Os rolos são enviados diretamente ao canteiro de obras, onde são costurados a quente nas dimensões necessárias de membrana impermeável. As especificações deverão determinar a aprovação do material antes de seu envio ao canteiro de obras.

A decisão de usar produtos de PVC ou de polietileno deverá ser tomada com base nas condições locais e nas exigências do serviço que deverão prestar. O PVC é mais resistente à perfuração, comumente encontrado em grandes mantas e mais facilmente reparado e emendado em campo. O PE possui propriedades mais adequadas a baixas temperaturas e características de envelhecimento mais favoráveis do que o PVC, mas é mais difícil de manusear.

O PVC é utilizado principalmente no revestimento de canais, enquanto as outras geomembranas discutidas neste item são mais usadas em lagoas e reservatórios.

6.9.2 Geotêxteis

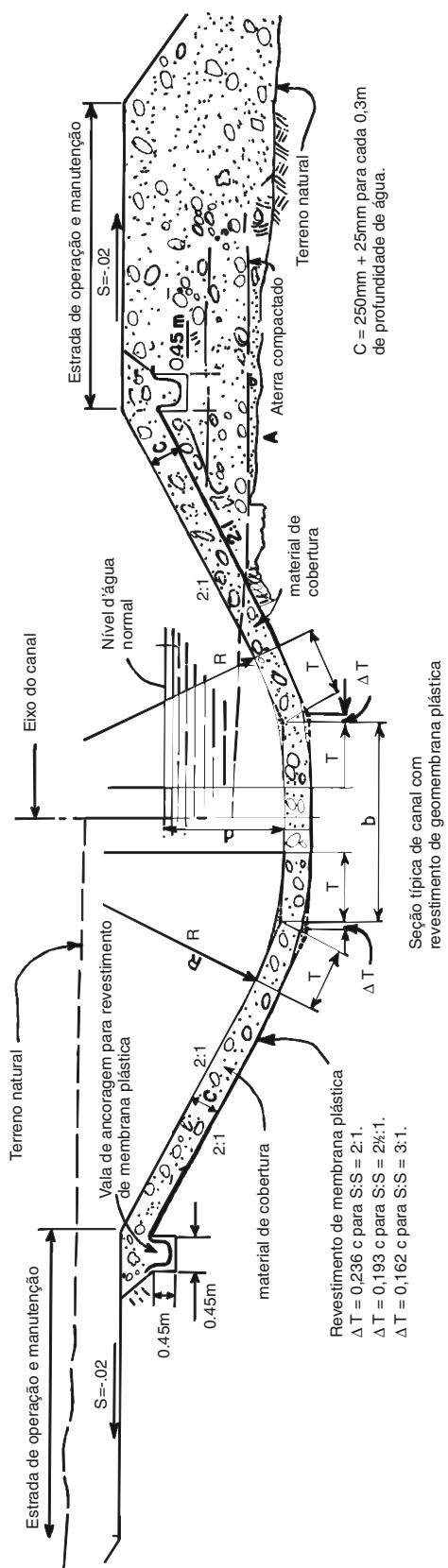
6.9.2.1 Objetivo e Função

Os geotêxteis são também denominados telas filtrantes, mantas plásticas de filtragem, telas geotécnicas e telas sintéticas. São predominantemente manufaturados com filamentos de polipropileno ou de poliéster.

A estrutura dos geotêxteis pode ser tecida, não-tecida ou resultar de uma combinação de ambas.

Os geotêxteis desempenham quatro funções básicas: separação, reforço, drenagem e filtragem.

- Separação - Os geotêxteis podem ser utilizados para separar dois materiais de construção diferentes, como solo e partículas de rocha, duas granulometrias de cascalho, ou uma sub-base e um revestimento impermeável numa lagoa. Quando utilizados como simples separadores, um tipo de geotêxtil não-tecido menos dispendioso poderá ser selecionado, uma vez que a resistência não é a maior prioridade.
- Reforço - Os geotêxteis, tecidos ou não tecidos, podem ser utilizados como elemento de reforço em solos de baixa resistência, de maneira a distribuir as cargas sobre uma área maior. Um exemplo seria a construção de estradas acima de sub-bases moles.
- Drenagem - Quando os geotêxteis são utilizados para drenagem, agem como filtros e canalizadores de água para longe de uma determinada área, ao longo do plano do próprio geotêxtil. Neste uso, é preferível um geotêxtil não tecido, relativamente



Notas: A graduação, o tipo e a espessura do material de cobertura dependem das forças de tração e das velocidades na seção, e do tipo de material disponível na área ΔWP a diferença entre $2T'$ e o comprimento da arca. Para obter o perímetro molhado de uma seção subtrair "2 Δ WP" do perímetro molhado para uma seção trapezoidal com largura "b". "A" é a área do filete. Para obter a área da seção, subtrair 2A da área de uma seção trapezoidal com largura "b".

b	T	$\frac{S:S}{\Delta WP} = 2:1, R = 4.23608T$	$\frac{S:S}{\Delta WP} = 2 \frac{1}{2}:1, R = 5.19259T$	$S:S = 3:1, R = 6.16226T$
		$A = .00425 R^2$	$A = .00466R, A = .00233R^2$	$\Delta WP = .00280R, A = .00140R^2$
1.2	0.30	1.27	0.021	0.014
1.5	0.45	1.91	0.032	0.031
2.0	0.65	2.75	0.047	0.056
2.5	0.85	3.60	0.061	0.110
3.0	1.05	4.45	0.076	0.172
3.5	1.25	5.30	0.090	0.239
4.0	1.40	5.93	0.101	0.296
4.5	1.55	6.57	0.112	0.367
5.0	1.70	7.20	0.122	0.411
5.5	1.85	7.84	0.133	0.552
6.0	1.95	8.26	0.140	0.580
7.0	2.20	9.32	0.158	0.738
8.0	2.40	10.17	0.173	0.879
9.0	2.60	11.01	0.187	1.030
10.0	2.80	11.86	0.202	1.196
11.0	2.95	12.50	0.213	1.328
12.0	3.10	13.13	0.223	1.465
13.0	3.30	13.98	0.238	1.661
14.0	3.45	14.61	0.248	1.814
15.0	3.60	15.25	0.259	1.977
16.0	3.75	15.86	0.270	2.138
				1.56
				0.015
				0.011
				1.85
				0.010
				0.016
				2.77
				0.022
				4.00
				0.053
				0.041
				0.080
				5.24
				0.131
				6.47
				0.036
				1.17
				1.56
				0.043
				7.70
				0.048
				8.63
				0.053
				10.50
				0.059
				11.40
				0.064
				0.364
				12.02
				0.067
				0.404
				13.56
				0.076
				0.515
				0.255
				0.302
				1.479
				0.083
				0.612
				19.10
				0.107
				0.102
				18.18
				0.097
				20.33
				0.114
				0.124
				1.119
				0.124
				1.377
				22.18
				0.124
				0.129
				23.11
				0.129

Figura 6.11 Seção de Canal com Revestimento de Geomembrana Plástica

- espesso. Os geotêxteis são utilizados na drenagem em torno das paredes das fundações de edificações, atrás de paredes de contenção e ao longo de estradas (trincheiras e colchões drenantes);
- Filtragem - Os geotêxteis podem agir como filtros, deixando passar o fluxo de água enquanto retêm as partículas finas de solo. Os filtros com geotêxteis são muito utilizados para rodear envelopes de cascalho de drenos.

6.9.3 Armazenamento e Manuseio dos Materiais

6.9.3.1 Aceitação

As especificações das geomembranas e dos geotêxteis deverão definir as exigências relativas aos ensaios e à aprovação dos produtos na fábrica. Não poderá ser aceito para armazenamento no canteiro de obras qualquer material que não tenha sido devidamente testado e aprovado. Os danos ao produto durante seu transporte deverão ser reparados pela EMPREITEIRA, ou o produto será rejeitado.

6.9.3.2 Armazenamento

A maioria das geomembranas e dos geotêxteis são fabricados em rolos, no sentido do comprimento, e despachados sobre paletas de madeira. A EMPREITEIRA deverá armazenar corretamente os materiais e protegê-los de exposição à luz ultravioleta, ao calor e a outros elementos prejudiciais. O calor excessivo ou a exposição à luz solar podem degradar a superfície dos materiais, o que poderá causar problemas nas costuras em campo. Os materiais deverão ser mantidos em caixas de papelão, cobertos com plástico branco, ou de outra forma armazenados, longe da luz solar direta. Recomendam-se medidas de segurança, a fim de evitar roubo e/ou vandalismo.

6.9.3.3 Manuseio

Os revestimentos de geomembrana devem ser cuidadosamente manuseados. Para evitar danos acidentais ao plástico, não deverão ser utilizadas facas para abrir as embalagens. As operações de carga e descarga serão efetuadas de modo a evitar rasgadura ou perfuração do material. À medida que o revestimento for desenrolado e colocado sobre a sub-base, deverá ser evitado o acesso à área. Quando necessário, deverá ser feito com cuidado e preferencialmente com calçados de borracha. O equipamento de construção não deverá ser operado diretamente sobre o revestimento. As especificações deverão definir a profundidade mínima da cobertura de solo para operação das máquinas.

6.9.3.4 Reparos

Danos ao material, como furos, rasgaduras ou costuras de fábrica abertas, deverão ser reparados pela EMPREITEIRA. Colar-se-ão remendos do mesmo material, na espessura especificada e com cantos arredondados, sobre o local a ser reparado, na forma especificada pelo fabricante da geomembrana. Se o rolo de fábrica da geomembrana estiver muito danificado, deverá ser rejeitado.

6.9.4 Instalação de Revestimentos de Canais

6.9.4.1 Escavação

A escavação deverá ser efetuada de acordo com as linhas e as cotas indicadas nos desenhos. Em geral, a escavação é realizada até uma profundidade mínima de 30cm abaixo do fundo do canal, de modo a permitir a colocação de uma cobertura protetora de solo sobre o material de revestimento.

Os taludes laterais deverão ser suficientemente planos para garantir a permanência do material de cobertura sobre os taludes, quando o canal estiver em operação. O declive

correto dos taludes laterais dependerá do tipo de material de cobertura de terra utilizado, embora normalmente não ultrapasse 2,5:1.

6.9.4.2 Preparação da Sub-Base

A sub-base deverá ser firme, razoavelmente uniforme e lisa e isenta de irregularidades abruptas e de material saliente, como pedras, raízes, detritos ou outros objetos que possam rasgar ou furar o revestimento.

Após a escavação do canal, a sub-base deverá sofrer duas ou mais passagens de equipamento para regularizar o sub-leito, eliminando qualquer saliência existente. Esta operação poderá ser feita com correntes grandes, seções velhas das sapatas de tratores de esteiras, ou outro equipamento similar.

Se o crescimento de mato for problemático, as especificações deverão determinar o tratamento da sub-base com herbicida adequado.

6.9.4.3 Colocação do Revestimento

- Desdobramento dos Painéis - O revestimento de PVC é, normalmente, fornecido para cobrir toda a largura do canal, incluindo as bermas ou valas de ancoragem, na parte superior dos taludes laterais. Os painéis enrolados ou dobrados são fornecidos sobre paletas de madeira, o que facilita seu manuseio com empilhadeira ou carregadores frontais modificados. Os painéis individuais podem pesar até 1.800kg.

Além dos painéis enrolados, são fornecidos, também, painéis dobrados, nas duas direções, em formato de acordeão. As embalagens e os painéis deverão ser marcados pelo fabricante, com instruções de como desdobrá-los. A embalagem deverá ser cuidadosamente removida e as paletas inspecionadas, para se verificar a existência de qualquer saliência que possa danificar o material.

A instalação deverá iniciar-se na extremidade à jusante do trecho do canal que está sendo revestido. Para unir o revestimento às estruturas de concreto, utilizar-se-á um adesivo vinil-concreto para o PVC, de maneira a colar as duas extremidades do revestimento à superfície de concreto. As superfícies horizontais de concreto deverão possuir acabamento liso. As formas utilizadas nas superfícies verticais deverão ser construídas correta e profissionalmente, nas dimensões e no alinhamento requeridos, sem aparentes desvios ou abaulamentos. As superfícies de concreto deverão ser muito bem limpas com escova metálica, antes da aplicação do adesivo.

- Colocação - Os painéis deverão ser desenrolados ou desdobrados e posicionados de modo a cobrir toda a largura do canal. À medida que cada painel for posicionado, os operários, situados ao longo das beiradas (a cada cinco metros), deverão sacudi-las para cima e para baixo, de modo a manter o ar embaixo do revestimento. Isso permite que se movimente o plástico, sem danificá-lo. Para deslocar grandes painéis, sem que a beirada do revestimento se estique, será preciso enrolar as beiradas em torno de barras de madeira, que podem ser utilizadas como puxadores, para evitar que a geomembrana seja esticada.

O plástico precisa estar folgado, para que o peso da cobertura protetora de solo não provoque tensões inadequadas no material. Entretanto, evitar-se-á que o material fique excessivamente frioso (com, por exemplo, com dobras e pregas profundas).

No caso de revestimento de canal de PVC, as seções de painéis adjacentes deverão sobrepor-se aproximadamente um metro (ou conforme indicado nas especificações), com o painel à jusante colocado sobre o fundo, em primeiro lugar, e os painéis à montante

daquele, se sobrepondo, como se fossem telhas. Em geral, não é necessário vedar o revestimento, uma vez que o peso da cobertura protetora de solo e a tendência do PVC de grudar a si mesmo constituem suficiente vedação.

- Curvas - Na instalação de geomembranas em curvas, o material em excesso, ao longo da parte interna da curva, deve ser dobrado em várias pregas pequenas, no sentido à jusante, de modo a se evitarem cortes no material para acompanhar a curva.
- Ancoragem - Assim que um dos painéis estiver posicionado, será necessário ancorá-lo temporariamente ao longo da beirada, por meio de sacos de areia, pneus velhos ou uma fileira de solo, a fim de evitar movimento indesejável do material enquanto não estiver coberto com proteção de solo. A ancoragem final é realizada enterrando-se as beiradas superiores do revestimento nas bermas ou valas de ancoragem, na parte superior dos taludes laterais. Devem-se evitar dias de vento para instalar o revestimento, uma vez que as rajadas de vento poderão dificultar o serviço.
- Reparos - Antes de lançar a cobertura protetora de solo, é preciso inspecionar cuidadosamente toda a superfície do revestimento, para verificar se ocorreram danos, como furos pequenos, rasgos e costuras de fábrica abertas, a fim de repará-los. Os reparos serão efetuados por meio de remendos do material de revestimento colados sobre o defeito, com a cola solvente recomendada pelo fabricante do revestimento. O remendo deverá sobrepor-se à área danificada em, pelo menos, 15cm, em todos os lados. As instruções do fabricante deverão ser fielmente obedecidas.

6.9.4.4 Cobertura Protetora de Solo

Após a instalação e a aceitação do revestimento de geomembrana, será colocado o material de cobertura, para protegê-lo das intempéries, dos animais, de vandalismo e de danos mecânicos causados durante as operações de limpeza do canal. As especificações deverão indicar o tipo de material a ser utilizado, sua granulometria e sua origem.

O diâmetro dos grãos de areia e cascalho utilizados como cobertura de proteção não pode ser superior a 13mm. A areia e o cascalho devem estar isentos de mato, raízes e de qualquer matéria orgânica e indesejável. Em geral, exige-se uma espessura mínima da cobertura de 30cm.

- Lançamento - A maneira de lançar o material da cobertura de proteção deverá ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO. Esse material não deverá ser despejado de altura superior a 50cm, a fim de não se danificar o material de revestimento.
- Seqüência - O fundo do canal deverá ser recoberto em primeiro lugar. A seguir, serão cobertos os taludes laterais, de baixo para cima. Esta seqüência das operações de cobertura do material de revestimento do canal ajudam a impedir que o revestimento seja deslocado ou rasgado.
- Acabamento - O material de cobertura precisa ser acabado até atingir uma espessura uniforme e lisa. Poderá ser utilizado o arrastamento de correntes leves ou outro método apropriado e aprovado pela FISCALIZAÇÃO. O arrastamento funciona melhor se feito antes de o material da cobertura se assentar.

6.9.5 Instalação de Revestimentos de Reservatórios

6.9.5.1 Escavação

A escavação deverá ser efetuada nas linhas e nas cotas indicadas nos desenhos.

6.9.5.2 Preparação da Sub-Base

A sub-base deverá estar isenta de pedras, raízes, detritos ou de qualquer objeto que possa furar ou rasgar a geomembrana. Deverá ser compactada, de modo a formar uma

plataforma firme e sem recalque, para o material de revestimento. Em geral, as sub-bases aterradas são constituídas por uma série de camadas compactadas, enquanto as sub-bases escavadas só são compactadas na sua superfície. Se a sub-base contiver grande quantidade de cascalho e pedras roladas, poderá ser necessário colocar uma camada de solo, sem pedras (tamanho máximo de 25mm), sobre a sub-base escavada.

Em geral, especifica-se o grau mínimo de compactação da sub-base.

6.9.5.3 Colocação do Revestimento

- Desdobramento - As geomembranas também são transportadas paletizadas até o local do reservatório, em painéis dobrados em duas direções, ou dobrados e enrolados. Os painéis deverão ser desdobrados de acordo com as instruções do fabricante e colocados frouxos sobre o piso do reservatório. Os painéis deverão sobrepor-se em, pelo menos, 15cm;
- Ancoragem - Após posicionar corretamente os painéis, com as beiradas superiores bem dentro das valas de ancoragem, colocar-se-ão pesos temporários ao longo das beiradas, para evitar a ação do vento. Os painéis adjacentes deverão ser costurados em campo antes da sua colocação nas valas, e a vala de ancoragem deverá ser subsequentemente reaterrada. É preciso que a operação de reaterro seja acompanhada com cuidado, de modo que a geomembrana não seja danificada;
- Costuras de Campo - As costuras de campo deverão ser efetuadas por operários qualificados e de acordo com as instruções do fabricante da geomembrana. Dependendo do tipo de material, utilizar-se-á soldagem química ou térmica para selar as costuras entre painéis adjacentes;
- Soldagem Química - As geomembranas de PVC, CPE e CSPE são costuradas por soldagem química. As superfícies adjacentes deverão ser bem limpas, untadas com cola solvente e unidas pressionando-as com um rolo. A cola dissolverá as superfícies das peças que estão sendo unidas. Quando o material dissolvido endurecer, as peças estarão fundidas.

Em geral, as costuras de campo devem começar no centro de um painel e continuar até cada extremidade da costura, a fim de minimizar as dobras que poderiam ocorrer se a costura se iniciasse numa ou noutra extremidade. As colas solventes devem ser mantidas longe de fontes de calor, e os operários precisarão proteger a pele e os olhos. Se as colas solventes forem utilizadas em áreas em que a ventilação natural não dispersar os vapores do produto, poderá ser necessário usar ventilação artificial.

- Soldagem Térmica - Os revestimentos de HDPE e HDPE-A são soldados termicamente com equipamento especial. As costuras de campo típicas em HDPE, dos tipos A, B e C, são ilustradas na [Figura 6.12](#). Para os tipos A e B, as duas superfícies do revestimento são pré-aquecidas, e o equipamento aplica um filete de HDPE quente entre as duas superfícies. Aplica-se pressão à costura, na parte de trás do equipamento de aquecimento. O equipamento é autopropelido e se desloca no ritmo estabelecido pelo operário. Para se conseguir uma boa solda, é indispensável um operário qualificado.

No tipo C, a costura é efetuada passando-se uma cunha metálica quente (algumas vezes denominada faca quente) entre as superfícies de contato, imediatamente seguida por pressão, a fim de se obter ligação homogênea. Os espaços vazios entre as duas áreas coladas precisam ser testados com ar, para verificar a integridade da costura.

As especificações deverão exigir um teste de solda, a ser executado e aprovado diariamente, antes de se iniciarem as operações de solda.

O número de painéis colocados, num só dia, não deverá ultrapassar a capacidade de costura. Caso o tempo piore durante a noite, esse limite assegura que não ficarão painéis não-costurados sem ancoragem sobre a sub-base.

6.9.5.4 Cobertura Protetora de Solo

Após a instalação e a aprovação da geomembrana, colocar-se-á uma cobertura protetora de solo, de acordo com as especificações. A cobertura de solo sobre os taludes laterais deverá ser posta de baixo para cima. Em geral, a compactação da cobertura de solo é conseguida por meio da passagem normal do equipamento. A cobertura de solo deverá ser lançada assim que possível. Até ser coberta, a geomembrana estará exposta à intempérie, assim como a danos causados por animais ou pessoas.

Deverão ser utilizados métodos e equipamento aprovados, a fim de garantir que a geomembrana não será danificada durante o lançamento da cobertura de solo. As especificações deverão indicar a profundidade mínima da cobertura, debaixo do equipamento em operação. Se preciso, serão definidos limites de velocidade e de raio de viragem para as máquinas de terraplenagem, de modo a evitar danos ao revestimento.

6.9.6 Instalação dos Geotêxteis

A instalação dos geotêxteis é muito similar à das geomembranas. O material é entregue no canteiro de obras em rolos de 3 a 4 metros de largura e até 100 metros de comprimento. O material deverá ser armazenado ao resguardo da intempérie, de roubos e de vandalismo e exposição a raios ultravioleta.

Os geotêxteis deverão ser colocados conforme indicado nos desenhos do projeto. Serão alisados, sem tração, dobras ou pregas. Rolos adjacentes deverão ser sobrepostos na largura determinada. O geotêxtil deverá ser costurado com ponto duplo, quando recomendado pelo fabricante ou indicado nas especificações.

É preciso cuidado na colocação da cobertura protetora de solo, de modo a se assegurar de que o geotêxtil não foi danificado. Em geral, as especificações exigem que o geotêxtil seja coberto até sete dias após sua colocação.

6.9.7 Inspeção e Teste

Antes da instalação das geomembranas e dos geotêxteis, será preciso verificar se todas as especificações estão sendo rigorosamente obedecidas, quanto à aprovação dos materiais, seu armazenamento e manuseio, assim como em relação às operações de escavação e de preparo da sub-base. Durante a instalação, a FISCALIZAÇÃO deverá acompanhar o posicionamento do material, a ausência de tensão no revestimento, a detecção e o reparo de defeitos, a proteção do revestimento e a execução das costuras de campo (nos reservatórios). Após a instalação, é necessário realizar as inspeções e os testes das costuras prontas, inclusive dos reparos e da colocação da cobertura protetora.

Para assegurar a integridade dos revestimentos dos reservatórios, as costuras de campo deverão ser testadas por meio de uma lança de ar ou uma caixa de vácuo.

- Teste com Lança de Ar - Este teste é efetuado passando-se uma lança de ar ao longo da beirada da costura e procurando-se evidência de bolhas de ar ou de ligação imperfeita. Deverão ser aplicados, pelo menos, 425kPa, que serão dirigidos à costura por um bico de 5mm, afastado apenas 5cm da beirada da costura, a um ângulo de 30 a 45 graus da horizontal. Cada defeito deverá ser marcado, para posterior reparo, e todos os reparos deverão ser testados novamente. O teste com lança de ar é mostrado na [Figura 6.13](#).

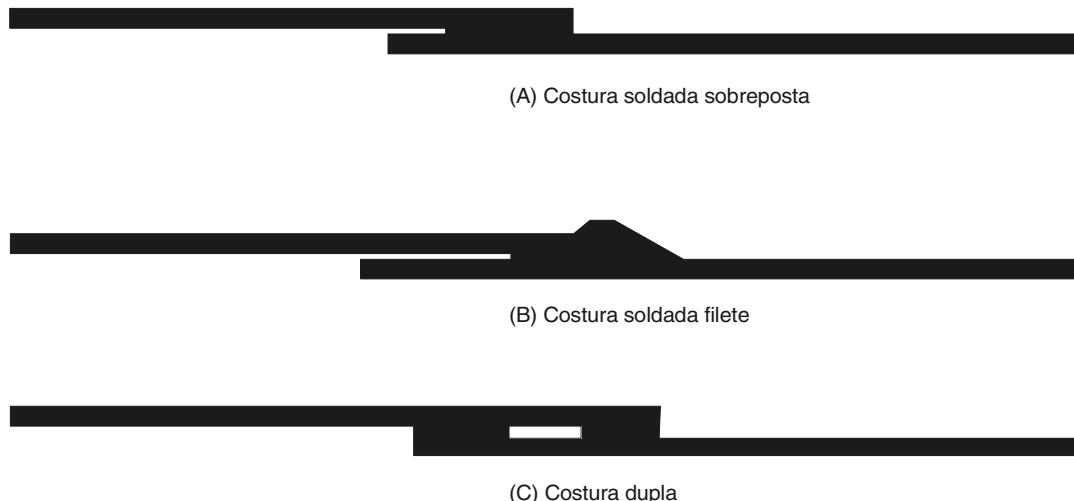


Figura 6.12 Costuras de Campo em Polietileno de Alta Densidade

- Teste com Caixa de Vácuo - Este teste é realizado aplicando-se vácuo a uma seção ensaboada da costura. O vácuo é aplicado por meio de uma caixa de vácuo equipada com um medidor de vácuo, um visor de vidro na parte superior, e uma gaxeta de borracha mole em torno da abertura no fundo da caixa.

Depois de ensaboar bem a seção da costura, a caixa será colocada sobre a seção, e a gaxeta de borracha, sobre o revestimento. A seguir, aplicar-se-á um vácuo de 100 a 200mm de mercúrio à caixa, por meio de uma bomba elétrica ou a gasolina. O vácuo aplicado provocará a formação de bolhas de ar em qualquer área que não tenha sido eficazmente ligada. Tais áreas deverão ser marcadas para reparo.

As especificações podem determinar a fabricação de amostras de costuras fabricadas em campo e/ou de amostras aleatórias das costuras. As primeiras deverão ser preparadas a partir de pedaços separados do material de revestimento, de 30 X 60cm, a intervalos predeterminados (por exemplo, a cada 300 metros), utilizando os mesmos métodos e materiais usados para costurar os painéis. Essas amostras proverão uma indicação da qualidade dos procedimentos utilizados nas costuras, à medida que os serviços se desenvolvarem.

As amostras aleatórias serão colhidas a critério da FISCALIZAÇÃO, no material de revestimento costurado, em lugares escolhidos aleatoriamente. Os furos resultantes deverão ser reparados pela EMPREITEIRA, que deverá utilizar os mesmos métodos especificados para as costuras de campo.

As amostras deverão ser identificadas quanto à hora, à data e ao número do painel, e deverão ser submetidas aos testes indicados nas especificações.

Deverão ser mantidos registros detalhados diários de todos os testes, observações, inspeções, contatos com a EMPREITEIRA, condições atmosféricas, eventos incomuns, progresso diário total e qualquer outra informação que possa ser valiosa em termos da administração do contrato.

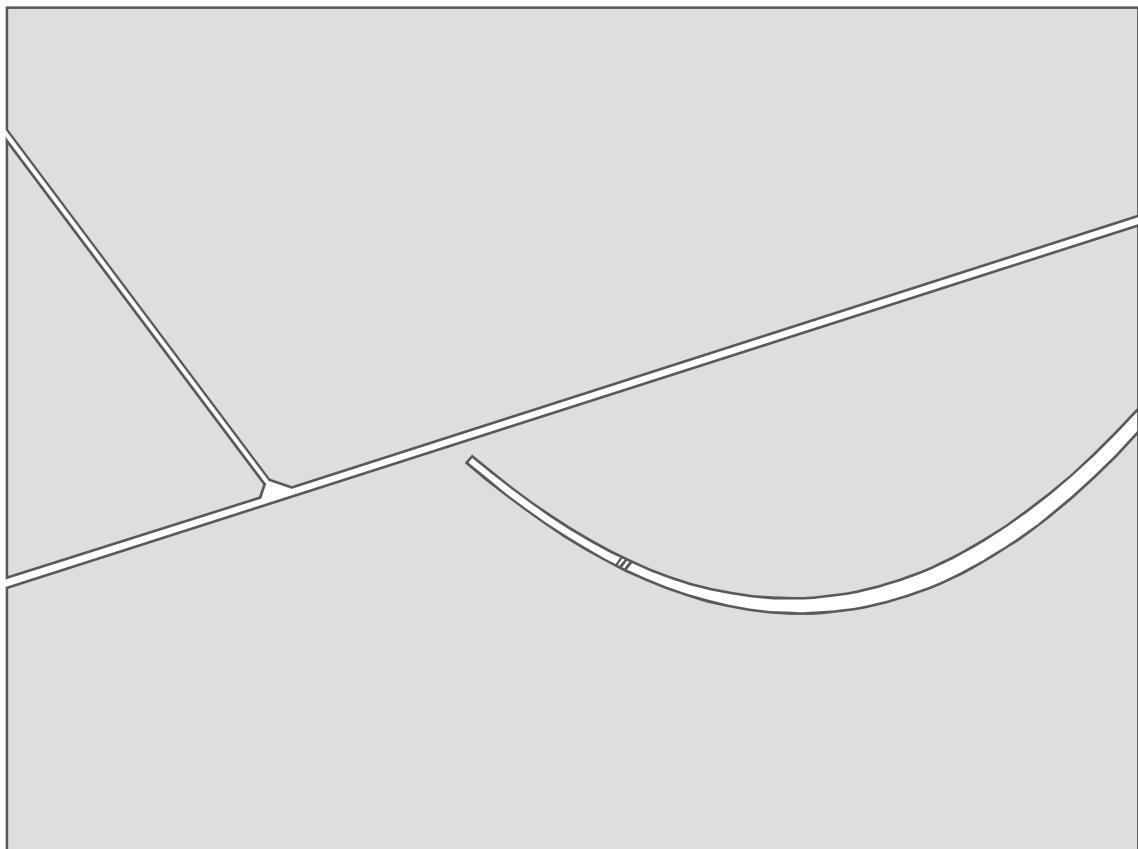


Figura 6.13 Teste com Lança de Ar



TUBULAÇÕES

7.1 Introdução

Este capítulo descreve os diversos tipos de tubos utilizados em um projeto e os procedimentos adotados para seu assentamento. Estes procedimentos incluem a verificação das condições de campo, antes do assentamento dos tubos, e a inspeção da instalação da tubulação e dos bueiros.

Este capítulo aborda:

- Tipos de Tubo e sua Classificação;
- Preparativos;
- Escavações;
- Fundações dos Tubos;
- Instalação dos Tubos;
- Acessórios e Peças Especiais;
- Enchimento e Teste da Tubulação.

No Brasil, as tubulações são classificadas em três categorias, dependendo da sua função:

- Adutoras de recalque das estações de bombeamento, que transportam a água da estação de bombeamento até um reservatório ou canal terminal, num ponto mais elevado;
- Tubulações do sistema de distribuição, que transportam a água da estação de bombeamento, do canal ou do reservatório até a tomada individual de cada irrigante;
- Tubulações “on-farm” nos lotes irrigados, que consistem de tubos instalados dentro dos limites dos lotes irrigados e que levam a água desde o sistema de distribuição até o ponto de irrigação das culturas.

7.2 Tipos de Tubos e sua Classificação Geral

Quando um contrato de fornecimento de tubos e acessórios é adjudicado, estabelece-se o tipo ou tipos, de tubos a serem instalados num determinado projeto de irrigação. A instalação dos tubos poderá ser realizada pela EMPREITEIRA responsável pelas obras de construção civil ou, sob um contrato específico, por uma EMPREITEIRA especializada na instalação do tipo de tubo fornecido. Quando existir um contrato separado para a instalação dos tubos, a FISCALIZAÇÃO precisará assegurar-se de que há uma perfeita coordenação entre as duas EMPREITEIRAS, no que diz respeito às obras comuns a ambos os contratos. Outras atividades, como operação de carga e descarga, movimentação do pessoal e do equipamento, etc., também precisam ser coordenadas, a fim de se minimizar a interferência das atividades de cada EMPREITEIRA.

7.2.2 Tipos de Tubos

7.2.2.1 Tubos de Concreto

São usados em bueiros e linhas de baixa pressão dos sistemas de distribuição.

- Diâmetro: 400mm até 2.000mm;
- Classe de pressão: o tubo não tem capacidade para trabalhar sob pressão; entretanto, o tubo e a junta são testados hidrostaticamente, na fábrica, à pressão interna de 100kPa;
- Normas: ABNT NBR 8890.

7.2.2.2 Tubos de Fibrocimento

Consistem de uma mistura de cimento Portland e fibras de amianto. Em geral, são utilizados nos sistemas de distribuição da água de irrigação e nas linhas laterais enterradas dos sistemas nos lotes irrigados.

- Diâmetro: 50mm até 500mm;
- Classe de pressão: 100 m.c.a. até 150 m.c.a. (m.c.a. = metros de coluna de água);
- Normas: ABNT NBR 8057 e 8058;
- Observações: O corte e a usinagem incorreta deste tipo de tubo, no campo, podem representar um perigo para os operários, pela aspiração do amianto, que é uma substância cancerígena. Durante as operações de corte e de usinagem, desaconselha-se o uso de serras elétricas e de outros equipamentos que produzam partículas em suspensão no ar. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que limalhas, aparas e outros resíduos de fibrocimento serão recolhidos, de forma a não causarem risco à saúde.

7.2.2.3 Tubos de PVC

Em geral, os tubos de PVC são utilizados nas tubulações dos sistemas “on-farm” nos lotes irrigados, tanto nas linhas laterais enterradas quanto nas linhas móveis. Podem ser usados, também, nas linhas de distribuição em que as especificações de diâmetro e pressão o permitam. Os tubos de PVC são fabricados em duas séries, conforme descrito a seguir. As duas séries têm diversos diâmetros, e o uso de ambas num mesmo sistema de irrigação só pode ocorrer mediante a utilização de adaptadores, que são encontrados no comércio, especialmente projetados para conectar os tubos de uma série com os tubos de outra série.

- Tubos Rígidos de PVC para Adutoras e Redes de Água
 - ▶ Diâmetro: 35mm até 300mm;
 - ▶ Classe de pressão: 40 m.c.a. até 125 m.c.a.;
 - ▶ Normas: ABNT NBR 5647.
- Tubos Rígidos de PVC - DEFOFO
 - ▶ Diâmetro: 100mm até 300mm;
 - ▶ Classe de pressão: 100 m.c.a.;
 - ▶ Normas: ABNT NBR 7665;
 - ▶ Observações: A linha DEFOFO de tubos de PVC tem as mesmas dimensões dos tubos de ferro dúctil; portanto, os tubos e os acessórios destes dois tipos de materiais são intercambiáveis.

7.2.2.4 Tubos de Aço

Os tubos de aço podem ser fabricados em, praticamente, qualquer tamanho e para qualquer classe de pressão; entretanto, os tubos de diâmetros superiores a 2.500mm não são produtos de fabricação normal no Brasil. Os tubos de aço são utilizados nas adutoras das centrais de bombeamento, nas tubulações de distribuição e nas tubulações “on-farm” dos sistemas nos lotes irrigados, tanto nas linhas enterradas como nas móveis. Os tubos podem ser revestidos, interna e externamente, com argamassa de cimento, esmalte coaltar ou epóxi coaltar. Na fabricação dos tubos de aço são atendidas as normas de AWWA e ASTM, assim como as normas da ABNT.

7.2.2.5 Tubos de Ferro Dúctil

Os tubos de ferro dúctil são utilizados nas adutoras das estações de bombeamento, nas tubulações de adução e de distribuição e, ocasionalmente, nas linhas laterais enterradas das tubulações “on-farm” dos sistemas nos lotes irrigados.

- Diâmetro: 50mm até 1.200mm;
- Classe de pressão: 180 m.c.a. até 400 m.c.a., conforme o diâmetro; além disso, existe uma série especial de classe de pressão, 100 m.c.a., com diâmetros de 75mm até 300mm;
- Normas: ABNT NBR 7663 e 8318.

7.2.3 Classificação dos Tubos

7.2.3.1 Geral

Os tubos são classificados como rígidos ou flexíveis. Os tubos de aço, de qualquer diâmetro, e os tubos de ferro dúctil, com diâmetro igual ou superior a 600mm, são classificados como flexíveis e podem ser, até certo ponto, fletidos sem danos estruturais à parede do tubo. Os tubos são classificados como rígidos e sofrem danos estruturais se fletidos significativamente.

Os tubos rígidos e os flexíveis reagem de modo diverso às cargas do reaterro e às condições de assentamento; é preciso, portanto, tomar cuidado na sua instalação, a fim de assegurar seu funcionamento adequado.

7.2.3.2 Tubos Rígidos

Tubos rígidos são projetados para transmitir as cargas do reaterro, através da parede dos tubos até as fundações. A resistência à carga é máxima quando o tubo é sujeito a uma carga uniforme distribuída ao redor do tubo, semelhante a uma pressão hidráulica externa. A resistência à carga é mínima quando o tubo é sujeito a um esforço na geratriz superior e a consequente reação na geratriz inferior. Se houver um ângulo de assentamento de 90 graus centígrados ou mais, firmemente apoiado no solo, o tubo suportará cargas bem maiores, sejam cargas móveis, sejam cargas estáticas, comparadas com a resistência, se estivesse apoiado em uma superfície dura e lisa não adaptada ao fundo do tubo. Para se conseguir um apoio firme na forma do tubo, além do fundo que precisa estar bem compactada, o reaterro e/ou leito também deverá estar bem compactado, envolvendo o tubo. A fundação e o reaterro não podem conter vazios.

7.2.3.3 Tubos Flexíveis

Tubos flexíveis podem suportar uma certa deflexão (diminuição do diâmetro vertical, aumento do diâmetro horizontal) sem que ocorram danos estruturais à parede do tubo.

As cargas do reaterro aplicadas ao tubo são transmitidas ao solo pelos dois lados do tubo, ao invés de verticalmente através da parede do tubo para o fundo da vala. A parte superior do tubo, portanto, age como um arco que está sendo comprimido. Se se impedir que os lados do tubo se movimentem lateralmente, impedir-se-á a parte de cima do tubo de se movimentar para baixo.

O apoio lateral do tubo precisa ser suficientemente compactado para manter o tubo no lugar. Se houver solo solto, o tubo poderá defletir-se em excesso. Para impedir isso, o solo nos lados e abaixo do tubo precisa estar bem compactado, envolvendo o tubo, e não pode conter vazios.

7.3 **Preparativos**

7.3.1 **Geral**

A FISCALIZAÇÃO deverá estar bem familiarizada com as especificações relativas ao fornecimento e à instalação dos tubos, a fim de realizar inspeções apropriadas na recepção dos tubos, assim como durante a sua instalação. Ao receber os tubos, os acessórios, as unidades especiais e os complementos, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os testes de fábrica foram efetuados e se os resultados e/ou os certificados dos testes exigidos nas especificações estão sendo apresentados.

7.3.2 **Desenhos**

7.3.2.1 **Desenhos de Leiaute**

O FORNECEDOR dos tubos ou a EMPREITEIRA deverá fornecer os desenhos de leiaute indicando a localização dos tubos especiais. Quaisquer peças diferentes, como tubos mais curtos, adaptadores, redutores, curvas, derivações em "T" e derivações em "Y", são consideradas "especiais".

Os desenhos de leiaute também deverão indicar a classe de pressão dos tubos, ocorrendo mudanças de classe de pressão, conforme indicado nos desenhos de planta e cortes.

Um desenho de leiaute bem preparado é uma ferramenta valiosa, pois permite que a FISCALIZAÇÃO verifique, durante o andamento da obra, as peças "especiais" e suas localizações.

O leiaute também serve como desenho "as built" após o término da obra.

Além disso, a EMPREITEIRA deverá submeter à aprovação os desenhos de fabricação dos acessórios. A FISCALIZAÇÃO utilizará os desenhos aprovados na verificação da instalação dos tubos.

Cada peça "especial" deverá estar claramente marcada com o número correspondente nos desenhos de leiaute. Esses números ajudam a determinar a localização exata da peça "especial" a ser instalada. Os tubos padrão também poderão ter números, conforme especificado.

7.3.2.2 **Desenhos das Plantas e Perfis**

Estes desenhos estão incluídos nas especificações das adutoras da estação de bombeamento e das linhas primárias e, algumas vezes, das linhas secundárias, terciárias, etc. dos sistemas de distribuição. Estes desenhos fornecem as seguintes informações:

- Cotas e coordenadas ou afastamentos dos tubos que serão assentados;
- Informações geológicas relativas às condições do solo em áreas determinadas;
- Localização dos acessórios, como válvulas de isolamento, poços de visita, válvulas de drenagem e ventosas.

7.3.3 Inspeção dos Tubos

Os tubos entregues no canteiro de obras deverão ter sido testados, inspecionados ou certificados na fábrica. Em cada unidade estarão marcados claramente:

- Diâmetro;
- Classe de pressão;
- Data de fabricação;
- Nome ou marca do fabricante.

A FISCALIZAÇÃO deverá comparar os dados incluídos no documento de transporte de cada remessa com as listas de materiais das plantas de projeto, assim como com os desenhos de leiaute, para assegurar-se de que os tubos fornecidos são os corretos.

Além de verificar as informações impressas nos tubos, a FISCALIZAÇÃO deverá examinar cuidadosamente a ranhura do anel, a ponta e a bolsa de cada tubo e a peça “especial”, com o intuito de constatar quaisquer irregularidades ou defeitos. Os tubos defeituosos deverão ser marcados para reparo ou rejeição. Os tubos reparados deverão atender às especificações. Os tubos com as pontas ou as bolsas muito danificadas deverão ser rejeitados.

Os tubos de aço deverão ter algum tipo de revestimento protetor contra corrosão, interna e externa. Em geral, os revestimentos são aplicados na fábrica dos tubos; portanto, os tubos entregues no canteiro de obras deverão ser examinados cuidadosamente, a fim de se verificar se o revestimento está em perfeitas condições. Qualquer dano que exponha o metal deverá ser adequadamente reparado e aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

As especificações deverão ser atentamente revisadas para se determinar a parte responsável pelos reparos e/ou substituição dos tubos defeituosos. Reparos e substituições não poderão acarretar ônus ao CLIENTE.

7.3.4 Descarregamento dos Tubos

Na fábrica, cada remessa de tubos deverá ser carregada, travada e fixada de maneira a evitar qualquer dano durante o transporte.

Os tubos que forem danificados durante a entrega ou a descarga deverão ser deixados de lado. Alguns tipos de tubo podem ser reparados, se o dano for pequeno. As especificações relativas à instalação das tubulações e dos acessórios deverão conter critérios de reparo, que deverão ser obedecidos. Os tubos danificados deverão estar claramente marcados, para se garantir a execução dos reparos necessários.

Os tubos leves de pequeno diâmetro podem ser manuseados sem auxílio de equipamento mecânico. Os tubos mais pesados deverão ser descarregados por meio de dispositivos de levantamento. Deverão ser içados em posição horizontal e manuseados de modo a evitar danos às pontas e às bolsas. Os tubos nunca deverão sofrer quedas.

As eslingas de içamento deverão ser de material adequado, que não danifique o revestimento exterior dos tubos. Recomenda-se o uso de eslingas de pano. Não poderão ser utilizadas correntes içadoras. As eslingas de cabo de aço deverão ser recobertas com material adequado, a fim de evitar danos ao revestimento dos tubos.

Se os tubos precisarem ser mudados de lugar após serem descarregados, as unidades só poderão ser roladas ou içadas, nunca arrastadas. A Figura 7.1 mostra o método correto de se levantarem os tubos.

Os dispositivos de levantamento projetados para passar através do tubo não poderão tocar nas superfícies de união das pontas e das bolsas.

Independentemente do método utilizado no manuseio dos tubos, a EMPREITEIRA deverá tomar as devidas precauções para evitar danos aos tubos e para se assegurar de que estão sendo manuseados com segurança.

Quando os tubos são colocados ao longo da vala aberta, isto deverá ser feito no lado oposto do material escavado. Deverão ser protegidos do tráfego e do equipamento de construção, mas colocados bem perto da beirada da vala, a fim de minimizar seu manuseio. Se a vala ainda não tiver sido aberta, os tubos deverão ser colocados no lado oposto àquele em que o material escavado será depositado.

7.3.5

Armazenamento dos Tubos

Os tubos deverão ser armazenados o mais perto possível do local onde serão instalados.

Os tubos deverão ser sustentados pelo cano, para evitar que as pontas e as bolsas toquem no chão ou entre si (vide [Figura 7.2](#)). Se os tubos forem empilhados, a pilhas não deverão ultrapassar dois metros, e eles deverão ser travados, de modo que não rolem ou caiam.

Os tubos de aço, com diâmetro igual ou superior a 600mm, deverão ter um contraventamento interno instalado na fábrica. Deverão ser armazenados com o contraventamento na direção vertical e horizontal.

A FISCALIZAÇÃO deverá fazer uma nova inspeção nos tubos, após serem descarregados e armazenados. Esta inspeção deverá ser realizada em conjunto com a EMPREITEIRA, a fim de que esta fique ciente dos reparos necessários. Se o revestimento interno ou externo do tubo for danificado durante o manuseio ou ao serem feitos outros reparos, esses danos também precisarão ser reparados. A FISCALIZAÇÃO deverá documentar todos os reparos.

7.3.6

Armazenamento de Outros Materiais

Os anéis de borracha não cimentados aos tubos, incluindo os produtos de lubrificação das juntas, deverão ser armazenados em local fresco e seco. Os anéis de borracha precisam ser mantidos limpos, sem contato com óleo, graxa ou calor excessivo, e protegidos dos raios do sol.

7.4

7.4.1

Escavação

Geral

Na instalação de tubulações e bueiros, o trabalho de escavação, em geral, inclui a abertura de valas e túneis, a estabilização dos solos e o controle do lençol freático e do escoamento superficial. Em qualquer trabalho de escavação, é fundamental conhecer as condições do subsolo.

Em geral, são efetuados levantamentos topográficos e sondagens para uso no projeto. Os dados obtidos nesses estudos deverão ser incluídos nos desenhos e nas especificações e colocados à disposição da EMPREITEIRA. As informações relativas às sondagens são úteis na avaliação das condições do solo e que poderão exigir o uso de métodos especiais de construção.

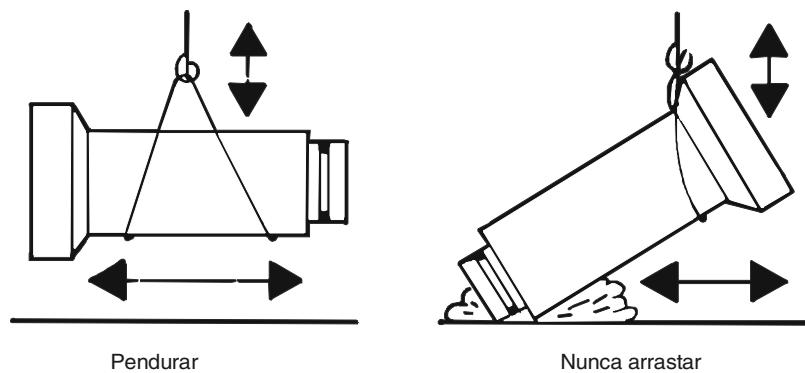


Figura 7.1 Método de Levantamento

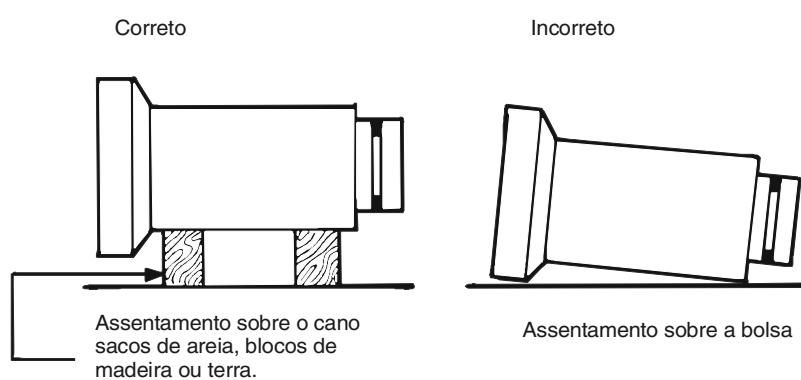


Figura 7.2 Método de Assentamento

7.4.2 Equipamentos de Escavação

Existem diversos tipos de equipamentos de escavação. A seleção e o uso do equipamento mais adequado para cada serviço depende de:

- Tipos e quantidades de material a ser escavado;
- Profundidade e largura da escavação;
- Limitações dimensionais estabelecidas nos desenhos;
- Dimensões dos tubos;
- Espaço operacional;
- Método de reaterro.

7.4.3 Linhas e Cotas

Para assegurar o assentamento correto dos tubos, devem ser estabelecidas linhas e cotas de assentamento no fundo da vala. Em geral, são estabelecidos pontos de controle do levantamento topográfico na superfície do terreno, recuados uma certa distância da linha de centro proposta, transferindo-se, então, o controle do levantamento para o fundo da vala escavada.

Em geral, usa-se um teodolito, um nível ou equipamento de laser. As linhas e as cotas deverão ser verificadas à medida que cada tubo for assentado.

Quando os tubos são instalados por meio de macacos ou pelo método de tunelamento, é necessário estabelecer um ponto de referência preciso no fundo do poço onde será instalado o macaco ou desenvolvido o trabalho. Desta forma, pode-se obter um controle adequado dos alinhamentos horizontal e vertical, mediante o uso de um teodolito ou de um equipamento de laser.

O laser hélio-néon de baixa potência utilizado na construção civil não é considerado instrumento perigoso. Entretanto, uma pessoa que deliberadamente fite um laser de 1-3 miliwatts de potência durante tempo demasiado poderá ter a visão afetada (equivalente a fitar o sol ou um arco voltaico, diretamente).

No estabelecimento das linhas e das cotas para os bueiros instalados próximo ao nível do terreno original, em geral estabelecem-se pontos de controle dos bueiros, durante o levantamento topográfico. As estacas são colocadas ao longo da linha de bueiros, por meio de um nivelador manual ou teodolito. Se o aterro for formado primeiro e, depois, a vala for escavada, é possível utilizarem-se os mesmos procedimentos de controle do levantamento discutidos anteriormente. As linhas e as cotas deverão ser verificadas após o assentamento de cada tubo.

7.4.4 Material Escavado

Deverá ser depositado e mantido afastado pelo menos um metro da beirada da escavação, a uma distância adequada e que impeça sobrecargas perigosas na parede da escavação.

Na escavação de rocha, todos os fragmentos soltos de rocha deverão ser removidos das paredes da vala.

7.4.5 Linhas dos Serviços Públicos

Durante a escavação, a FISCALIZAÇÃO deverá registrar a ocorrência de quaisquer linhas enterradas dos serviços públicos. Estes registros deverão incluir as dimensões da linha, o tipo do serviço público, a data e a hora em que a linha foi encontrada e a duração

do período de interrupção do serviço (se tiver havido interrupção). Se houver danos à linha, incluir-se-á informação acerca de quem fez os reparos e do método de reparo utilizado.

7.4.6 Estabilização das Valas

Em geral, as paredes das valas são escavadas num talude estável, em função do ângulo de repouso das partículas do solo. Em alguns casos, isso não é possível, devido à profundidade da escavação ou às limitações decorrentes do espaço de trabalho. Nesses casos, as paredes da vala poderão ser escavadas verticalmente, utilizando-se escoramento tipo aberto ou fechado, a fim de estabilizar as paredes. As especificações estruturais e do escoramento dependerão de fatores, como:

- Profundidade e largura da escavação;
- Características do solo;
- Teor de umidade do solo;
- Proximidade de outras estruturas;
- Vibrações resultantes de equipamentos de construção e/ou tráfego;
- Colocação do material escavado e/ou outras sobrecargas.

Um engenheiro qualificado deverá projetar um sistema adequado de escoramento. A EMPREITEIRA deverá submeter os procedimentos a serem utilizados na estabilização das valas à FISCALIZAÇÃO, para aprovação.

A remoção da escora, após a colocação e a compactação do material de assentamento da tubulação, poderá amalgar o material de assentamento, o que poderá resultar em contato reduzido ou em falta de contato entre o material de assentamento e as paredes da vala. Portanto, a escora deverá ser removida por etapas, à medida que o reaterro for sendo colocado. O material de assentamento deverá ser bem compactado, de maneira a preencher os espaços vazios criados durante a remoção do forro.

7.4.7 Cronograma da Escavação

Em geral, a escavação, a instalação dos tubos e o reaterro deverão ser efetuados um após os outros, em especial nas áreas povoadas. Evitando-se trechos longos de vala aberta, será possível:

- Diminuir a quantidade de equipamento necessário;
- Reduzir a deterioração do trabalho terminado;
- Evitar a inundação da vala por escoamento superficial ou subterrâneo;
- Reduzir a necessidade de controle das águas subterrâneas;
- Minimizar a interferência nos serviços públicos;
- Simplificar a manutenção do tráfego de veículos;
- Reduzir os problemas de segurança;
- Permitir maior supervisão e inspeção da obra;
- Diminuir o impacto ambiental;
- Ajudar no esforço de relações públicas.

7.4.8 Controle das Águas

O controle das águas superficiais e subterrâneas é indispensável para que:

- A vala permaneça seca enquanto está sendo escavada e durante o assentamento dos tubos;
- O material de assentamento possa ser depositado e compactado adequadamente;
- As juntas dos tubos possam ser mantidas limpas antes da sua ligação.

A segurança e a estabilidade das paredes das valas também são fundamentais. Quando molhadas, as paredes têm maior tendência a deslizar ou desmoronar dentro da vala.

As condições das águas subterrâneas deverão ser analisadas nas etapas iniciais do projeto. Poderão ser necessários testes de sondagem, para se determinar a profundidade do lençol freático, a quantidade de água e a direção do fluxo. Se for previsto atingir as águas subterrâneas durante a obra, os dados obtidos nas investigações de campo deverão ser incluídos nos desenhos e nas especificações.

7.5

7.5.1 Solo de Assentamento Geral

Com poucas exceções, a maioria dos tipos de tubo, rígidos ou flexíveis, cisa de algum tipo de apoio. O solo de assentamento transmite cargas e esforços do tubo ao solo natural, no fundo e nas paredes da vala. Assim, é necessário que o solo natural possa resistir a tais cargas e esforços.

O material de assentamento colocado embaixo e ao redor dos tubos subterrâneos deverá ser apropriado e deverá estar em contato firme e contínuo com o tubo.

O assentamento dos tubos enterrados é de fundamental importância. Se o material for impróprio, deverá ser removido (sobreescavado) num mínimo de 15cm e substituído com material adequado. Com frequência, é necessário remover e substituir um, dois ou mais metros de material. O novo material que substituirá o antigo deverá ser compactado até a densidade especificada para o material e na largura total da vala.

Dentre os materiais impróprios para o assentamento das tubulações, destacam-se:

- Os materiais potencialmente expansivos, como:
 - ▶ xisto,
 - ▶ siltito,
 - ▶ rocha siltosa,
 - ▶ argilito,
 - ▶ argila altamente plástica, densa e seca;
- Os solos moles, instáveis, como:
 - ▶ solos muito úmidos que escoam para dentro da escavação,
 - ▶ solos de baixa densidade,
 - ▶ turfa ou outra matéria orgânica.

Um solo de assentamento mole e instável poderá resultar num recalque desigual dos tubos. Os solos de baixa densidade estão sujeitos a colapso, quando úmidos. Os solos muito úmidos e instáveis deverão ser removidos e substituídos por material estável que mantenha a declividade e forneça um suporte uniforme dos tubos. A turfa e outros solos orgânicos são muito sensíveis à compressão e, se deixados como solo de assentamento, poderão causar recalque dos tubos.

O material de assentamento que foi amolgado durante a construção também deverá ser compactado no local, ou sobreescavado e substituído por material compactado.

O material escavado da vala da tubulação deverá ser classificado de acordo com o grau de resistência à escavação. Estas classificações constam do Capítulo 4, [subitem 4.2.1](#).

A superfície do fundo da vala sobre a qual a tubulação será assentada deverá ser lisa, reta e uniforme, sem quaisquer pontos altos ou baixos nem partes moles ou duras que possam fazer incidir forças desiguais sobre a tubulação. Se os tubos forem assentados por meio de um guindaste com eslinga(s), deverão ser escavados pequenos vãos no fundo da vala, para facilitar a remoção da(s) eslinga(s) de debaixo dos tubos. Nas juntas dos tubos com bolsas ou luvas, deverão ser escavados amplos recessos, a fim de impedir que as bolsas ou as luvas encostem no fundo da vala. O restante de cada tubo deverá ter apoio uniforme, em todo seu comprimento. A [Figura 7.3](#) apresenta apoios adequados e inadequados.

Quando o material encontrado nas fundações, abaixo da tubulação, for da Segunda ou Terceira Categoria, ou se for considerado impróprio pela FISCALIZAÇÃO, a EMPREITEIRA deverá estender a escavação até uma profundidade mínima de 10cm além da cota especificada, de modo a permitir a colocação de um leito de areia compactada, conforme exigido nas especificações.

7.5.2 Tubos Rígidos

No caso dos tubos rígidos, o material do solo de assentamento constitui elemento da maior importância. Este material deverá ser suficientemente firme e estável para sustentar o peso dos tubos e do equipamento utilizado durante seu assentamento, assim como todas as cargas a que será sujeita a tubulação durante a operação. Qualquer material mole e instável deverá ser removido e substituído por material adequado, até a profundidade necessária à obtenção de assentamentos estáveis.

Quando as cargas resultantes do material de reaterro da vala, o peso da água, o peso dos tubos e quaisquer outras cargas pertinentes são aplicadas ao sistema tubulação-solo, o material de assentamento sob a tubulação desempenha duas funções:

- Oferece um berço de apoio para a tubulação;
- Distribui as cargas e as forças transmitidas pelos tubos sobre uma área específica.

O material de assentamento deverá ser bem compactado e oferecer um apoio firme e completo à tubulação. De outra maneira, a tubulação poderá ser prejudicada pela distribuição desigual das reações. Se o material do leito for bem compactado e estiver em contato com a tubulação apenas em áreas isoladas, poderão ocorrer reações concentradas ou lineares, para as quais, em geral, os tubos não foram projetados.

7.5.3 Tubos Flexíveis

É possível evitar a deflexão excessiva dos tubos flexíveis impedindo que as laterais dos tubos se desloquem. A resistência a este movimento é resultado da combinação do material compactado de assentamento e do solo natural nas paredes da vala. Se as paredes da vala forem sólidas e mais firmes do que o material compactado de assentamento, as forças provenientes das paredes dos tubos, ao se deslocarem para fora, serão transmitidas através do material de assentamento para as paredes da vala e resistidas. Se as paredes da vala forem moles e não resistirem a esse movimento, serão necessárias providências especiais, como sobreescavar ou substituir o material por outro mais adequado e/ou envolver os tubos em concreto, a fim de que não possam se defletir.

7.5.4 Resumo

Com exceção dos tubos de diâmetro pequeno e de alguns casos especiais, todos os tipos de tubo exigem algum apoio do solo em que estão assentados e/ou dos lados da vala, a fim de poderem suportar as cargas aplicadas.

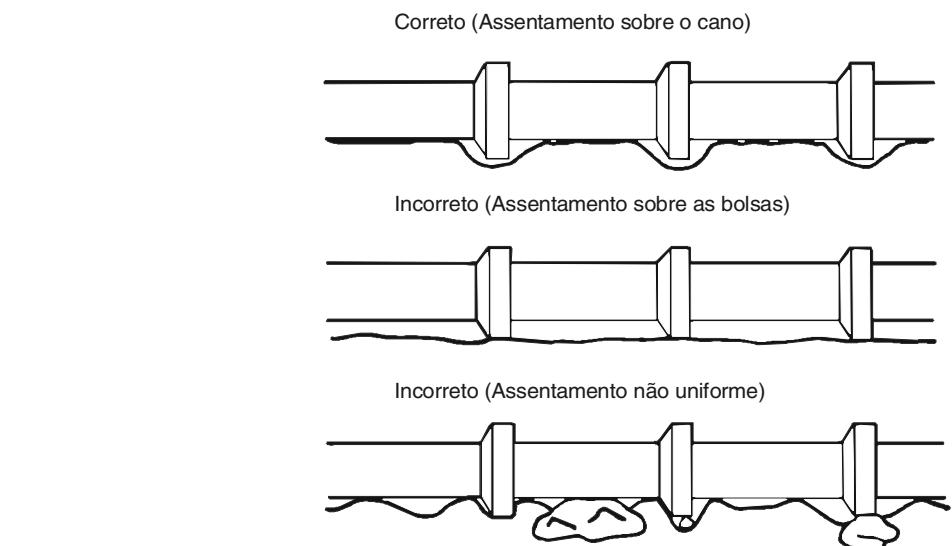


figura 7.3

Assentamento no Fundo da Vala

Utilizar uma barra de aço simples e bloco de madeira que funcionarão como alavanca na bolsa do tubo que está sendo instalado.

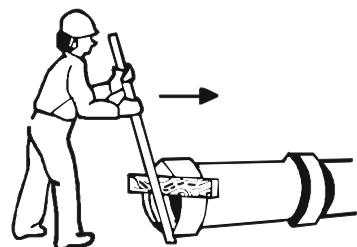


Figura 7.4

Ligações dos Tubos de Diâmetro Menor

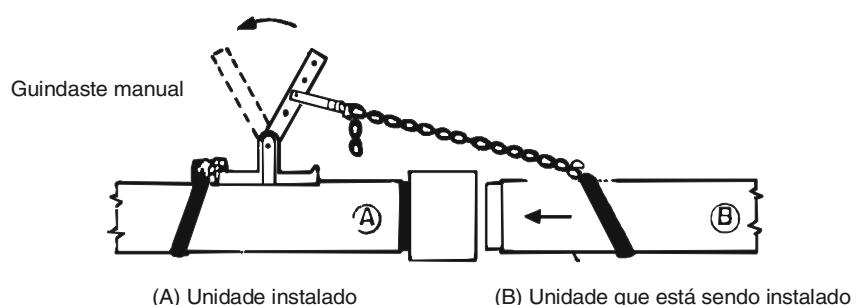


Figura 7.5

Ligações dos Tubos de Diâmetros Maiores

Para obter o apoio necessário, o material de assentamento abaixo e em torno da tubulação, e até 30cm acima da geratriz superior, deverá ser muito bem compactado, com equipamentos ou ferramentas manuais. Exceto quando de outra forma determinado nos desenhos, o restante do reaterro, até a superfície, também deverá ser compactado.

Para se conseguir a resistência requerida, o material de assentamento deverá ser compactado até um mínimo de 97% da massa específica aparente de laboratório (Proctor). O Capítulo 4, item 4.5, apresenta maiores informações.

7.6

7.6.1 Instalação dos Tubos Geral

Antes de serem colocados dentro da vala, os tubos deverão ser limpos de toda sujeira ou detrito e inspecionados, verificando-se se suas extremidades ou seu revestimento sofreram algum dano. Só poderão ser assentados tubos sem defeito ou tubos devidamente reparados e previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Quando as operações de assentamento estiverem paralisadas, as extremidades expostas da tubulação deverão ser fechadas com tampos de madeira, a fim de impedir a entrada de terra, animais ou matéria estranha.

7.6.2 Manuseio dos Tubos

Se os tubos forem demasiado pesados para serem levantados manualmente, utilizar-se-á equipamento convencional de içamento para colocá-los dentro da vala. É comum o uso de eslingas de pano ou cabos de arame recobertos. Também é possível utilizarem-se tenazes de tubo, que têm a vantagem de soltar os tubos rapidamente, sem que haja necessidade de retirar algo debaixo do tubo, como ocorre com outros sistemas.

Os tubos deverão ser arriados vagarosamente, para evitar que suas extremidades ou juntas sofram danos ao bater contra algum objeto. Os cabos de apoio fixados nas extremidades do tubo deverão ser utilizados para controlar os movimentos do tubo enquanto o mesmo está sendo arriado.

7.6.3

7.6.3.1 Montagem dos Tubos Geral

O método utilizado para montar os tubos deverá obedecer às especificações relativas à instalação de tubulações e seus acessórios.

7.6.3.2 Juntas Soldadas

Nos tubos com juntas soldadas, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que estão sendo empregados eletrodos e procedimentos de soldagem corretos. Também deverá verificar se a soldadura está sendo efetuada por soldadores qualificados.

7.6.3.3 Juntas Elásticas

Nas juntas elásticas com anéis de borracha, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as superfícies das juntas e os anéis estão limpos e bem lubrificados. Se o anel tiver qualquer emenda, a emenda deverá ser inspecionada, para se verificar a existência de defeitos de vulcanização ou de ligação das partes. Se a seção transversal do anel não for circular, o anel deverá ser instalado com o lado certo para dentro ou para fora da junta, conforme o caso.

Os tubos de diâmetro menor poderão ser montados conforme indicado na [Figura 7.4](#), utilizando-se uma barra de aço simples que funcionará como alavanca na bolsa do tubo que está sendo instalado. A ponta do tubo que está sendo instalado deverá estar centrada dentro da bolsa do tubo já instalado. Utilizar-se-á um toco adequado de madeira entre a barra e a bolsa do tubo, a fim de prevenir danos à bolsa.

Os tubos de diâmetros maiores deverão ser montados utilizando-se um ou mais guindastes manuais, conforme indicado na [Figura 7.5](#). Durante a montagem, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o anel de borracha permanece na posição correta e de que está sendo mantida a folga necessária entre a ponta e a parte inferior da bolsa. Poderá ser necessário prover apoios temporários sob a ponta, a fim de mantê-la centrada dentro da bolsa, ou manter o tubo suspenso por meio do equipamento de içamento, até que a ponta esteja completamente dentro da bolsa.

Após a ligação da junta, inserir-se-á uma lâmina entre a bolsa e a ponta, tocando no anel. A circunferência completa do tubo, incluindo a parte inferior, deverá ser verificada, de modo a se ter certeza de que o anel foi devidamente colocado em torno do tubo. Isso deverá ser efetuado, em conjunto, por um funcionário da EMPREITEIRA e a FISCALIZAÇÃO.

No pontos em que o tubo estiver ligado a uma estrutura rígida, como um prédio, uma caixa de válvula ou um bloco de ancoragem, o material do assentamento e das fundações do tubo de conexão deverá ser muito bem compactado, de modo a minimizar qualquer recalque diferencial que provoque qualquer dano no tubo na altura da conexão. Se os desenhos mostrarem uma junta na conexão com a estrutura ou perto da mesma, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se a junta fornecida é a indicada, a fim de que haja flexibilidade entre o tubo conector e a estrutura.

No caso de juntas com anel de borracha, as mudanças no declive e no alinhamento deverão ser efetuadas utilizando-se curvas, puxando as juntas dos tubos, ou uma combinação de ambos os métodos. Ao puxar as juntas de um tubo, haverá a abertura de um lado enquanto o outro lado permanece na posição assentada, o que resulta numa deflexão angular entre os dois tubos de até 5 ou 6 graus. O grau de deflexão angular numa determinada junta deverá ser indicado nos desenhos do leiaute. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as juntas que estão sendo puxadas são as apropriadas e se o grau de deflexão angular obtido está correto, sem qualquer excesso, de maneira que a tubulação seja montada no alinhamento e no declive desejados.

Em geral, o projeto geométrico das juntas com anel de borracha prevê um espaço de aproximadamente 1cm entre a extremidade da ponta e o início do alargamento da bolsa. Além disso, a superfície selante contra a qual o anel é comprimido para se obter estanqueidade costuma ser suficientemente longa para permitir uma tolerância de 2, 3 ou mais centímetros na localização da ponta dentro da bolsa.

À medida que os tubos são instalados, se as juntas não forem espaçadas corretamente, acumular-se-á uma perda ou ganho de comprimento, no caso de tubulações longas. Poderá ser necessário, então, cortar um pedaço de tubo ou providenciar um comprimento de tubo de fechamento, a fim de se poderem localizar corretamente quaisquer unidades “especiais” especificadas. Ao se verificar o alinhamento e a declividade dos tubos, à proporção que são instalados, se for constatado um erro de localização e/ou alinhamento, os tubos subsequentes deverão ser instalados com os espaços das juntas ajustados, a fim de retornar ao posicionamento e/ou alinhamento corretos definidos no desenho de leiaute.

7.7 Reaterro dos Tubos

O reaterro deverá estar firme e em bom contato com o tubo, sem quaisquer espaços vazios.

A compactação do solo sob os quartos inferiores do tubo é a parte mais difícil da instalação das tubulações. Esta compactação deverá ser cuidadosamente acompanhada.

Os recessos para as bolsas das tubas bolsa-e-ponta, os vãos para as eslingas utilizadas no assentamento dos tubos de diâmetro maior e os espaços deixados para operações de soldagem e revestimento das juntas de aço dos tubos deverão ser reaterrados e compactados após o assentamento dos tubos. Estes espaços deverão ser reaterrados com material selecionado e compactado, mediante a ação de um cabo de uma pá ou de outra ferramenta adequada.

O material de assentamento deverá ser compactado em toda a largura da vala. O material de assentamento deverá ser colocado até a mesma cota, simultaneamente, em ambos os lados do tubo, a fim de evitar cargas desiguais e o deslocamento do tubo. A diferença nas cotas do material de assentamento em cada lado do tubo nunca deverá exceder 15cm.

Se as valas ficaram abertas nas proximidades das conexões da tubulação com as estruturas, as especificações relativas ao material de assentamento deverão continuar sendo observadas até que haja o encontro com a estrutura.

O reaterro de tubos de aço só poderá ser efetuado após o revestimento externo se for aprovado, pela FISCALIZAÇÃO, inclusive aquele aplicado nas juntas de campo.

O contraventamento interno nos tubos de aço deverá ser mantido até a colocação de um mínimo de 30cm de reaterro acima da geratriz superior do tubo. Será removido antes de se encher a tubulação com água e testá-la, conforme exigido nas especificações. Qualquer dano ao revestimento interno dos tubos resultante da remoção do contraventamento deverá ser reparado, e, posteriormente, o reparo deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

7.8 Ensaios de Densidade

Os ensaios de densidade do material de assentamento de tubulações deverão ser efetuados o mais próximo da tubulação e tão embaixo dos quartos inferiores dos tubos quanto for possível chegar com o equipamento de ensaio. Durante os ensaios, o material imediatamente adjacente à tubulação deverá ser inspecionado visualmente, a fim de se verificar a sua compactação e a ausência de vazios. Quando houver dúvida a respeito da preparação do fundo da vala, será necessário escavar mais, de modo que se tenha a certeza de que não há vazios embaixo da tubulação.

A frequência dos ensaios de densidade aparente deverá constar das especificações.

7.9 Acessórios e Peças Especiais

Os desenhos de leiaute deverão indicar a localização de todos os acessórios, como curvas, derivações em "T", ventosas, válvulas de separação, poços de visita, etc. Na chegada dos acessórios ao canteiro de obras, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se obedecem às especificações, se estão acompanhados de todos os desenhos de fábrica e/ou os certificados dos fabricantes e se foram entregues todos os acessórios exigidos ou indicados nos desenhos de leiaute. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que estão sendo instalados acessórios da classe de pressão correta nos locais indicados nos desenhos de leiaute.

7.10 Juntas Elásticas

Em geral, as juntas utilizadas são as “Dresser” e as “Gibault”. Os dois tipos são similares, salvo no formato e seção transversal dos anéis. Os dois tipos encontram-se ilustrados na [Figura 7.6](#). São utilizados com qualquer tipo de tubo, desde os menores de 100mm de diâmetro até os de diâmetro igual ou superior a 2400mm, sempre que se preveja movimentação pequena nas extremidades (contração-expansão). Conforme indicado nos desenhos, deverão ser fornecidos com tirantes, a fim de impedir a separação dos tubos resultante do movimento longitudinal. Também deverão ser fornecidos anéis de isolamento elétrico, sempre que indicado nos desenhos.

As instruções para a instalação deste tipo de junta deverão ser obtidas junto ao fabricante e fornecidas à EMPREITEIRA.

Este tipo de junta diminui as forças de expansão e contração na tubulação e admite flexibilidade. As juntas são projetadas para acomodar pequenas deflexões angulares (aproximadamente 1,5 graus), mas se ocorrer recalque ou deflexão diferenciais, poderão ocorrer vazamentos.

As extremidades dos tubos a serem concertados deverão estar alinhadas em toda a circunferência da junta. O espaço livre entre o diâmetro interno da luva central e a parede do tubo também é crítico. Em geral, as instruções do fabricante definem as tolerâncias permitidas nos diâmetros ou circunferências das peças e no ovalamento (afastamento da forma circular).

Na montagem de uma junta elástica, os contraflanges deverão estar uniformes em torno do tubo e os parafusos, apertados corretamente.

Os parafusos deverão ser apertados progressivamente, com incrementos de torque, de tal forma que os contraflanges sejam posicionados por igual em torno da circunferência. Antes de começar a apertar os parafusos, poderão ser necessárias cunhas para ajustar os contraflanges em torno dos tubos de grande diâmetro, a fim de garantir um assentamento uniforme.

7.11 Ventosas

Existem três tipos de ventosas:

- Com pequeno orifício - que liberam automaticamente pequenas quantidades de ar preso na tubulação, quando esta se encontra sob pressão;
- Com grande orifício - que liberam grandes quantidades de ar enquanto a tubulação está sendo enchida e permitem a entrada de grandes quantidades de ar quando estão sendo esvaziadas - não liberam ar quando a tubulação está sob pressão;
- Combinadas - que incorporam os dois tipos acima descritos num só corpo, que desempenha as funções de ambos.

A nomenclatura das ventosas é confusa. As válvulas com pequeno orifício são normalmente denominadas válvulas “simples”; as do tipo combinadas são chamadas válvulas de “duplo efeito”, em certas publicações, e de “função tripla”, em outras. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as válvulas instaladas são do tipo e do tamanho correto, conforme determinado nas especificações, e que foram instaladas nos locais indicados nos desenhos.

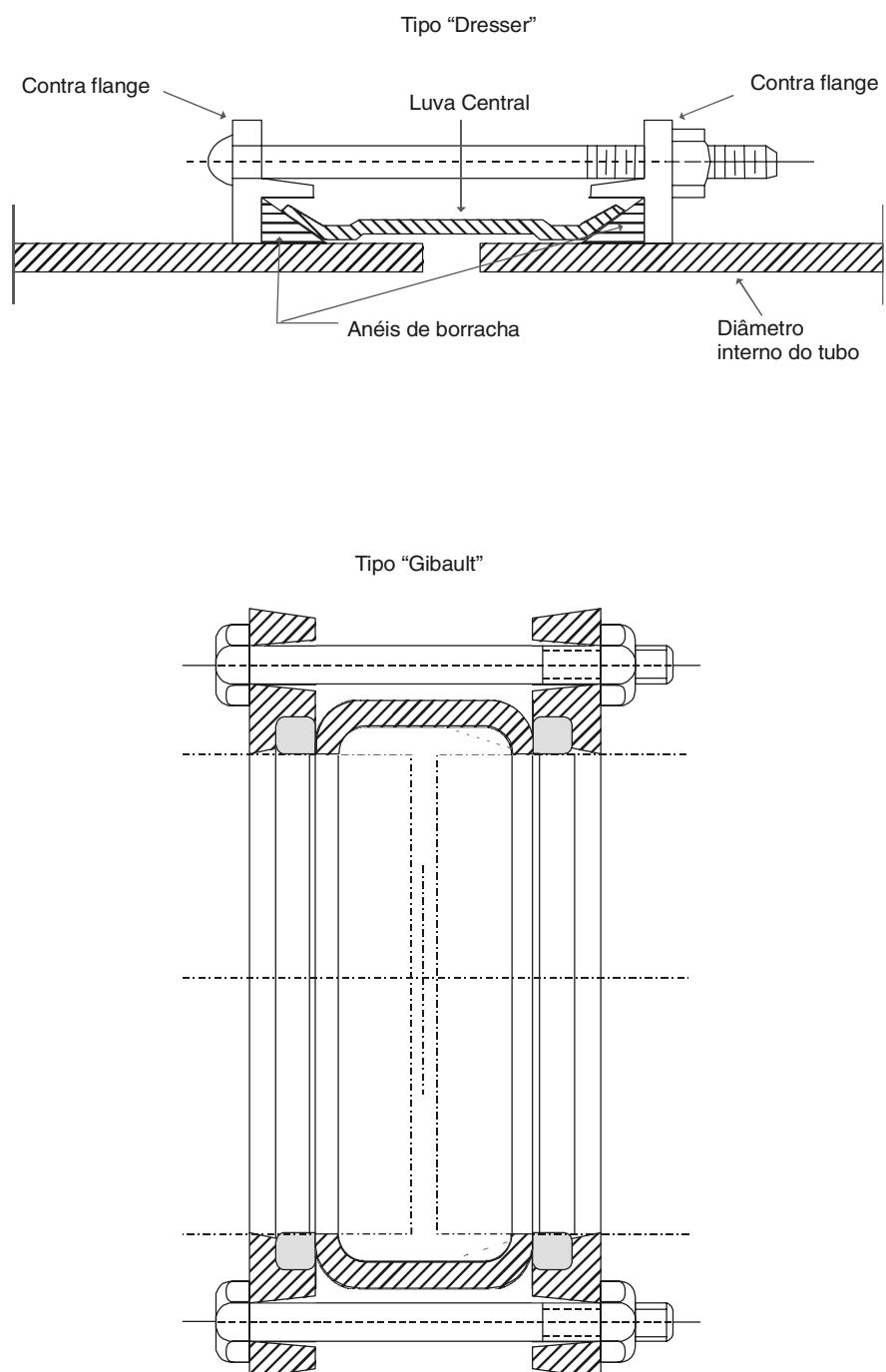


Figura 7.6

Juntas Elásticas Tipo Luva

7.12 Blocos de Ancoragem

Nas tubulações com juntas elásticas, as forças em desequilíbrio resultantes da pressão hidráulica na tubulação tendem a abrir as juntas e/ou deslocam os tubos. Estas forças em desequilíbrio ocorrem nos seguintes locais:

- Instalações de válvulas de isolamento;
- Derivações em "T" e nos cruzamentos;
- Peças de redução;
- Mudanças angulares de direção;
- Extremidades da tubulação.

Nas curvas, o empuxo hidráulico depende do ângulo de curvatura; quanto maior for o ângulo de curvatura, maior será a força. Nas curvas com curvatura igual ou inferior a 5 graus, a força é ainda pequena, suficiente para permitir que o material de solo compactado junto ao tubo na parte externa da curva possa resistir à força e que não haja necessidade de um bloco de ancoragem. Em curvaturas maiores e nos outros locais relacionados anteriormente, deverá ser construído um bloco de ancoragem ou colar, conforme indicado nos desenhos. Quando são instalados tubos com juntas elásticas em declives pronunciados, pode ser necessário construir blocos de ancoragem, a fim de impedir que os tubos deslizem pelo declive. As tubulações de aço soldadas, instaladas na superfície, em geral têm blocos de ancoragem associados a juntas "Dresser" ou "Gibault", de modo a permitir a expansão e a contração da tubulação de acordo com as variações de temperatura.

Nos casos citados acima, os blocos de ancoragem deverão ser construídos conforme indicado nos desenhos e nos locais determinados.

7.13 Proteção Catódica

Os sistemas de proteção catódica são instalados em tubulações de aço ou ferro, para impedir a corrosão do metal devido às correntes elétricas do solo. Esses sistemas dependem da condutividade elétrica ao longo de trechos da tubulação e do isolamento elétrico entre a tubulação e outros pontos do sistema de irrigação. Em alguns casos, deverão ser efetuadas ligações através das juntas elásticas, de um tubo para o próximo, de modo a se obter continuidade elétrica. O isolamento elétrico é obtido por meio de anéis de isolamento entre peças correspondentes. Os parafusos de flange deverão ser instalados com luvas isolantes nos furos das flanges e arruelas isolantes sob as cabeças dos parafusos e sob as porcas. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as instalações foram efetuadas corretamente e assistir à realização dos testes exigidos nas especificações, que determinam continuidade e/ou isolamento.

7.14 Enchimento e Teste

As especificações relativas à instalação de tubulações e dos seus acessórios determinam que a EMPREITEIRA deve desenvolver, em conjunto com o representante do fornecedor dos tubos, um plano detalhado de enchimento e teste da tubulação, a ser submetido à aprovação do CLIENTE. Este plano deverá incluir a descrição do equipamento e os métodos a serem empregados e a vazão de enchimento da tubulação que será testada ou das suas partes. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se a EMPREITEIRA está obedecendo o plano aprovado. Antes de iniciar o enchimento da tubulação, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que todas as ventosas e válvulas correspondentes estão abertas e que as válvulas de drenagem estão fechadas.

A tubulação deverá ser enchida à(s) vazão(ões) definida(s) no plano aprovado de enchimento e teste, vagarosamente, uma vez que, se o enchimento for demasiado rápido, poderão ser geradas pressões de golpe de arête muito altas. A vazão de enchimento

poderá ser verificada mediante cálculo do volume da tubulação entre ventosas sucessivas e monitorando o tempo de chegada da água às ventosas. Para esse fim, também é possível utilizar as tomadas d'água.

Após o enchimento da tubulação ou de parte dela, deverão ser efetuados testes de pressão, conforme definido no plano aprovado. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se foram obedecidas as exigências relativas a testes de pressão que constam das especificações e se o teste teve a duração especificada. Quaisquer vazamentos ou defeitos no sistema deverão ser reparados.



SOLO-CIMENTO

8.1 Geral

O solo-cimento compactado tem sido usado, desde a década de 60, não só para proteger os taludes dos maciços das barragens de terra, como também para outras finalidades, em diversos locais.

Este capítulo trata da utilização do solo-cimento na proteção de aterros, canais e escavações contra a erosão; da terminologia relativa ao solo-cimento; do processo de preparação e lançamento do solo-cimento compactado; e da responsabilidade da FISCALIZAÇÃO em relação ao seu uso.

8.2 Usos do Solo-Cimento

Atualmente são utilizados dois tipos de solo-cimento: argamassa de solo-cimento (“slurry”) e solo-cimento compactado.

A argamassa de solo-cimento (“slurry”) é um solo estabilizado com cimento que consiste de uma mistura de solo e cimento com água suficiente para formar um material com consistência fluida, que escorre facilmente e possa ser bombeado sem que ocorra segregação. Nos Estados Unidos, é utilizado para aplicações especiais, como leitos de tubulações; porém, no Brasil, é pouco utilizado, presumivelmente devido ao custo do cimento. Desta forma, esta aplicação específica não será abordada neste documento.

O solo-cimento compactado é um solo estabilizado com cimento que consiste de uma mistura controlada de solo, cimento e água, compactada até formar uma massa uniforme e densa. É utilizado para sub-bases de estradas e reaterros, revestimento de canais e aterros e como alternativa para camadas de “riprap” na proteção de taludes.

8.3 Critérios de Projeto

8.3.1 Solo

Em geral, os solos disponíveis nos locais das obras poderão ser utilizados na produção de solo-cimento. As areias siltosas com pedregulhos de diâmetros máximos entre 25 e 37 mm, sendo a areia bem graduada, constituem o solo mais adequado e econômico para esta aplicação. As areias siltosas finas podem ser utilizadas, mas exigem maior teor de cimento para produzir solo-cimento de boa qualidade. Os solos muito finos, com grande quantidade de pedregulhos, são difíceis de misturar e de serem lançados adequadamente. Quando utilizados, necessitam cuidados e atenção especiais.

Os solos plásticos não são recomendados, pois tendem a formar núcleos argilosos, que permanecem intactos durante todo o processo de mistura, resultando em uma mistura solo-cimento sem consistência. Esses núcleos são facilmente erodidos do solo-cimento, quando exposto às ações de ondas. Normalmente, as especificações do solo-cimento

limitam o diâmetro máximo dos núcleos argilosos a 25mm, ou limitam o seu volume a menos que 10% do peso úmido da mistura de solo-cimento.

O tipo de cimento utilizado necessita ser especificado e, em geral, será o mesmo utilizado no trabalho de concretagem da obra em questão. Normalmente é utilizada uma proporção de peso de 7 a 14% de cimento em relação ao solo seco, devendo a percentagem exata ser determinada mediante uma série de ensaios padronizados de laboratório, realizados durante a fase de elaboração do projeto.

A localização das áreas de empréstimo, a granulometria do solo e o teor de cimento de cada aplicação de solo-cimento são geralmente indicados nas especificações construtivas.

8.3.2 Teor de Umidade

Um fator que influí na qualidade do solo-cimento é a faixa de variação do teor de umidade em relação ao teor ótimo, determinado pelos ensaios de Compactação de Proctor. Em geral, as maiores resistências da mistura de solo-cimento são obtidas com teor de umidade próximo ao ótimo de compactação. Entretanto, a mistura de solo-cimento ligeiramente mais seca do que no teor ótimo, se torna mais trabalhável. As especificações construtivas determinam a faixa de variação do teor de umidade (em média, especifica-se entre -1% a +1% do teor de umidade ótimo).

8.3.3 Prazos entre a Preparação e a Compactação

Quanto menos tempo transcorrer entre a mistura e a compactação do solo-cimento, maior será sua densidade e melhor sua qualidade. Prazos limites são normalmente definidos para o lançamento e a compactação do solo-cimento.

O prazo total normal é de 90 minutos, desde a mistura até a compactação final. Este prazo pode ser subdividido em fases de 30 minutos de duração, conforme abaixo:

- 30 minutos desde a saída da betoneira até o início da compactação;
- 30 minutos após o término do lançamento até o fim da primeira compactação;
- 30 minutos após o término da primeira compactação até compactação final.

Se qualquer dessas fases for concluída em menos tempo, o tempo total será encurtado. Por exemplo, se o solo-cimento for lançado em 20 minutos, mesmo assim restarão apenas 30 minutos para cada uma das outras duas fases.

8.3.4 Lançamento

Em geral, o solo-cimento é lançado em faixas com 2,5 a 3m de largura e 15 a 30cm de espessura após a compactação (aproximadamente 20 a 23cm de solo-cimento solto representam 15cm de material compactado). A execução das camadas de solo-cimento (lançamento) é feita de maneira a produzir uma faixa protetora com a largura e a espessura exigidas. A espessura, em geral, é medida perpendicularmente à superfície que está sendo protegida.

Existem dois métodos básicos de lançamento: horizontal e paralelo.

- Lançamento Horizontal

Este método é mais comum para a proteção de taludes. Consiste no lançamento do solo-cimento em camadas horizontais dispostas como os degraus de uma escada, talude acima (vide [Figura 8.1](#)). Cada camada é recuada da subsequente, de modo a manter a

espessura perpendicular mínima especificada de solo-cimento. A subsequente erosão das beiradas externas das camadas resultará num padrão de degraus. A experiência tem demonstrado que este padrão tende a limitar a subida das ondas no talude.

- Colocação Paralela

Algumas vezes, o revestimento dos canais é executado em solo-cimento colocado em faixas paralelas ao talude (vide a [Figura 8.2](#)). Nesses casos, o solo-cimento, em geral, não é sujeito a marulhada mais severa, porquanto o formato do canal não permite que se formem ondas maiores.

8.3.5 Ligação das Superfícies

A ligação das faixas sucessivas é o ponto fraco do sistema de proteção de taludes com solo-cimento. Uma vez que cada camada é compactada separadamente, as camadas representam, essencialmente, unidades separadas, empilhadas umas sobre as outras, cada qual com sua beirada exposta e recuada em relação à adjacente.

Recomendam-se dois métodos para melhorar a ligação entre as superfícies das faixas de solo-cimento.

- Escovar a superfície da faixa compactada, para eliminar a superfície lisa compactada e, consequentemente, aumentar a resistência da ligação entre as duas camadas. A utilização de escova mecânica metálica sobre a superfície compactada é o procedimento padrão normalmente adotado nestes casos;
- Aplicar um tratamento de superfície utilizando cimento sobre a camada terminada imediatamente antes do lançamento da camada subsequente para melhorar a ligação entre as superfícies. Este método funciona tanto para a aplicação do cimento seco com um espalhador ajustável, como misturado com água e aplicado como argamassa ("slurry").

8.4

8.4.1

Uniformidade e Teor de Umidade dos Solos Solos de Áreas de Empréstimo

Os solos utilizados na produção de solo-cimento deverão ser obtidos nas áreas de empréstimo indicadas nas especificações técnicas. A FISCALIZAÇÃO deverá exigir que apenas solos adequados sejam transportados à área de dosagem de solo-cimento.

Dentre os materiais utilizados na produção de solo-cimento, deverão ser removidos solos impróprios, como torrões de argila de tamanho excessivo e outras partículas grandes.

8.4.2

Uniformidade

Seria singular encontrar uma área de empréstimo que contivesse solos uniformes e consistentes, pois quase todos os depósitos naturais apresentam variações. Portanto, a EMPREITEIRA deverá prever a mistura dos solos colocados nas pilhas de estoque, a fim de obter a graduação adequada. Isso pode ser conseguido mediante escavação seletiva nas áreas de empréstimo, mistura de solos e/ou combinação de solos de duas ou mais pilhas de estoque.

8.4.3

Teor de Umidade

A mistura de materiais para a produção de solo-cimento é, em geral, mais eficiente quando o solo está relativamente seco (de -5% a -2% de ótimo teor de umidade); em consequência, o solo e o cimento serão misturados antes de acrescentar-se a água. Os

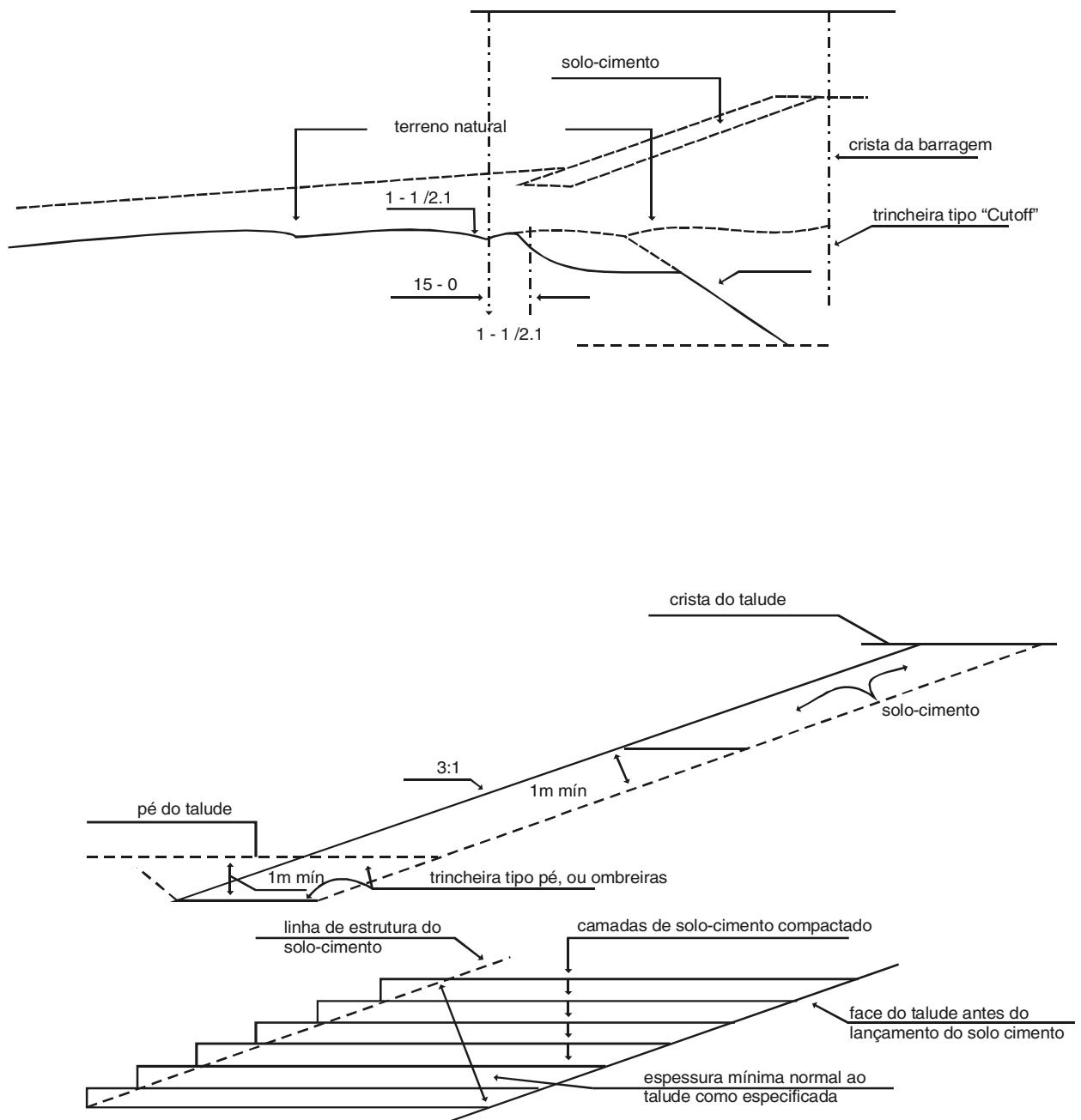


Figura 8.1 Lançamento Horizontal

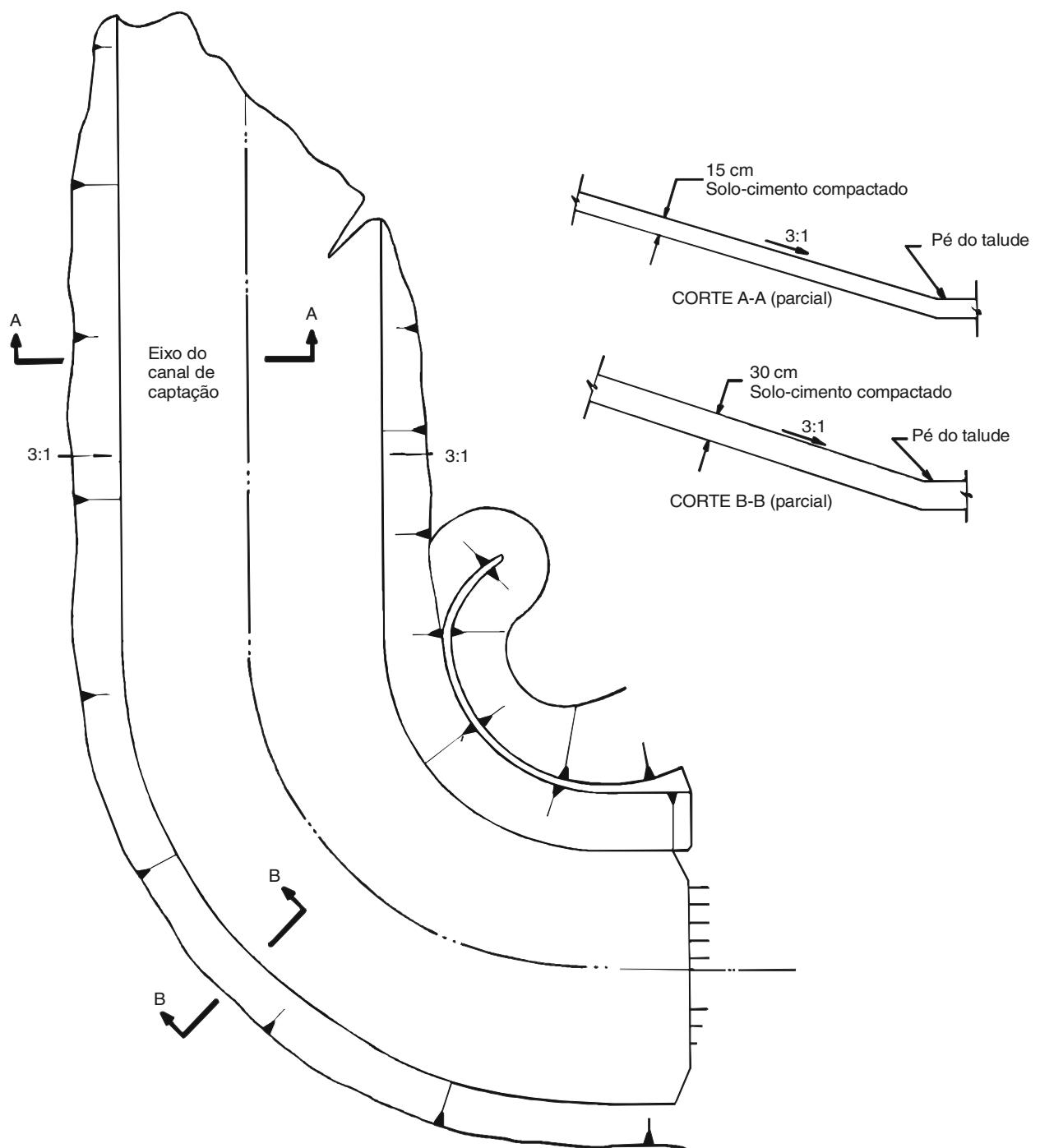


Figura 8.2

Lançamento Paralelo

solos demasiadamente úmidos deverão permanecer nas pilhas de estoque o tempo suficiente para que sequem.

8.5

8.5.1

Dosagem e Mistura do Solo-Cimento

Finalidade da Central Dosadora e de Mistura

A finalidade da central dosadora e misturadora é produzir uma mistura uniforme de solo, cimento e água, em quantidades suficientes para suprir as operações de lançamento de solo-cimento. Este processo exige que a FISCALIZAÇÃO controle constantemente a sua qualidade.

8.5.2

Componentes da Central Dosadora e de Mistura

As especificações para a construção de solo-cimento geralmente exigem que os materiais sejam misturados numa central dosadora estacionária. São permitidas dosagens de fluxo contínuo e individual, mas a central dosadora de fluxo contínuo é mais freqüentemente utilizada. As centrais com dosagem pelo peso são preferíveis, mas, em geral, não são utilizadas. Os componentes de uma central dosadora típica são descritos a seguir.

- Alimentador de Solo - É a parte do sistema que mede e dirige o fluxo de solo para a central.
- Alimentador de Cimento - De modo geral, o cimento é adicionado diretamente no solo, na esteira que leva o solo do sistema de peneiramento ao misturador.
- Misturador - O solo e o cimento são lançados no misturador, constituído por uma "pugmill" de eixo duplo. Os eixos giram em direções opostas, e o solo-cimento é deslocado através do misturador pela inclinação de suas pás. É muito importante que os materiais sejam uniformemente misturados, e este fator deverá ser controlado com o tempo de mistura. As especificações determinarão o período mínimo de mistura.
- Alimentador de Água - A água necessária para alcançar o teor de umidade desejado é fornecida a taxas controladas por um medidor de água. A água é adicionada no final do ciclo de mistura, após o solo e o cimento estarem bem misturados, pois quando a água é adicionada ao cimento ainda não misturado, este último tende a formar bolas que não se desintegram.

A quantidade de água adicionada será determinada com base no teor de umidade do solo, em relação ao teor de umidade desejado para o solo-cimento.

8.6

8.6.1

Calibração da Central Dosadora

Objetivo

Para produzir um solo-cimento consistente, é essencial que o solo, o cimento e a água sejam adequadamente dosados e misturados. Portanto, cada mecanismo alimentador deverá ser calibrado cuidadosamente, a fim de garantir as proporções certas de cada um dos ingredientes do solo-cimento.

A maioria das centrais dosadoras e de mistura pode operar a velocidades variáveis, o que exige que cada parte do sistema seja calibrada para cada uma das velocidades que a EMPREITEIRA pretende usar. Uma vez que qualquer mudança numa das partes do sistema exigirá mudanças nas demais, todas as fases da operação da central dosadora e de mistura deverão ser constantemente monitorizadas, a fim de assegurar a qualidade do produto final.

8.6.2 Função da FISCALIZAÇÃO

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se a EMPREITEIRA coletou os dados necessários, calculou as diversas taxas de alimentação e calibrou a central adequadamente. Exigir-se-ão os seguintes cálculos e ajustes:

- Determinação da taxa de alimentação do solo seco;
- Determinação da taxa de alimentação do cimento necessária;
- Ajuste da alimentação do cimento;
- Determinação da taxa de alimentação da água e ajuste do medidor de água.

As especificações do projeto deverão ditar os parâmetros de precisão requeridos. Em geral, esses parâmetros estabelecem que a tolerância dos dispositivos de mensuração, na central dosadora, não deverá exceder 2%.

Os diversos mecanismos alimentadores deverão ser calibrados no início das operações de construção, e essa calibração deverá ser recheada inúmeras vezes, diariamente.

As calibrações deverão ser registradas e constar do histórico permanente da obra. As condições operacionais também deverão ser anotadas em detalhe, e far-se-ão novas calibrações sempre que algum elemento sofrer alteração.

8.6.3 Taxa de Alimentação de Solo Seco

A taxa de alimentação de solo seco (quilogramas de solo seco por minuto) de uma "batelada" deverá ser determinada, passando apenas solo pela central dosadora, durante um determinado período. Depois, o solo deverá ser pesado, procedendo-se também à determinação de sua umidade, para a obtenção do seu peso seco.

A taxa de alimentação calculada é aplicável apenas enquanto as condições da central e do solo alimentado permanecerem iguais. Se algum componente do mecanismo de alimentação de solo mudar ou se a granulometria ou o teor de umidade do solo se alterarem, a calibração não será mais aplicável e será preciso calcular uma nova taxa de alimentação de solo. Portanto, é importante efetuar verificações freqüentemente.

8.6.4 Taxa de Alimentação de Cimento

A calibração da taxa de alimentação de cimento (quilogramas de cimento por minuto) da central de dosagem é efetuada passando cimento pelo mecanismo de alimentação durante um determinado tempo e registrando o peso do cimento que saiu e as revoluções (ou abertura da comporta, conforme o caso) do mecanismo de alimentação de cimento. Deverá ser elaborada uma tabela de calibração, que mostre a relação entre a taxa de alimentação de cimento em quilogramas por minuto e as revoluções por minuto ou aberturas de comporta do mecanismo de alimentação.

8.6.5 Taxa de Alimentação de Água

A taxa de alimentação de água depende das taxas de alimentação de solo e de cimento, do teor de umidade do solo e do teor de umidade desejado para a mistura de solo-cimento. O teor de umidade do solo deverá ser subtraído do total de água necessário, a fim de se determinar a quantidade de água a ser adicionada. Um pequeno percentual adicional de água (por exemplo, 1%) poderá ser acrescentado, para compensar a evaporação ou outras perdas, caso isso seja justificado à luz dos ensaios de campo. O medidor de água é, então, ajustado para fornecer a quantidade adequada de água para as taxas específicas de alimentação de solo e de cimento que estão sendo utilizadas.

8.6.6 Rechecagem da Taxa de Alimentação de Solo e do Teor de Cimento

A calibração deverá ser verificada inúmeras vezes durante cada dia de operação. Essas verificações poderão ser efetuadas, sem atrapalhar o trabalho da EMPREITEIRA, mediante o registro do tempo necessário para encher um caminhão com o solo-cimento, a determinação do peso da mistura de solo-cimento e do seu teor de umidade e a obtenção do peso do cimento na tabela de calibração do mecanismo alimentador de cimento.

8.7 Monitoramento das Pilhas de Estoque e da Dosagem e Mistura Áreas de Empréstimo e Depósitos

A FISCALIZAÇÃO deverá monitorar a disposição das áreas de empréstimo e a escavação dos solos, de maneira a se assegurar que as seguintes condições estão sendo atendidas:

- As áreas de empréstimo deverão estar situadas e dispostas de acordo com os dados dos poços de inspeção, a fim de se obter solo da melhor granulometria possível. A escavação deverá ser realizada de forma que as diversas granulometrias de solo sejam misturadas;
- A camada superficial orgânica do solo deverá ser removida, pois não é adequada para a fabricação de solo-cimento. Também as especificações poderão determinar que essa terra seja depositada para a sua aplicação posterior, após a conclusão das escavações, espalhada sobre a área escavada ou outros locais;
- Os solos impróprios, como as argilas e os conglomerados, deverão ser evitados ou removidos.

Será necessário inspecionar as áreas de empréstimo e as pilhas de estoque, a fim de verificar a inexistência de solos impróprios ou de material de granulometria fora da faixa especificada, e, desta forma, assegurar-se de que apenas solos adequados e uniformes estão sendo utilizados na central de dosagem e mistura.

- O solo deverá ser estocado de maneira que enfatize sua uniformidade (isto é, misturando os solos no depósito, mecanicamente, empurrando-o em várias direções ou misturando-o com carregador de caçamba dianteira).
- O solo deverá ser peneirado de acordo com as especificações (em geral, elas limitam o tamanho máximo das partículas a diâmetros de 25mm ou 37mm), de modo a remover as partículas demasiado grandes, incluindo os torrões de argila.

Tendo em vista que é mais difícil peneirar o solo durante as operações de formação de pilhas de estoque, em muitas obras o sistema de peneiramento é colocado imediatamente depois do dispositivo alimentador de solo. Se o solo contiver uma quantidade relativamente constante de torrões de argila, passará pela peneira a uma taxa também constante, o que facilitará a utilização deste procedimento. Entretanto, se o teor de torrões de argila for variável, a taxa de alimentação através da peneira também será variável, o que prejudicará a dosagem do solo-cimento.

- O teor de umidade do solo deverá ser uniforme. Indicadores visuais, como mudanças na cor, poderão apontar variações no teor de umidade, o que exigirá ajustes na calibração da central dosadora.

8.7.2 Dosagem e Mistura

A monitoração das operações de dosagem e mistura exige inspeções visuais, freqüentes amostragens, com a execução de ensaios e verificação das calibrações dos sistemas de alimentação dos insumos, e supervisão da adequabilidade do tipo de cimento utilizado.

- Inspeção Visual - A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as condições indicadas a seguir estão sendo atendidas.
 - ▶ O solo processado pelo alimentador de solo deverá ser de qualidade e teor de umidade uniformes e alimentado à central em fluxo uniforme. (Verificar qualquer mudança no tamanho, na cor ou no fluxo.) A alimentação de solo deverá ser adequadamente calibrada e ajustada, em função das alterações observadas do solo.
 - ▶ O alimentador de cimento, a partir do solo, deverá processar este insumo a uma taxa constante, e os mecanismos de sua alimentação deverão ser devidamente ajustados, em função da taxa específica de alimentação de solo (verificar qualquer obstrução do alimentador).
 - ▶ O medidor de água deverá ser adequadamente ajustado. A alimentação de água deverá ser constante (deverá ser verificado qualquer entupimento dos bicos pelo solo-cimento).
 - ▶ Os materiais deverão ser misturados na central durante um período mínimo de 30 segundos ou até se obter uma mistura uniforme (deverá ser verificada qualquer textura irregular; poderão ser adicionadas, por exemplo, bolas de golfe coloridas numa batelada, a fim de verificar o tempo de mistura).
 - ▶ A EMPREITEIRA deverá limpar a central de mistura no final de cada turno (se a limpeza for efetuada na ausência da FISCALIZAÇÃO, esta deverá verificar se o equipamento está limpo antes do início do próximo turno). Se a central não tiver sido limpa, poderá ocorrer a incorporação de solo-cimento endurecido, contaminando a mistura.
 - ▶ As pás da central de mistura deverão ser substituídas após desgaste de um terço das mesmas.
- Amostragem e Ensaios - Para garantir a produção adequada de solo-cimento, além de verificar a calibração da central dosadora, a FISCALIZAÇÃO deverá realizar os ensaios relacionados a seguir.
 - ▶ Ensaios de determinação do teor de umidade e de granulometria - Para verificar se o solo atende às especificações, deverão ser determinados o teor de umidade e a granulometria de amostras do solo do alimentador.
 - ▶ Teste manual - Poderá ser realizado um teste simples para a determinação da completa mistura dos materiais no misturador e da adequação do teor de umidade. Este teste manual é efetuado pegando-se um punhado de solo-cimento na saída do misturador, apertando-o para formar uma bola e, depois, quebrando-a. O solo-cimento terá teor de umidade próximo ao ótimo quando a bola se quebrar em dois pedaços quase inteiros. O material mais seco em geral se esfarela, enquanto o material demasiado úmido se apresenta molhado e esponjoso.

8.8 Preparo das Fundações

Antes de se iniciar a obra com solo-cimento e na medida do necessário, a superfície a ser protegida deverá ser nivelada e adequada à forma exigida, a fim de se poder colocar o solo-cimento de acordo com as especificações. O controle da colocação do solo-cimento inicia-se com fundações bem preparadas. As fundações sob solo-cimento precisam atender a três requisitos básicos:

- Alinhamentos e cotas;
- Compactação;
- Teor de umidade.

8.8.1 Alinhamentos e Cotas

As fundações deverão atender a alinhamentos e cotas especificadas nos desenhos do projeto. Na maioria dos casos, a EMPREITEIRA é responsável pelo atendimento às

especificações dessas características, sendo que a equipe topográfica procede a marcação destes parâmetros. A FISCALIZAÇÃO poderá também monitorar os alinhamentos e as cotas marcadas.

8.8.2 Compactação

Se for necessário lançar material de aterro para conformar as fundações do solo-cimento até os alinhamentos e cotas especificadas, esse material deverá ser compactado com o mesmo grau de compactação do material subjacente. A compactação deverá envolver a correção de umidade até os valores especificados e a utilização de rotas especiais, soquetes mecânicos ou outros dispositivos apropriados e devidamente aprovados. Em geral, a compactação do leito de canais escavados não requer ensaios especiais, embora certas especificações exijam um grau mínimo de compactação. Se o solo-cimento estiver sendo colocado para proteger o talude de um aterro de barragem, o leito do solo-cimento deverá ser compactado conforme indicado nas especificações do maciço.

8.8.3 Umidade

Após o preparo das fundações até as linhas e as cotas especificadas, o material deverá ser mantido úmido até o lançamento do solo-cimento. Se o material das fundações não estiver úmido, deverá ser umedecido antes do lançamento do solo-cimento. Deve ser verificado se o solo não está excessivamente úmido. O teor de umidade deverá estar próximo ao ótimo, sem qualquer mancha de umidade.

8.9 Transporte do Solo-Cimento

8.9.1 Equipamento

Os veículos utilizados no transporte do solo-cimento geralmente são caminhões basculante, que despejam a mistura num espalhador de agregado, o qual controla a espessura da camada de solo-cimento. A mistura é lançada empurrando-se o espalhador com um trator ao longo de uma faixa previamente executada.

Obs.: Usa-se também tracionar o espalhador pelos próprios caminhões basculantes que servem para transporte do material, como descrito no item 8.10.1.

A EMPREITEIRA será responsável pelo fornecimento de um número de veículos suficiente para permitir uma operação contínua. As caçambas dos caminhões deverão estar limpas, lisas e bem ajustadas. Algumas vezes será necessário dotar os caminhões de lonas de proteção, a fim de não expor o solo-cimento à intempéria, como ocorreria no caso de chuvas repentinhas ou ventos quentes e secos, que podem secar a mistura.

8.9.2 Operadores

Só motoristas experientes deverão operar os veículos, os quais trabalharão em conjunto com os operadores dos tratores, no lançamento de camadas lisas e uniformes de solo-cimento.

8.9.3 Rampas

Em algumas obras, os caminhões que carregam o solo-cimento precisam se deslocar pela face do talude, sobre faixas de solo-cimento anteriores, a fim de despejar o material da próxima faixa. Isso exige a construção de rampas temporárias até a camada que está sendo colocada, as quais visam a proteger as beiradas expostas do solo-cimento já executados. O material para as rampas poderá ser obtido em qualquer fonte previamente aprovada. As especificações deverão indicar a espessura das rampas, necessária à proteção do solo-cimento. Em geral, uma espessura mínima de 60cm será adequada.

8.10**8.10.1****Colocação
Equipamento**

A mistura de solo-cimento deverá ser lançada em camadas lisas e uniformes, da largura e da espessura especificadas. Existem vários métodos de lançamento do solo-cimento, os quais são descritos a seguir.

O equipamento mais utilizado no lançamento do solo-cimento é o espalhador de agregado, que é montado na frente de um trator de esteira ou de rodas de borracha. O espalhador é alimentado com solo-cimento pelos caminhões. O caminhão despeja o solo-cimento na tremilha do espalhador, com o trator em movimento, sendo o caminhão empurrado pelos cilindros existentes na frente do espalhador.

O espalhador de agregado deverá ser ajustado de maneira que o solo-cimento possa ser lançado em camadas de diversas espessuras. A espessura da camada é ajustada levantando-se ou abaixando-se a parte posterior da caixa do espalhador. O equipamento tem uma comporta lateral ajustável, que permite depositar material adicional ao lado, de modo que possa ser preenchido o espaço em formato de cunha que se forma entre a beirada do solo-cimento que está sendo colocado e a superfície do talude.

Ao invés de ser montado sobre trator, o espalhador de agregado pode ser atrelado e puxado pelo caminhão que transporta o solo-cimento. Em outros casos, quando não há espaço suficiente para trabalhar com equipamento de espalhar comum, o solo-cimento pode ser depositado e espalhado manualmente ou com o auxílio de outro tipo de equipamento, como uma moto-niveladora, uma caçamba de carregadora frontal ou um pequeno trator sobre lagartas. Isso ocorre freqüentemente quando o revestimento de solo-cimento encosta em estruturas ou paredes.

8.10.2**Métodos**

O solo-cimento poderá ser colocado em camadas horizontais ou em faixas paralelas ao talude.

- Colocação Horizontal - A seleção adequada do equipamento a ser utilizado é crítica, porque a largura de trabalho de cada camada é regida pela espessura projetada do solo-cimento, medida perpendicularmente ao declive.

Por exemplo, se a espessura projetada do solo-cimento for de 1 metro, a ser colocada num talude com declividade de 3:1, em camadas compactadas de 15cm, a largura superior de trabalho de cada faixa será de, aproximadamente, 3,6m. Esta largura é satisfatória, pois o equipamento mais utilizado na colocação de solo-cimento é igual ou similar ao equipamento padrão de construção de estradas, com larguras entre 2 e 3 metros.

Entretanto, se a espessura perpendicular especificada for de 60cm, a largura de trabalho de cada camada será, aproximadamente, de 2,3m, o que poderá ser insuficiente para acomodar o equipamento da EMPREITEIRA. Contudo, as especificações, algumas vezes, permitem uma inclinação do solo-cimento, transversal à direção de colocação, de até 8:1 de declive, a fim de aumentar a largura de trabalho, o que daria uma largura adequada.

Se a espessura projetada for tão pequena que não permita uma largura de trabalho suficiente, a alternativa será utilizar o método de colocação em paralelo.

- Colocação em Paralelo - Neste método, o solo-cimento é colocado em faixas paralelas ao talude. Em geral, este tipo de obra é necessário quando a espessura da

camada de proteção é igual ou inferior a 30cm, o que não permite o lançamento do solo-cimento em camadas horizontais em largura suficiente para usar o equipamento para a colocação do material.

Em geral, as faixas de solo-cimento são lançadas em camadas de 15cm de espessura compactada. Em alguns casos, tem sido possível colocar faixas de até 30cm de espessura compactada utilizando este método. Se for viável fazer uma compactação adequada em toda a espessura da camada, é preferível colocar o solo-cimento numa só operação, o que eliminará problemas de ligação entre as sucessivas camadas.

O solo-cimento poderá ser colocado sobre taludes de aterros ou taludes cortados, com declives de até 3:1, utilizando-se o mesmo equipamento descrito para a colocação horizontal, exceto que, em lugar de caminhões basculantes, utilizar-se-á, para encher o espalhador de agregado, uma caçamba carregadeira frontal, sobre rodas de borracha ou esteiras. O espalhador espalhará o solo-cimento enquanto desce o talude. Este procedimento exige menos esforço e é de mais fácil controle do que empurrar o material talude acima.

O solo-cimento também poderá ser espalhado talude acima por meio de um trator de esteiras, após ter sido depositado no pé do declive. Nesse caso, a habilidade do operador torna-se fator crítico e será necessário utilizar algum método de controle da espessura das camadas. O trator poderá ser equipado com esteira larga (ou seja, sem garras), de modo a compactar o solo-cimento enquanto está sendo espalhado.

8.10.3 Preparo da Superfície

- Limpeza - Quando se lança solo-cimento sobre uma faixa já pronta, é indispensável preparar sua superfície. A maioria das especificações inclui a limpeza da faixa anterior, se o tempo decorrido entre o término da compactação final e o início do lançamento da próxima camada ultrapassar quatro horas. A limpeza normalmente é feita com escova metálica mecânica.

A superfície deve ser varrida duas vezes - logo depois da pega inicial, a fim de remover o plano de compactação, e uma segunda vez, logo antes do próximo lançamento, para retirar a sujeira.

- Umidade - Para aumentar a ligação entre as duas camadas, o solo-cimento colocado deverá ser mantido úmido até o lançamento da próxima camada. Só deverá aplicar-se água suficiente para impedir que a superfície seque. Uma rega excessiva poderá diminuir a ligação entre as camadas e retirar, pela lavagem, parte do cimento da superfície, se o solo-cimento não estiver endurecido o suficiente. No controle da quantidade de água, o borrifador tipo nevoeiro tende a ser mais eficaz do que a barra aspersora.

8.10.4 Controles

- Alinhamentos e Cotas - A EMPREITEIRA deverá utilizar algum meio de controlar a colocação do solo-cimento, de acordo com os alinhamentos e as cotas especificadas. Poderá usar testemunhos e fios paralelos à direção de colocação, a fim de orientar o espalhador.

Como alternativa, a EMPREITEIRA poderá utilizar marcadores de declive, similares aos empregados na construção do aterro. Os alinhamentos horizontais e verticais podem ser medidos para estabelecer a posição correta da beirada da faixa de solo-cimento.

Independentemente do método utilizado pela EMPREITEIRA, a FISCALIZAÇÃO deverá monitorar as dimensões, para assegurar-se de que as faixas foram colocadas de acordo com os alinhamentos e as cotas especificadas.

- Condições Atmosféricas - Para as condições atmosféricas descritas a seguir, não se deverão lançar camadas de solo-cimento:
 - ▶ Chuva - o tempo chuvoso pode causar a diluição da mistura ou deixar inúmeras poças d'água sobre a superfície de ligação;
 - ▶ Condições de secagem rápida - a combinação de fortes ventos e altas temperaturas pode criar condições que provoquem secagem muito rápida e possível contaminação das superfícies de ligação.
- Juntas - Quando ocorrerem paradas no trabalho, durante intervalos que excedam os prazos estipulados para solo-cimento fresco, as juntas transversais deverão ser aparadas, de modo a formar juntas verticais retas. Estas juntas serão mais fortes e fáceis de limpar, antes de recomeçar o lançamento do solo-cimento.

Quando o solo-cimento for colocado em faixas adjacentes, como no método de colocação em paralelo, as juntas longitudinais deverão ser aparadas até três horas após sua colocação, de modo a formar juntas verticais retas, que auxiliarão na colocação da faixa adjacente. A junta deverá ser aparada para remover o material da beirada que não foi devidamente compactado.

Se a parada nas operações de colocação do solo-cimento resultar em faixas parcialmente terminadas, a serem completadas numa operação posterior, as juntas no final de cada colocação sucessiva deverão ser recuadas. O recuo deverá ser superior ao comprimento do equipamento de espalhamento, de maneira que, quando as operações recomeçarem, haja espaço suficiente para que o equipamento coloque material novo, sem interferir no solo-cimento colocado anteriormente.

8.11 Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Preparação das Fundações e o Transporte e o Lançamento do Solo-Cimento

8.11.1 Preparo das Fundações

- Verificar se as fundações estão de acordo com os alinhamentos e as cotas especificadas;
- Observar as operações de compactação das fundações para verificar se os métodos e os equipamentos utilizados são aqueles previamente aprovados;
- Verificar se as fundações foram compactadas conforme especificado;
- Verificar se as fundações apresentam teores de umidade próximos do ótimo, sem manchas de umidade, antes do início do lançamento do solo-cimento.

8.11.2 Transporte

- Verificar se as estradas de serviço foram adequadamente localizadas, se sua manutenção é adequada e se foram sinalizadas com dispositivos de controle de tráfego próprios;
- Monitorar a construção da rampa, para se assegurar de que a espessura do material da rampa é suficiente para proteger o solo-cimento subjacente;
- Observar a operação dos veículos, para se certificar de que estão sendo operados com segurança;
- Monitorar as cargas de solo-cimento provenientes da central dosadora, a fim de se assegurar de que os prazos estão sendo cumpridos e rejeitar qualquer carga que excede os prazos.

8.11.3 Colocação

- Monitorar o preparo das superfícies sobre as quais o solo-cimento será lançado, com as seguintes finalidades:
 - ▶ As operações de umedecimento das superfícies, que visam conservar o teor de umidade (sem poças d'água; evitar perda do cimento por lavagem);
 - ▶ A utilização da escova mecânica na raspagem da superfície lisa resultante da compactação;
 - ▶ A limpeza de sujeiras, solo-cimento solto, poças d'água, etc.
- Verificar o teor de umidade do solo-cimento mediante o uso freqüente de ensaios;
- Observar as operações de lançamento do solo-cimento, a fim de garantir uma textura lisa e profundidade e cor uniformes;
- Verificar se os parâmetros de espessura, dimensões, linhas e cotas estão de acordo com as especificações;
- Verificar se o solo-cimento está sendo compactado conforme especificado;
- Verificar se a cura das superfícies expostas de solo-cimento atende às especificações técnicas;
- Comunicar-se com a EMPREITEIRA, a fim de evitar que o solo-cimento seja lançado sob condições atmosféricas desfavoráveis, como chuva ou condições de secagem rápida (vento e calor);
- Verificar se o equipamento está sendo utilizado de modo seguro;
- Quando houver qualquer parada da obra, verificar se as juntas sucessivas foram recuadas e se as juntas transversais e/ou longitudinais foram aparadas retas e verticais, até três horas após a colocação do solo-cimento.

8.12 Compactação

8.12.1 Geral

Um fator crítico à compactação adequada do solo-cimento é que esta operação deve ser iniciada imediatamente após o lançamento do material e terminada até uma hora após seu início. Além disso, não deverão decorrer mais de 30 minutos entre o término da primeira e da segunda operação de compactação. Deverão utilizar-se equipamentos adequados no processo, de maneira que a compactação de cada faixa de solo-cimento seja concluída, individual e totalmente, no prazo especificado.

8.12.2 Equipamentos

O equipamento usado na compactação e a maneira como ele é utilizado variam segundo o método de lançamento empregado - horizontal ou paralelo. Conforme previamente discutido, as camadas horizontais podem ter declives transversais de até 8:1. Em geral, os caminhões, as espalhadeiras e o equipamento de compactação podem operar nestes declives transversais, sem maiores problemas. Na colocação em paralelo, os declives podem ser de até 3:1. O equipamento de compactação apropriado para esses declives é o trator de esteiras ou o rolo, com apoio de outros equipamentos.

- Colocação Horizontal - A compactação das faixas horizontais é executada em duas operações principais. A compactação é iniciada com um rolo de pé de carneiro e a compactação de superfície com um rolo pneumático.

A compactação inicial é obtida após seis passagens do rolo de pé de carneiro. Cada tambor do rolo deverá ter diâmetro e comprimento mínimos de 1,2m, com pelo menos uma pata por $0,065\text{m}^2$ de superfície.

O peso do rolo de pé de carneiro deverá ser adequado à compactação do material. Poderá ser necessário testar o peso do rolo. Se for demasiado pesado, as patas poderão atravessar a faixa de solo-cimento colocada anteriormente, e o material lançado não será

compactado de modo adequado. A não ser que as patas do rolo “saiam” das depressões que fizeram, continuarão a perturbar o material em cada nova passagem.

Após terminar a compactação com o rolo de pé de carneiro, será necessário nivelar a camada de solo-cimento, mediante leve raspagem com motoniveladora, a fim de remover as arestas formadas pela justaposição das passagens da máquina.

A parte superior da faixa de solo-cimento é, em geral, compactada após quatro passagens do rolo pneumático. As faixas de solo-cimento precisarão ser totalmente compactadas dentro do prazo especificado para cada operação de colocação. O prazo máximo para cada compactação é de 30 minutos.

Poderá ser necessário equipamento especial para áreas restritas ou perto de estruturas, onde não é possível utilizar equipamento convencional. Um socador manual ou rolos vibratórios pequenos, operados manualmente, são aceitáveis, dependendo das condições em que serão utilizados: o solo-cimento deverá ser colocado em camadas finas; o pé do socador deverá ser suficientemente grande para evitar sua penetração no material e a laminação em camadas finas; e as especificações relativas a prazos, teor de umidade e peso específico deverão ser mantidas.

- Colocação em Paralelo - Quando o solo-cimento é colocado em faixas paralelas ao declive, os rolos, por si sós, não serão suficientes para a compactação de solo-cimento sobre declive acentuado. Portanto, a compactação é, geralmente, executada por meio de passagens de trator ou carregador. Contudo, o peso específico do solo-cimento compactado deverá atender às especificações. Se as passagens do equipamento não resultarem no peso específico exigido, será necessário efetuar as duas operações de compactação com rolo de pé de carneiro e rolo de pneus, conforme descrito para o método de colocação horizontal. Neste caso, deverá utilizar-se um trator de esteiras dotado de guincho, para auxiliar os rolos enquanto operarem no declive.

8.12.3 Fatores de Controle da Construção

Há quatro aspectos principais da compactação do solo-cimento que precisam ser controlados, como garantia de que o material atenderá às especificações:

- Tempo de compactação;
- Padrões e cobertura;
- Dimensões e acabamento da superfície;
- Teor de umidade e peso específico;
- Tempo de Compactação - A compactação deverá começar imediatamente após o solo-cimento ter sido espalhado, e a operação completa de compactação deverá ser concluída em dois períodos de 30 minutos cada um. Os 30 minutos da segunda compactação com o rolo pneumático deverá ser iniciado logo após o término da primeira compactação, com o rolo de pé de carneiro. Se esses prazos não forem atendidos, será preciso remover o solo-cimento;
- Padrões e Cobertura - As especificações normalmente determinam que sejam feitas seis passagens com o rolo de pé de carneiro e quatro passagens com o rolo pneumático. Em cada passagem, a máquina precisará cobrir a camada inteira, antes de começar a próxima passagem.

Na colocação do solo-cimento sobre fundações em declive, a compactação deverá começar na beirada externa da faixa e continuar subindo o declive do leito. Desta maneira, a beirada externa da faixa é compactada e o material, confinado e impedido de deslocar-se para fora da faixa.

Embora, em geral, se especifique um número mínimo de passagens, em última instância o que se requer é atingir o peso específico de solo-cimento especificado. Portanto, poderá ser necessário fazer passagens adicionais ou em outros padrões, a fim de se obter o peso específico requerido.

A compactação com equipamento manual também deverá atingir os pesos específicos exigidos nas especificações.

- Dimensões e Acabamento da Superfície - A espessura e a largura das faixas de solo-cimento compactado deverão atender às especificações. Em geral, especifica-se uma espessura compactada de 15cm. A superfície deverá ser uniforme e relativamente lisa. As superfícies vincadas são difíceis de limpar, bem como de mantê-las uniformemente umedecida.

Para melhorar a ligação entre as camadas sucessivas de solo-cimento, a superfície de cada camada deverá ser tornada áspera por meio de escova mecânica, normalmente até uma profundidade de 3mm, a fim de se remover a superfície lisa resultante da compactação com o rolo de pneus. Essa escovação mecânica deverá ser efetuada assim que o solo-cimento iniciar a pega, normalmente entre 1 e 3 horas após a compactação. Se a superfície for escovada antes do início da pega, poderá ocorrer raspagem indesejável de uma quantidade excessiva de solo-cimento. Uma escovação muito tardia produzirá pouca mudança na textura da superfície.

- Teor de Umidade e Peso Específico - O teor de umidade do solo-cimento deverá ser controlado cuidadosamente após seu lançamento e compactação. Deve ser aplicada água à superfície, de modo que se mantenha no nível apropriado, até o lançamento da próxima camada do material.

A principal consideração na compactação do solo-cimento é a de obter o peso específico especificado para o material. Com base nos resultados dos ensaios realizados no campo, deverão ser modificados os pesos do equipamento de compactação e o número de passagens do equipamento sobre a camada, de maneira a obter o peso específico exigido.

8.12.4 Teste de Controle da Inspeção

Durante a obra, será necessário realizar testes de controle para cada 500m³ de solo-cimento lançado ou um mínimo de dois testes por turno. Os testes iniciar-se-ão com a cronometragem da produção de uma carga de solo-cimento, a obtenção de uma amostra do solo alimentado para a central dosadora e misturadora, e a determinação do teor de cimento, conforme indicado no [subitem 8.6.6](#). Após a carga de solo-cimento ter sido espalhada, a FISCALIZAÇÃO deverá marcar o centro aproximado do material lançado, de onde se retirará uma amostra do material ainda não compactado, a qual será ensaiada no laboratório. O ensaio de campo para a determinação do peso específico aparente deverá ser realizado no mesmo local, após a compactação do solo-cimento.

As amostras do solo-cimento não-compactado deverão ser utilizadas para determinar o teor de umidade da mistura, quando lançada, e para efetuar ensaios de controle de compactação pelo Método Rápido e ensaios de resistência à compressão.

- Teor de Umidade - Deverá ser determinado na hora da retirada das amostras, por meio de ensaios expeditos, a fim de se obterem resultados mais rapidamente;
- Ensaio de Controle da Compactação pelo Método Rápido (HILF) - Os corpos de prova para ensaio de resistência à compressão discutidos a seguir deverão ser moldados a uma compacidade (percentual de Proctor) igual à compacidade final de campo do solo-cimento compactado. Isso exige a determinação do peso específico

seco máximo de laboratório (ensaio de Proctor), antes do início da pega da mistura de solo-cimento. Usando o ensaio de Controle da Compactação pelo Método Rápido (Método de Testagem E-25, no “Earth Manual” - Manual de Terra - do “Bureau of Reclamation”), esta informação poderá ser obtida em até uma hora - enquanto a EMPREITEIRA ainda estiver espalhando e compactando o material. O teor de umidade ótimo também poderá ser determinado utilizando-se este ensaio;

- Ensaios de Resistência à Compressão - Depois de se saberem os resultados do ensaio da determinação do peso específico aparente do solo-cimento compactado, realizado em campo, serão preparados os corpos de prova do ensaio de compressão, a partir da amostra de solo-cimento não-compactado, que deverão ser processados a 3, 7, 28 e 90 dias. Os corpos de prova serão moldados em cilindros próprios para esta finalidade, com volume conhecido, no mesmo peso específico determinado no ensaio de campo do solo-cimento compactado. Deverão ser moldadas imediatamente após a determinação da compacidade de campo. Deverão ser moldadas e ensaiadas conforme especificado nas Normas NBR-5738 e NBR-5739 da ABNT;
- Ensaio de Determinação do Peso Específico Aparente em Campo - Algumas especificações determinam que o peso específico seco mínimo em campo seja 98% do peso específico seco máximo de laboratório, pelo ensaio de Proctor, e que o teor de umidade testado em campo não se afaste mais do que 1% do teor de umidade ótimo. Entretanto, é preciso observar que a maioria dos materiais não pode ser lançada numa camada compactada lisa, se seu teor de umidade exceder o ótimo. Durante a colocação do solo-cimento, a umidade deverá ser aquela que permita que o equipamento trabalhe sem causar “borrachudo” ou rastros.

Os ensaios de determinação do peso específico aparente em campo deverão ser realizados assim que a compactação do solo-cimento tiver sido concluída, no mesmo local em que foram retiradas as amostras para os ensaios de resistência à compressão.

8.13 Cura

Todas as superfícies de solo-cimento, permanente ou temporariamente expostas, requerem cura. As superfícies permanentemente expostas deverão curar durante um período mínimo de sete dias. As superfícies expostas temporariamente - isto é, aquelas que serão superfícies de ligação - só precisarão de cura enquanto não forem cobertas. A cura pode ser conseguida pela aplicação de água à superfície ou cobrindo o solo-cimento com terra úmida.

- Superfícies Permanentemente Expostas - As superfícies permanentemente expostas são em geral, curadas com água, mediante a borrifação a ultra baixo volume ou a cobertura com 15cm de terra úmida. Na borrifação a ultra baixo volume, a superfície deverá ser mantida sempre úmida durante sete dias, o que é problemático em climas muito secos ou regiões que apresentam muitos ventos. Por isso, algumas vezes é preferível efetuar a cura por meio de terra úmida;
- Superfícies Temporariamente Expostas - As superfícies temporariamente expostas são normalmente, curadas com água, mediante uma borrifação a ultra baixo volume. Entretanto, se ocorrerem atrasos de dois ou três dias no lançamento do solo-cimento, poderá ser utilizada uma camada de terra úmida, após o qual será necessário realizar uma limpeza mais apurada das superfícies de ligação.

8.14

8.14.1 **Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Compactação e a Cura Compactação**

- Verificar se o equipamento de compactação utilizado é adequado;
- Verificar se o equipamento atende às normas de segurança e se está sendo operado de maneira segura, por pessoal qualificado;
- Monitorar o processo de compactação, para verificar se os prazos estão sendo respeitados (a compactação deve ser iniciada imediatamente após o lançamento do solo-cimento e terminada em menos de 60 minutos);
- Observar o processo de compactação, a fim de verificar:
 - ▶ o número de passagens com cada tipo de equipamento;
 - ▶ se, em cada passagem, o equipamento cobre a camada inteira, antes de iniciar a passagem seguinte;
 - ▶ o padrão correto de compactação (de fora em direção ao aterro, no caso de obras em taludes).
- Inspecionar o solo-cimento compactado, para certificar-se de que:
 - ▶ as superfícies são firmes, lisas e sem rastros;
 - ▶ o material foi colocado nas dimensões corretas (espessura e largura).
- Checar freqüentemente o teor de umidade, utilizando teste manual;
- Providenciar amostras de solo-cimento não-compactado, retiradas de local próximo ao centro de um lançamento, para cada 500m³ de material lançado ou um mínimo de duas amostras por turno;
- Providenciar ensaios de determinação do peso específico aparente em campo, após a compactação, nos mesmos locais de onde foram extraídas as amostras de material não-compactado;
- Verificar se o pessoal de terra usa coletes bem visíveis, como medida de segurança.

8.14.2 **Cura**

- Verificar se o equipamento utilizado para aplicação da água é o adequado;
- Monitorar as condições do solo-cimento compactado, para assegurar-se de que está sendo mantido úmido durante sete dias após seu lançamento ou até ser coberto por nova camada de solo-cimento;
- Observar as condições atmosféricas, para poder verificar se o solo-cimento está devidamente protegido;
- Insistir que o solo-cimento seja coberto com uma camada de terra úmida, no caso de demora maior de novos lançamentos;
- Checar a espessura da camada de terra protetora (15cm para a cura, 60cm para as rampas);
- Certificar-se de que a cobertura de terra foi completamente removida, antes do lançamento de nova camada de solo-cimento.

8.15 **Extração de Testemunhos**

Na extração de testemunhos será necessário perfurar toda a espessura de uma seção de solo-cimento para obter testemunhos de 75 ou 100 mm em diâmetro. Esses testemunhos deverão ser retirados 28, 90 e 360 dias após a colocação do solo-cimento, um testemunho para cada 4.000m³ de solo-cimento, aproximadamente. Os locais de onde serão retirados os testemunhos serão determinados antes do início da obra, com base no projeto da estrutura de solo-cimento. Também deverão ser obtidos testemunhos de quaisquer áreas nas quais o solo-cimento seja de qualidade questionável. Deverão ser feitos levantamentos da seção transversal dos locais escolhidos para a retirada dos testemunhos.

8.15.1 Objetivo da Extração de Testemunhos

Os testemunhos, após registro e marcação, serão utilizados na determinação da qualidade e da espessura total do solo-cimento e na avaliação da ligação entre as camadas.

8.15.2 Pontos de Referência

Após a extração do testemunho, no vigésimo-oitavo dia da colocação do solo-cimento, será colocado um ferro de armação dentro do furo resultante, em cada local em que foi feito o levantamento da seção transversal. Em seguida, o furo deverá ser devidamente enchido com argamassa. O ferro deverá estender-se de 25 a 50mm acima da superfície do solo-cimento, a fim de servir de ponto de referência para futuras inspeções e extrações de testemunhos. Considerando que as extrações dos 90 e 360 dias também serão feitas na mesma seção transversal, só será necessário um ponto de referência em cada seção. Os outros furos deverão ser tampados com argamassa.

As seções transversais do solo-cimento deverão ser marcadas nos desenhos, utilizando-se coordenadas relativas às estacas e às cotas dos ferros de armação. A espessura do solo-cimento deverá ser determinada a partir do testemunho.

8.15.3 Papel da FISCALIZAÇÃO

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os testemunhos foram extraídos pelo pessoal de laboratório, a intervalos adequados, nos locais corretos. A FISCALIZAÇÃO deverá marcar os locais de extração de testemunhos nos seus registros. Por último, a FISCALIZAÇÃO deverá supervisionar a fixação dos ferros de armação com argamassa, nos furos dos testemunhos. As seções transversais do solo-cimento, de onde serão extraídos os testemunhos, são, geralmente, determinadas pelo pessoal de topografia e fazem parte das informações rotineiras a respeito da obra "as built".

8.16 Relatórios Diários

8.16.1 Importância

A elaboração de relatórios precisos e completos é uma atividade crítica no controle de obras de solo-cimento. Todos os fatores que podem afetar a qualidade do solo-cimento deverão ser acompanhados de perto e indicados nos relatórios, a fim de manter a construção e a qualidade do produto final sob controle.

Será necessário manter registros cuidadosos relativos a dosagens, misturas, prazos, condições atmosféricas, procedimentos utilizados na colocação do material, resultados dos ensaios e quaisquer problemas que surgirem, assim como as soluções encontradas para os mesmos.

Do ponto de vista histórico, são também necessários registros completos referentes à construção e aos ensaios. Os problemas e as soluções de projetos passados podem ser muito úteis em futuras obras de solo-cimento.

Há três categorias principais de relatórios referentes a obras com solo-cimento: os relatórios de lançamento, os relatórios da central dosadora e misturadora e os relatórios de laboratório.

8.16.2 Relatório de Lançamento

- Diário do Lançamento do Solo-cimento - É utilizado para registrar as informações relativas aos tempos, às estacas e às cotas de cada lançamento. As informações

deverão incluir quaisquer problemas ou condições singulares constatadas durante o lançamento do solo-cimento que possam ser úteis na avaliação futura do seu desempenho.

- Relatórios Diários do Encarregado - Estes relatórios deverão incluir as seguintes informações:
 - ▶ estacas e cotas no início e no fim de cada turno;
 - ▶ refugos - localização e quantidade de solo-cimento removido ou desperdiçado;
 - ▶ procedimentos construtivos típicos, incluindo quaisquer mudanças efetuadas durante o turno;
 - ▶ procedimentos utilizados para espalhar, compactar e curar o solo-cimento, incluindo mudanças no peso do equipamento e nos padrões de compactação;
 - ▶ prazos - prazos típicos e máximos necessários para transportar, espalhar e compactar o solo-cimento;
 - ▶ tempo - as condições atmosféricas durante o turno, incluindo temperaturas alta e baixa, grau de nebulosidade, precipitação, assim como direção e velocidade do vento;
 - ▶ localização dos ensaios de determinação do peso específico aparente em campo, localização e hora em que foram colhidas as amostras de solo-cimento para os ensaios de compactação e atividades de extração de testemunhos, conforme necessário.

8.16.3 Relatórios da Central Dosadora e Misturadora

- Relatório Diário do Encarregado.
O mesmo formulário do Relatório Diário do Encarregado de lançamento poderá ser utilizado ou, então, poderá ser elaborado um formulário mais específico ao funcionamento da central dosadora e misturadora.
 - ▶ Funcionamento - Deverá ser fornecida uma descrição geral do funcionamento da central. Se não houver mudanças, o funcionamento poderá ser descrito fazendo-se referência ao relatório anterior. Entretanto, o funcionamento da central deverá ser descrito, pelo menos, uma vez por semana.
 - ▶ Calibração - Deverão ser registradas as calibrações das taxas de alimentação de solo, cimento e água e quaisquer mudanças nas mesmas efetuadas durante o turno. Também será preciso registrar os resultados da verificação das taxas de alimentação do material, realizadas com a pesagem das cargas de solo-cimento.
 - ▶ Umidade - Registrar-se-ão os resultados da determinação dos teores de umidade dos solos utilizados na central dosadora e do solo-cimento misturado, realizadas durante o turno.
 - ▶ Amostras para granulometria - Deverão ser registrados os locais e os horários em que foram colhidas amostras do solo para fins de granulometria. Como referência futura, serão acrescentados, para cada amostra, comentários relativos ao atendimento dos parâmetros de granulometria.
- Resumo do Solo-Cimento - A quantidade total de solo-cimento misturada durante o dia ou no decorrer do turno deverá ser tabulada neste resumo. Se foram feitos lançamentos em diversas obras, no mesmo dia, essas atividades deverão ser registradas separadamente. O refugo total em cada local também deverá ser incluído neste relatório;
- Livro de Entregas de Cimento - O cimento recebido diariamente na central dosadora deverá ser anotado neste livro. A documentação de entrega deverá ser checada, a fim de se verificar se está sendo entregue o tipo correto de cimento e se provém de fabricante aprovado;
- Livro de Alimentação da Central Dosadora - Nas centrais dosadoras dotadas de totalizadores e balanças de esteira, deverão ser feitas leituras periódicas do totalizador

e do alimentador de cimento, e os resultados deverão ser registrados neste livro. Essas leituras deverão ser efetuadas pelo menos uma vez por hora e no fim dos trabalhos do dia. Por meio de uma tabela de calibração de cimento, poderá ser calculado o teor médio de cimento para cada produção anotada.

8.16.4 Relatórios de Laboratório

Deverão resumir as seguintes informações:

- Ensaios de determinação do peso específico aparante do solo-cimento compactado, realizados em campo;
- Ensaios de compactação pelo Método Rápido (HILF);
- Resistência de corpos de prova do solo-cimento à compressão;
- Localização da extração dos testemunhos e das seções transversais do solo-cimento;
- Resultados das análises de granulometria do solo.

8.17 Lista de Verificação da FISCALIZAÇÃO para a Extração de Testemunhos e a Elaboração de Relatórios

8.17.1 Extração de Testemunhos

- Verificar se os testemunhos foram extraídos 28, 90 e 360 dias após a obra concluída;
- Verificar se foi extraído um testemunho para cada 4.000m³ de solo-cimento;
- Solicitar testemunhos adicionais nos casos de dúvida quanto à qualidade do solo-cimento;
- Supervisar a perfuração para se assegurar que:
 - ▶ os furos foram feitos nos locais determinados nos desenhos;
 - ▶ foram utilizados equipamentos e procedimentos adequados;
 - ▶ os furos do vigésimo-oitavo dia foram marcados com ferros de armação deviamente fixados com argamassa;
 - ▶ todos os furos foram preenchidos com argamassa.
- Plotar a localização dos ferros de armação na seção transversal do solo-cimento e anotar os locais no relatório.

8.17.2 Relatórios

- O Livro de Lançamento de Solo-cimento deverá estar sempre atualizado;
- O Relatório Diário do Encarregado deverá incluir as seguintes informações, para cada turno:
 - ▶ estacas e elevações;
 - ▶ refugo;
 - ▶ procedimentos construtivos;
 - ▶ procedimentos utilizados para espalhar, compactar e curar o solo-cimento;
 - ▶ prazos/horários de transporte, espalhamento e compactação;
 - ▶ condições atmosféricas;
 - ▶ localização e horário dos ensaios e das amostras extraídas para os ensaios de compactação.
- Deverão ser registrados quaisquer problemas que surgirem, as soluções encontradas para os mesmos e qualquer situação singular constatada durante o turno.

8.17.3 Central Dosadora e Misturadora

- O Relatório Diário do Encarregado deverá incluir as seguintes informações, para cada turno:

- ▶ uma descrição do funcionamento da central;
- ▶ as calibrações;
- ▶ os teores de umidade;
- ▶ os resultados dos ensaios de granulometria.
- O formulário para o Resumo do Solo-cimento deverá ser preenchido diariamente ou para cada turno, conforme o caso;
- O cimento recebido deverá ser anotado no Livro de Entregas de Cimento;
- Nas centrais dosadoras com totalizadores e balanças de esteira, as leituras horárias deverão ser registradas no Livro de Alimentação da Central Dosadora, pelo menos uma vez por hora;
- O resultado dos cálculos para cada pesagem de solo-cimento por caminhão, realizadas para verificar a taxa de alimentação de solo e o teor de cimento, deverão ser registrados;
- Deverão ser registrados quaisquer problemas que surgirem, as soluções encontradas para os mesmos e qualquer situação singular constatada durante o turno.



INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO MECÂNICO

9.1 Geral

Este capítulo apresenta os detalhes principais acerca do equipamento mecânico a ser instalado na obra e realça os fatores que visam a auxiliar a FISCALIZAÇÃO a efetuar a inspeção dessas obras.

Nos projetos de irrigação, a instalação do equipamento mecânico pode ser dividida em duas fases distintas.

Na primeira fase, durante a execução da construção civil, instalam-se as peças embutidas no concreto, executa-se a montagem das estruturas de aço e instalam-se as tubulações de sucção e de descarga e de barrilete das bombas.

Na segunda fase, instalam-se os equipamentos maiores, incluindo os conjuntos moto-bomba e os equipamentos auxiliares, como pequenos motores, bombas, compor-tas, válvulas, reguladores, medidores de fluxo e outros equipamentos de apoio.

A instalação do equipamento é realizada pela EMPREITEIRA MONTADORA (EMPREITEIRA).

9.2 Ferramentas e Técnicas de Inspeção

Diversas ferramentas e dispositivos de medição são utilizados na inspeção das instalações. Sempre que for realizada uma medição de precisão, a superfície a ser medida deverá ser previamente limpa com um pano seco.

As ferramentas e técnicas utilizadas na inspeção de instalações mecânicas encon-tram-se relacionadas abaixo:

- Trena;
- Régua de Aço - Poderá ser utilizada como régua reta e para medições;
- Riscador - Ferramenta dura e pontuda utilizada para riscar superfícies metálicas. Esses riscos podem ser destacados mediante a aplicação de uma demão de uma substância de secagem rápida conhecida como "azul de máquina";
- Ponteiro - Ferramenta dura e pontuda utilizada para estabelecer pontos de referê-n-cia sobre superfícies metálicas;
- Combinação de Esquadro e Esquadro de Centros - Utilizados para estabelecer linhas de 45 ou 90 graus centígrados a partir de uma borda ou outra linha de referência. Podem ser usados para determinar o centro de um objeto quadrado ou retangular;
- "Nível de Serralheiro" - Utilizado para determinar, verificar e ajustar o nível das bases de máquinas e equipamentos. A maioria dos níveis tem 30cm de comprimen-to e precisão angular de 20 segundos de arco, num comprimento útil de 250mm. O nível do mestre-serralheiro é mais preciso e mede até 10 segundos de arco, num comprimento útil de 250mm;

- Calibrador de Folga - Lâminas metálicas de cerca de 12mm de largura e 150 a 300mm de comprimento, fabricadas de aço endurecido, temperado e polido. A espessura de cada lâmina encontra-se marcada. Estes medidores são utilizados para verificar afastamentos, tolerâncias de mancais ou outras pequenas dimensões internas;
- Calibrador de Espessura de Arame e de Chapas - Medidor formado por um disco metálico com ranhuras muito precisas, fresadas na borda, que correspondem às espessuras dos arames e das chapas;
- Calibrador de Cabos e Polias - Medidores constituídos por chapas metálicas dotadas de um corte semicircular com determinado diâmetro num lado e uma extremidade arredondada do mesmo diâmetro no outro lado, os quais constituem calibradores interno e externo para aquele diâmetro. O diâmetro do cabo é determinado com o calibrador externo, enquanto a ranhura da polia correspondente é determinada com o calibrador interno. A determinação do diâmetro dos cabos sempre deverá ser efetuada com o cabo sem carga. A ranhura da polia deverá sustentar o cabo ao longo de 135-150 graus centígrados da circunferência do cabo;
- Compassos de Calibre - Instrumentos simples de medição, freqüentemente utilizados quando não é necessário se obter uma leitura micrométrica. São ajustados até que seus braços façam contato com o objeto medido. A distância entre os braços é, então, medida com uma régua de aço ou uma trena. Para maior precisão, usa-se o paquímetro com escala indicativa da medida para a qual o calibrador é ajustado;
- Micrômetros Internos e Externos - Instrumentos de medição muito precisos, utilizados na determinação das dimensões internas e externas de um objeto. O micrômetro elétrico é um tipo especial de micrômetro, utilizado para medir corda de piano tensionada, o que requer um contato muito delicado. O micrômetro é conectado a baterias e fones de ouvido, de forma que, com um simples toque com a corda do piano, já se ouve barulho de estática;
- Indicador de Disco - Marcado em diversos graus de precisão é utilizado para medir movimento relativo, incrementos de movimento e deflexão;
- Corda de Piano - Utilizada para verificação da planicidade de estruturas de aço, quando as distâncias a serem medidas são muito grandes para a utilização de régua plana. É utilizada, também, para o estabelecimento de referências verticais reais, que permitem a verificação do prumo e plano de guias de comportas, selos, sedes, eixos e outros elementos;
- Prumo - Peso pendurado numa corda de piano ou barbante, utilizado para transferir um ponto de uma elevação até outra. Uma variante é o peso pendurado na corda de piano dentro de uma lata de óleo denso, para atenuar os movimentos, enquanto se verifica o prumo e o plano dos elementos, tais como soleiras e guias de comportas;
- Teste do Arame Cruzado - Os elementos quadrados ou retangulares, como as armações e guias de comportas, devem ficar no mesmo plano. Para se verificar esta condição, cruzam-se diagonalmente e fixam-se cordas de piano, de canto a canto. As cordas deverão apenas tocar-se no ponto em que se cruzam. Caso contrário, o elemento estará fora de esquadro;
- Termômetros - Os tipos mais comuns de termômetro são o tipo bulbo de vidro e com marcador em disco. Para se obterem leituras precisas, o bulbo ou o tubo do termômetro deverão ser imersos ou estar em contato direto com a substância cuja temperatura está sendo determinada;
- Bastões de Temperatura - São parecidos com lápis de cera ou lápis comum e, em geral, são utilizados para determinar a temperatura do metal para aplicações de solda. O bastão derrete quando toca uma superfície de metal cuja temperatura é igual ou superior àquela marcada. Melhores resultados são obtidos quando se usa um par de bastões. Por exemplo, se o processo de solda exige pré-aquecimento das peças a serem soldadas até 150 a 200 graus centígrados, antes de iniciar a solda esfregam-se as superfícies pré-aquecidas com um bastão de 150 graus centígrados. Se o bastão derreter, a temperatura do metal será superior a 150 graus centígrados.

- grados. Aplica-se então um bastão de 200 graus centígrados; se não derreter, a temperatura estará entre 150 e 200 graus centígrados, conforme especificado;
- Calibres de Chanfro de Sonda - Ferramentas utilizadas para medir as dimensões das soldas de canto e a altura da solda do topo. Possuem entalhes e ângulos usinados que se encaixam nas soldas de união das peças. O tamanho do entalhe ou do ângulo usinado que se encaixa na solda indicará o tamanho da mesma;
 - Líquido Penetrante - Utiliza-se um "Kit" de líquido penetrante para localizar fissuras superficiais de soldas ou metais fundidos. O "Kit" possui três componentes:
 - ▶ Líquido limpador - solvente fraco utilizado para limpar a área a ser examinada.
 - ▶ Líquido penetrante - vermelho-escuro, que é borrifado sobre a área para que penetre em qualquer fissura superficial; depois, antes do próximo passo, limpa-se a superfície, da melhor maneira possível, com um pano molhado com o solvente.
 - ▶ Líquido revelador - líquido branco absorvente, que é borrifado sobre a área e deixada secar. Se houver qualquer fissura superficial, o líquido penetrante será atraído à superfície pelo líquido revelador absorvente e deixará uma linha vermelha no lugar onde a fissura está localizada.
 - ▶ Comparador de Rugosidade da Superfície - Placa de amostras-padrão constituída por várias texturas de acabamentos usinados. Cada amostra de acabamento tem um número, como 63, 125, 250, etc. Quanto mais rugoso o acabamento, maior é o número. O comparador deverá ser colocado junto à superfície em questão e proceder-se à sua comparação visual com as amostras dos acabamentos, até obter-se o acabamento mais próximo da superfície analisada. Este método permite uma indicação razoável quanto ao atendimento às especificações relativas a acabamento.

9.3 Limpeza do Aço Inoxidável

9.3.1 Pré-Limpeza

Consiste na remoção de graxa, óleo, tinta, terra, detritos e outras impurezas maiores. Os elementos deverão ser limpos previamente, antes de se executarem soldas ou qualquer outra operação que exija temperaturas altas. Também é necessária a pré-limpeza das peças que serão imersas em líquido limpador ou quando este líquido for reutilizado. Essa pré-limpeza é realizada com vapor desengraxante, imersão, borrifos ou, então, esfregando-se líquidos limpadores emulsificados ou alcalinos, ou, ainda, com água a grande pressão.

9.3.2 Remoção de Escamas

É a remoção de películas grossas de óxido aderentes que se formam após a soldagem, ou outras operações que requerem altas temperaturas. Em geral, os produtos usinados são removidos das escamas, antes de serem entregues; dessa forma, no canteiro de obras é tão-somente necessária a remoção de escamas localizadas, resultantes da soldagem. As escamas também podem ser removidas mediante tratamento químico, denominado decapagem ou por métodos mecânicos.

A decapagem pode ser executada com soluções de ácidos sulfúrico, nítrico e hidrofluorídrico, álcalis derretidos ou banhos de sais ou diversas outras fórmulas patenteadas. A fórmula de decapagem deverá permanecer em contato com a superfície apenas durante o tempo necessário à remoção da película de óxido, que deverá ser bem enxaguada imediatamente após.

Os métodos mecânicos de remoção de escamas incluem limpeza com jato abrasivo, escovação mecânica, lixamento, esmerilhamento e rebarbação. O meio mais eficaz de remover escamas localizadas, resultantes de soldagem, é o esmerilhamento. Após a re-

moção mecânica, as superfícies deverão ser escovadas com escova de fibra e água quente. Em seguida, devem ser enxaguadas em água limpa quente. Será preciso muito cuidado ao se fazer a remoção mecânica de peças com tolerâncias muito pequenas. Além disso, os rebolos de esmeril e os materiais de lixamento não deverão conter ferro ou outras impurezas, que possam contaminar o aço inoxidável. Os rebolos de esmeril, os materiais de lixamento e as escovas metálicas usadas, anteriormente, na limpeza de outros metais não deverão ser reutilizados para a limpeza do aço inoxidável.

9.3.3 Solda

A superfície do metal que envolve as faces de uma junta a ser unida deverá ser limpa imediatamente antes da soldagem. A limpeza deverá estender-se a vários centímetros em cada face e poderá ser feita mediante escovação com escova metálica de aço inoxidável limpa ou esfregando-se com um pano limpo, sem fiapos, umedecido com solvente, ou, então, por meio de ambas as operações. Após a solda da junta ter esfriado, todo salpico, decapante, escama ou outra contaminação localizada poderá ser removida por esmerilhamento.

9.3.4 Limpeza Final

Se houver cuidado durante a fabricação e na limpeza inicial, a limpeza final poderá consistir em apenas esfregar escova de fibras e água quente, ou água quente e detergente. Após a lavagem com detergente, as superfícies deverão ser cuidadosamente enxagadas, de maneira a remover qualquer resíduo químico. A limpeza de pontos localizados poderá ser efetuada com um pano limpo, umedecido com solvente.

9.3.5 Condição Passiva

Indica a condição quimicamente inativa (passiva) da superfície do aço inoxidável. Em geral, o contato com o ar é suficiente para a formação de uma película passiva no aço inoxidável. Entretanto, uma vez que a presença de resíduos de líquidos (como óleo ou detergente) pode inibir a formação da película, a perfeita limpeza das superfícies é muito importante. Se as especificações determinarem a condição passiva das superfícies de aço inoxidável, a limpeza final deverá ser realizada de modo a atender a essa exigência.

9.4 Preparação para Receber Materiais e Equipamentos

As seguintes providências deverão ser tomadas antes da chegada de materiais e equipamentos no canteiro de obras:

- A FISCALIZAÇÃO deverá estar completamente familiarizada com as especificações, as normas, os desenhos e as referências relativos aos materiais e aos equipamentos. A FISCALIZAÇÃO deverá estar de posse das normas e dos códigos de referência;
- Deverá ter sido determinado em quais materiais e/ou equipamento será necessário realizar inspeção. Deverão ter sido determinados os procedimentos de verificação a serem utilizados, de acordo com as especificações, com os desenhos e com as normas pertinentes;
- Deverão ter sido determinadas as necessidades relativas a manuais de instalação e/ou de operação;
- Deverão ter sido determinados quais desenhos e dados precisarão ter aprovação prévia.

9.5**Inspeção de Equipamentos e Materiais**

Á medida que os equipamentos e os materiais chegarem ao canteiro de obras, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar, cuidadosamente, se atendem às especificações e se a remessa está de acordo com o documento de embarque do fabricante, a fim de assegurar-se de que as peças corretas foram recebidas. O estado das peças também deverá ser criteriosamente observado e anotado. Quaisquer perdas ou danos constatados deverão ser notificados de imediato à EMPREITEIRA.

Os testes, as verificações e/ou os certificados de testes dos equipamentos e os materiais deverão obedecer as exigências das especificações.

As eslingas utilizadas para carregar e descarregar elementos revestidos deverão ser de pano ou estar protegidas, de modo a evitar danos ao revestimento. A carga e a descarga deverão ser testemunhadas e qualquer problema, anotado.

Antes de ser trabalhado ou utilizado em qualquer fôrma, o material estruturado deverá ser verificado quanto à sua planicidade, de acordo com as tolerâncias especificadas. Utilizar-se-á corda de piano ou uma equipe de topografia na verificação da planicidade do material.

As superfícies usinadas deverão ser revestidas com material anticorrosão antes do embarque. Se houver qualquer sinal de dano às superfícies, o revestimento protetor deverá ser removido, a ferrugem ou a umidade deverão ser eliminadas e o revestimento, reparado. Para eliminar o revestimento protetor danificado, utilizar-se-á o solvente recomendado pelo fabricante do equipamento. Não será utilizado qualquer material abrasivo, como lixas ou raspadores metálicos. Em geral, o revestimento só deverá ser removido quando da instalação do equipamento. O revestimento protetor só será removido e reaplicado imediatamente após o recebimento do equipamento, se houver qualquer evidência de dano ao revestimento.

Se, apóas a remoção do revestimento, forem constatadas rebarbas ou arranhaduras na superfície da peça, essas imperfeições deverão ser cuidadosamente reparadas com raspador, pedra, ou lixa fina, exceto no caso de guias muito polidas, coxins de mancal, etc. Nestes casos, o fabricante da peça deverá ser consultado. Após reparar os danos, deverá ser aplicada nova demão do revestimento, que deverá proteger a peça durante o período de armazenagem.

9.6**Inspeção de Soldas****9.6.1****Geral**

Os principais aspectos na técnica de soldagem são:

- Normas e códigos de soldagem;
- Qualificações do soldador;
- Inspeção das soldas executadas;
- Segurança das operações de soldagem.

Diversas normas e códigos são utilizados no controle dos processos e procedimentos de soldagem, como os da AWS, AWWA, ABNT e ASME. As especificações deverão indicar claramente os códigos aplicáveis em cada caso. A diferença entre os códigos está relacionada com a função das peças metálicas que estão sendo soldadas. As especificações relativas à soldagem de elementos estruturais ou tanques de pressão são diferentes das utilizadas em braçadeiras leves. Freqüentemente, são citadas diferentes normas para as técnicas de soldagem em um único projeto.

Em geral, as especificações determinam que os soldadores devem ser testados. Deverá exigir-se que os soldadores demonstrem sua habilidade mediante testes de soldagem padronizados. Estes testes são descritos na Norma MB 262 da ABNT, "Qualificação dos Processos de Soldagem, de Soldadores e de Operadores", assim como na Seção IX do Código da ASME.

9.6.2

Problemas Mais Freqüentes

A seguir são relacionados os problemas técnicos mais freqüentes de soldagem:

- Empenamento - Se ocorrer empenamento durante a soldagem, o mesmo poderá ser corrigido mediante:
 - ▶ desempenamento mecânico ou a calor;
 - ▶ remoção e ressoldagem;
 - ▶ remoção ou acréscimo de metal de solda.
- Preparo Incorreto das Superfícies - O preparo incorreto das superfícies poderá resultar de:
 - ▶ remoção insuficiente de metal, quando são utilizadas técnicas de esmerilhamento manual que dão origem a pequenos ângulos de ranhura e dimensão excessiva da face da base;
 - ▶ remoção insuficiente de tinta, graxa, etc., na limpeza e esmerilhamento.
- Tamanho Incorreto da Solda - As soldas demasiadamente pequenas são defeitos óbvios. As soldas muito grandes podem provocar transformações desnecessárias, além de encarecer a soldagem;
- Chanfro de Solda Incorreto - Um chanfro de solda incorreto poderá causar fusão insuficiente se a solda for efetuada mediante diversas passagens;
- Dimensões Finais Incorretas - Utilizar-se-á um calibrador de perfil de chanfro de soldas para a medição.

9.6.3

Preparação

Antes de iniciar a soldagem, a FISCALIZAÇÃO deverá:

- Verificar o preparo, as dimensões e o acabamento da junta;
- Verificar as dimensões das folgas entre as placas, os grampos de encosto e o metal de enchimento;
- Verificar o alinhamento e o encaixe das peças que serão soldadas;
- Verificar se as superfícies a serem soldadas estão limpas.

9.6.4

Execução

Durante a soldagem, a FISCALIZAÇÃO deverá:

- Supervisionar o processo de soldagem, e devendo estar devidamente aparelhada com óculos de segurança;
- Verificar se está sendo utilizada vareta do tamanho e da qualificação apropriada;
- Verificar se a limpeza entre os passes é a mais adequada;
- Verificar as temperaturas de pré-aquecimento e entre os passagens;
- Assegurar-se de que não estão ocorrendo distorções;
- Verificar a temperatura e o tempo de pós-aquecimento;
- Verificar o formato da solda.

Não deverá ser permitida soldagem perto de qualquer material inflamável ou combustível. Deverão ser obedecidos os procedimentos de segurança relativos às operações de soldagem.

9.6.5 Ensaios

Diversos tipos de ensaios não destrutivos podem ser utilizados na inspeção das soldas.

9.6.5.1 Líquido Penetrante

- O método baseia-se na capacidade de determinados tipos de líquido de penetrarem em vazios e fissuras, por ação capilar, e de ali permanecer após a remoção do excesso. Desta maneira, a inspeção com líquido penetrante, quando corretamente executada, é um método confiável e eficaz de detectar descontinuidades nas superfícies. Em geral, podem ser constatadas até as mais minúsculas imperfeições.

9.6.5.2 Partículas Magnéticas

A inspeção com partículas magnéticas é utilizada para detectar descontinuidades nos materiais ferromagnéticos. Este método revelará descontinuidades superficiais que:

- São demasiado finas para a inspeção visual;
- Estão localizadas pouco abaixo da superfície;
- São mais profundas.

A solda inspecionada é magnetizada mediante a aplicação de alta tensão ou a inserção da junta soldada numa bobina energizada. O campo magnético será interrompido pela descontinuidade, e ocorrerão pólos magnéticos na superfície. As áreas a serem inspecionadas são cobertas por partículas finas ferromagnéticas que reagem com os pólos magnéticos e formam configurações nas superfícies, com o formato aproximado da descontinuidade.

9.6.5.3 Radiográficos

A radiografia industrial utiliza-se de raios X ou irradiação de raios gama para detectar a existência de descontinuidades internas em materiais sólidos, além de determinadas características destas descontinuidades. Quando a peça é exposta à irradiação de raios X ou gama, parte da radiação penetra no material e parte é absorvida. Se houver qualquer bolha ou descontinuidade, a diferença na absorção da radiação é registrada numa emulsão fotográfica. O resultado é uma sombra no lugar da descontinuidade.

9.6.5.4 Ultra-Som

Os ensaios tipo ultra-som utilizam uma onda de som de frequência muito alta, gerada por um transdutor e transmitida em pulsos, através da zona da solda. O método utiliza a técnica do pulso/eco para enviar e receber um sinal. O sinal enviado e seu reflexo, em qualquer trinca na área soldada, são registrados como um pulso e um eco na tela do osciloscópio. A inspeção tipo ultra-som é muito sensível à presença de descontinuidades, como defeitos de laminações, escórias ou trincas. Entretanto, exige cuidado na aplicação e equipamento especial, a fim de se obter um registro eficaz da solda testada. Além disso, a precisão do equipamento precisa ser freqüentemente calibrada, mediante calibres que contenham defeitos conhecidos, garantindo a precisão desejada.

9.7

9.7.1 Peças Fixas Embutidas Geral

A FISCALIZAÇÃO deverá identificar as peças que serão embutidas no concreto e certificar-se de que estejam disponíveis antes da concretagem.

A FISCALIZAÇÃO deverá estar familiarizada com as estruturas a serem erguidas. Deverá estabelecer e identificar a localização das linhas de controle e dos marcadores de cota, a fim de verificar a posição das peças a serem embutidas. Sempre deverá efetuar medições a partir de pontos de referência estabelecidos. Os elementos verticais deverão estar no prumo, de acordo com as tolerâncias especificadas. As bases horizontais deverão estar corretamente posicionadas e niveladas. A inspeção das soleiras e das guias embutidas das comportas deslizantes e de segmento encontra-se nos [subitens 9.12](#) e [9.13](#).

9.7.2 Soldas

As soldas nas barras de fixação e chumbadores deverão ser verificadas. Em geral, os anéis de ancoragem são soldados a estes elementos, a fim de assegurar a fixação da peça. Se for utilizada uma técnica de soldagem inadequada (por exemplo, calor excessivo), que resulte em defeito na união, esta ficará enfraquecida e a extremidade da barra lisa ou com rosca poderá romper-se sob esforço.

9.7.3 Preparo da Superfície

As superfícies metálicas deverão ser adequadamente preparadas. Qualquer vestígio de graxa ou óleo deverá ser removido, a fim de permitir a aderência do concreto. Durante a concretagem, a rosca dos parafusos chumbadores deverão ser protegidos do concreto.

9.7.4 Posicionamento

O posicionamento das peças a serem embutidas no concreto deverá ser verificado. Estas peças não deverão estar em contato com os ferros da armação ou entre si. Além disso, não deverão encostar nas fôrmas, exceto quando precisam ficar expostos após a remoção das fôrmas. Os materiais deverão estar adequadamente fixados, a fim de evitar seu deslocamento durante a concretagem. As tubulações maiores e os tanques deverão ser enchidos com água, de modo a não flutuarem no concreto. A localização das peças embutidas expostas deverá ser verificada novamente após a remoção das fôrmas. Algumas vezes, mesmo o escoramento aparentemente adequado se movimenta durante a concretagem.

9.7.5 Chumbadores

Existem dois métodos utilizados para corrigir defeitos de alinhamento de peças fixas embutidas.

- Perfuração da peça que será presa ao chumbador nos locais em que os chumbadores estiverem colocados;
- Instalação de novos chumbadores.

Em geral, não é possível dobrar os chumbadores para se obter a posição desejada, pois, em geral, não são fáceis de dobrar, e sua projeção para fora do concreto poderá ser insuficiente. Qualquer método proposto pela EMPREITEIRA deverá ser previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

9.7.6 Testes de Pressão

Os testes de pressão das tubulações embutidas deverão ser executados na presença da FISCALIZAÇÃO. Nunca deverá ser utilizado ar nos testes de pressão. Usa-se água sob pressão ou, no caso de oleodutos, óleo.

9.7.7 Problemas Especiais

Além das situações mencionadas anteriormente, existem alguns problemas especiais que devem ser verificados durante a inspeção dos itens embutidos. A seguir, estão relacionados esses problemas e os respectivos procedimentos de inspeção, embora nem uns nem outros sejam completamente abrangentes.

9.7.7.1 Bordaduras Metálicas

As bordaduras de tubos ou perfis são instaladas em torno de aberturas na parede ou no piso, para receber, posteriormente, dutos de ventilação ou aquecimento, bandejas para cabos, aberturas de arrefecimento, grelhas, etc. As bordaduras das escotilhas para acesso pelo piso são instaladas em grandes aberturas, de modo a permitir o acesso a equipamentos e materiais e seu manuseio. São projetadas para receber tampas para as escotilhas, com capacidade de absorver carga, quando a abertura não está sendo utilizada.

Antes da concretagem, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se:

- As bordaduras estão corretamente localizadas;
- Os chumbadores estão no lugar (algumas vezes rompem-se durante o transporte);
- As superfícies expostas das bordaduras estão em esquadro e num plano comum;
- As bordaduras foram fixadas de maneira que não possam sofrer deslocamento durante o lançamento do concreto.

9.7.7.2 “Inserts” Metálicos

Na inspeção dos “inserts” metálicos, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se o “insert”:

- É do comprimento correto;
- Está na localização certa;
- É do tipo especificado;
- Está firmemente fixado à fôrma.

9.7.7.3 Chumbadores

Os chumbadores que se projetam além do concreto, cuja função será a de fixar ou montar o equipamento, deverão:

- Ser de dimensões corretas, incluindo comprimento da rosca e da projeção;
- Ter a configuração correta;
- Estar localizados corretamente;
- Estar bem fixados;
- Evitar os recortes por baixo, quando as barras de sustentação ou as arruelas de projeção forem soldadas.

9.7.7.4 Tubulação de Drenagem

As tubulações de drenagem dos prédios e das linhas de drenagem do equipamento deverão:

- Ser de dimensões e de tipos apropriados, conforme especificado;

- Estar corretamente localizadas e ter a declividade adequada (em geral, as tubulações de drenagem têm declividade de 10mm por metro);
- Ter sido testadas hidrostaticamente;
- Ter juntas corretamente executadas;
- Estar bem fixadas.

9.7.7.5 Tubos de Passagem

Tubulações metálicas padronizadas são embutidas em paredes e pisos, como tubos de passagem, a fim de prover uma abertura para a instalação posterior de tubos menores.

As luvas de tubulação deverão:

- Ser das dimensões corretas;
- Ser fixadas no local correto (se colocadas no piso, as luvas deverão projetar-se ligeiramente acima dele, a fim de evitar a entrada accidental de água).

9.8 Tubulações de Sucção das Bombas, de Descarga e dos Barriletes

As tubulações de sucção e de descarga poderão ou não estar embutidas. As tubulações de barrilete poderão ser embutidas no concreto, enterradas, ou deixadas expostas, dependendo do projeto específico.

A soldagem dos tubos de aço para água deverão obedecer à Norma C206 da "American Water Works Association" (AWWA).

É indispensável que o equipamento seja adequadamente fixado, independente de estar exposto ou embutido em concreto. Os esticadores deverão estar bem esticados e soldados, de maneira que não possam se soltar. Os suportes não deverão ser soldados à tubulação, mas aos anéis ou colares de reforço, soldados à tubulação.

Quando não forem embutidas no concreto, as tubulações de succão das bombas, de descarga e de barrilete são, em geral, revestidas interna e externamente. O revestimento interno das tubulações de aço poderá ser de argamassa de cimento, esmalte coaltar ou epóxi coaltar. O revestimento externo de tubulações enterradas poderá ser de qualquer um desses três materiais. Quando exposto, o exterior da tubulação deverá ser pintado com esmalte sintético. Esses revestimentos deverão ser inspecionados cuidadosamente. Os revestimentos poderão ser danificados durante o manuseio das tubulações ou na instalação. Qualquer dano ao revestimento poderá causar problemas após a instalação.

Após a instalação da tubulação e antes de esta ser embutida no concreto, deverá efetuar-se um teste hidroestático na pressão indicada nas especificações ou nos desenhos. Utilizar-se-á água nos testes. Nunca poderá ser utilizado ar. As observações realizadas durante o teste incluem a verificação visual de vazamentos nas juntas e nas soldas. O teste deverá ser conduzido na presença da FISCALIZAÇÃO, durante o tempo especificado.

9.9 Pontes-Rolantes

9.9.1 Recebimento

O equipamento deverá ser verificado com especial atenção, imediatamente após sua chegada no canteiro de obras, conforme mencionado no [subitem 9.5](#).

9.9.2 Armazenamento

A ponte-rolante poderá ou não necessitar de armazenamento, dependendo do cronograma da EMPREITEIRA. Se for preciso armazená-la, deverá ser protegida da intem-

périe, de preferência num armazém. Durante o armazenamento de longa duração, será necessário:

- Proteger as superfícies usinadas com produto anticorrosão;
- Impermeabilizar o equipamento elétrico de controle e verificar se há óleo nas caixas de engrenagens e graxa nos rolamentos.

Em geral, estas providências são tomadas na fábrica, antes do embarque do equipamento, mas é necessário verificar-las.

Quando a ponte-rolante for retirada do armazenamento, deverá ser limpa cuidadosamente. O revestimento anticorrosivo deverá ser removido, e as caixas de engrenagens deverão ser limpas e lubrificadas novamente.

9.9.3 Instalação

A FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se de que a EMPREITEIRA instalou a ponte-rolante de acordo com as especificações e as instruções do fabricante. Se os serviços de um engenheiro de montagem, do fabricante, estiverem incluídos no fornecimento, as instruções por ele fornecidas deverão ser cuidadosamente atendidas.

Para que a ponte-rolante funcione conforme previsto, o alinhamento da coluna, da viga principal e dos trilhos deverão atender às recomendações das especificações. A seguir são relacionados vários itens que precisam ser verificados durante a inspeção das diversas partes da ponte-rolante.

- O alinhamento e as cotas da viga principal deverão ser verificados com uma corda de piano e, se necessário, pela equipe de topografia. Se tolerâncias especificadas não estiverem sendo obedecidas, a EMPREITEIRA precisará utilizar calços. As tolerâncias especificadas incluem a folga admissível.
- O apoio de extremidade a extremidade dos mancais do balancim da viga principal deverá ser verificado com um calibrador de folga.
- As beiradas dos mancais do balancim deverão ser em esquadro e planas; se cortadas por chama de gás, as partes queimadas deverão ser esmerilhadas até ficarem lisas, se necessário.
- A preparação das superfícies deverá ser verificada antes da soldagem, em campo, das juntas da viga principal.
- As dimensões e as propriedades dos trilhos que a EMPREITEIRA pretende utilizar deverão ser verificadas antes de se iniciar a montagem.
- As cotas e o alinhamento dos trilhos deverão ser verificados antes da soldagem e, novamente, após o término da instalação.
- As emendas dos trilhos deverão ser espaçadas de acordo com as diretrizes da AISC. As especificações das emendas também deverão constar dos desenhos ou das instruções do fabricante.
- A junta final especificada (tipo estanque ou padronizada) e os furos nas chapas de junta dos trilhos serão verificados.

9.9.4 Funcionamento Inicial

Quando a ponte-rolante estiver pronta para ser testada, a FISCALIZAÇÃO deverá assistir à operação inicial. Na maioria dos casos, é nessa ocasião que os problemas ficarão aparentes, tais como:

- Rolamentos que não funcionam corretamente;
- Eixos mal alinhados;
- Equipamento de controle que não funciona adequadamente;
- Engrenagens mal alinhadas;

- Motores que giram ao contrário.

Após os serviços iniciais (lubrificação dos rolamentos, limpeza das caixas de graxa e abastecimento dos reservatórios de óleo), a ponte rolante deverá ser posta em funcionamento, sem carga, durante várias horas e, depois, com uma carga leve, a fim de se verificar se as peças estão funcionando corretamente. Em seguida, deverão ser realizados os testes de operação exigidos nas especificações e nas normas. Após a aprovação dos resultados dos testes, a EMPREITEIRA deverá utilizar a ponte-rolante para facilitar a instalação dos equipamentos de estação.

9.10 Comportas e Válvulas

9.10.1 Geral

Nos projetos de irrigação, as comportas e as válvulas são instaladas para desempenharem as seguintes funções básicas:

- Regular a vazão de um canal, mediante o controle do nível da água no canal;
- Estrangular a vazão numa tubulação, iniciar uma mudança de vazão e/ou regular a taxa de variação da vazão, de maneira que a vazão ou a taxa de variação da vazão desejadas estejam de acordo com as necessidades de pressões limitantes do sistema;
- Isolar uma parte do sistema ou um determinado elemento, como um medidor da vazão ou uma válvula de redução de pressão, a fim de efetuar reparos ou manutenção sem fechar todo o sistema.

As comportas de controle do nível de água podem ser automáticas, com controle à jusante, ou motorizadas de segmento ou deslizantes. As motorizadas também podem ser operadas manualmente, mas as de controle à jusante só respondem a mudanças no nível da água imediatamente à jusante da comporta. As comportas de segmentos e as deslizantes também podem ser operadas por meio de cilindro hidráulico, com um sistema associado de controle hidráulico.

Todas as outras comportas e válvulas podem ser operadas manualmente. Além disso, as válvulas reguladoras de fluxo podem ser operadas hidraulicamente pela água pressurizada dentro da tubulação, por um motor elétrico, ou por um sistema de controle hidráulico externo, que funcione mesmo no caso de falta de energia elétrica.

9.10.2 Sistemas Hidráulicos de Controle

Os cilindros hidráulicos para os sistemas de controle hidráulico deverão ser enchidos de óleo antes do seu embarque e armazenados na vertical. As caixas de controle e a tubulação deverão estar limpas e secas. Poderá ser necessário um local para armazenamento do equipamento, a fim de protegê-lo contra a intempéries até sua instalação. Se o período de armazenagem for longo, a FISCALIZAÇÃO deverá checar o equipamento armazenado com alguma frequência, a fim de verificar se ainda está em boas condições.

A tubulação deverá ser instalada de modo que todas as juntas estejam bem vedadas. Deverá ser utilizado, nas vedações de juntas rosqueadas, um produto apropriado para contato com óleo. Não deverá ser usado vedador tipo fita selante teflon. O produto apropriado para juntas rosqueadas não deverá ser colocado sobre o terço da rosca mais próximo da extremidade do tubo. O sistema deverá ser enchido com óleo limpo e novo, que tenha sido passado por um filtro número 100 (0,149mm). O sistema de controle deverá ser posto em funcionamento durante, pelo menos, um ciclo completo de abertura e fechamento da comporta ou da válvula. Deverão ser efetuadas mudanças e ajustes até que sua operação seja aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

9.10.3 Chave Limite

A chave limite é utilizada para parar o movimento de uma válvula ou uma comporta, ao chegar nas posições totalmente aberta ou totalmente fechada. Quando funciona adequadamente, a chave limite poderá desligar um motor elétrico ou abrir uma válvula para alívio de pressão. Existem muitos tipos de chaves limite e, portanto, a FISCALIZAÇÃO precisará assegurar-se de que a chave fornecida seja a mais apropriada para o equipamento em questão.

O ajuste da chave limite é essencial para seu bom funcionamento. As comportas ou as válvulas deverão ser testadas durante todo seu ciclo, para verificar se todas as chaves limites estão funcionando corretamente.

Além das chaves limites, alguns atuadores de válvula são equipados com chaves de torque, que desligam o atuador se for aplicada força mecânica excessiva à válvula.

9.11 Comportas Deslizantes

9.11.1 Geral

As comportas deslizantes são, normalmente, operadas por meio de uma haste de operação ligada à extremidade superior da folha da comporta, e que se estende para cima, até um mecanismo de acionamento montado sobre uma estrutura de suporte. Em geral, a parte superior do eixo é rosqueado, para operação manual ou motorizada.

9.11.2 Sedes e Guias da Comporta

De modo geral, as superfícies de vedação têm tolerância mais precisa do que as guias. Em ambos os casos, as tolerâncias deverão constar das especificações e/ou dos desenhos de fabricação. A FISCALIZAÇÃO deverá fazer com que as tolerâncias sejam atendidas.

9.11.3 Inspeção de Sedes e Guias das Comportas

As sedes e as guias das comportas deverão ser inspecionadas, a fim de se verificar o prumo e o alinhamento. Serão utilizados os seguintes procedimentos:

- Estabelecer um plano de referência;
 - Fixar uma corda de piano em uma placa, com pesos de 9kg pendurados. Colocam-se os pesos dentro de baldes de óleo para atenuar os movimentos; os pesos deverão ser movidos ligeiramente, antes de se verificar o prumo, de modo a se certificar que estão livres;
 - Medir a distância da corda de piano à face da sede. As medidas serão efetuadas em diversos pontos entre a corda e a superfície a ser verificada. Deve-se utilizar uma régua de aço graduada em milímetros ou um micrômetro elétrico;
 - Registrar todas as medidas e os pontos onde foram efetuadas. Verificar também a soleira, por meio de um nível de serralheiro. A soleira estará a prumo se não houver qualquer desvio de medidas e se estiver nivelada;
 - Medir as duas dimensões diagonais da sede, que deverão ser iguais;

- Esticar a corda de piano em cada diagonal. Os dois arames deverão tocar-se apenas no ponto em que se cruzam, independentemente de qual dos arames está na frente do outro.

O prumo e o alinhamento deverão ser verificados antes, durante e depois do lançamento do concreto secundário. As medidas deverão ser registradas para referência futura.

9.12 Comportas Segmento e Comportas Automáticas com Controle à Jusante

As comportas segmento são operadas por meio de correntes ou cabos de suspensão fixados na parte inferior da comporta, de cada lado, à montante do tabuleiro. Algumas comportas segmento são operadas através de cilindros hidráulicos equipados com pinos giratórios, para articulação de ligação à comporta.

As comportas automáticas com controle à jusante são similares às de segmento, em que o tabuleiro da comporta é formado a partir de um segmento circular. Estas comportas são operadas por um flutuador embutido na comporta, de forma a manter um nível constante de água no canal à jusante da comporta.

A soleira destas comportas deve ser reta e nivelada, de acordo com as tolerâncias do fabricante, independentemente das características da estrutura da comporta.

As guias laterais das comportas de segmentos e automáticas com controle à jusante consistem em placas de aço embutidas no concreto, no formato de arcos circulares, concêntricos ao eixo de rotação da comporta. A extremidade superior de cada placa é inclinada para fora, em relação à extremidade inferior. Os desenhos de fabricação e as instruções de instalação deverão ser cuidadosamente checadas, para determinar esta inclinação e a tolerância permitida.

A inspeção das placas embutidas deverá seguir o roteiro traçado no [subitem 9.11.3](#), para o estabelecimento do plano de referência e a medição da distância entre as placas e as cordas de piano.

9.13 Procedimentos de Inspeção de Comportas

Estão relacionados, a seguir, os diversos pontos que deverão ser verificados na instalação de grandes comportas.

- As especificações das comportas e os desenhos de instalação do fabricante deverão ser utilizados como base na verificação do equipamento, conforme plano de inspeção a ser detalhado. Em geral, as especificações relativas ao fornecimento do equipamento determinam as condições técnicas a serem adotadas pelo engenheiro montador. As instruções do engenheiro montador deverão ser rigorosamente obedecidas;
- O alinhamento dos chumbadores deverá ser verificado. As roscas deverão estar limpas e isentas de escamação, ferrugem ou outros elementos contaminantes. As manchas de óleo deverão ser removidas com solvente. Qualquer rosca danificada deverá ser novamente usinada ou então substituir-se-a o chumbador danificado;
- Deverão ser utilizadas cordas de piano na verificação da planicidade das soleiras e das guias das comportas;
- Os tirantes e os suportes das peças embutidas deverão ser verificados. Se não estiverem adequadamente fixados, poderão soltar-se durante o lançamento e a vibração do concreto;
- Deverá ser efetuada uma série de leituras de prumo das armações e das guias das comportas, após a montagem e a fixação do contraventamento e antes de se em-

- butirem esses elementos. Será necessário verificar o prumo durante o lançamento do concreto, para detectar qualquer deslocamento;
- As superfícies de vedação deverão ser verificadas freqüentemente durante o lançamento do concreto, para garantir que pequenos deslocamentos não ultrapassarão os níveis de tolerância estabelecidos;
 - Aplicar-se-á pressão moderada contra o tabuleiro da comporta deslizante, e serão utilizados calibres de folga para verificar se as superfícies de vedação do tabuleiro da comporta e as soleiras estão em contato completo. Poderá ser necessário esmerilhar ligeiramente as soleiras, a fim de se obter contato completo, de acordo com as tolerâncias especificadas;
 - O alinhamento da haste de operação das comportas deslizantes deverá ser verificado, até a plataforma de operação. Os rolamentos das guias da haste de operação deverão ser ajustados de modo a prover movimentação livre da haste, sem qualquer restrição;
 - Se a comporta for operada por cilindro hidráulico e se o cilindro esteve armazenado durante muito tempo, seus cabeçotes deverão ser removidos, para verificar se há ferrugem ou qualquer outro sinal de deterioração dentro do cilindro e em torno do pistão;
 - Exercer-se-á cuidado extremo para assegurar a limpeza do sistema hidráulico, incluindo as linhas, a caixa de controle, os reservatórios de óleo, as bombas e a tubulação associada;
 - Se a comporta tiver um mecanismo de elevação motorizado, a caixa de engrenagens deverá ser lavada com óleo e lubrificada antes de ser testada. Deverá ser verificada a rotação correta do motor;
 - As superfícies de vedação de aço inoxidável deverão ser limpas e inertes, de acordo com as especificações.

9.14 Vedações de Borracha para Comportas

Muitos tipos de comporta utilizam vedação de borracha nas laterais, na soleira e, em alguns casos, também na parte frontal superior. As tiras de borracha utilizadas na vedação podem ter um formato característico de "J", também conhecido como "formato de nota musical", ou, então, de seção retangular.

As vedações de comporta podem ser encomendadas pré-montadas e com os furos de montagem já perfurados, exceto se, por razões de expedição, o equipamento for fabricado em peças separadas, que precisam ser soldadas juntas no local. Neste caso, as vedações dos cantos deverão ser fornecidas como uma peça moldada única que será colada com um produto apropriado (por exemplo, "Super Bonder") às peças laterais e frontais. A vulcanização não deverá ser efetuada em campo. As vedações laterais e frontais deverão ser contínuas entre as vedações dos cantos, sem qualquer emenda intermediária.

As vedações deverão ser cortadas no comprimento certo com auxílio de uma mesa de corte, que permite executar cortes precisos, e uma serra sem desvio nos dentes. Os furos de montagem deverão ser feitos com broca rotatória côncava para cravar, utilizando as barras de fixação da vedação como gabarito, além de uma boa lubrificação com água e uma base de borracha ou de madeira mole. Os furos não deverão ser feitos nem as vedações encaixadas a temperatura ambiente extrema, seja máxima ou mínima, devido à expansão térmica da borracha.

9.15 Válvulas

Praticamente não existem problemas de alinhamento na instalação de válvulas, uma vez que, em geral, são instaladas sobre pedestais de apoio, e os ajustes são relativamente fáceis. Além disso, é possível tolerar pequenos desvios de alinhamento, sem que isso impossibilite a operação da válvula.

As válvulas serão alinhadas com os flanges das tubulações. A EMPREITEIRA não deverá parafusar a válvula ao flange e, depois, tentar nivelar e alinhar a válvula a linhas centrais teóricas. Isso poderia gerar forças excessivas sobre o flange e a válvula e provocar travamento nas partes operacionais da válvula. Se a válvula estiver ligeiramente fora de alinhamento ou de nível, quando fixada ao flange, deverá ser deixada dessa forma, e o pedestal de apoio deverá ser fixado e cimentado, adaptado para se encaixar na válvula. É evidente que, se a válvula estiver muito fora de alinhamento, isso poderá complicar a ancoragem requerida para resistir ao empuxo hidráulico, assim como dificultar a conexão dos equipamentos de controle e de outros acessórios à válvula.

Se o projeto requerer placas de base, as válvulas deverão ser assentadas, niveladas e alinhadas, antes de as placas serem embutidas no concreto. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar e notificar qualquer falha de alinhamento.

Nas válvulas motorizadas, o funcionamento da chave limite ou, do aparelho de controle do torque, deverá ser verificado antes do teste da válvula. Os sistemas de controle hidráulico também deverão ser verificados.

9.16 Conjuntos Moto-Bomba

9.16.1 Recepção

O equipamento deverá ser checado imediatamente após seu recebimento, conforme abordado no [subitem 9.5](#).

9.16.2 Armazenamento

O equipamento deverá ser adequadamente armazenado logo após seu recebimento. Os caixotes utilizados no transporte não são adequados para armazenamento a céu aberto. A EMPREITEIRA deverá prover um local limpo e seco para o armazenamento.

As partes elétricas do motor deverão ser protegidas das temperaturas extremas. Durante o armazenamento em regiões frias e úmidas, todos os enrolamentos isolados deverão ser protegidos contra a condensação, por meio de um sistema de aquecimento seguro e confiável, que mantenha a temperatura dos enrolamentos acima do ponto de orvalho do ar envolvente. Um aquecedor-circulador de ar, elétrico, com controle termostático, é excelente para esta finalidade. Em geral, são suficientes 15watts para cada 500kg, se o calor for aplicado dentro dos engravidados. A temperatura deverá ser mantida a, aproximadamente, 10 graus centígrados acima da temperatura ambiente externa.

O equipamento armazenado deverá ser inspecionado periodicamente. A resistência do isolamento das partes elétricas deverá ser monitorizada e os dados coletados, registrados. Qualquer queda significativa na resistência deverá ser investigada. Poderá ser necessário aumentar o calor, limitando a absorção da umidade pelo material isolante.

As peças usinadas com tolerância apertada (como eixos, acoplamentos e rolamentos) deverão ser armazenados adequadamente, a fim de se evitar qualquer distorção nas superfícies usinadas. Os suportes de madeira não deverão ficar em contato direto com as superfícies, uma vez que a umidade da madeira poderá causar oxidação. As peças maiores, como suportes do rotor e seções do estator, deverão receber apoios, de maneira a dividir seu peso uniformemente. O alinhamento final e as tolerâncias dependerão de um armazenamento apropriado.

9.16.3 Instalação e Treinamento

Em geral, as especificações do equipamento determinam que o FORNECEDOR da bomba preste também assistência técnica durante a instalação dos conjuntos moto-bom-

ba. A FISCALIZAÇÃO deverá coordenar a chegada do engenheiro montador, de modo que seus serviços estejam disponíveis quando requeridos pela EMPREITEIRA de instalações. A FISCALIZAÇÃO deverá também assegurar-se de que a EMPREITEIRA estará obedecendo fielmente às instruções do engenheiro montador.

Se as especificações determinarem que o FORNECEDOR do equipamento treine o pessoal de operações, esse treinamento deverá ser concluído antes do término do projeto e da transferência das instalações à entidade operadora.

9.17

9.17.1

Equipamento Auxiliar Geral

Existem alguns aspectos comuns de inspeção de instalação dos equipamentos auxiliares.

Quando o equipamento é acionado por motores externos, são especialmente importantes o nivelamento do equipamento e o alinhamento dos eixos. Se os dois aparelhos compartilham de uma base comum, a tarefa é simplificada, embora ainda exija a atenção dos operários e da FISCALIZAÇÃO.

Entre as questões comuns à instalação da maioria dos equipamentos auxiliares, destacam-se o nivelamento da base, o enchimento com argamassa, o alinhamento dos acoplamentos, a lubrificação e o posicionamento dos pinos guia.

9.17.2

Nivelamento

As bases são fixadas aos chumbadores através de duas porcas: a porca de fixação e a de nivelamento. Usa-se um nível de serralheiro para determinar o nivelamento da base. A porca de nivelamento é utilizada para nivelar, e são colocados calços para manter a base na posição nivelada. A porca de nivelamento deverá ser desaparafusada antes do enchimento com argamassa e após a colocação dos calços, de maneira a permitir que o chumbador esteja sob tração quando a porca de fixação for apertada. É importante que a porca de nivelamento seja solta, a fim de que o chumbador fique sob tração em todo seu comprimento.

9.17.3

Fixação com Argamassa

Antes do enchimento com argamassa entre a base do equipamento e o alicerce de concreto, a superfície deste último deverá ser limpa e tornada áspera. A base do equipamento será, então, posicionada apoiada sobre os chumbadores embutidos e, depois, nivelada.

Há dois métodos de fixação das bases do equipamento com argamassa. O primeiro se utiliza de argamassa no estado fluido. Neste método, uma fôrma é conduzida em torno do perímetro da base do equipamento e a argamassa é empurrada a partir de uma das extremidades, até que todos os espaços vazios tenham sido preenchidos.

O outro método de cimentar é o chamado enchimento a seco. No preparo desta argamassa, será utilizada apenas a quantidade de água suficiente para produzir um produto com boa adesão, quando moldado manualmente em formato de uma bola, e apenas umedecendo as mãos. Para fixar a base com enchimento seco, será necessário encostar uma fôrma na beirada da base do equipamento. A seguir, serão colocadas pequenas quantidades de argamassa junto à fôrma e socadas até ficarem firmes. O processo deverá ser repetido até que todos os espaços vazios sejam preenchidos.

Após a fixação, a argamassa deverá curar durante 48 horas (ou conforme as especificações do fabricante). A seguir, as porcas de fixação deverão ser apertadas. O

nivelamento da base deverá ser verificado novamente, para se assegurar de que não houve qualquer deslocamento durante as operações de enchimento e fixação.

9.17.4 Acoplamentos

Em geral, os acoplamentos rígidos não permitem desalinhamento ou recuo. Os acoplamentos flexíveis, normalmente, permitem até três graus de deflexão angular. As especificações do fabricante deverão ser atendidas.

Para alinhar os acoplamentos corretamente, poderá ser necessário colocar calços entre o equipamento e a base. Colocar-se-ão calços de aço, de maneira que os pinos-guia os atravessem e se fixem no lugar correto.

9.17.5 Alinhamento

As ferramentas utilizadas para o controle do alinhamento de duas peças do equipamento são a régua reta e o calibre de folga. Na verificação do alinhamento angular entre as metades do acoplamento, insere-se um calibre cônico ou de folga entre as faces do acoplamento, em quatro pontos, a intervalos de 90 graus centígrados, em torno do acoplamento. A unidade estará alinhada se as medidas indicarem que as distâncias entre as faces do acoplamento são iguais em todos os pontos.

Para checar o paralelismo entre as bordas do acoplamento, colocar-se-á uma régua reta, na parte superior, na inferior e em cada lado. A unidade estará alinhada se a régua reta se apoiar por igual sobre ambas as bordas do acoplamento, em todos os pontos. Poderá ser necessária a compensação devido às variações de temperatura e no caso das metades do acoplamento que tenham diâmetros externos diferentes; é necessário observar que a régua reta deve ser mantida paralela aos eixos.

9.17.6 Lubrificação

As partes móveis deverão ser lubrificadas de acordo com as instruções do fabricante. No caso de equipamento que esteve armazenado durante muito tempo, será necessário esvaziar e limpar as caixas de engrenagens e enchê-las novamente com o lubrificante recomendado pelo fabricante.

9.17.7 Pinos-Guia

Os pinos-guia são utilizados para manter as peças numa posição fixa, preservando seu alinhamento. É comum a utilização de pinos-guia para manter as bombas alinhadas com seu motor; conectam-se ambos, a bomba e o motor, à placa de assentamento. Os pinos-guia deverão ser instalados quando determinado nas especificações ou recomendado pelo fornecedor do equipamento. Só deverão ser instalados após a conclusão e verificação de todos os ajustes de alinhamento e a realização dos testes operacionais confirmado que não é necessário qualquer ajuste adicional.

Os pinos-guia deverão ser de mesmo diâmetro dos parafusos utilizados para fixar as peças entre si, e seu comprimento deverá ser igual a 1-1/2 a 2 vezes seu diâmetro, em cada peça que está sendo conectada.

9.18 Conjuntos Motor-Gerador

9.18.1 Geral

Em geral, estes conjuntos são fornecidos quando deve-se garantir um suprimento de energia elétrica. Nos projetos de irrigação, é necessário que haja energia elétrica de emergência para o fechamento de comportas ou válvulas, a operação de elevadores e a

iluminação de emergência. Em geral, os conjuntos motor-gerador são comprados como uma unidade, com especificações que visam ao atendimento de necessidades muito bem definidas. As especificações e os manuais do fabricante deverão ser consultados antes da sua instalação e operação.

9.18.2 Motor

Há vários tipos de motor: a gás natural, a gás liquefeito de petróleo, a gasolina ou a óleo diesel. Os condutos de alimentação do combustível do motor deverão ser fixados e montados de tal modo a impedir um corte accidental ou criminoso do combustível.

9.18.3 Gerador

Na maioria das vezes, os geradores são de corrente alternada, trifásicos, de 60Hz. No recebimento dos geradores, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se sua voltagem e sua capacidade atendem às especificações.

9.18.4 Chave de Transferência

A chave de transferência registra a interrupção do suprimento normal de energia elétrica e transfere a carga para o conjunto motor-gerador de emergência. A chave poderá colocar em funcionamento, automaticamente, o conjunto motor-gerador.

9.19 Tubulação de Pressão Geral

As normas para as tubulações de pressão constam nas seções da ABNT e na Norma B31.1, "Power Piping" (Tubulações para Vapor), da ANSI/ASME. Estas normas estabelecem as exigências a serem cumpridas pelos soldadores, os tipos de soldas a serem utilizadas e os padrões mínimos de qualidade, assim como os testes que deverão ser efetuados nas soldas. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os soldadores foram aprovados nos testes de qualificação mencionados no subitem 9.6.1.

9.19.2 Limpeza

É essencial que as tubulações estejam limpas. Qualquer tubulação armazenada durante algum tempo provavelmente conterá terra e outros detritos, que precisam ser removidos antes da sua instalação.

9.19.3 Oleodutos

Os oleodutos requerem cuidados especiais. A contaminação de um oleoduto poderá resultar em danos ao equipamento. Deverá ser utilizado um solvente para remover qualquer revestimento protetor aplicado, seguido por uma escovação mecânica interna do oleoduto e aplicação de um pano limpo e seco, isento de fiapos. Se, na saída do oleoduto, o pano estiver sujo, será necessário repetir a escovação mecânica e a aplicação do pano. Antes de ser colocado em funcionamento, o sistema de tubulação deverá ser lavado com óleo, e o óleo deverá circular e filtrar por todo o sistema, antes de se fazer a conexão permanente com o equipamento.

9.19.4 Conexões Soldadas

As extremidades das tubulações a serem soldadas deverão ser lixadas e tratadas com decapante. Nas juntas soldadas, só serão utilizadas conexões de cobre.

9.19.5 Conexões Roscadas

As rebarbas formadas (interna e externa) nas extremidades, quando a tubulação é usinada, deverão ser removidas. Os filetes das rosas deverão ser abertos, na dimensão e no formato adequados, e não deverão possuir superfícies com falhas ou desiguais. Os filetes das rosas deverão obedecer à Norma B2.1, "Taper Pipe Threads" (Roscas Cônicas de Tubos), da ANSI. Só três filetes deverão permanecer expostos após a montagem da junta rosqueada. Aplicar-se-á um produto apropriado para rosas ao macho da conexão.

9.19.6 Conexões Flangeadas

Alguns tipos de tubulação possuem flanges fundidos ou forjados como parte integrante da tubulação. Em outros casos, os flanges são rosqueados ou soldados. Em geral, os flanges rosqueados são utilizados em tubulações com diâmetros de até 75mm; os flanges soldados são utilizados em tubulações com diâmetros superiores.

Existem dois tipos de flange: de face com ressalto, e de face chata. Será preciso utilizar a gaxeta de vedação correta para cada tipo. As especificações deverão ser cuidadosamente observadas, quanto aos tipos de flange e de gaxeta a serem utilizados. Um flange de aço, de face com ressalto, não deverá ser instalado contra um flange de ferro fundido de face chata, pois o flange de ferro fundido poderá romper-se. Se for necessário juntar metais diferentes, ou se especificado, deverão ser utilizados "kits" de isolamento elétrico, para diminuir a corrosão galvânica.

O flange poderá ser instalado com furos de fixação na sua linha central ou, o que é mais comum, com furos em cada lado da linha central vertical. Após instalar parafusos, temporariamente, nos dois furos superiores, um de cada lado da linha central, colocar-se-á um nível de través da parte superior dos parafusos, a fim de se verificar a orientação em relação à linha central vertical. Se os dois parafusos estiverem nivelados, estarão equidistantes da linha central vertical. Os parafusos do flange deverão ser apertados na seqüência correta recomendada pelo fabricante do flange ou da tubulação.

9.19.7 Juntas Elásticas

A ponta, a bolsa e o anel de borracha da junta das tubulações de ponta e bolsa deverão estar perfeitamente limpas. Deverão ser lubrificadas imediatamente antes de se fazer a conexão. As juntas mecânicas deverão ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante.

9.19.8 Juntas Flexíveis

As juntas flexíveis (dos tipos "Dresser" ou "Gibault") são utilizadas para deixar um espaço livre necessário à instalação de válvulas ou outras peças flangeadas. As instruções do fabricante deverão ser cuidadosamente obedecidas na instalação destas juntas. Poderão ser toleradas pequenas deflexões angulares, no caso de determinados tipos de junta; contudo, a diferença entre a circunferência interna da luva da junta, e a circunferência externa da extremidade da tubulação na qual a junta será instalada é, em geral, de importância crítica. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as circunferências destas peças correspondem às tolerâncias especificadas pelo fabricante.

9.19.9 Tubulações Galvanizadas

Quando são requeridas tubulações galvanizadas, os conjuntos de tubulações deverão ser galvanizados por imersão a quente, após conclusão das soldas, exceto se o interior das conexões soldadas ficar acessível apóis sua fabricação. Nesse caso, as conexões

poderão ser soldadas no campo, e os locais soldados, tratados com produto de reparos de superfícies galvanizadas.

9.19.10 Instalação

No início da instalação da tubulação, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar sua localização em relação a outros equipamentos que serão instalados mais tarde. As interferências são comuns, especialmente no caso de dutos de resfriamento/ventilação e de bandejas de cabos. As tubulações hidráulicas, de drenagem e de ventilação só poderão ser embutidas ou montadas em nichos fechados, após serem testadas, inspecionadas e aceitas.

Adotar-se-á um método de inspeção do progresso da instalação das tubulações, o qual deverá ser rigorosamente obedecido. Um dos métodos utilizados é o uso de canetas coloridas para marcar as cópias dos desenhos, indicando o andamento da instalação dos diversos sistemas de tubulação.

9.19.11 Inspeção

Relacionam-se, a seguir, os pontos mais importantes a serem verificados durante a instalação das tubulações.

- O espaçamento entre os suportes (braçadeiras) deverá corresponder ao especificado nos desenhos;
- As tubulações e os acessórios deverão estar isentos de detritos ou obstruções;
- As tubulações de barrilete deverão ser verificadas quanto ao alinhamento e à orientação dos flanges. Uma vez que se trata, com frequência, de múltiplas saídas, é essencial que a inspeção seja minuciosa;
- As conexões soldadas deverão ser inspecionadas em relação a problemas, como sobreposições, fusões incompletas, ou recortes inferiores. Também deverão ser verificadas as questões de segurança, incluindo a qualidade do ar. Se os soldadores estiverem trabalhando em área fechada, poderá ser necessário fornecer-lhes ar fresco;
- Os parafusos utilizados em conexões flangeadas deverão ser apertados uniformemente. É admitido que o “lado do parafuso” da conexão seja trocado e se torne o “lado da porca”, em especial no caso de tubulações de grandes dimensões. Isso ocorre, às vezes, porque se torna mais fácil forçar para baixo com uma chave, ou porque facilita o aperto dos parafusos.

9.19.12 Testes

Existem diversos tipos de teste para os vários tipos de tubulação. Os procedimentos e as condições dos testes deverão constar das especificações. A FISCALIZAÇÃO deverá participar ativamente dos testes, assim como deverá documentá-los.

Os procedimentos dos testes de tubulações de ar exigem a utilização de água com sabão e uma escova. A água com sabão deverá ser pincelada sobre a junta, com a tubulação sob pressão, e verificar-se-á a formação de bolhas, o que indicará vazamento.

9.20 Tanques de Pressão

Os tanques de pressão utilizados em projetos de irrigação são do tipo não sujeito a chama. A Seção VIII do “Boiler and Pressure Vessel Code” (Código de Caldeiras e Tanques de Pressão), da ASME, contém normas aplicáveis a este tipo de tanque de pressão. Relacionam-se, a seguir, alguns exemplos dos tipos mais comuns de tanques utilizados nos projetos de irrigação.

- Os Acumuladores de Ar armazenam ar comprimido do compressor, de modo que o compressor não precise funcionar toda vez que se utiliza ar;
- Os Tanques Hidropneumáticos têm a mesma função dos acumuladores de ar, mas são utilizados em sistemas com água. A água é bombeada para dentro do tanque de ar, comprimindo-o. Quando existe demanda de água, esta é expulsa pelo ar comprimido, de modo que a bomba não precise funcionar toda vez que se utiliza água;
- As Câmaras de Ar, instaladas nas linhas de descarga das bombas, protegem o sistema contra transientes hidráulicos de golpe de arfete;
- Os Tanques Acumuladores são cilindros que armazenam energia potencial, mediante a acumulação de uma quantidade de fluido hidráulico pressurizado. Em geral, são utilizados na operação de comportas ou válvulas de emergência, no caso de queda da energia elétrica.

A maioria dos tanques de pressão é manufaturada em fábricas, longe da obra. A FISCALIZAÇÃO deverá examinar o interior e o exterior dos tanques, verificando se estão adequadamente revestidos, se estão dotados de acessórios de dimensões e localização corretas e se há uma placa de identificação com o nome do fabricante, a pressão operacional máxima, o número de série do fabricante e o ano de fabricação.

Estas marcações deverão estar localizadas em lugar bem visível, sobre o tanque (em geral, perto de porta de inspeção). Podem estar estampadas diretamente no tanque, se a espessura do material for superior a 6mm, ou em placa metálica afixada ao tanque.

9.21 Equipamento de Ventilação

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar o equipamento na sua chegada, conforme mencionado no [subitem 9.5](#). Será preciso checar a espessura dos dutos e das outras chapas metálicas, mediante um calibre de espessura de chapas metálicas.

Há possibilidade de interferência com outros equipamentos. Os sistemas de tubulações e as bandejas para cabos estão, em geral, localizados de maneira a interferir com os dutos dos sistemas de ventilação. Se a interferência não puder ser resolvida, será necessário elaborar um novo projeto.

Os exaustores e os ventiladores são instalados de maneira similar à das bombas e dos pequenos motores - sobre bases que devem ser niveladas e fixadas à sua fundação. Algumas vezes, o equipamento é instalado sobre amortecedores de vibrações, ao invés de bases rígidas.

As juntas dos dutos deverão ser lisas e estanques, sobrepostas na direção do fluxo de ar.

Os ventiladores deverão ser regulados para uma determinada vazão de ar, sob condições de carga total. A velocidade do ar poderá ser obtida com um medidor de velocidade apropriado, mantido a uma determinada distância do registro. Após a determinação da velocidade, a área efetiva líquida do registro deverá ser obtida na documentação do fabricante, a fim de se calcular o fluxo de ar.

Existem sistemas de controle (pneumáticos ou elétricos) que acionam as unidades de ventilação, conforme necessário. O sistema de controle deverá ser cuidadosamente verificado.

9.22 Lubrificação

É da maior importância que as superfícies e as peças sejam adequadamente lubrificadas. Componentes similares poderão exigir tratamento diferenciado, dependendo

das circunstâncias. O FORNECEDOR deverá incluir um plano de lubrificação para cada equipamento, o qual deverá indicar as características e os nomes comerciais dos lubrificantes. Este plano deverá estar incluído nos Manuais de Operação e Manutenção.

9.23 Procedimentos para os Testes

Antes da aceitação de um projeto, será necessário realizar testes cuidadosos de todos os sistemas. Os testes determinados nas especificações técnicas deverão ser efetuados pela EMPREITEIRA, sob a supervisão da FISCALIZAÇÃO, utilizando procedimentos formais. Deverá ser preparada documentação relativa aos procedimentos a serem seguidos em cada teste, a qual deverá relacionar a seqüência de passos para sua realização. Os testes deverão assegurar que as características técnicas do equipamento, garantidas pelo FORNECEDOR, estão sendo atendidas.

Os procedimentos dos testes deverão ser elaborados conjuntamente pela FISCALIZAÇÃO e pelos representantes da EMPREITEIRA e dos FORNECEDORES dos equipamentos. É uma tarefa complexa que exige considerável experiência de inspeção, assim como conhecimento acerca da construção civil.

Na elaboração dos procedimentos dos testes é importante estabelecer e anotar o objetivo do teste. Se o objetivo não for claro ou se não for especificado, e os resultados do teste forem desfavoráveis à EMPREITEIRA, esta poderá solicitar reajustes. O objetivo precisa estar claramente exposto na documentação relativa aos procedimentos dos testes e perfeitamente entendido por todas as partes.

Na execução dos testes operacionais, o pessoal deverá obedecer aos procedimentos padrão, tanto para a segurança quanto para a coerência dos resultados.

Dispor-se-á de cópias dos desenhos aprovados do equipamento que está sendo testado, de maneira a se poder verificar se o equipamento foi instalado conforme as especificações.

Se existir possibilidade de risco, será necessário incluir uma advertência a esse respeito na documentação dos procedimentos.

Esses procedimentos deverão ser elaborados com base nas informações contidas nas especificações, nas recomendações dos fabricantes e em qualquer procedimento de teste já desenvolvido. As informações constantes das garantias dos diversos equipamentos deverão ser checadas cuidadosamente, para se verificar se o procedimento de teste poderá, de alguma maneira, anular a garantia do equipamento.

A FISCALIZAÇÃO deverá revisar os procedimentos dos testes, juntamente com o engenheiro montador e o pessoal da EMPREITEIRA.

Deverão ser colhidas assinaturas pré-teste e pós-teste. Antes do teste, os engenheiros montadores e a EMPREITEIRA deverão assinar, indicando sua concordância com as metas e os métodos estabelecidos para o teste. Após o teste, as assinaturas devidamente datadas indicarão que o teste foi executado conforme previsto.

Será necessário definir as responsabilidades de cada uma das partes, no que se relaciona a medidas corretivas referentes a materiais e/ou equipamentos danificados e a materiais e/ou equipamentos que não correspondem aos requisitos das especificações. Será preciso farta documentação de apoio às decisões da FISCALIZAÇÃO, a fim de proteger os interesses do CLIENTE.



INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO

10.1 Introdução

Este capítulo apresenta informações básicas relativas à parte elétrica da obra e ressalta os fatores mais importantes das instalações. Não pretende repetir os requisitos que constam das especificações, dos critérios e teoria empregada na elaboração do projeto. Foi preparado para aqueles familiarizados com os tópicos relativos à montagem dos equipamentos e demais aparelhagens, bem como às instalações de cabos, dutos e outros materiais pertinentes à área elétrica, visando fornecer diretrizes para a inspeção dos trabalhos globais de construção correspondentes a esta área.

Foi escrito para obras típicas dos projetos brasileiros de irrigação. Entretanto, muito do apresentado constitui boa prática de engenharia, para qualquer tipo de projeto, em qualquer parte do mundo.

10.2 Normas de Fabricação

Diversas organizações industriais e governamentais publicam normas de fabricação, operação e teste de fábrica para virtualmente todos os principais componentes e itens de equipamentos e materiais utilizados em sistemas elétricos. Nos Estados Unidos, os "Underwriters Laboratories" testam todos os equipamentos e materiais elétricos utilizados em produtos comerciais e de consumo, para verificar se estão isentos de riscos de incêndio e se são compatíveis com a segurança desejada. As organizações relacionadas a seguir publicam as normas mais freqüentemente especificadas para o equipamento elétrico, às quais se faz referência neste capítulo:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ANSI - "American National Standards Institute";
- ASTM - "American Society for Testing and Materials";
- ICEA - "Insulated Cable Engineers Association";
- IEEE - "Institute of Electrical and Electronic Engineers";
- IES - "Illuminating Engineering Society";
- JIC - "Joint Industrial Council";
- NEC - "National Electric Code";
- NEMA - "National Electrical Manufacturers Association";
- REA - "Rural Electrification Administration";
- IPCEA - "International Power Cable Engineers Association";
- UL - "Underwriters Laboratories".

As normas relativas aos usos básicos do equipamento nos sistemas elétricos são, em geral, de dois tipos: (1) "prática recomendada" e (2) "normas mínimas de segurança".

Em geral, a obediência a estas normas poderá ser confirmada no campo, a partir das marcas e das placas de identificação no produto. Todo o equipamento fornecido deverá atender a(s) norma(s) exigida(s) nas especificações.

10.3 Condutores Elétricos

10.3.1 Condutores Não-Isolados

As aplicações mais usuais dos condutores não-isolados incluem os barramentos, as linhas de transmissão e os sistemas de terra. Embora alguns condutores sejam tecnicamente considerados não-isolados, na realidade o ar em sua volta fornece o isolamento desses condutores, após sua instalação. Alguns exemplos mais comuns dos condutores não-isolados incluem os cabos de condutores de alumínio reforçados com aço, os condutores de alumínio e as barras condutoras.

10.3.2 Condutores Isolados

O isolamento é o material que recobre o condutor e garante proteção contra falhas elétricas indesejáveis. O isolamento também impede que ocorram contatos perigosos das pessoas com os circuitos vivos. Um condutor só está adequadamente isolado se resistir à tensão e às condições ambientais às quais está sujeito. Um condutor revestido que não atenda a todas estas especificações e exigências estará apenas “encapado” e deverá ser considerado não-isolado. Este tipo de cabo é utilizado principalmente nos circuitos aéreos de distribuição de energia.

Atenção: Os condutores com capacidade nominal superior a 600 volts nunca deverão compartilhar o mesmo invólucro de fiação, bandeja de cabos, ou canalização de cabos com outros condutores com capacidade nominal igual ou inferior a 600 volts. O Capítulo 3 do NEC apresenta uma discussão mais abrangente das especificações e dos requisitos relativos aos cabos.

Dependendo da sua fabricação, os condutores isolados são de dois tipos: cabos monocondutores e multicondutores. Os primeiros são empregados na fiação dentro de um painel ou para conectar diversos equipamentos através de um conduíte. Os cabos são utilizados quando os condutores se encontram instalados em bandejas ou canaletas de cabos, ou enterrados diretamente no solo. Os cabos também podem ser instalados em conduítes.

Será exigido que todos os condutores e terminais possuam designações de distribuição e circuito. Os condutores em todos os cabos de controle deverão ser identificados mediante suas designações de circuito. Em geral, não são aceitáveis marcadores de pano ou colantes. Qualquer marcação de fio a ser aplicada nas terminações deverá obedecer rigorosamente às especificações.

Exceto no caso de cabos nus utilizados para aterramento dos equipamentos, os condutores de terra encapados deverão ser identificados pela cor específica do material de isolamento, como verde, ou verde com uma ou mais listras amarelas. Em cada projeto, a cor escolhida para os condutores de terra nunca deverá ser empregada para condutores energizados.

10.3.3 Instalações

Os principais fatores a serem considerados na instalação de condutores são:

- Localização (onde o condutor será instalado);
- Métodos (como o condutor será instalado).

É essencial que os condutores sejam protegidos contra danos físicos. Por isso, eles deverão ser instalados, em geral, dentro de conduítes ou de canaletas para cabos, em bandejas para cabos, ou enterrados diretamente no solo (neste caso, as especificações deverão fornecer detalhes a respeito do material de reaterro e dos procedimentos a serem seguidos).

Os cabos que estarão sujeitos a dobras durante a sua instalação, deverão ser do tipo muito flexíveis, cada condutor formado por muitos fios elementares. Se forem autorizados cabos flexíveis para equipamento temporário ou móvel, será preciso protegê-los contra danos accidentais. Fiação temporária, como o uso de extensões para lâmpadas ou outro equipamento, só será permitida durante o período de construção, ou em casos de manutenção de emergência.

O número de condutores permitido dentro de um conduíte é definido por normas em função de suas dimensões. Esta limitação assegura adequada dissipação do calor e permite uma instalação perfeita.

Se as especificações exigirem que se enterrem diretamente os cabos ou os conduítes, será preciso assegurar o atendimento aos requisitos relativos à profundidade mínima (recobrimento). A profundidade apropriada a ser exigida deverá constar das especificações de construção e pode ser encontrada no NEC.

Na instalação de condutores, será preciso utilizar procedimentos apropriados. As diretrizes a seguir deverão ser obedecidas durante todo o processo de instalação.

- Antes de puxar os condutores:
 - ▶ instalar todas as buchas dos conduítes;
 - ▶ limpar os conduítes com pano limpo e seco.
- Quando puxar os condutores:
 - ▶ usar somente lubrificantes aprovados (que não danifiquem o isolamento); nunca usar graxa ou derivados de petróleo sobre isolamento de borracha ou sintético (plástico);
 - ▶ certificar-se de que os condutores não estão passando sobre superfícies ásperas ou cortantes;
 - ▶ nunca permitir pressão de parede lateral do conduto ou tensão de tração superior à recomendada pelo fabricante do cabo (a pressão de parede lateral é a força compressiva exercida sobre o isolamento do condutor, como resultado da tensão de tração, que ocorre quando o condutor está passando por uma curva, num conduíte ou em outra canalização de cabos);
 - ▶ manter os condutores limpos.

Os condutores em canalizações verticais ou em grandes declives deverão ser sustentados na forma aprovada (conforme especificado). Deverá haver um suporte na parte superior, além dos suportes adicionais necessários. O sistema de sustentação deverá ser projetado para segurar o cabo, sem danificar o isolamento.

Os condutores individuais, ao entrarem nas caixas, nos painéis de controle ou em outros dispositivos similares onde forem utilizados terminais, deverão estar cuidadosamente desencapados e presos. Após puxar os condutores, verificar-se-á sua continuidade e medir-se-á a resistência do isolamento (prova com megômetro). Em geral, estas verificações revelam qualquer dano ocorrido ao condutor, durante a instalação.

10.3.3.1 Terminações

- A terminação dos condutores deverá ser efetuada de maneira segura e apropriada. Só serão permitidos tipos e dimensões de terminais aprovados, conforme indicado nas especificações. Deverão ser utilizadas apenas ferramentas e métodos adequados, levando-se em consideração os seguintes pontos:
 - ▶ Nos condutos flexíveis, formados por vários fios, não é permitido o corte de qualquer um destes fios, na tentativa de encaixar o condutor dentro de um terminal demasiado pequeno, nem poderão ser utilizados terminais muito grandes;
 - ▶ Os condutores de alumínio deverão estar equipados com terminações especificamente projetadas e aprovadas para uso com alumínio e apenas conforme indicado nas especificações (de outro modo, é provável que se desenvolva uma grande resistência entre o condutor de alumínio e a conexão não aprovada, com geração excessiva de calor);
 - ▶ Todas as conexões deverão ser efetuadas segundo as instruções do fabricante;
 - ▶ No caso de terminações “de pressão”, será preciso assegurar que está sendo utilizado o aperto apropriado.

10.3.3.2 Emendas

Não serão permitidas emendas nem derivações em condutores, salvo quando mencionado nas especificações e somente naqueles locais em que a emenda ficar acessível após a instalação. Será instalada uma caixa ou guarnição especial em cada emenda ou conexão de condutor, tomada, ou ponto de junção aprovado, exceto naqueles locais em que a emenda ficar acessível após a instalação (como valetas, canaletas tampadas e bandejas de cabos, ou caixas de conduítes com tampas removíveis).

Quando as emendas forem efetuadas no canteiro de obras, será preciso reportar-se às especificações, de modo a assegurar que as emendas se encontram nos locais permitidos e que foram efetuadas de acordo com as especificações.

Após a conclusão da instalação, todos os condutores deverão ser testados, conforme exigido nas especificações.

10.4

Conduítes

Os conduítes são fabricados em diversos materiais; os de aço, alumínio e plástico são os mais comuns. Os conduítes também podem ser classificados quanto a sua resistência, robustez ou especial aplicação. Dentre os conduítes utilizados com maior frequência, destacam-se:

- Conduíte rígido de metal;
- Conduíte intermediário de metal;
- Conduíte rígido de alumínio;
- Eletroduto metálico (EMT “Thinwall”);
- Conduíte flexível de metal;
- Conduíte flexível impermeável de metal (“Sealtite”);
- Conduíte de PVC.

Os conduítes deverão ser adequadamente ligados. Os conduítes conduzem condutores elétricos e estão conectados a equipamento elétrico; portanto, estão sujeitos a energização (de modo geral, com tensões perigosas). Algumas vezes, os conduítes constituem o único meio de ligar o equipamento nos pontos terminais. Ao se tocar em dispositivos elétricos, incluindo conduítes inadequadamente ligados, sempre existe o perigo de choque. A seguir, encontram-se relacionados alguns requisitos básicos relativos à ligação:

- Utilizar somente seladores condutivos aprovados, em todas as conexões rosqueadas;
- Utilizar somente braçadeiras de ligação, em torno das juntas de expansão;
- Utilizar somente dispositivos de ligação aprovados, nas terminações;
- Utilizar um condutor de ligação nu, separado, em conduite metálico flexível, quando necessário. O NEC exige condutores de ligação separados com conduites de comprimento superior a 1,8m.

10.4.1 Instalação

Para proteger os condutores elétricos, os conduites deverão ser instalados e sustentados adequadamente. Só deverão ser utilizados dispositivos de sustentação de dimensões e modelo apropriados. Muitas especificações requerem dispositivos de sustentação a cada dois metros; a distância entre os dispositivos nunca deverá exceder três metros. Quando os conduites forem embutidos no concreto, deverão ser sustentados pelo aço da armadura ou por um outro meio, durante as operações de concretagem, a fim de impedir que se desloquem ou que sejam danificados.

A soma total dos ângulos de todas as curvas num conduite que não possua caixa de acesso para puxar os fios não deverá exceder 360 graus. A distância máxima entre caixas de acesso será de 60 metros. O raio de flexão também é importante. Os raios de flexão mínimos exigidos para as diversas dimensões de conduite constam das normas pertinentes e do NEC.

Deverão ser utilizadas ferragens apropriadas para as terminações, como contraporcas e buchas. Não serão utilizados conduites para sustentar o equipamento, nem o equipamento deverá sustentar os conduites. Os conduites embutidos no concreto deverão estar adequadamente fixados às formas, nos pontos de terminação. Caso contrário, os conduites poderão escorregar, permitindo que o concreto entre neles ou crie ângulo que dificulte ou prejudique a extensão da linha.

10.4.2 Sistemas/Designações

A maioria dos condutores encontra-se dentro de conduites, em algum ponto do seu percurso. Da mesma forma que existem sistemas elétricos diferentes na maioria das estruturas (como sistemas de distribuição de força, de controle, de iluminação, etc.), também há conduites diversos. Nas obras de vulto, estes conduites podem ser apresentados em diferentes desenhos e podem ser utilizados métodos variados para representar suas designações, dependendo do nível de detalhamento. Em pequenas obras, um mesmo desenho ou uma série de desenhos poderá mostrar todos os conduites, sendo necessária coerência nos métodos de designação.

Em algumas obras de vulto, a EMPREITEIRA prepara desenhos de colocação do concreto. Estes desenhos mostram cada lançamento de concreto, incluindo o material embutido, em grande detalhe. São extremamente úteis para verificar uma instalação antes do lançamento do concreto, assim como para determinar a localização precisa de materiais embutidos, após a concretagem. É importante que estes desenhos, assim como quaisquer outros, apresentem todas as modificações ou variações feitas, de forma a estarem disponíveis, no final da obra, ou de cada etapa da obra, os respectivos desenhos "as built".

Nas obras em que não forem usados desenhos de concretagem, todos os desenhos relativos à instalação elétrica deverão ser cuidadosamente revisados, de modo a verificar se nada foi omitido ou esquecido durante a colocação do concreto.

10.4.3 FISCALIZAÇÃO

Uma das obrigações mais importantes da FISCALIZAÇÃO é verificar a instalação. Uma FISCALIZAÇÃO adequada é atividade permanente que não deve ser deixada para quando a instalação estiver concluída. A FISCALIZAÇÃO deverá revisar e estar completamente familiarizada com todo o material de referência disponível, antes de iniciar a inspeção de uma instalação elétrica. O trabalho de FISCALIZAÇÃO deverá ser exaustivo e metódico e nada deverá ser deixado ao acaso, nem poderá interferir com este trabalho. Uma FISCALIZAÇÃO bem feita exige tempo, do mesmo modo que a correção das falhas constatadas; portanto, o cronograma da instalação deverá levar em consideração o tempo a ser despendido na FISCALIZAÇÃO e em eventuais correções.

Os itens mais importantes na FISCALIZAÇÃO da instalação dos conduítes são os seguintes:

- Material correto;
- Dimensão correta;
- Ligação correta;
- Integralidade;
- Localização correta;
- Proteção adequada;
- Número de curvas;
- Raio das curvas;
- Comprimento máximo;
- Reparos à instalação danificada;
- Terminações adequadas;
- Designações corretas e adequadas;
- Suportes adequados.

10.5 Sistema de Aterramento

A principal finalidade dos sistemas de aterramento é a segurança. A conexão do sistema de eletrodos de terra às partes não-energizadas de um equipamento elétrico proporciona uma rota de baixa resistência até a terra. Isto garante que, no caso de um condutor energizado fazer contato com uma parte não-energizada, o potencial de tensão dessa parte se manterá equivalente, ou próximo, ao potencial de terra, e que a corrente de curto-circuito será conduzida através do condutor de terra. Sem aterramento adequado, o potencial do equipamento poderá aumentar até valores perigosamente altos, o que significa risco substancial para qualquer pessoa que entrar em contato com o equipamento.

Em consequência, as instalações elétricas que não estão adequadamente ligadas a sistema de terra podem ser perigosas. Um aterramento inadequado pode causar choque elétrico, incêndio ou danos a motores, mecanismos de controle, ou a outro equipamento elétrico. A correta instalação de um sistema de terra reduz riscos e, em alguns casos, também pode minimizar o perigo dos raios.

O equipamento é conectado aos eletrodos de terra por meio de um condutor de terra.

Duas peças de um equipamento são conectadas por um condutor de ligação, de forma a manter um potencial elétrico comum entre elas.

Todos os equipamentos elétricos, como motores, mecanismos de controle, transformadores e painéis de controle, deverão ser adequada e perfeitamente ligados à terra. Todos os equipamentos indicados nos desenhos das especificações deverão ser ligados a um sistema de terra. Devido ao possível acúmulo de carga estática, itens como recipien-

tes sob pressão, tanques de armazenamento de petróleo e dutos de ventilação podem exigir conexões à terra. Todas as estruturas de aço que sustentam o equipamento também deverão ser ligadas à terra. Finalmente, todas as estruturas de aço, como corrimãos ou tampas de poço, localizadas a até 2,5m de equipamento elétrico, deverão ser ligadas ao sistema de terra. Uma vez que os conduites são freqüentemente utilizados como condutores de terra, muitas vezes são ligados, por meio de conexões à terra, aos pontos terminais do conduite, tais como caixas de juncão, caixas de terminais e galerias de cabos.

10.5.1 Instalação

Ao instalar uma malha de terra, em geral é necessário, como no caso de cabos terra instalados em aclives pronunciados, fixar esses cabos, de modo a impedir seu deslocamento durante a concretagem.

Deverão ser tomadas as devidas precauções para impedir que os vibradores usados durante a concretagem danifiquem o cabo terra.

As conexões entre os cabos terra, embutidos ou subterrâneos, deverão ser efetuadas pelo processo de Cadwell (ou solda térmica), que é um procedimento de soldadura pelo qual dois ou mais condutores de terra são fundidos juntos, dentro de um dispositivo especial de moldagem.

Todas as conexões Cadwell deverão ser verificadas antes de colocar o concreto ou fazer o reaterro. As estruturas tubulares de aço utilizadas em estações de triagem e subestações são conectadas, em geral, ao sistema de terra, por meio de Cadwells ou conexões parafusadas. Antes de fazer as ligações de estruturas de aço à terra, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se todas as conexões ao sistema de terra ficarão acessíveis. A área de contato deverá ser limpa e isenta de tinta, terra ou de qualquer outra matéria estranha. Após concluir a ligação à terra, a pintura deverá ser reparada.

10.5.2 Teste do Sistema de Aterramento

Após o término do trabalho de concretagem e de instalação do sistema de aterramento, a EMPREITEIRA deverá testar a sua resistência à terra. Os métodos geralmente especificados para este teste são:

- O método dos três terminais, descrito na publicação no. 55 do "Institute of Electrical and Electronic Engineers" (IEEE no. 118);
- O método de Teste "Vibrogram";
- O método desenvolvido pelo Dr. G.F.Tagg (Método Tagg).

As instruções referentes ao uso destes métodos deverão ser descritas nas especificações.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os métodos de teste exigidos nas especificações são adequadamente executados pela EMPREITEIRA. Qualquer outro método não descrito nas especificações precisará de autorização prévia.

10.6 Desenhos e Símbolos

Os desenhos relativos à parte elétrica são a principal fonte de informações a respeito dos sistemas elétricos de uma instalação. Sem estes desenhos, é impossível instalar, testar, operar, ou fazer a manutenção do equipamento e dos circuitos elétricos. É essencial que a FISCALIZAÇÃO esteja familiarizada com os diferentes tipos de desenhos da parte elétrica e com as informações neles contidas. Tais conhecimentos serão aprimorados pela vivência e pelo estudo.

Dentre os sistemas elétricos que podem ser representados num típico projeto de irrigação, destacam-se:

- Alimentação e distribuição auxiliar de energia elétrica;
- Controle e automatização;
- Iluminação;
- Controle por supervisão e aquisição de dados;
- Comunicações;
- Aquecimento, ventilação e condicionamento de ar.

10.6.1 Designação do Equipamento

Em usinas elétricas, subestações, grandes represas e grandes estações de bombeamento, estabelecer-se-á um sistema padrão de designação de equipamento, cabos e conduítes elétricos, para rotular cada item e identificá-lo nos desenhos.

10.6.2 Designação dos Dispositivos

As designações dos dispositivos são utilizadas com símbolos gráficos nos diagramas elétricos, com o intuito de explicar mais claramente o objetivo de cada dispositivo, identificar suas diversas partes, fazer a diferenciação dos dispositivos de um mesmo tipo e mostrar as relações entre os dispositivos de um circuito.

A designação dos dispositivos poderá indicar a função real desempenhada pelo dispositivo.

10.6.3 Tipos de Desenho da Parte Elétrica

Embora os projetos típicos de irrigação possam ter muitos desenhos relativos à parte elétrica e várias disciplinas de engenharia elétrica neles representadas, a maioria dos desenhos se encaixa numa das categorias gerais relacionadas a seguir:

- Plantas, cortes e desenhos de arranjo geral;
- Desenhos dos equipamentos;
- Diagramas dos circuitos;
- Diagramas conceituais.

Os diagramas dos circuitos utilizam linhas, figuras e símbolos para transmitir informações detalhadas acerca dos circuitos ou sistemas elétricos. São classificados segundo os tipos de informação transmitida e a representação dessa informação. Os dois tipos mais comuns são os diagramas esquemáticos e os diagramas de fiação.

Os diagramas esquemáticos empregam linhas e símbolos gráficos para ilustrar as conexões e as funções elétricas dos diversos circuitos. Estes diagramas enfatizam as relações elétricas entre os dispositivos de um circuito, ao invés da sua forma física ou da localização dos dispositivos ou das partes componentes. Quase sempre, os diagramas esquemáticos são empregados para ilustrar os circuitos de controle, medição, proteção e anunciantes. A principal utilização dos diagramas esquemáticos está no traçado de um circuito e das suas funções.

Os diagramas de fiação localizam e identificam os dispositivos, terminais e interconexões de uma instalação elétrica. Em termos simples, um diagrama de fiação é uma instrução acerca da fiação. Mostra todos os condutos numa instalação, onde se interconectam, e a seqüência que deve ser seguida, de um ponto a outro. O diagrama de fiação pode tratar de conexões internas ou externas, ou de ambas, e fornece o detalhamento

necessário ao acompanhamento das conexões elétricas em questão. Em geral, apresenta os arranjos físicos gerais dos componentes de uma instalação elétrica.

A FISCALIZAÇÃO deverá estar familiarizada com os símbolos gráficos empregados nos desenhos e ter experiência no traçado dos diversos circuitos apresentados nos desenhos e na sua correlação com a fiação realmente instalada.

10.7 Documentação

A manutenção de registros completos é extremamente importante na inspeção de obras. Registros adequados são utilizados pela FISCALIZAÇÃO e outros, tanto durante a obra como após o seu término. Uma boa documentação constitui valioso histórico, por escrito, de determinada instalação elétrica.

Dentre as mais importantes formas de documentação, estão os dados provenientes dos ensaios de aceitação de campo e dos ensaios de fábrica. Alguns exemplos de ensaios de campos são:

- Ensaios de Megger (megômetro) para fios e cabos;
- Ensaio de alto potencial para motores, conjuntos de condutores e conjuntos de mecanismos de controle;
- Ensaios/calibrações de dispositivos;
- Ensaios de aquecimento de motores e geradores;
- Ensaios de resistência para os sistemas de terra das estações de bombeamento.

O inventário de peças e material sobressalente é uma outra área na qual é essencial documentação completa e adequada. Em geral, os requisitos relativos às peças sobressalentes estão relacionados nas especificações. O inventário de peças sobressalentes deverá incluir uma inspeção cuidadosa, que vise a verificar se as peças fornecidas são as certas para o equipamento instalado, se estão no número requerido, se são novas e se estão em perfeitas condições. Com frequência, a EMPREITEIRA pega "emprestadas" peças sobressalentes, como fusíveis e lâmpadas indicadoras, durante o período em que se realizam os testes de aceitação do equipamento. É responsabilidade da FISCALIZAÇÃO documentar a saída de peças tomadas emprestadas do inventário e lembrar à EMPREITEIRA que é responsável pela substituição dessas peças. É claro que as peças sobressalentes só poderão sair do almoxarifado quando previamente autorizado.

Uma documentação completa é também essencial à área de inventários de ferramentas especiais. Em geral, as especificações prescrevem o uso de ferramentas especiais, e os manuais de instrução (operação e manutenção) dos fabricantes de equipamento quase sempre relacionam, de modo específico, todas as ferramentas especiais necessárias. Haverá também referência a ferramentas especiais nas planilhas de orçamento e nos desenhos para aprovação. A FISCALIZAÇÃO deverá pesquisar todas as referências, de modo a compilar uma lista completa das ferramentas especiais requeridas. Exemplos de ferramentas especiais são:

- Guinchos de suspensão, de comprimentos especiais, para motores e peças dos geradores;
- Plataformas de apoio para as calhas em arco dos disjuntores;
- Puxador de remoção para as unidades de disjuntores sobre carrinho corrediço;
- Acessórios para alinhamento de eixos;
- Dispositivos especiais para testes eletrônicos (além dos medidores, tais como: de tensão, de corrente e de resistência);
- Dispositivos especiais de medição para o ajuste das ligações operacionais dos disjuntores;
- "Kit" de ferramentas para os relés.

De modo geral, os desenhos fornecidos pelos fabricantes incluem revisões de atualização dos dados de fabricação, em especial esquemas de fiação e diagramas esquemáticos. Estas revisões podem, também, decorrer de problemas descobertos durante os testes do equipamento elétrico, após sua instalação. As revisões de atualização são de responsabilidade da EMPREITEIRA, embora, com frequência, seja a FISCALIZAÇÃO que ressalte a exigência destas revisões de atualização para a EMPREITEIRA.

É muito importante manter um conjunto preciso de desenhos “as built”, durante a construção. Os diagramas de fiação dos fabricantes deverão ser comparados ao equipamento fornecido, já que não é incomum haver diferenças. Qualquer revisão efetuada durante a fase de instalação e vistoria deverá ser indicada no conjunto de desenhos “as built”, na data em que a revisão foi realizada.

A documentação das revisões de atualização (“as built”) deverá ser feita com lápis colorido. É melhor não utilizar tinta colorida, pois não será possível apagar, e a tinta pode formar linhas mais largas, o que impossibilitaria a leitura detalhada das revisões de atualização. Será necessário desenvolver um código de cores que indique quando a informação foi acrescentada ou eliminada, assim como para fornecer outras explicações, por escrito.

10.8 Segurança

10.8.1 Aspectos Gerais

É comum o fornecimento, pela EMPREITEIRA, do serviço elétrico provisório durante a obra, de maneira a proporcionar o necessário apoio aos trabalhos de construção. Periodicamente, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar as instalações elétricas provisórias e garantir condições de segurança mínimas. O NEC fornece informações relativas a essas instalações.

As obras dos projetos de irrigação geralmente exigem grandes equipamentos e conjuntos que requerem altas tensões. Em consequência, é muito importante que todos estejam a par dos requisitos e dos perigos associados aos diversos tipos de projeto. As áreas que demandam maior atenção são as linhas de alta tensão, talhas e rebocadores portáteis dos cabos.

A operação de equipamento contíguo a linhas aéreas de média e alta tensão deverá ser proibida, se os requisitos de afastamento expressos a seguir não puderem ser atendidos. De outra maneira, dever-se-á notificar a empresa concessionária de energia elétrica, ou o proprietário da linha de transmissão, e a linha deverá ser desligada da fonte de eletricidade e ligada ao sistema de terra. Além disso, será indispensável estabelecer controles eficazes para que a linha não seja reativada. É preciso se assegurar que podem ser erguidas barreiras ou outra proteção, ou o equipamento em operação pode ser bloqueado, de modo a impedir que ultrapasse as distâncias requeridas.

A Tabela 10.1 apresenta os afastamentos mínimos válidos apenas para os períodos de montagem que devem ser observados para os diferentes equipamentos, próximo às diversas tensões.

10.8.2 Procedimentos de Verificação das Condições de Segurança e Autorização de Trabalho em Equipamento Elétrico ou Áreas de Alto Perigo

Estes procedimentos constituem um método formal de desligamento de equipamento do sistema elétrico, de modo que o pessoal possa trabalhar em segurança no equipamento ou na área em que se encontra instalado. O procedimento é uma declaração, acompanhada de documentação, da equipe de operação do sistema de irrigação ao

Tabela 10.1. Afastamentos Mínimos para o Equipamento em Operação

Se a tensão for...	O afastamento mínimo deverá ser...
inferior a 51kV	3,00m
de 51 a 69kV	3,25m
de 70 a 115kV	3,50m
de 116 a 138kV	4,00m
de 139 a 161kV	4,25m
de 162 a 230kV	4,75m
de 231 a 345kV	6,00m
de 346 a 500kV	7,25m

supervisor da obra, de que o equipamento no qual será efetuado o trabalho foi desligado e se encontra isolado de fontes de eletricidade que possam constituir um risco.

O procedimento é o método empregado para solicitar, emitir, transferir e liberar uma autorização para efetuar uma tarefa.

- O iniciador do procedimento solicita que um determinado equipamento ou uma parte das instalações seja desligado, para um determinado propósito. (Poderá incluir instalação, manutenção ou reparo);
- O desligamento de força proposto é revisado pelo pessoal de operações e/ou pela concessionária de energia elétrica e, quando possível, aprovado;
- O equipamento em questão é retirado de serviço no momento determinado e desligado da fonte de eletricidade, de maneira que seja seguro trabalhar nele. Será preciso instalar dispositivos de proteção e estabelecer controles eficazes de modo a se ter a certeza de que o equipamento não seja religado inadvertidamente;
- As ações resultantes do programa de chaveamento e os tipos de dispositivos de proteção estabelecidos são documentados no formulário de autorização;
- O formulário é revisado pela pessoa que solicitou a autorização, que a aceita com base nas informações contidas no documento de comutação.

A seguir, o supervisor de manutenção poderá, com segurança, permitir que o pessoal de manutenção realize o trabalho requerido no equipamento. Entretanto, numa operação com EMPREITEIRA, existe mais uma etapa a ser cumprida:

- A FISCALIZAÇÃO emitirá uma autorização de trabalho para a EMPREITEIRA, da qual constará a informação a respeito das operações de chaveamento e da autorização obtida pela FISCALIZAÇÃO. Essa autorização informa a EMPREITEIRA, oficialmente, de que as instalações indicadas não constituem qualquer risco para os trabalhadores.

A liberação da autorização também é um processo formal. No caso de uma obra de construção civil, a FISCALIZAÇÃO recebe de volta a autorização de trabalho da EMPREITEIRA, que certifica que todo o trabalho foi efetuado e que os trabalhadores foram afastados do equipamento. A seguir, a FISCALIZAÇÃO notifica o pessoal de operações e/ou a concessionária de energia elétrica que o equipamento pode ser religado, e o programa de chaveamento é acionado, para devolver o equipamento ao serviço.

Todas as instalações devem ser operadas desta maneira. Os detalhes podem variar conforme o projeto e segundo os tipos de equipamento instalados, mas as diversas etapas delineadas anteriormente sempre devem permanecer idênticas.

10.9**10.9.1****Testes Elétricos e Vistoria do Equipamento****Aspectos Gerais**

Os testes e a vistoria do equipamento elétrico são fases críticas de qualquer instalação elétrica. São dois os principais objetivos dos testes e da vistoria:

- Assegurar que cada equipamento atende aos requisitos físicos das especificações;
- Assegurar que o sistema em operação atende aos requisitos funcionais das especificações.

Apenas por uma determinada combinação de equipamento elétrico ter sido montada para constituir um sistema e testada na fábrica, não significa que o sistema tenha o desempenho pretendido.

A fim de vistoriar o equipamento elétrico de maneira adequada, a FISCALIZAÇÃO deverá desenvolver uma rotina lógica e detalhada. Esta rotina deverá começar quando forem instalados os primeiros cabos de aterramento elétrico e continuar até que todos os requisitos das especificações tenham sido atendidos e que a instalação esteja funcionando corretamente.

10.9.2**Inspeção Física Inicial**

Os materiais elétricos deverão ser inspecionados tão logo cheguem ao canteiro de obras, para se verificar se obedecem às normas pertinentes. Uma inspeção imediata permitirá a elaboração de um inventário preciso, a identificação de materiais danificados e o armazenamento apropriado dos diversos itens, até sua instalação.

Alguns materiais podem deteriorar-se, dependendo das condições climáticas, ou podem ser danificados, caso sejam armazenados de maneira inadequada. Alguns tipos de fios e cabos isolados danificar-se-ão se forem armazenados expostos ao sol. Além disso, podem sofrer danos quando armazenados em áreas sujeitas a tráfego de veículos pesados. A chuva pode provocar ferrugem e corroer alguns materiais. Qualquer manuseio inadequado e/ou armazenamento impróprio de materiais, constatados durante as inspeções iniciais e periódicas, deverão ser notificados à EMPREITEIRA. Se possível, os requisitos de armazenamento deverão ser discutidos com a EMPREITEIRA, antes do envio de qualquer material ao canteiro de obras.

À medida que chegar ao canteiro de obras e antes da instalação, o equipamento deverá ser inspecionado, a fim de se verificar se atende às especificações do projeto e a quaisquer outros requisitos adicionais, cuja inclusão contingencie a aprovação, submetidos pelo FORNECEDOR. Qualquer equipamento que não obedeça às exigências especificadas não poderá ser utilizado. Se houver qualquer discrepância entre os requisitos e as condições constatadas, tal diferença deverá ser resolvida antes da instalação.

Durante sua instalação, verificar-se-ão os desenhos de arranjo, de modo a se assegurar que todo o equipamento está sendo instalado corretamente, no local certo, e que não há conflitos em sua disposição física. Esta verificação é muito importante durante a instalação dos cabos de aterramento e dos conduítes, nas fases iniciais da obra. É preciso muita atenção e bom relacionamento com a EMPREITEIRA durante esta etapa, para impedir que ocorram erros ou negligências difíceis e dispendiosas de reparar após o equipamento ser embutido no concreto.

10.9.3 Circuitos e Equipamento de Controle

10.9.3.1 Vistoria Preliminar

Após o equipamento ter sido instalado e sua fiação elétrica, concluída, estará pronto para uma vistoria preliminar, antes de ser energizado. Esta vistoria preliminar deverá iniciar-se pela comparação do diagrama de fiação com o diagrama esquemático. O uso de caneta marcadora amarela pode facilitar consideravelmente o processo. O diagrama de fiação deverá combinar com o esquemático.

Se o desenho da fiação não estiver de acordo com o observado no equipamento, não terá grande utilidade. Também é fácil alterar o funcionamento de um circuito, mudando apenas a fiação. Após ter sido determinada a concordância entre os diagramas de fiação e o esquemático, o equipamento fornecido deverá ser verificado, para se ter a certeza de que combina com o diagrama de fiação.

Antes de se efetuar a vistoria física do equipamento:

- É preciso determinar se o equipamento está desligado da fonte de eletricidade;
- A fonte de energia está aberta e travada ou marcada, a fim de evitar uma ligação inadvertida. Se estas precauções de segurança não forem atendidas, poderá ocorrer um acidente fatal.

Na maioria das especificações, a EMPREITEIRA é obrigada a realizar uma vistoria do equipamento, para verificar se obedecem aos desenhos e testar seu funcionamento, devendo permitir que um engenheiro autorizado, da FISCALIZAÇÃO, testemunhe estes procedimentos. Se a FISCALIZAÇÃO não acompanhar o processo e assegurar-se de que todos os testes e a vistoria foram realizados corretamente, o resultado poderá ser uma instalação de qualidade inferior, cheia de problemas, dispendiosa e perigosa.

10.9.3.2 Vistoria da Fiação

A vistoria da fiação inicia-se pela identificação, no equipamento físico do painel, de todos os componentes que constam do diagrama de fiação. A disposição do equipamento deverá obedecer à indicada nos desenhos. Detalhes como localização dos terminais, número de terminais e designação dos dispositivos também deverão estar de acordo com as especificações. Qualquer item físico que não obedeça ao determinado pelos desenhos deverá ser marcado no desenho e levado à atenção da EMPREITEIRA.

Far-se-á uma simples contagem dos condutores nos terminais de todos os dispositivos, a qual será comparada com o número indicado nos desenhos. A seguir, será preciso certificar-se de que cada condutor está conectado a cada terminal exatamente de acordo com os desenhos. Isso é efetuado de várias formas. O método mais simples é acompanhar o traçado do condutor, fisicamente, de ponto a ponto, dentro da caixa. Quando a fiação está amarrada em feixes, algumas vezes só é possível, com este método, acompanhar uma parte do circuito. Após ter acompanhado a fiação, na medida do possível, por este método, empregar-se-á um outro menos direto. Utilizando-se um ohmímetro, uma campainha operada por pilha, ou outro tipo de verificador de continuidade, os circuitos deverão ser checados, desligando-se ambas as extremidades de cada fio e verificando-se a continuidade. Todo o diagrama de fiação e a fiação do equipamento deverão ser assim checados, até que a terminação de ambas as extremidades de cada fio tenha sido identificada e se determine que todas as conexões correspondem exatamente às dos desenhos. Uma forma de acompanhar este processo consiste em marcar os circuitos nos desenhos, à medida que são checados.

10.9.3.3 Testes Funcionais/Operacionais

Após se ter checado a fiação, é preciso energizar o equipamento e verificar se funciona corretamente. Antes disso, a EMPREITEIRA deverá ajustar os dispositivos de proteção, como chaves de limite e de torção, dispositivos de sobrecarga térmica, etc. às vezes, o dispositivo final (como uma comporta ou uma bomba) não pode ser colocado em funcionamento de imediato, mas pode ser desligado, e o equipamento de controle e de proteção, verificado, em termos da seqüência correta de operação.

Na verdade, não há modo melhor de explicar como se observar a operação dos diversos circuitos. A experiência é a melhor professora. A EMPREITEIRA deverá certificar-se de que não existe qualquer dúvida quanto à operação dos diversos dispositivos.

10.9.3.4 Vistoria dos Subsistemas

- O tipo de vistoria discutido até agora é o ponto de partida de todas as vistorias da parte elétrica. No caso dos pequenos sistemas, como as comportas radiais dos canais, apenas uma vistoria geral pode ser necessária. Se o sistema for maior, esta abordagem é adotada para cada subsistema, após o qual se realizam outros testes para vistoriar os elementos que unem os subsistemas entre si, de modo a constituírem o sistema operacional completo. É essencial verificar as conexões e a integridade dos cabos de controle, que ligam os subsistemas. Existem vários métodos fáceis de constatar se ambas as extremidades de um cabo estão conectadas corretamente e se os cabos não foram danificados. Inicialmente, conforme ilustrado na [Tabela 10.2](#), são preparados os formulários de cabo, utilizando-se um formulário por cabo.

Tabela 10.2. Exemplo de Formulário de Cabo com Código de Cores

Cabo N 13CCA2F-CCC... 5/C-#14 Painel de Controle Principal 2F da Bomba CCC			
		CCA2F	CCC
Preto		TBA-7	TB1-2
Vermelho		TBA-8	TB2-3
Azul		TBB-1	TB1-4
Alaranjado		TBB-2	TB2-5
Amarelo		TBA-1	TB2-12
Data de Verificação dos Terminais			
Data de Prova de Megôhmímetro			
Data de Verificação da Continuidade			

A designação dos cabos é indicada na parte superior, e as caixas terminais ou sua localização são impressas sob a designação. No lado esquerdo do formulário de cabos, encontram-se relacionadas as combinações do código de cores, para cada condutor. A seguir, são criadas duas colunas, para listar os pontos terminais de cada condutor do cabo.

Utilizando-se formulários que obedecem a um código de cores, como no exemplo anterior, pode ser verificada a continuidade dos cabos, suspendendo cada condutor colorido dos blocos de terminais relacionados, conectando-o à terra e checando a continuidade até a terra, como um ohmímetro, na outra extremidade. Uma outra maneira de realizar esta operação é por meio de fones de ouvido, alimentados por bateria telefônica, conectados ao cabo e ao sistema de terra da estação de bombeamento, de modo a se ter uma

comunicação entre os trabalhadores em cada extremidade do cabo. É importante verificar cada condutor separadamente, tanto para a continuidade como para a localização correta do terminal.

Após desligar os condutores de um cabo em ambas as extremidades, realizar-se-á o teste de isolamento, utilizando-se um instrumento de teste de isolamento com megômetro. Para garantir a validade deste teste, será preciso aterrizar todos os condutores do cabo e da blindagem (se presente), com exceção do condutor que está sendo testado. Uma vez que todos os condutores foram submetidos ao megômetro, deverão ser religados aos respectivos terminais. Qualquer problema constatado deverá ser anotado no formulário de código de cores. Estas folhas de identificação deverão ser arquivadas de forma que seja possível reconhecer imediatamente o que foi, ou não, verificado.

É essencial que a FISCALIZAÇÃO mantenha registros cuidadosos. Tal procedimento impede a duplicação de esforços, mas, ainda mais importante, evita lapsos nos testes e na vistoria dos diversos elementos, o que poderia ter consequências incalculáveis.

No caso de sistemas de vulto, após a vistoria de todos os subsistemas e cabos, será necessário efetuar uma vistoria e um teste do sistema como um todo. O êxito do teste final depende, em grande parte, da meticulosidade com que foram realizadas, anteriormente, as vistorias dos subsistemas e dos cabos.

Dependendo da magnitude do projeto, é possível realizarem-se muitos outros testes, entre os quais os de aceitação de guindastes e elevadores; os de fechamento de emergência de portas e válvulas; os de bombas e geradores; os de fator de potência e outros testes especiais, conduzidos em determinados equipamentos elétricos.

10.9.3.5 Procedimentos de Teste

Em geral, as especificações exigem que, antes de se realizarem os testes das unidades de bombeamento, a EMPREITEIRA submeta um plano de testes, por etapas, bastante detalhado, a ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Quando se omite este item das especificações, a FISCALIZAÇÃO deve preparar o plano de teste.

O objetivo do procedimento de teste é resumir os requisitos das especificações, no que diz respeito aos testes das unidades de bombeamento e do equipamento de apoio. O procedimento de teste não representa qualquer acréscimo ou alteração dos requisitos das especificações. Deverá espelhar a resposta dinâmica esperada das unidades de bombeamento e dos outros equipamentos, quando submetidos a condições mutantes.

O procedimento de teste deverá incluir, entre outros, requisitos específicos relacionados aos testes das unidades de bombeamento e dos outros equipamentos, os quais deverão ser baseados nas seções elétrica e mecânica das especificações, assim como nas diversas normas nelas referenciadas. Durante a vistoria, utilizar-se-ão formulários próprios para a coleta de dados. Esta documentação deverá ser devidamente arquivada, para futura consulta.

10.9.4 Estações Elétricas de Manobra/Subestações

10.9.4.1 Chaves Seccionadoras de Alta Tensão

As chaves seccionadoras são dispositivos mecânicos de comutação utilizados para mudar as conexões de um circuito, ou para isolar circuitos ou equipamentos da fonte alimentadora. As seccionadoras de alta tensão são empregadas nas estações de manobra ou em outros tipos de subestações, para desligar linhas de transmissão, transformadores, bancos de capacitores e outros equipamentos elétricos dos barramentos energizados, em geral visando a isolar o equipamento para manutenção ou reparo. Em menor grau, estas

chaves são usadas para propósitos operacionais, como o controle de fluxos de energia. As chaves seccionadoras não são empregadas para proteger o equipamento de falhas, ou para comutar fluxos de energia significativos. Estas funções são executadas pelos disjuntores. Algumas chaves seccionadoras, em especial aquelas associadas aos terminais das linhas de transmissão, dispõem de um conjunto de lâminas de aterramento, além das lâminas principais. A finalidade destas lâminas de aterramento é ligar à terra o circuito da linha de transmissão, na estação de manobra, quando se efetuam trabalhos de manutenção.

As chaves seccionadoras de alta tensão podem ser fabricadas de várias maneiras. O projeto mais comum utiliza-se de uma lâmina articulada, que fica horizontal, quando a chave está fechada, e que se move para a posição vertical, quando a chave abre. Em geral, estas chaves possuem duas colunas isoladoras por fase, montadas sobre uma ou mais estruturas de suporte. Numa extremidade da estrutura, há uma coluna isoladora por fase, que suporta o contato fixo da chave. Este contato opera sob grande pressão, o que incide sobre a lâmina da chave, quando esta se acha totalmente fechada. Essa grande pressão de contato é necessária para assegurar uma continuidade elétrica positiva adequada, em toda a chave. Em alguns casos, a outra extremidade da chave possui duas colunas isoladoras. Uma coluna encontra-se fixada rigidamente à base e serve como suporte, enquanto a outra pode girar. O mecanismo de operação da chave faz a segunda coluna girar, provocando a abertura ou o fechamento da chave.

O número de isoladores da coluna varia, dependendo da tensão nominal da chave. A base sobre a qual estão montadas as colunas isoladoras é constituída por uma estrutura rígida de suporte dos isoladores, mantendo-as em alinhamento horizontal e vertical e prevista com apoio para o mecanismo que atua na coluna isoladora giratória.

A descrição anterior da chave seccionadora trata de um só pólo da chave. Todas as chaves possuem três pólos, o que se consegue montando três conjuntos como os descritos anteriormente, num suporte comum, ou em três suportes, dependendo da tensão nominal. A coluna isoladora giratória de cada pólo encontra-se interconectada com os demais pólos e com o mecanismo de operação da chave, por meio de hastes de operação. Em geral, as chaves seccionadoras são operadas manualmente ou por meio de um motor.

As chaves seccionadoras manuais são equipadas com uma manivela ou uma alavanca. Estes mecanismos são conectados, por meio de tubos ou alavancas, às bases dos três pólos. Quando operados, provocam a abertura ou o fechamento da chave seccionadora.

As chaves seccionadoras operadas por meio de motor podem ser abertas ou fechadas por motor elétrico. O mecanismo de operação consiste em um motor elétrico, chaves limite, relés de controle e outros dispositivos de controle e de proteção. Em geral, estas chaves permitem controle remoto, e também podem ser operadas manualmente, após desligar-se o motor das hastes de operação.

Muitas chaves seccionadoras possuem dispositivos de travamento, os quais impedem que as chaves sejam operadas sob certas circunstâncias. Em geral, o dispositivo de bloqueio é instalado entre as lâminas principais de comutação e as de aterramento. Neste tipo de arranjo, o dispositivo não deixa que o comutador principal seja fechado quando as lâminas de aterramento estão fechadas. O mecanismo de travamento está ligado às hastes de operação.

Outro mecanismo de travamento freqüentemente utilizado emprega dispositivos do tipo cavilha morta, operados por “chave tipo fechadura”, que só permitem a operação da chave seccionadora sob determinadas condições. Neste caso, o bloqueio ou desbloqueio é feito manualmente no dispositivo de fechadura, impedindo ou permitindo a operação da seccionadora. Por exemplo, no caso de uma chave seccionadora que não deve ser aberta

ou fechada enquanto seu disjuntor estiver fechado (para impedir que a chave tenha que interromper ou ligar a corrente de carga), o disjuntor poderá ter um dispositivo de “chave tipo fechadura” embutido, de maneira que o disjuntor precise estar aberto para que a “chave tipo fechadura” seja removida. Com o disjuntor travado na posição aberta, a “chave tipo fechadura” pode ser retirada da fechadura e, a seguir, utilizada para destrancar a chave de desligamento, o que então poderá ser feito com segurança.

Cada instalação de chave seccionadora poderá, eventualmente, incluir uma plataforma metálica de comutação, em geral de grade de ferro galvanizado, montada próximo à base do mecanismo de operação de comutação. A plataforma deverá estar situada de maneira que o operador da chave precise ficar de pé na plataforma, que estará diretamente conectada à manivela de operação da chave, por um condutor. Este arranjo garante que a plataforma e o operador estarão no mesmo potencial da manivela de operação da chave. É indispensável que a instalação esteja rigorosamente de acordo com os desenhos.

A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o pessoal da EMPREITEIRA obedeceu aos procedimentos de montagem e de ajuste do fabricante. O ajuste correto de cada chave seccionadora é essencial para a operação segura e apropriada do mecanismo. Muitos problemas operacionais das chaves derivam de procedimentos de ajuste inadequados.

Após ajustar e testar as chaves seccionadoras, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que todas as ferragens e os dispositivos de travamento, em especial aqueles associados às hastes de operação, encontram-se ajustados e travados segundo as instruções do fabricante. Caso contrário, os ajustes poderão ser deslocados após várias operações, como resultado das forças que incidem sobre as hastes de operação cada vez que a chave é acionada.

A FISCALIZAÇÃO deverá testar o funcionamento de todos os dispositivos e os mecanismos de operação mecânica das chaves, de modo a garantir que todas as hastes funcionem em uníssono e conforme desejado. No caso de chaves acionadas por motor, este também deverá ser testado, para garantir que as chaves limite e outros dispositivos de segurança estejam ajustados e operando corretamente. Enquanto se testa a operação do mecanismo de acionamento do motor, será indispensável checar todos os bloqueios elétricos e mecânicos associados.

A FISCALIZAÇÃO deverá revisar o aterramento de cada chave seccionadora, a fim de se assegurar de que obedece ao projeto. Dar-se-á atenção à ligação com a plataforma de operação e aos afastamentos entre cada chave e outros condutores energizados ou estruturas aterradas. Tais afastamentos elétricos deverão ser verificados com cada chave nas posições aberta e fechada. O afastamento elétrico deverá ser, pelo menos, equivalente à altura da coluna isoladora. Muitas chaves seccionadoras possuem contatos auxiliares, utilizados para diferentes sistemas de controle e de proteção, que operam através das hastes de operação das lâminas da chave principal.

Esses contatos auxiliares são uma fonte comum de problemas operacionais. A FISCALIZAÇÃO deverá checar a instalação, a montagem e os outros arranjos mecânicos desses contatos, assim como o ajuste dos dispositivos, ou das manivelas e das alavancas mecânicas que os acionam.

10.9.4.2 Chaves Interruptoras SF6

- Assim como as chaves seccionadoras, as chaves interruptoras SF6 (hexafluoreto de enxofre) são empregadas para isolar equipamento da fonte de energia. Entretanto, ao contrário das chaves comuns de desligamento, têm a capacidade de inter-

- romper a corrente de carga. As chaves interruptoras SF6 podem funcionar, portanto, como disjuntores, além de desempenhar suas funções normais de comutação;
- As chaves interruptoras têm duas partes: uma câmara de interrupção, cheia de gás SF6, e a lâmina de desligamento. Quando a chave é acionada, a comutação ocorre dentro da câmara de interrupção; isto é, quando a chave é aberta, os contatos de interrupção se abrem primeiro, e, a seguir, a lâmina de desligamento se abre também. Quando a chave é fechada, a lâmina de desligamento se fecha primeiro e, depois, se fecham os contatos de interrupção. Desta forma, os arcos elétricos são mantidos confinados na câmara de interrupção. O interruptor pode ser equipado com uma bobina derivada de disparo, que pode ser ligada a relés de proteção do equipamento. Neste caso, o interruptor pode ser aberto independentemente da lâmina de desligamento. As chaves interruptoras SF6 são comercializadas em diversas dimensões e formatos. A melhor fonte de informação a respeito de qualquer chave em particular é o manual de instruções do fabricante. Estes manuais deverão ser estudados com atenção, e suas orientações, seguidas rigorosamente;
- Em geral, as chaves interruptoras SF6 são instaladas sobre três pedestais; portanto, nivelamento e alinhamento adequados são de importância crítica. É possível a eliminação de muitos problemas potenciais verificando-se se o alinhamento e o nivelamento estão de acordo com as tolerâncias estabelecidas;
- Após instalar cada chave, assim como operá-la sem carga diversas vezes, será preciso checar a pressão do gás em cada fase, conforme indicado, para garantir que não ocorreu qualquer vazamento;
- Ao operar as chaves interruptoras SF6, é necessário considerar dois pontos principais:
 - Estes dispositivos contêm energia armazenada nos seus mecanismos de mola;
 - O gás empregado na parte selada da chave pode ser tóxico sob determinadas condições e, portanto, precisa ser tratado como material perigoso.

10.9.4.3 Barramentos

- Nas estações de manobra e nas subestações, existem dois tipos de barramento: os rígidos e os esticados sob tensão mecânica;
- Os barramentos rígidos consistem de condutores de barramento tipo tubo, apoiados sobre isoladores de pedestal. Os esticados consistem de cabos de condutores de alumínio, reforçados de aço, estendidos entre os equipamentos, utilizando isoladores de suspensão e outras ferragens de linha de transmissão, como apoio;
- Os barramentos rígidos consistem em tubos de alumínio, em geral referenciados em dimensões padrão de tubos de ferro, que se apóiam, a intervalos freqüentes, sobre isoladores do tipo pedestal, montados na extremidade superior das colunas de apoio. Estes conjuntos de barramentos são conectados a chaves de desligamento, disjuntores, transformadores de corrente, ou outro equipamento da estação de manobra ou subestação, por meio de conectores terminais.

Em geral, cada barramento é disposto de maneira que, num determinado ponto, normalmente no centro do cumprimento do barramento, no sentido do comprimento, o barramento esteja rigidamente fixado a um suporte. Em todos os outros pontos de apoio, incluindo as extremidades, o barramento pode deslizar sobre os suportes. Esta característica permite que o barramento se expanda ou se contraia, sem tensionar os isoladores de pedestal ou o terminal do equipamento. A FISCALIZAÇÃO deverá estudar os desenhos cuidadosamente, a fim de verificar se todos os suportes deslizantes ou fixos do barramento foram instalados corretamente. Um barramento inadequadamente instalado pode exercer cargas indevidas sobre os isoladores de pedestal, buchas e outros terminais, causando a operação incorreta das chaves, como resultado da expansão térmica ou de outras condições operacionais ou climáticas normais.

Com frequência, um pedaço de cabo de condutores de alumínio com alma de aço é puxado para dentro de cada tubo de barramento rígido, a fim de atenuar as vibrações eólicas. Este condutor não é ligado ao barramento. Atenua as vibrações causadas pelo vento, absorvendo a energia vibratória e evitando que aumente.

As dimensões do barramento são determinadas pelos engenheiros de projeto. Baseiam-se, principalmente, na corrente nominal de carga calculada e, em menor grau, na tensão nominal operativa. As estações de manobra de tensão muito alta, por exemplo, em geral empregam condutores de barramento de grande diâmetro, ou mais de um condutor por fase, para o controle do efeito coroa. No caso de tensões inferiores, quando não há necessidade de capacidade de corrente alta, utilizam-se condutores de barramento de menores dimensões. As conexões do tipo soldado são utilizadas para juntar os comprimentos de barramento, assim como para instalar as derivações, onde diversos comprimentos de barramento de alumínio se unem. Estas conexões soldadas são efetuadas pelo processo de solda de arco, com proteção de gás inerte.

Poderá ser necessário dobrar o barramento, sempre que houver mudança da direção horizontal ou vertical. O equipamento convencional para dobrar tubos pode ser utilizado para dobrar os barramentos rígidos. Entretanto, esse equipamento deverá ser equipado com sapatas especiais, de modo a impedir deformações do alumínio mole e danos à superfície do barramento, que podem causar efeito coroa, quando o barramento for energizado.

Sempre que se instalar um barramento rígido de alumínio, a EMPREITEIRA deverá utilizar o procedimento correto na feitura das juntas elétricas fixadas com parafusos ou com grampos. Antes de instalar conectores parafusados ou grampeados, todas as juntas deverão estar limpas e lisas, e deverão ser tratadas com pasta sem óxido e, a seguir, escovadas. A pasta sem óxido constitui um revestimento protetor sobre a superfície de alumínio. A escova de arame elimina o óxido na superfície, o que ajuda a melhorar o contato elétrico. Se a junta fosse escovada antes de se aplicar a pasta sem óxido, em pouco tempo o metal se oxidaria novamente. Além disso, os conectores parafusados deverão ser apertados até o valor específico indicado pelo fabricante da conexão. Não será permitida a substituição de ferragens.

A soldagem de comprimentos de barramento de alumínio exige conhecimento e equipamento especiais. Todos os soldadores deverão estar capacitados para soldar alumínio, conforme especificado no [item 9](#), do “ASME Boiler Code” (Código de Caldeiras da ASME). A FISCALIZAÇÃO deverá insistir sempre para que sejam realizados ensaios da soldagem, exceto quando o processo específico utilizado e o soldador tenham sido qualificados recentemente.

O barramento esticado sob tensão mecânica consiste em um condutor único, ou vários condutores de alumínio com alma de aço, esticados entre estruturas suportes. Estes barramentos são terminados com cadeias convencionais de isoladores de suspensão ou amarração, tensores e outras ferragens. As conexões com os barramentos esticados são efetuadas por meio de conectores paralelos parafusados ou conexões de compressão. Em muitas instalações, emprega-se uma mola numa extremidade do barramento, a qual assegura tensão mecânica constante nos condutores do barramento.

Ao inspecionar um barramento esticado, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se estão sendo instalados os condutores especificados e se a EMPREITEIRA está empregando as conexões apropriadas. Os condutores sempre deverão ter flechas obedecendo aos dados de projeto que acompanham as especificações, ou estar de acordo com os requisitos do fabricante dos condutores, caso as especificações estipulem que a EMPREITEIRA será a responsável pelos cálculos das tensões e flechas de estiramento. Assim como os barramentos de tubo rígido, se forem utilizados acessórios do tipo parafusado, a

EMPREITEIRA deverá empregar pasta sem óxido e deverá escovar os fios de alumínio com escova de arame, antes de fazer a conexão. Esta operação é muito importante. As conexões de alumínio efetuadas sem obediência a este procedimento sujeitam-se a falhas elétricas, resultantes de alta resistência elétrica entre as partes em contato.

Após terminar a instalação do barramento, seja rígido, seja esticado, será preciso checar o ajuste de fases da estação de manobra. Deverá ser uma verificação visual, percorrendo-se todas as fases dos circuitos, até os diversos equipamentos na estação de manobra. Esta checagem é notadamente importante nas estações mais complexas, pois podem ocorrer erros de projeto de ligação incorreta das fases. Como no caso das chaves seccionadoras, será preciso verificar os afastamentos elétricos entre os condutores de barramento e as partes aterradas, na estação, assim como com as demais fases do barramento ou terminais dos equipamentos. As especificações deverão fornecer os afastamentos elétricos mínimos requeridos para a classe de tensão específica do equipamento.

Enquanto os condutores de barramento estiverem sendo instalados, o pessoal da EMPREITEIRA deverá mantê-los, constantemente, aterrados, para a proteção do pessoal envolvido nos trabalhos. Estes aterramentos de proteção são muito importantes quando há equipamento energizado na estação de manobra, ou se o barramento estiver conectado às linhas de transmissão ou a outros circuitos susceptíveis a descargas elétricas ou a contatos acidentais, devido a atividades próximas energizadas. Em algumas obras, o projeto fornece instruções para trabalhos em linha quente. Neste caso, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que os acessórios do tipo linha quente foram instalados corretamente, para que se possa trabalhar com as ferramentas específicas. As instruções e os desenhos do fabricante fornecerão as informações necessárias à instalação correta destes tipos de acessórios.

10.9.4.4 Estruturas de Suportes de Aço

Depois de montadas, as estruturas suportes de aço que normalmente são em treliças no Brasil deverão ser conectadas à malha de aterramento da estação de manobra ou da subestação. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar as dimensões dos elementos da estrutura e dos seus esteios, antes de a EMPREITEIRA iniciar a instalação ou a montagem do equipamento. Em especial, é preciso verificar as dimensões nos locais onde outros equipamentos, como as bases das chaves de desligamento, serão fixados.

10.9.4.5 Disjuntores

São dispositivos mecânicos de comutação, que podem efetuar e interromper uma conexão elétrica, assim como conduzir e interromper uma corrente elétrica, em condições normais e anormais de circuito. Os disjuntores são empregados para comutar as correntes elétricas para as linhas de transmissão, os bancos de transformadores, os geradores e outros equipamentos elétricos. Também são utilizados para interromper altas correntes de defeito, causadas por falhas no isolamento ou no equipamento. Embora os disjuntores sejam comercializados em diversas capacidades e configurações, e possam operar de acordo com diversos princípios, são previstos, todos eles, para comutar baixas correntes e interromper altas correntes de fuga.

Os disjuntores são classificados de acordo com o meio de interrupção do circuito. O meio de interrupção é o material empregado para extinção do arco voltaico que se forma entre os contatos móveis, quando o disjuntor abre o circuito. Todos os disjuntores utilizam algum tipo de meio para extinguir o arco. Dentre os meios utilizados com maior frequência, destacam-se o ar, o óleo e o gás dielétrico.

Os disjuntores, que utilizam o ar como meio de interrupção, contêm uma válvula que libera um pequeno jato de ar pressurizado, entre os contatos que se separam, de modo a extinguir o arco voltaico.

Nos disjuntores do tipo óleo, injeta-se óleo especial, através dos elementos móveis que se separam, para deslocar o arco voltaico e extinguí-lo.

Nos disjuntores a gás dielétrico injeta-se gás pressurizado, através dos elementos móveis que se separam, utilizando-se ora uma válvula de jato de ar (similar à das chaves secas dos disjuntores a ar comprimido), ora um sistema montado de bomba, que depende de um pistão ativado automaticamente, de maneira a forçar um jato de gás entre os contatos.

Independentemente do meio de interrupção empregado, todos os disjuntores possuem algumas características em comum.

- Contato fixo - Este contato possui mordentes, ou outro dispositivo de compressão ou de mola, que garante um bom contato elétrico com os elementos móveis;
- Elemento móvel - Esta parte do disjuntor conduz a corrente através do disjuntor até o contato fixo. É projetado para afastar-se rapidamente do contato fixo, de modo a interromper o circuito;
- Mecanismo de extinção - Este mecanismo extingue o arco voltaico criado entre os contatos fixo e móvel.

Os mecanismos operacionais dos disjuntores são aqueles dispositivos e sistemas internos que provocam a abertura ou fechamento dos contatos. Embora os mecanismos operacionais variem segundo o tipo de disjuntor, todos compartilham algumas características comuns. Os mecanismos operacionais dos disjuntores precisam:

- Separar os contatos rapidamente;
- Iniciar e completar as operações de fechamento e desligamento a partir do comando remoto, além do comando local;
- Operar independentemente do fornecimento externo de energia.

Alguns disjuntores podem separar seus contatos e interromper a corrente elétrica dentro do prazo de um ciclo (16 milissegundos). Entretanto, normalmente os disjuntores demoram de dois a quatro ciclos para interromper a corrente.

Para ligar e desligar a partir do comando remoto, os mecanismos operacionais dos disjuntores contêm válvulas solenóides (no caso dos mecanismos de ar comprimido), solenóides ou outros dispositivos elétricos/mecânicos (no caso de mecanismos acionados por mola).

Uma vez que operam sem alimentação externa, os mecanismos operacionais dos disjuntores precisam de sistemas internos de armazenamento de energia. Estes sistemas dependem de molas, ar comprimido, ou dispositivos de acumulação hidráulica. O mais comum opera com ar comprimido. A alimentação elétrica para o comando é assegurada pelo sistema de corrente contínua de estação, altamente confiável.

Todos os disjuntores possuem algum tipo de sistema de confinamento. O mecanismo de contato dos disjuntores do tipo óleo está imerso em um tanque de óleo especial. Podem ter tanques individuais para cada polo do disjuntor, como no caso de grandes disjuntores de alta tensão. O mesmo arranjo é empregado nos disjuntores isolados por gás, os quais usam um tanque cheio de gás, onde se encontra o mecanismo de contato. Podem ser utilizados tanques separados ou comuns, dependendo dos requisitos de tensão e de corrente e de outras considerações de projeto. Nestes tipos de disjuntores, os tanques são fixados à armação de sustentação do disjuntor, aproximadamente a nível do terreno, os quais não são energizados. Os tanques, assim como os mecanismos operacionais dos disjuntores, encontram-se conectados ao sistema de aterramento da estação de manobra.

Os mecanismos operacionais de outros tipos de disjuntores estão dentro de pequenos tanques ou caixas de porcelana elevadas sobre isoladores de apoio. Os contatos dentro destes disjuntores são operados por meio de hastes isoladas, que passam por dentro de colunas de apoio ou de isoladores especiais. Em geral, este tipo de arranjo é encontrado nos disjuntores a ar e em alguns disjuntores do tipo SF6.

São utilizadas buchas de passagem para fazer a transição do condutor externo não isolado, para o meio isolante dentro do tanque metálico, devidamente aterrado. Estas buchas são dispositivos especiais que isolam os condutores elétricos do tanque, à medida que passam por ele. São também um meio de controlar o gradiente de tensão em ambos terminais da bucha.

A complexidade da bucha de passagem dependerá da classe de tensão do disjuntor associado. Os disjuntores de baixa tensão (disjuntores de classe 15kV) podem empregar buchas de passagem de porcelana compactada. Os que operam a tensões mais altas (115kV, 230kV, etc.) empregam buchas de passagem com óleo. Além do óleo, estas buchas de passagem possuem papéis especiais de isolamento e elementos de controle de tensão dentro do conjunto. A maioria dos isoladores de passagem que contêm óleo dispõe de um reservatório de óleo na parte superior, o qual é equipado com indicadores do nível do óleo.

Em geral, o condutor elétrico que passa pelo centro da bucha de passagem é constituído por uma haste de cobre às vezes rosqueada em ambas as extremidades. As dimensões e a disposição das roscas na barra de cobre dependem da corrente nominal da bucha. Geralmente, o fabricante do disjuntor fornece o equipamento na extremidade interna da barra de cobre, de modo a conectá-la aos contatos do disjuntor de circuito. Entretanto, a extremidade externa, onde os condutores de força que chegam se encontram ligados ao disjuntor, requer algum tipo de conexão.

Os disjuntores de tanque vivos não possuem buchas de passagem. No projeto, o conjunto que segura os contatos de interrupção está na tensão da linha, de maneira que não precisa das buchas para passar através de um tanque aterrado. Nestes disjuntores, as extremidades dos condutores de entrada e de saída do disjuntor de circuito são conectadas diretamente aos terminais dos dispositivos de interrupção.

Quase todos os disjuntores empregam transformadores de corrente em um ou ambos circuitos de entrada e de saída. Estes transformadores de corrente fornecem os sinais de corrente para os relés de proteção e para outros dispositivos que funcionam junto com o disjuntor.

Os disjuntores que empregam buchas de passagem possuem os transformadores de corrente mais simples. Nos disjuntores deste tipo, os transformadores de corrente são montados em torno das buchas de passagem, em sua parte inferior.

Os transformadores de corrente dos disjuntores de "tanque vivo" são montados adjacente aos disjuntores, como peças de equipamento independentes. Este tipo de transformador de corrente dispõe de um isolador elétrico que isola o núcleo do transformador e o enrolamento secundário, do enrolamento primário de alta tensão. Em geral, é montado sobre uma estrutura de suporte imediatamente adjacente ao disjuntor, localizada entre o disjuntor e a chave seccionadora a ele associada.

Os disjuntores das estações de manobra são dispositivos de grande complexidade; para serem instalados requerem conhecimentos especializados. Sempre que se instalam disjuntores, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que todos os manuais pertinentes do fabricante estão disponíveis e que o pessoal da EMPREITEIRA está obedecendo às instruções. Muitos disjuntores requerem condições especiais de armazenamento, de

modo a evitar danos. O manual de instruções do fabricante e seu engenheiro de montagem deverão ser consultados, para se definirem os procedimentos especiais de armazenamento.

Os mecanismos operacionais precisam ser lubrificados e mantidos rigorosamente de acordo com as instruções do fabricante. Isso é muito importante quando o disjuntor deverá operar em condições climáticas desfavoráveis. Para garantir o funcionamento confiável do disjuntor, é preciso utilizar os lubrificantes especiais mencionados no manual de instruções do fabricante. Em geral, os contatos do disjuntor de circuito são tratados com lubrificantes especiais que reduzem o atrito mecânico e aumentam o contato elétrico. Não se recomenda substituir os lubrificantes indicados.

Os sistemas internos de armazenamento de energia dos disjuntores de circuito apresentam riscos inerentes à segurança para o pessoal de instalação e/ou manutenção. Se o disjuntor utiliza sistema de ar comprimido, o pessoal da EMPREITEIRA deverá drenar corretamente o ar ou desligá-lo, a fim de se eliminar a possibilidade de operação inadvertida, enquanto os operários estiverem trabalhando no disjuntor.

Os sistemas de armazenamento de energia do tipo mola comprimida são dispositivos muito poderosos. Os operários que estiverem trabalhando nestes disjuntores não poderão iniciar seu trabalho até que as molas tenham sido liberadas.

Ao se trabalhar com disjuntores tipo tanque, é importante dispor de uma ventilação apropriada. Os operários só poderão entrar nos tanques dos disjuntores após o ambiente estar adequadamente ventilado, com a garantia de entrada e saída seguras. O gás SF₆, embora não seja considerado tóxico quando novo, acumula substâncias muito tóxicas após ter sido utilizado para a interrupção de arcos voltaicos. A ação de interrupção do arco voltaico cria muitos produtos altamente venenosos, seja na forma de gases misturados ao gás dielétrico, seja com pó que se acumula no interior do disjuntor. Estes materiais deverão ser manuseados com todo cuidado. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que a EMPREITEIRA contratada para trabalhos nesses disjuntores consultou especialistas neste campo e definiu procedimentos de trabalho seguros, incluindo-se a proteção adequada dos operários.

Outra questão relativa à segurança no trabalho com disjuntores é a natureza dos materiais empregados para limpar o seu interior. Muitas destas substâncias são solventes elétricos especiais, que requerem ventilação apropriada enquanto estão sendo utilizados, em particular quando usados em tanques fechados. Estas substâncias também podem ser inflamáveis; portanto, é preciso adotar precauções e procedimentos adequados para evitar incêndios ou explosões, quando empregadas dentro dos tanques dos disjuntores. A EMPREITEIRA deverá obter informações relativas ao uso seguro destes materiais.

Em geral, os pequenos disjuntores são transportados com o meio dielétrico já instalado. Nesses casos, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que a EMPREITEIRA não está contaminando estas substâncias. Os grandes disjuntores podem ser transportados sem o óleo ou o gás. Neste caso, a EMPREITEIRA deverá processar o gás ou o óleo e completar o tanque do disjuntor, após sua instalação no local definitivo. As instruções do fabricante deverão ser obedecidas nesses processos, embora existam alguns pontos universalmente aplicáveis a esse tipo de tarefa. É muito importante que o material dielétrico, ou gás, ou óleo, seja mantido limpo e sem qualquer contaminação por água, ar, ou outra matéria estranha. O óleo utilizado deverá ser filtrado antes de ser usado no tanque do disjuntor. Será preciso efetuar e documentar ensaios dielétricos relativos ao grau de isolamento fornecido pelo óleo, antes de ser introduzido no disjuntor.

Os transformadores de corrente associados aos disjuntores deverão ser checados, a fim de se ter a garantia de que estão sendo instalados nos locais corretos, conforme

determinado nas especificações ou nos desenhos. Uma bucha de passagem poderá ter mais de um transformador de corrente em volta. Não é incomum haver três transformadores empilhados em torno de cada bucha de passagem. Após a instalação dos disjuntores e antes de serem postos em funcionamento, será preciso verificar a continuidade de todos os circuitos dos transformadores de corrente, assim como a sua polaridade. Os dispositivos de curto-círcuito, nos blocos terminais dos transformadores de corrente, deverão permanecer em posição fechada até imediatamente antes da energização inicial do disjuntor.

Com frequência, as especificações determinam serviços de pintura perto do equipamento da estação de manobra. Pintura excessiva resultante destas operações poderá ser prejudicial se a tinta se juntar sobre as superfícies de porcelana dos isoladores de sustentação ou dos isoladores de passagem dos disjuntores. AS EMPREITEIRAS deverão ser instruídas a conduzir estas operações de pintura de modo a não ocorrer depósito de tinta sobre os mesmos.

Após a instalação dos disjuntores e antes da sua energização, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que foram realizados todos os testes especiais requeridos em cada disjuntor e em suas buchas. Estes testes deverão ser efetuados antes do comissionamento do equipamento, a fim de se obterem dados básicos relativos às condições do equipamento antes da sua energização.

10.9.4.6 Terminações dos Cabos de Alta Tensão

Os cabos de alta tensão e seus dispositivos terminais fazem parte de muitas obras de médio e grande porte. A instalação destes cabos quase sempre exige os conhecimentos de um engenheiro de montagem. O fabricante deverá fornecer um manual de montagem junto com os cabos. Este manual fornece muitos detalhes relativos ao manuseio, ao armazenamento e à instalação dos cabos.

Quando estes cabos penetram em pisos ou paredes de concreto, ou em outras barreiras que contenham armaduras de aço magnético, poderá ser necessário efetuar um tratamento especial nas blindagens de aço, de acordo com as especificações e/ou os desenhos.

Todas as terminações dos cabos deverão ser construídas em ambiente com adequada temperatura média, seco e adequadamente ventilado. As diretrizes mais críticas acerca da montagem das terminações dos cabos encontram-se relacionadas a seguir:

- Manter tudo limpo e seco;
- Fazer a montagem nas dimensões corretas, conforme as instruções do fabricante.

A segurança é questão importante no caso dos cabos e das terminações, uma vez que a montagem é quase sempre efetuada com materiais perigosos. O solvente empregado para limpar os cabos desprende gases tóxicos e só deverá ser utilizado em condições de perfeita ventilação. A maioria dos materiais utilizados na instalação de cabos é inflamável, e os produtos nas terminações também podem ser inflamáveis e/ou tóxicos. Além disso, os testes de altos potenciais realizados nos cabos envolvem grande risco.

10.9.4.7 Transformadores

Em geral, os transformadores são de tipo a óleo e exigem algum tipo de sistema de refrigeração. Possuem vários tipos de dispositivos de proteção. Os terminais de alta e baixa tensão utilizam-se de buchas de passagem. Os dispositivos possuem um comutador de derivação, para selecionar a tensão operacional, em função da tensão da fonte alimentadora.

O manual de instruções do fabricante é a melhor fonte de informações acerca de um novo transformador. Se for necessário armazenar a unidade durante algum tempo, as instruções do fabricante a este respeito deverão ser obedecidas.

Quando o transformador for instalado, será preciso remover todo o material de enchimento utilizado no transporte. Se houve trabalho interno no transformador, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se nada foi deixado dentro dele. Além disso, checar-se-á o funcionamento do comutador de derivação. (Atenção: esta operação nunca deverá ser efetuada com o transformador energizado, exceto quando o comutador de derivação tiver sido projetado para tal operação.) A seguir, o transformador deverá ser inspecionado quanto a vazamentos de óleo, e os vazamentos constatados deverão ser reparados. Todo o sistema de resfriamento deverá ser testado, assegurando-se de que os ventiladores e as bombas operam adequadamente.

Após a instalação do transformador, embora antes de ter sido energizado, será preciso efetuar e documentar os testes requeridos, para fins de registro. Além disso, na oportunidade, recomenda-se tirar amostras de óleo para teste.

10.9.4.8 Transformadores de Corrente e de Potencial

Os transformadores de corrente e de potencial são comercializados em diversas dimensões e formatos. Os pequenos são instalados em cubículos e nas buchas dos transformadores, a fim de medir as tensões e as correntes. Os maiores são empregados para medir tensões e correntes nas linhas de transmissão de alta tensão, bem como para alimentar os circuitos de proteção em estações de manobra e subestações.

As instruções do fabricante devem servir de orientação na instalação desses equipamentos. Os dados que constam da placa de identificação de cada aparelho deverão ser registrados e arquivados, uma vez que este tipo de informação pode tornar-se inacessível após a instalação. Se os dispositivos forem do tipo bucha, deverão ser limpos de qualquer vestígio de tinta, poeira e graxa. A polaridade deverá ser verificada, para ver se combina com os dados dos desenhos. Quando as especificações assim o determinarem, os testes de polaridade e de relação deverão ser efetuados pela EMPREITEIRA, antes da energização das unidades.

Por motivos de segurança, os terminais secundários de todos os transformadores de corrente deverão ser mantidos em curto-circuito até imediatamente antes da sua energização. Caso contrário, o transformador de corrente poderá ser danificado e poderão ocorrer lesões corporais. É preciso desligar os transformadores de corrente de todos os circuitos antes da realização de qualquer teste de alta tensão.

10.9.4.9 Pára-Raios Contra Surtos de Sobretensão

Pára-Raios contra surtos de sobretensão, algumas vezes denominados simplesmente como pára-raios, são instalados nos sistemas de potência para proteger o equipamento, como transformadores e geradores, que possuam isolamento sensível a sobretensões. Estes dispositivos limitam qualquer surto de sobretensão prejudicial ao equipamento.

O pára-raios sempre deve ser instalado o mais perto possível do equipamento que se deseja proteger. A conexão elétrica entre ambos deverá ter capacidade adequada de condução da corrente de defeito correspondente à conexão entre os condutores associados com o circuito de potências e o equipamento. Os engenheiros de projeto especificam os pára-raios em função da tensão do circuito no qual deverão operar. Este nível de tensão é coordenado com o nível de isolamento do equipamento a ser protegido.

Todo o equipamento do sistema elétrico possui um nível básico de isolamento, que é inherente a seu projeto. O nível básico de isolamento do equipamento é a tensão que o equipamento pode suportar com segurança, sob condições de surtos de tensão atmosférica ou de manobra. Sobretensões além deste nível podem danificar o equipamento ou abreviar sua vida útil. A função dos pára-raios é limitar estas sobretensões. São empregados para proteção de equipamentos de 600volts, equipamentos de distribuição e os associados às linhas de transmissão de alta tensão. Podem ser montados em quadros ou cubículos em postes em estruturas de distribuição, ou nos tanques dos transformadores.

A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que o pára-raios instalado no projeto possui características adequadas, conforme o projeto. Os pára-raios de grande capacidade, para altas tensões, possuem dispositivos de descarga projetados para aliviar as altas pressões internas, resultantes de falhas dos componentes elétricos. Esses dispositivos permitem a saída de gases e detrito, evitando que provoquem uma destruição do pára-raios. Estes dispositivos deverão ser orientados de maneira que a descarga deles proveniente não danifique outros equipamentos.

Instalar-se-á um condutor de terra contínuo, de capacidade apropriada, do sistema de aterramento da subestação ou da usina geradora diretamente à base do pára-raios. Além disso, os grandes pára-raios poderão ter um mecanismo de contagem de descarga, associado à sua instalação, para fins estatísticos. Estes dispositivos deverão ser instalados de maneira que o contador possa ser lido facilmente pelo pessoal de operações, em pé, a nível do terreno.

10.9.4.10 Sistemas de Aterramento

Todas as cercas perimetrais das estações de manobra e da subestação principal deverão ser ligadas ao sistema de aterramento. Tal sistema inicia-se com um cabos-terra enterrados um pouco além da parte externa do pátio, com condutores e hastes metálicas de aterramento cravadas a pequenos intervalos. Os detalhes relativos às distâncias e ao espaçamento entre barras deverão constar nos desenhos referentes ao sistema de terra da estação de manobra. A seguir, conectar-se-ão os postes da cerca ao condutor de terra, em intervalos constantes nos desenhos. Todos os postes de esquina e de portões deverão ser conectados ao sistema de terra. Para garantir a segurança daqueles que entrarem no pátio, o aterramento dos postes do portão deverá ser efetuado rigorosamente de acordo com o projeto.

As tampas metálicas das canaletas de cabos também deverão ser ligadas à terra. Normalmente o aterramento é feito nas tampas e nas cantoneiras metálicas que as suportam. As tampas são ligadas ao sistema de terra com o objetivo de eliminar interferência eletromagnética nos cabos de controle, causada por falhas elétricas envolvendo os condutores da estação de manobra e, mais ainda, para proteção pessoal.

10.10 Sistemas de Adução de Água

10.10.1 Aspectos Gerais

Os sistemas de adução de água possuem projeto e aplicações singulares, embora uma série de tipos diferentes de instalações seja comum à maioria dos sistemas. As instalações que normalmente requerem inspeção do material e do equipamento elétrico são:

- Comportas;
- Controles de válvula;
- Equipamento de controle e de instrumentação;
- Cabos subterrâneos;
- Caixas de equipamentos.

10.10.2 Comportas**10.10.2.1 Aspectos Gerais**

As comportas são utilizadas, principalmente, para regular e/ou derivar a água. O tipo de comporta utilizado com mais frequência é a comporta radial ou segmental.

10.10.2.2 Pontos-Chave na Inspeção

Embora as estruturas de adução de água possam ser classificadas de acordo com os dispositivos mecânicos que empregam, em geral contêm elementos elétricos que requerem verificação. Durante a instalação ou a manutenção das comportas, a FISCALIZAÇÃO precisa checar, em particular, os seguintes itens:

- Chaves de torque e de limite - Verificar-se-ão a operação, o ajuste e o controle de todas as chaves de torque e de limite;
- Ajuste de freios - O ajuste dos freios das comportas é crítico nos casos em que estas operam em modalidade automática ou sem supervisão. Um ajuste inadequado poderá ocasionar danos às comportas e/ou seu funcionamento incorreto;
- Proteção contra intemperismo - A proteção dos elementos elétricos contra a intemperie é muito importante, em especial quando os motores e os controles não estão instalados dentro de prédio. Todas as caixas de equipamento deverão satisfazer o nível de proteção NEMA requerido nas especificações;
- Proteção contra o sol - Nos climas quentes, deverão ser instalados dispositivos de proteção do equipamento de controle dos motores contra o sol. Tais dispositivos deverão ser projetados e instalados para impedir que o equipamento de controle ou de instrumentação eletrônica seja exposto a temperaturas superiores às especificadas pelo fabricante;
- Motores geradores - Se a comporta dispuser de motor gerador, como fonte elétrica de emergência de eletricidade, será preciso testar o funcionamento dos sistemas de carregamento das baterias e de partida do motor, inclusive a operação da chave de transferência da energia elétrica;
- Malhas de terra - As malhas de terra (se especificadas) deverão ser adequadamente instaladas e testadas;
- Operação automática - No caso de operação automática das comportas, todos os instrumentos deverão ser corretamente calibrados e ajustados. As instruções do fabricante deverão ser rigorosamente obedecidas. Se o sistema dispuser de relés temporizados, a operação automática das comportas deverá ser monitorada com muita atenção, desde o início da operação. A operação cronometrada deverá ser ajustada com precisão, de maneira que o funcionamento automático das comportas seja estável. Isso pode ser conseguido por meio de vários ciclos de operações de níveis de água alto e baixo. É importante que todos os dispositivos elétricos de segurança sejam ajustados e verificados pela primeira vez, antes de se iniciarem as operações.

10.10.3 Controle de Válvulas**10.10.3.1 Aspectos Gerais**

Existem numerosos tipos de válvulas e de controle de válvulas. As válvulas podem operar como simples dispositivos do tipo aberto/fechado, ou podem ser do tipo que funciona em posições intermediárias, a fim de controlar a vazão ou a pressão da água.

10.10.3.2 Diretrizes de Inspeção

- É indispensável estudar com atenção os manuais e as instruções do fabricante antes de se iniciar a instalação das válvulas. Todas as chaves limites, assim como os indicadores ou as chaves de torção, deverão ser ajustadas e checadas correta e cuidadosamente;

- Ao iniciar a checagem das válvulas, a chapa da válvula deverá estar na posição intermediária, antes de se energizar o acionador da válvula, a fim de evitar danos causados por rotação errada do motor.

Se a válvula dispuser de indicador de posição, ou se fizer parte de operação automática o uso de sensores de vazão e de pressão, será necessário calibrar a operação da válvula, por meio de instrumentação adequada.

10.10.4 Equipamento de Instrumentação e de Controle

10.10.4.1 Aspectos Gerais

O grau de complexidade do equipamento de instrumentação e de controle varia consideravelmente, dependendo do uso pretendido e de outras considerações de projeto. Um sistema simples pode consistir de um potenciômetro, com uma resistência com transdutor de corrente que utiliza um medidor analógico para indicar a posição da comporta. Um sistema mais complexo poderá incluir controladores programáveis que empregam microprocessadores para o monitoramento e o controle de múltiplas funções ou elementos.

Os manuais de instalação e as instruções do fabricante, assim como outros documentos pertinentes, deverão ser estudados com cuidado, a fim de identificar precauções específicas, variação das condições operacionais, assim como requisitos de segurança, montagem e calibração.

10.10.4.2 Diretrizes de Inspeção

Em estruturas dotadas de sondas para detecção do nível da água, a cota da extremidade inferior de cada sonda deverá ser ajustada corretamente, para que o mecanismo indicador ou de controle funcione adequadamente.

Os sensores ultra-sônicos precisam ser instalados em posição perfeitamente nivelada. Uma vez que tais instrumentos dependem de sinais refletidos, sua operação poderá ser prejudicada por reflexões distorcidas quando o nivelamento destes dispositivos não for perfeito. Muitos medidores empregados na detecção do nível da água requerem montagem em poço adicional, de modo a garantir uma superfície de água mais calma e fornecer um ponto de referência estável para o sinal de saída.

Todos os sensores, transdutores e controladores (de nível, vazão, pressão, etc.) deverão ser ajustados e calibrados de acordo com as instruções do fabricante. A maioria destes instrumentos é muito sensível a variações de temperatura e umidade.

- A maioria dos instrumentos e dos controladores operam em tensão contínua e a baixos níveis de corrente. É imperativo que as instruções do fabricante sejam obedecidas quanto à blindagem e ao isolamento de forma a impedir interferências provenientes de tensões mais elevadas. Sempre que especificados, serão utilizados cabos de instrumentação blindados. Além disso, a blindagem deverá ser aterrada, em rigorosa obediência às instruções do fabricante. Uma conexão à terra em ambas as extremidades da blindagem, por exemplo, poderá ser indesejável, em especial se ambas as extremidades têm diferentes níveis de tensão. A fonte de corrente contínua deverá atender adequadamente às demandas do sistema de instrumentação em questão;
- Alguns sistemas de instrumentação empregam transdutores de sinais de 4 a 20mA para converter os dados provenientes do sensor em sinais que possam ser utilizados pelos medidores e/ou pelos circuitos de controle. Quando esse tipo de sistema for utilizado, o valor máximo da resistência fornecido pelo fabricante não deverá ser ultrapassado. De outra forma, os sinais provenientes do transdutor poderão estar errados.

10.10.5 Cabos Enterrados - Pontos-Chave na Inspeção

A localização, identificação e instalação dos cabos enterrados são muito importantes para assegurar a operação correta e facilitar a manutenção dos sistemas elétricos. Se os cabos não forem adequadamente localizados e identificados (marcados), a manutenção e reparos poderão tornar-se difíceis e demorados. Quando enterrado diretamente em solo pedregoso, o cabo precisa ser protegido contra danos físicos.

Dentre os itens que merecem destaque durante a instalação e as emendas de cabos enterrados, podem-se relacionar os seguintes:

- Os comprimentos específicos de cabos deverão ser fornecidos para todas as terminações e emendas. Será preciso dispor de cabo sobressalente, caso seja preciso refazer as emendas;
- Verificar se a moldagem é adequada, para proteção das emendas contra os danos causados pela umidade;
- É preciso temperatura apropriada para a cura. Em geral, os fabricantes dos “kits” de emenda especificam determinadas faixas de temperatura;
- A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que a EMPREITEIRA combinou as cores e os pares de fios corretamente, pois, de outra forma, os circuitos estarão incorretamente conectados;
- Só deverão ser empregados cabos aprovados. Na instalação de cabos sob carga, é preciso garantir que as especificações relativas aos requisitos específicos de carga estão sendo obedecidas;
- A localização exata de todos os cabos instalados e de todas as emendas dos cabos deverá ser perfeitamente documentada;
- Os cabos deverão ser testados durante sua instalação e, novamente, no fim da instalação. Será preciso testar a continuidade e a integridade das emendas, à medida que forem sendo efetuadas. É mais fácil localizar o problema enquanto é realizada a emenda do que quando o todo o cabo tiver sido instalado. Após o término da instalação, testar-se-á todo o cabo.

10.11 Estações de Bombeamento

10.11.1 Tipos de Estação de Bombeamento

Em termos das instalações elétricas, as estações de bombeamento podem ser classificadas em pequenas, médias e grandes, de acordo com os seguintes critérios gerais:

- As pequenas estações de bombeamento são instalações de baixa tensão (em geral inferior a 600 volts), com capacidade de baixa potência (em geral inferior a 1.000kW). Podem utilizar tensão de controle de corrente alternada e centros de controle dos motores ou controles e contactores industriais;
- As estações de bombeamento médias são instalações de tensão média (aproximadamente entre 600 e 7.000 volts), com capacidade de potência média (entre 1.000 e 10.000kW, aproximadamente). Podem utilizar tensão de controle de corrente alternada e centros dos motores ou controles e contactores industriais;
- As grandes estações de bombeamento são instalações de tensão média a alta (que varia entre 2.000 e 15.000 volts, ou mais), com capacidade de alta potência (em geral superior a 10.000kW). Podem utilizar controles e contactores industriais ou controles unitários, com tensão de controle de corrente contínua.

Nos projetos de irrigação, poderá haver uma subestação para cada estação de bombeamento, para várias delas, ou para todo o projeto, dependendo das dimensões, do custo, do uso e de outras considerações de projeto.

10.11.2 Barramentos e Cabos

Em geral, os barramentos elétricos são classificados em barramento de grande capacidade condutora de corrente (3.000 amperes, ou mais), ou barramento com pequena ou média capacidade condutora de corrente (menos de 3.000 amperes). A maioria das estações de bombeamento dos projetos de irrigação possui barramentos pequenos ou médios.

A maioria dos barramentos pequenos ou médios pode ser classificada em uma das três seguintes categorias:

- Barramento de fase segregada;
- Barramento de fase não-segregada;
- Barramento de cabo de força isolado.

Os invólucros, os métodos de sustentação e os sistemas de isolamento dos barramentos variam substancialmente, dependendo do modelo do fabricante. Os desenhos do fabricante deverão ilustrar as estruturas do barramento, os requisitos de sustentação e de montagem, as seções transportadas separadamente e as juntas dos invólucros e dos condutores do barramento.

Se os condutores do barramento tiverem sido projetados para uso no campo de fita isolante, estas fitas deverão ser aplicadas em condições adequadas de limpeza. A contaminação das fitas isolantes e das resinas é uma importante fonte de corona nas tensões mais altas e, mesmo em tensões inferiores, pode provocar falhas precoces nas juntas e nas terminações, como resultado da criação de pontos quentes. A FISCALIZAÇÃO deverá checar se ocorreram danos durante o transporte do equipamento, e durante sua montagem e instalação.

Os barramentos que utilizam cabos de força não são totalmente manufaturados na fábrica e, normalmente, não são transportados em seções pré-montadas. Em geral, requerem elaborada montagem em campo e, embora projetados como um sistema, exigem cuidadosa inspeção durante sua instalação. Dentre os itens que precisam de atenção especial na instalação dos barramentos em cabos, estão incluídos danos no isolamento ou revestimento, emendas não-projetadas, ligação ou aterramento incorreto e aplicação inadequada de esforços nas terminações ou nos dispositivos de liberação de esforços. Antes de fechar qualquer invólucro do barramento, é preciso limpar os isoladores suporte e o interior do barramento.

10.11.3 Equipamento de Controle dos Motores

10.11.3.1 Aspectos Gerais

Nas pequenas estações de bombeamento, é instalado um centro de controle dos motores, pois, em tais estações, a capacidade dos motores permite que todos os equipamentos de controle, incluindo os dispositivos de partida, fiquem alojados em único cubículo.

O equipamento de controle de motor pode ser definido como qualquer conjunto montado no piso, o qual tem uma ou mais seções verticais fechadas, com barramento horizontal para condução da corrente e contendo o conjunto de dispositivos de controle.

O conjunto de dispositivos de controle de motor incorpora meios de desligar circuitos, os quais podem ser operados externamente; proteção dos diversos circuitos contra sobrecorrentes; e controladores magnéticos de motor, com os respectivos dispositivos auxiliares. Em geral, presume-se que o controlador de motor inclui proteção do motor e dos circuitos derivados contra sobrecorrentes; entretanto, pode ser adotada adicional

proteção equivalente externa à unidade. Será preciso checar os desenhos pertinentes, assim como os parágrafos e os desenhos das especificações, de modo a poder cotejar o que foi requerido e o que está sendo fornecido.

Em geral, as especificações e os desenhos aprovados, além das informações contidas nas normas específicas empregadas no projeto, na fabricação e nos testes do equipamento (como ABNT, NEMA, IEEE, ANSI, ICEA e UL), fornecerão material mais do que suficiente para que a FISCALIZAÇÃO determine se o equipamento e a instalação são adequados.

10.11.3.2 Características do Controle dos Motores

- O centro de controle dos motores (CCM) pode conter diversas combinações de equipamento, incluindo:
 - ▶ Unidades combinadas de controle dos motores não-reversíveis e de tensão total;
 - ▶ Unidades combinadas de controle dos motores reversíveis e de tensão total;
 - ▶ Unidades combinadas de controle dos motores de tensão reduzida;
 - ▶ Quadros de distribuição para a iluminação.

Em geral, os centros de controle dos motores também dispõem de botoeira, chaves seletoras, lâmpadas indicadoras, transformadores de controle, assim como relés, fusíveis e dispositivos de intertravamento elétrico e mecânico.

10.11.3.3 Diretrizes de Inspeção

A seguinte lista objetiva dar destaque aos pontos mais importantes e essenciais na inspeção dos centros de controle dos motores.

- Cada unidade do centro de controle dos motores deverá ser comparada com o correspondente desenho aprovado, quanto às suas dimensões, à capacidade nominal e à localização dos componentes. Isso deverá ser feito para todos os componentes, incluindo disjuntores, fusíveis, chaves fusíveis, contactadores, transformadores, blocos terminais, condutores e suas terminações, relés e dispositivos de instrumentação e de medição;
- O funcionamento e as condições de todos os componentes de cada unidade devem ser checados, além de serem verificados a montagem, o alinhamento e o funcionamento de itens como contatos, elementos protetores, aterramento e afastamentos elétricos e mecânicos;
- Verificar-se-ão outros elementos mecânicos, incluindo os dispositivos de intertravamento mecânico (que impedem a abertura da porta quando os disjuntores ou as chaves seccionadoras estão fechadas), o funcionamento destes disjuntores e chaves com a porta fechada, os dispositivos de bloqueio e os elementos de ajuste manual, contra sobrecargas.

São comuns os seguintes problemas de instalação:

- Utilização incorreta de terminais e respectivos blocos;
- Fios dobrados incorretamente e terminais frouxos nos respectivos blocos;
- Ligações tipo “jumpers” muito curtas, parafusos e/ou porcas de terminação demais curtos, arruelas adicionais instaladas em terminações em que as porcas são muito longas.
- Condutores de dimensões ou tipo incorretos, isolamento e/ou revestimento danificados;
- Rotas incorretas e sustentação inadequada dos cabos, proteção e identificação incorretas dos circuitos de tensão mais elevada em relação aos circuitos de controle de baixa tensão.

- Seleção incorreta dos dispositivos de sobrecarga das partidas dos motores;
- Aterramento incorreto do equipamento.

A maioria dos centros de controle dos motores possui resistores de aquecimento interno localizados na parte inferior das unidades de controle. Estes aquecedores são utilizados sempre que o equipamento permaneça armazenado ou parado por um longo período, para impedir condensação de água no equipamento. Entretanto, antes de ligar o aquecedor, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que há afastamento suficiente entre o elemento de aquecimento e quaisquer componentes vulneráveis ao calor, como cabos e componentes de suporte da fiação interna e externa.

10.11.4 Transformadores para Instrumentos

São empregados para redução da tensão ou da corrente de um circuito, para a operação de instrumentos e relés de proteção, como amperímetros, voltímetros, wattímetros, etc.

Existem dois tipos de transformador para instrumentos: os transformadores de corrente e os de potencial. Os princípios operacionais são basicamente os mesmos. Os transformadores de potencial possuem uma tensão secundária nominal de 120 volts. Os transformadores de corrente têm corrente secundária nominal de 5 amperes.

Quando a corrente alternada é tão alta que torna impraticável conectar os instrumentos de medida ou operação diretamente ao circuito, ou quando a tensão é tão alta que fazer tal conexão seria perigoso, utiliza-se um transformador de instrumento para reproduzir o efeito da corrente e tensão primária, numa escala adequada ao instrumento em questão, isolando-o, desta forma, do circuito principal.

É indispensável que todos estejam cientes de que é perigoso abrir o circuito secundário de um transformador de corrente, enquanto o circuito primário estiver energizado. Com isso são evitadas tensões perigosas que poderiam danificar o isolamento e apresentar risco para o pessoal. Nada acontecerá se for feito o curto-circuito dos terminais secundários do transformador de corrente. Este procedimento deverá ser efetuado sempre que for necessário inserir ou desligar instrumentos no circuito secundário. Na maioria das instalações, são instalados blocos de curto-circuito nos terminais dos circuitos secundários dos transformadores de corrente.

10.11.5 Proteção contra Sobretensões

A proteção da estação de bombeamento contra sobretensões visa a proteger os motores e o equipamento associado contra a entrada de altas tensões e surtos de sobretensões potencialmente perigosas, resultantes de descargas elétricas ou de distúrbios no sistema. Em geral, o equipamento de proteção contra sobretensões consiste de pára-raios e bancos de capacitores de capacidade adequada.

10.11.6 Instrumentação

Em geral, a instrumentação da estação de bombeamento consiste de chaves seletoras, voltímetros, amperímetros, medidores de watt-hora e medidores de demanda de watt-hora, associados a seus respectivos transformadores de corrente, transformadores de potencial e fusíveis de proteção.

Em geral, o conjunto de instrumentação é projetado de modo a permitir o monitoramento e o controle das funções do equipamento e a fornecer medidas confiáveis e precisas do uso de energia elétrica, para os registros operacionais relacionados.

10.11.7 Equipamentos Auxiliares da Estação de Bombeamento

Os sistemas auxiliares da estação de bombeamento são constituídos por elementos elétricos e mecânicos necessários ao funcionamento total da estação. Estes sistemas auxiliares fornecem energia em corrente contínua e alternada, ar comprimido, água para arrefecimento, etc., à medida que for necessário. Alguns destes sistemas são descritos a seguir.

10.11.7.1 Sistemas de Resfriamento de Água, Compressor de Ar, Lubrificação e Bomba de Poço

- Os sistemas de resfriamento de água fazem circular água fria utilizada (por meio de trocadores de calor) para arrefecer o óleo dos mancais e o ar que circula através dos enrolamentos do estator;
- O sistema de ar comprimido fornece ar sob pressão para as operações rotineiras de manutenção da estação de bombeamento e para o funcionamento do equipamento de acionamento pneumático, como as válvulas;
- O sistema de óleo lubrificante é empregado durante as operações de manutenção, para substituir óleo contaminado, ou gasto, dos mancais por óleo novo;
- O sistema de sumidouro remove água de vazamentos ou de drenagem do poço da estação de bombeamento, à medida que o nível da água no poço o exigir.

Todos estes sistemas possuem elementos elétricos e mecânicos similares, incluindo tubulações, válvulas de operação elétrica, dispositivos de controle de pressão e de vazão, bombas acionadas por motores elétricos, partidas de motor, etc. A seguir, são apresentadas algumas considerações relativas à inspeção destes sistemas.

- Uma vez que todos estes sistemas são constituídos por dispositivos tanto elétricos como mecânicos, é necessário revisar e compreender os itens das especificações e os desenhos relativos às partes elétricas e às mecânicas;
- Os sensores de pressão e de vazão deverão ser ajustados de acordo com as instruções do fabricante e com as especificações do projeto;
- Durante os testes, será possível observar um mau funcionamento dos dispositivos de controle (dispositivos de pressão e de vazão, relés de subtensão, etc.) durante a ocorrência de condições transitórias, como flutuações temporárias de pressão e de vazão, quedas de tensão, etc. Um projeto adequado deverá impedir o mau funcionamento destes dispositivos, permitindo que o sistema seja imune a tais condições transitórias. Entretanto, este tipo de problema é comum.

10.11.7.2 Sistemas de Baterias, Carregamento e Distribuição de Corrente Contínua

A maioria das estações de bombeamento possuem um sistema de corrente contínua, em geral constituído por uma bateria (composta de muitas células conectadas em série), carregadores de bateria (que fornecem energia adequada ao controle e mantêm as baterias carregadas) e um sistema de distribuição (com um ou mais painéis de distribuição).

As baterias fornecem energia em condições de emergência, para a operação dos circuitos operacionais críticos de controle e de proteção, quando há interrupção no abastecimento de energia elétrica. A corrente contínua do sistema de baterias/carregadores é distribuída pelos painéis, onde a tensão e a corrente são monitoradas e é detectada qualquer falha à terra das baterias.

As baterias representam algum risco e, portanto, o pessoal deverá estar conscientizado em relação aos seguintes pontos:

- O eletrólito das baterias é muito ácido e perigoso;
- Quando as baterias estão recebendo carga, são emitidos gases potencialmente explosivos, que devem ser continuadamente removidos pelo sistema de ventilação;
- As baterias são dispositivos poderosos de armazenamento de energia e podem causar violentos curto-circuitos, que podem provocar incêndios e lesões ao pessoal.

Dentre os itens importantes numa inspeção, em relação às baterias das estações de bombeamento e aos sistemas de distribuição de corrente contínua, destacam-se os seguintes:

- Os carregadores de bateria deverão ser instalados de acordo com as instruções do fabricante e com a devida observância dos elementos de segurança e com polaridade correta;
- A carga inicial das baterias é de importância crítica. Esta carga e as cargas de flutuação deverão ser efetuadas de acordo com as instruções do fabricante;
- Os circuitos de proteção e de alarme dos carregadores deverão estar em pleno funcionamento durante a operação de carga;
- A fim de garantir sua confiabilidade nas emergências, as baterias não deverão ser ligadas à terra. Entretanto, os suportes das baterias deverão ser devidamente aterrados;
- As conexões entre as células são importantes: precisam ser corretamente tratadas e atarrachadas, utilizando-se apenas as ferragens fornecidas pelo fabricante;
- As baterias e os seus suportes deverão ser fixados, para evitar movimentos indesejáveis;
- Se as baterias não puderem ser segregadas (isto é, num cômodo separado de armazenamento das baterias), será necessário aumentar a proteção (blindagem) contra acidentes causados por curto-círcuito.

10.11.7.3 Sistemas de Serviço da Estação de Bombeamento

O sistema de serviço da estação de bombeamento fornece toda energia em corrente alternada para a estação de bombeamento, exceto para as principais unidades de bombeamento. O equipamento do sistema é constituído por uma subestação, que contém seccionadores com fusíveis, transformadores, barramentos, disjuntores, dispositivos de controle e de instrumentação, cabos de força e painéis de distribuição.

A subestação pode ser abastecida a partir de uma, duas ou três fontes. Fontes adicionais aumentam a confiabilidade, o que é muito importante, já que qualquer falha prolongada no abastecimento de energia requer a interrupção das operações da estação de bombeamento.

A subestação de serviço da estação de bombeamento pode ser relativamente simples, utilizando-se nela controle, instrumentação e proteção mínimos; ou pode ser bem mais complexa, com disjuntores operados eletricamente e complicados esquemas de troca de fontes.

A tensão mais alta do barramento é rebaixada na subestação e, a seguir, distribuída através dos disjuntores, pelos cabos de força até os painéis de distribuição, ou diretamente até os equipamentos que demandam grandes cargas elétricas, como os motores.

Dentre os itens importantes numa inspeção, destacam-se os seguintes:

- As conexões do barramento, assim como as dos disjuntores, deverão estar bem atarrachadas;
- Os dispositivos de sobretensão dos disjuntores, assim como os relés de proteção, deverão ser devidamente ajustados e testados;

- Os relés de proteção contra terra são sensíveis e podem ser disparados inadvertidamente, durante os testes iniciais;
- Se forem empregados condutores de alumínio, será preciso que os terminais dos disjuntores sejam adequados além da capacidade nominal adequada compatível. Além disso, só deverão ser utilizadas terminações com dimensões apropriadas.

10.11.7.4 Guindastes

- Os guindastes encontram-se localizados em lugares estratégicos da estação de bombeamento, para o içamento de equipamento e de materiais, durante as atividades de construção e de manutenção.

Os guindastes possuem muitos elementos elétricos, como motores, partida de motores, chaves limite, painéis de força, freios elétricos (tanto de deslocamento do guindaste quanto de carga) e controles (que podem incluir itens complexos, como controle remoto).

Dentre os itens importantes numa inspeção, destacam-se os seguintes:

- Os sistemas elétricos (trilhos eletrificados, etc.) deverão estar protegidos contra danos decorrentes da construção;
- Os trilhos eletrificados deverão ser limpos antes de as pontes rolantes serem colocadas em funcionamento;
- Tanto os parágrafos das especificações quanto as normas de segurança pertinentes tratam da questão de segurança dos guindastes. Será preciso observar todas as precauções necessárias quando os guindastes estão em funcionamento;
- É imprescindível tomar muito cuidado perto das pontes rolantes. Normalmente, possuem condutores de força energizados expostos (trilhos eletrificados, etc.);
- Antes de empregar os guindastes, será preciso realizar todos os testes de carga, ajustar todas as chaves limite e verificar todos os elementos de controle e de segurança. A primeira inspeção é importante para um funcionamento correto, já que os guindastes são utilizados, em geral, durante a construção da própria estação de bombeamento;
- É preciso verificar se as luzes e os dispositivos de alarme estão funcionando corretamente, mesmo quando se utiliza o guindaste num ambiente ruidoso.

10.11.7.5 Geradores de Emergência

Algumas estações de bombeamento são suficientemente importantes para requerer o acréscimo de um gerador de emergência, que forneça suficiente energia durante interrupções do fornecimento normal, de modo a poder alimentar cargas críticas. Em alguns casos, o gerador de emergência em partida manual e sua conexão às cargas também é manual, enquanto outros projetos contemplam a partida automática do gerador e sua ligação às cargas por meio de uma chave automática de transferência. Algumas instalações possuem ciclos automáticos de operação do gerador (partida e funcionamento periódicos do gerador), de modo a garantir que esteja sempre pronto para operar. Em geral, o gerador de emergência é acionado por um motor a combustível, como propano ou óleo diesel.

Dentre os itens importantes numa inspeção, destacam-se os seguintes:

- Em geral não é possível abastecer todas as cargas da estação de bombeamento a partir de um só gerador de emergência, sendo necessário, portanto, o desligamento de alguns circuitos. É indispensável verificar o funcionamento correto deste sistema;
- É indispensável que o neutro do gerador esteja corretamente aterrado;

- Antes de conectar o gerador à carga, pela primeira vez, será preciso verificar a ordem de fase, a tensão e a frequência. Além disso, é necessário checar se a bateria de partida do conjunto motobomba está carregando corretamente;
- Os gases de descarga do motor deverão ser apropriadamente eliminados do ambiente;
- A área em torno do motor sempre deverá estar limpa;
- O tanque de combustível deverá estar corretamente instalado e conectado;
- Todos os dispositivos de proteção do gerador deverão ser verificados.

10.11.8 Sistemas de Controle, Instrumentação e Proteção

10.11.8.1 Aspectos Gerais

Alguns sistemas elétricos são classificados como controle, instrumentação e proteção. Tais sistemas controlam, monitoram e protegem os principais elementos elétricos e mecânicos das estações de bombeamento. Constituem um meio unificado e centralizado de operar a estação de bombeamento de maneira eficiente e segura, permitem o controle automático ou manual de todas as funções, indicam as condições operacionais da estação de bombeamento em cada momento, advertem a respeito de falhas e protegem a estação de bombeamento de tais falhas. Estes sistemas são muito complexos e requerem estudo e compreensão dos desenhos e dos parágrafos das especificações relativos às partes elétrica e mecânica.

10.11.8.2 Controle

Os sistemas de controle incluem todos os circuitos e dispositivos interligados necessários à partida do funcionamento da estação de bombeamento, sua operação e seu desligamento. Os circuitos de controle interconectam os dispositivos de controle instalados em vários locais, de maneira que possam ser ativados ou desativados, conforme necessário, para ligar, regular ou desligar equipamentos principais. Muitos circuitos de controle possuem interface com dispositivos automáticos de controle, como controladores programáveis, computadores, etc.

As estações de bombeamento podem ter um modo de controle particular, ou mais de um modo, para aumentar a confiabilidade e a flexibilidade das operações. Os modos de controle mais freqüentemente utilizados são o controle manual, o controle automático e o controle supervisionado.

- Controle manual - Este modo de controle requer que a seqüência de eventos seja controlada por um operador (em geral através de um quadro de controle), que observa as condições operacionais da estação de bombeamento e, seguindo uma seqüência predeterminada, inicia as ações de controle, conforme necessário;
- Controle automático - Controla automaticamente a seqüência de eventos, com base nas condições operacionais da estação de bombeamento e um "programa" predefinido. Embora este modo de controle seja iniciado por um operador ou por um comando de "partida", emitido por um dispositivo remoto, uma vez iniciado o funcionamento da estação de bombeamento, a seqüência de controle é automática e não requer qualquer interação subsequente com o operador. A lógica de controle e seu acompanhamento é feita por relés conectados apropriadamente e por outros dispositivos de controle, ou pode decorrer de dispositivos como controladores programáveis ou terminais equipados com computadores, denominados unidades terminais remotas (UTR).

Os controladores programáveis são dispositivos similares a pequenos computadores, ligados ao controle da estação de bombeamento e aos pontos onde são determinadas as condições operacionais, e que são programáveis para controlar a estação de bombeamento de maneira lógica e predeterminada. São dispositivos complexos que precisam ser

programados com muito cuidado, por pessoas com conhecimentos específicos dos controladores programáveis e do controle das estações de bombeamento.

As unidades terminais remotas (UTR) são terminais de computador mais sofisticados, que possuem funções mais rápidas e complexas. Estes dispositivos também podem ser empregados em esquemas de controle por supervisor, conforme discutido a seguir. São dispositivos também muito complexos, que requerem conhecimentos especializados para sua programação e operação.

- Controle Supervisionado - Este modo de controle utiliza unidades terminais remotas que se comunicam com uma estação mestra supervisionada em local remoto, para monitorar e controlar a operação da estação de bombeamento, sem assistência do pessoal da estação. Este sistema exige uma série de dados, implementa a lógica de controle e inicia a ação de controle requerida.

Os esquemas de controle aplicáveis a uma determinada estação de bombeamento são representados nos diagramas unifilares de fiação e de controle (vide [Figuras 10.1, 10.2, 10.3 e 10.4](#)). Estes desenhos apresentam a lógica de controle do equipamento associado; ou seja, mostram a seqüência lógica de eventos que deve ocorrer para ativar ou desativar o equipamento.

Uma vez que a seqüência correta de eventos controlados é de importância fundamental, todas as interligações de controle precisam estar corretas. É muito importante que a fiação dos contatos dos dispositivos de controle (chaves de controle, chaves limite, etc.) esteja correta, para que não possa ocorrer a ativação inadvertida de equipamento, quando o circuito de controle for energizado.

10.11.8.3 Instrumentação

A instrumentação inclui todos os sistemas e os dispositivos empregados para monitorar, medir e quantificar as grandezas elétricas e mecânicas na estação de bombeamento. A seguir, essas quantificações são utilizadas para indicação visual, avaliação de custos, controle e proteção. Em geral, são utilizados transformadores e transdutores para converter as quantidades medidas em sinais (normalmente elétricos), que são usados pelo equipamento de instrumentação e de medição. Por exemplo, os transformadores de instrumento reduzem a tensão e a corrente da estação de bombeamento para tensões e correntes proporcionalmente inferiores, que podem operar indicando volts, amperes, watts, e outras unidades. O dispositivo de monitorização dos sinais pode ser um medidor analógico ou digital, um monitor do tipo computador (registro de temperatura e pressão), um controlador programável ou uma UTR.

Dentre os itens importantes numa inspeção, destacam-se os seguintes:

- Todos os transdutores deverão estar corretamente calibrados;
- Uma vez que os dispositivos de monitorização do tipo computador são complexos, é preciso que o fabricante forneça assistência técnica, de modo a garantir o funcionamento correto do equipamento;
- Uma vez que são empregados medidores de watt-hora, para fins de faturamento e registro, é necessário que as especificações relativas a estes dispositivos sejam rigorosamente estabelecidas e os medidores, testados;
- São indispensáveis conexões precisas na fiação, evitando-se assim danos aos medidores (fora da faixa de operação, operação reversa) e para permitir leituras mais acuradas. Pode parecer que os medidores estão funcionando, mesmo quando conectados incorretamente;
- Os circuitos que fornecem tensão e corrente aos medidores indicadores são equipados com “plugs” e blocos de testes. Quando os medidores são testados, as chaves do bloco de verificação removem os medidores dos circuitos dos transformadores

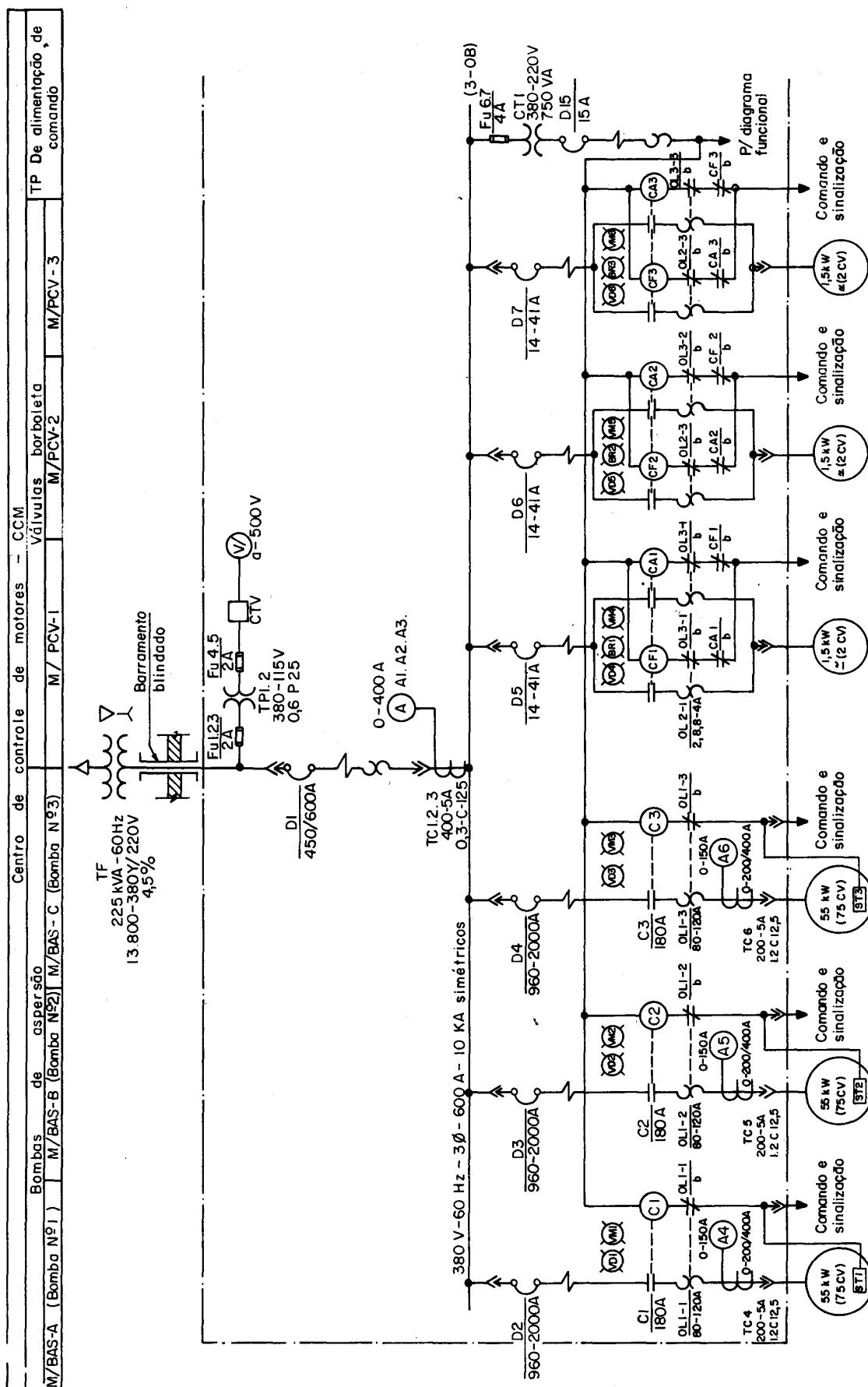


Diagrama Unifilar (Fl. 1/2)

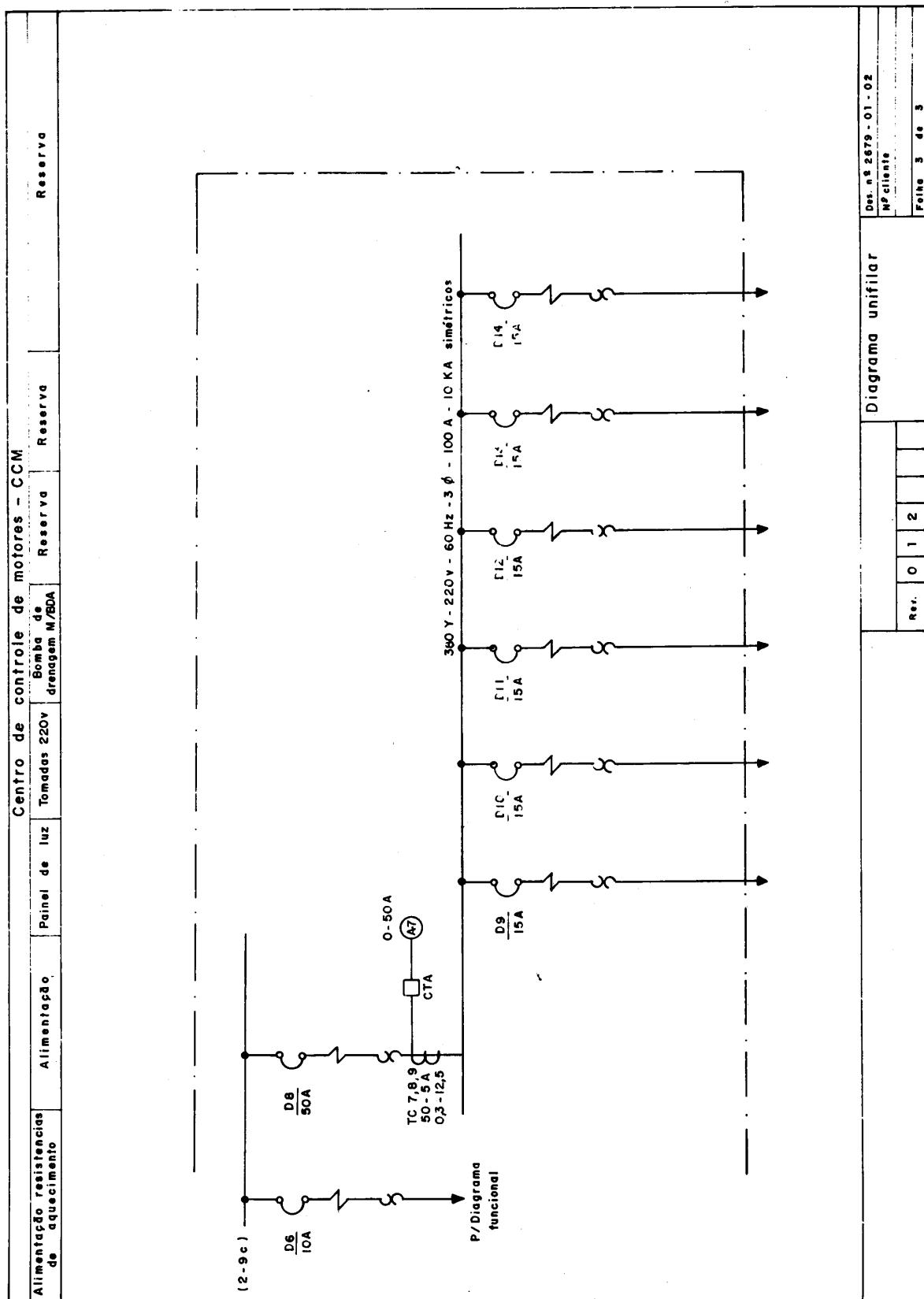


Figura 10.1 Diagrama Unifilar (Fl. 2/2)

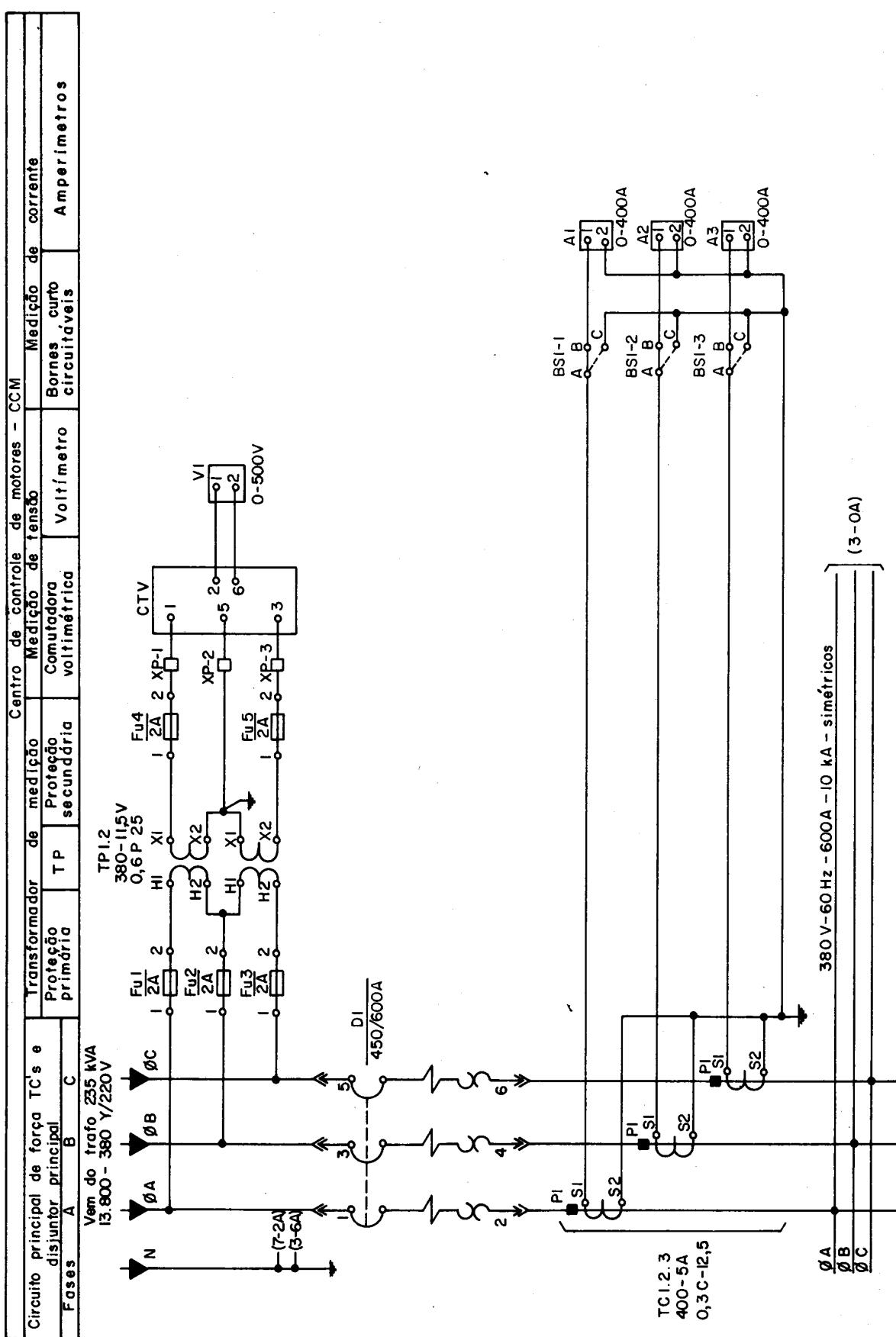
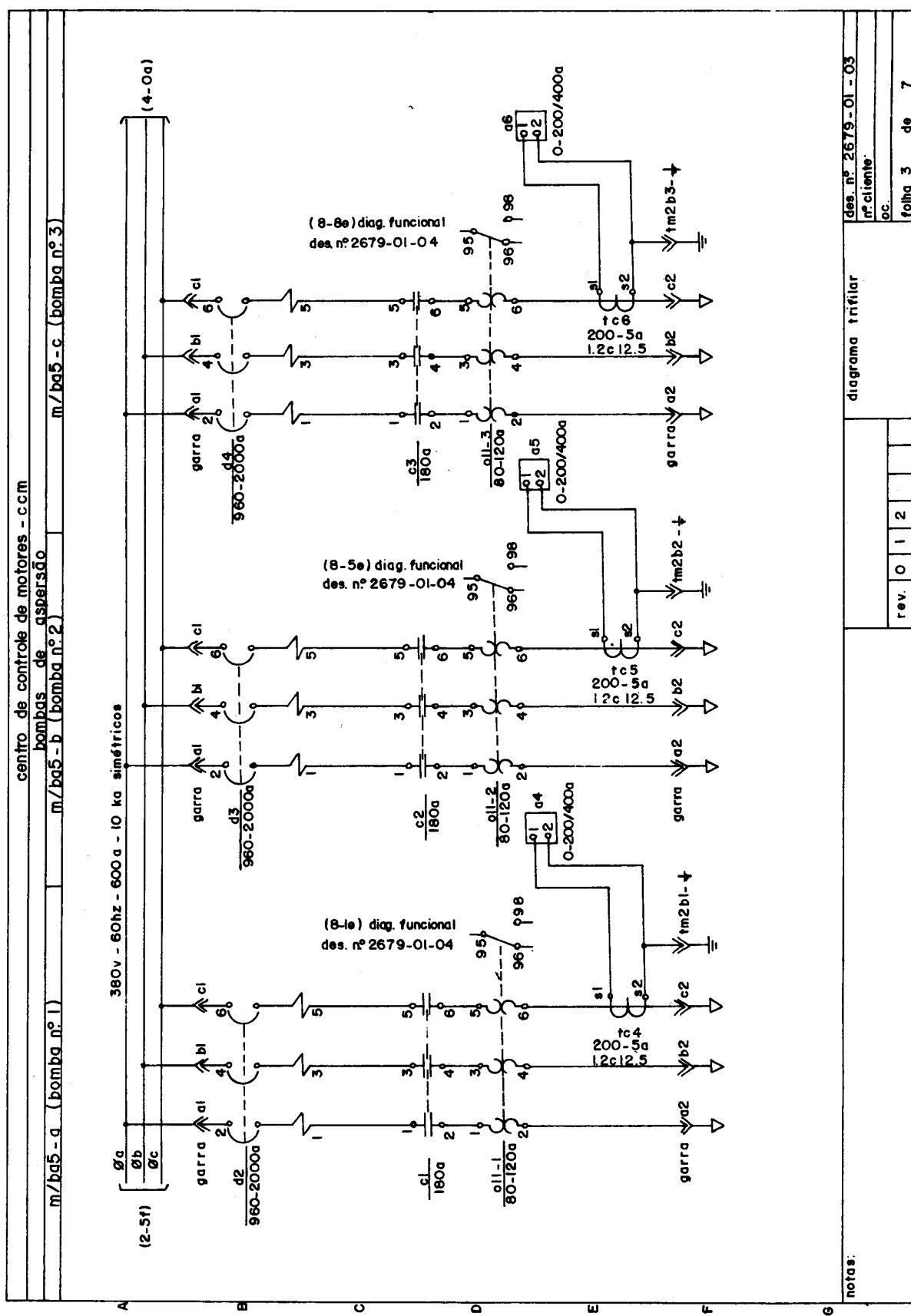


Figura 10.2 Diagrama Trifilar (Fl. 1/3)

**Figura 10.2 Diagrama Trifilar (Fl. 2/3)**

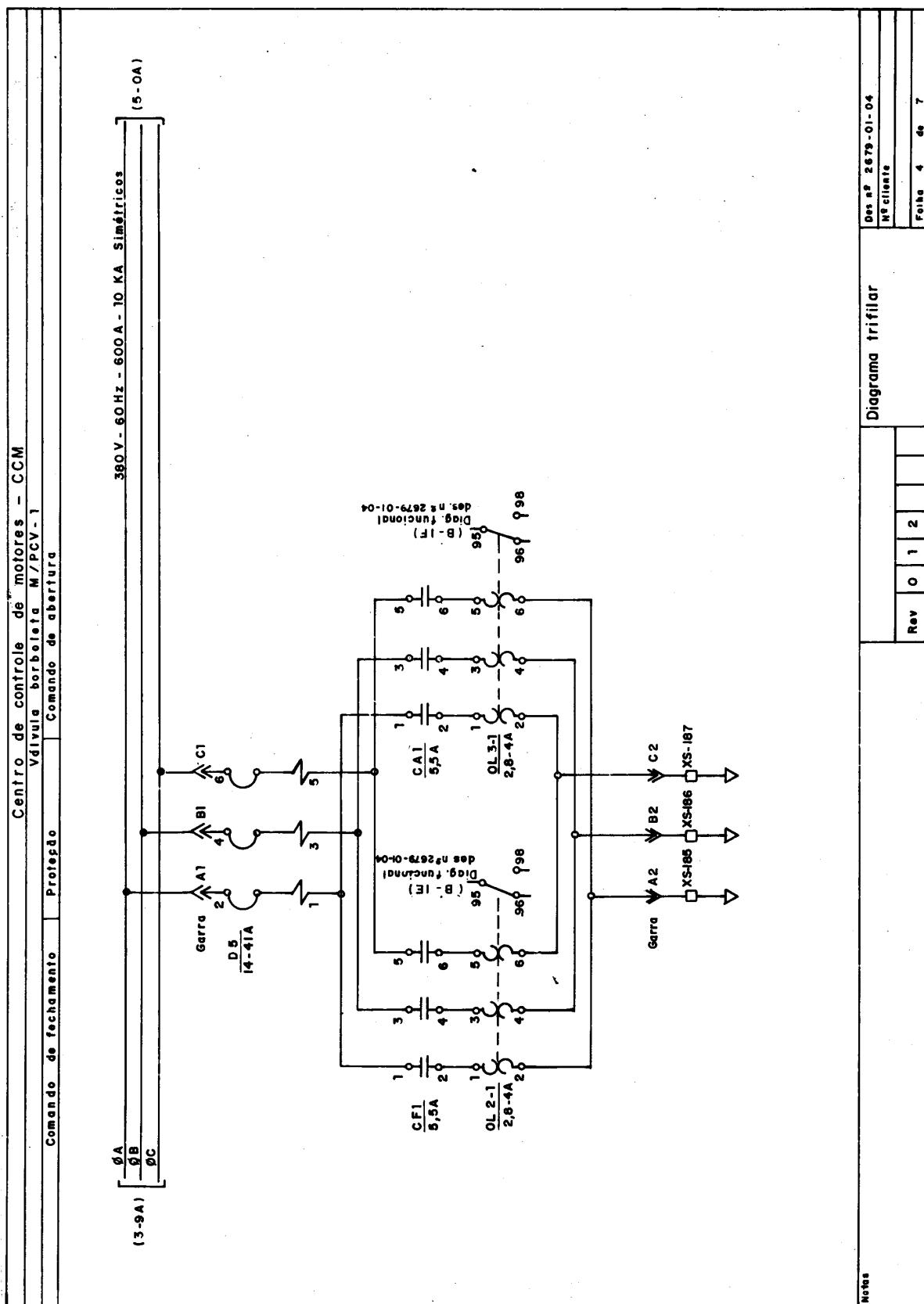


Figura 10.2 Diagrama Trifilar (Fl. 3/3)

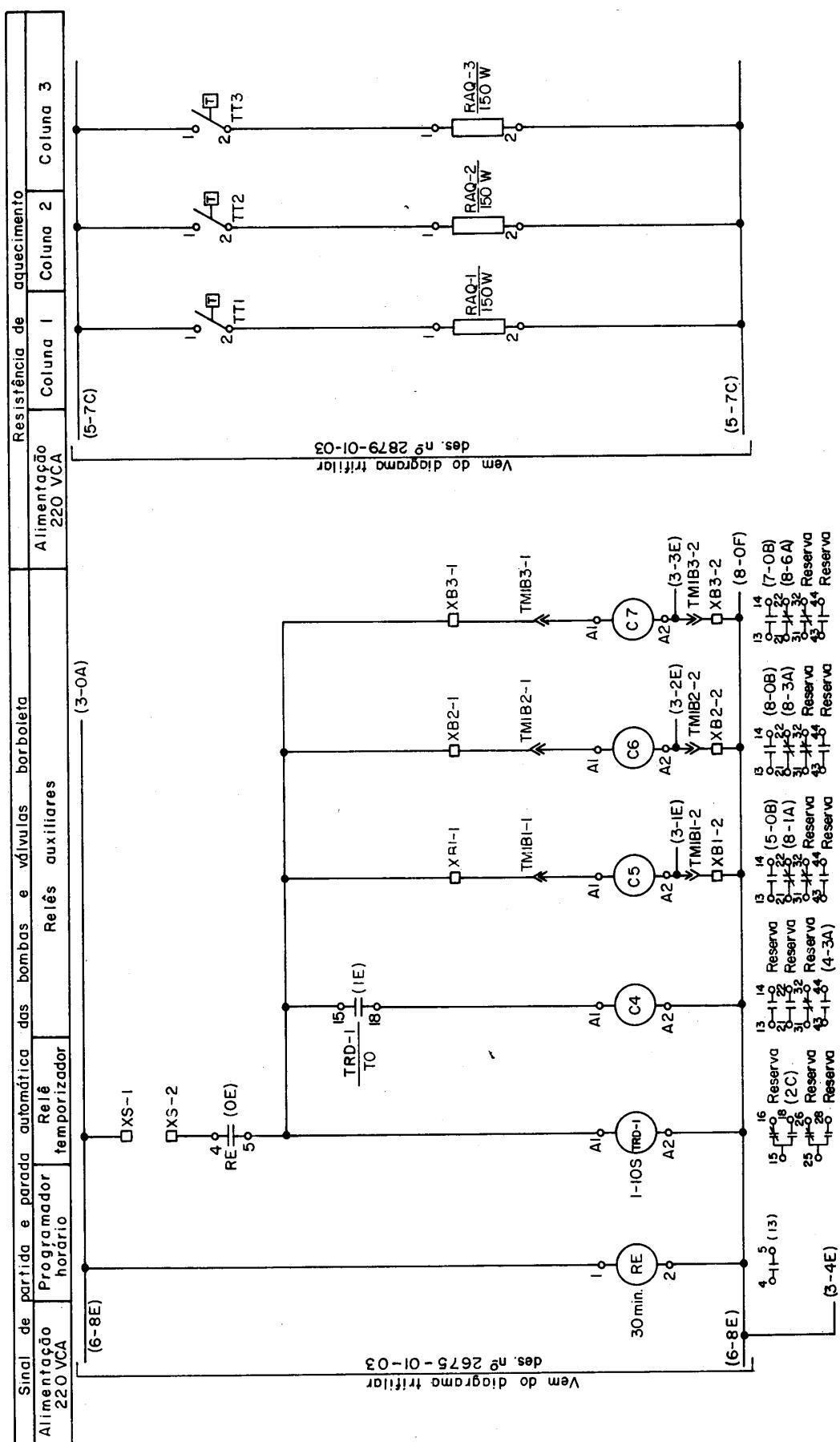


Figura 10.3

Diagrama Funcional (Fl. 1/4)

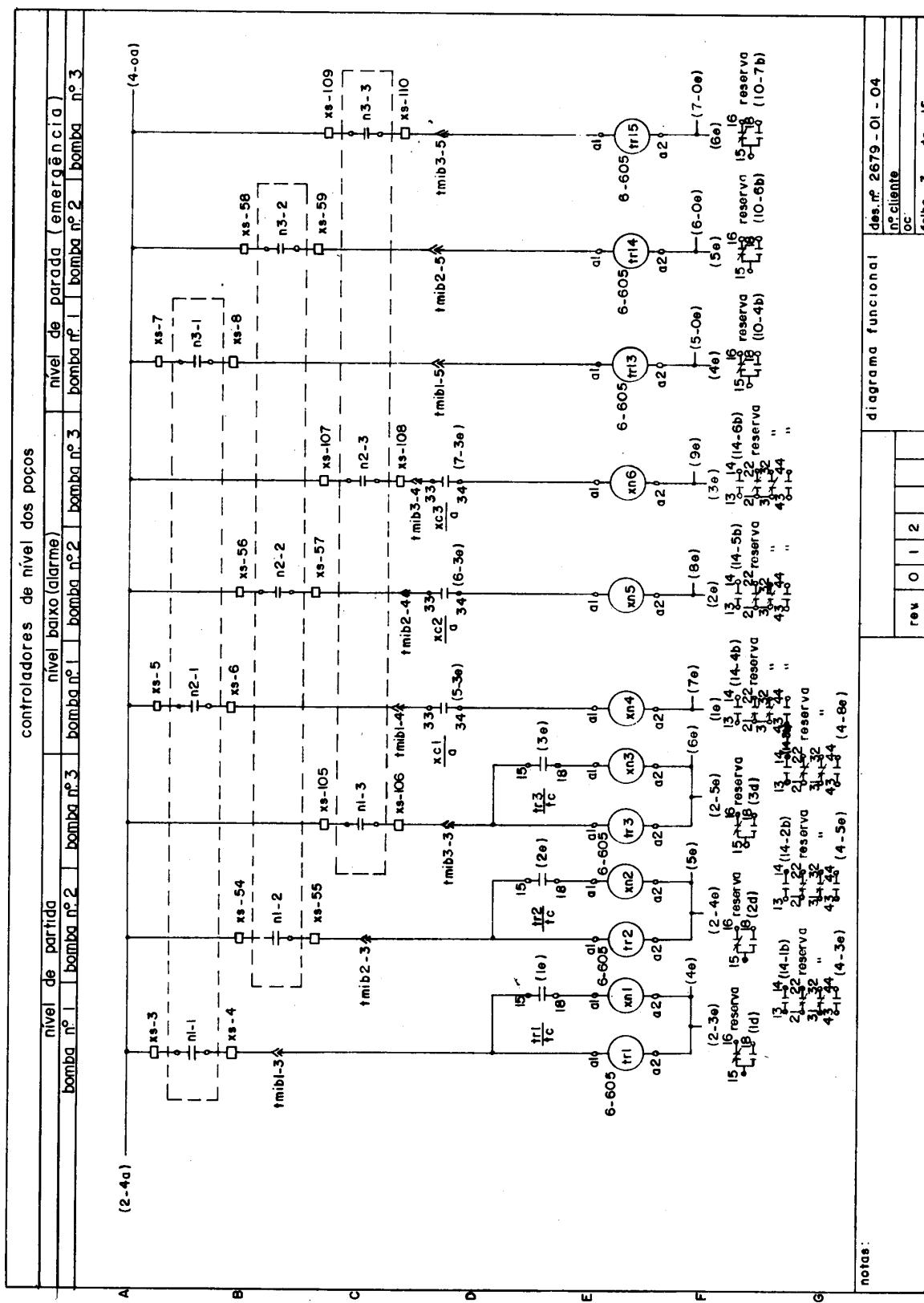


Diagrama Funcional (Fl. 2/4)

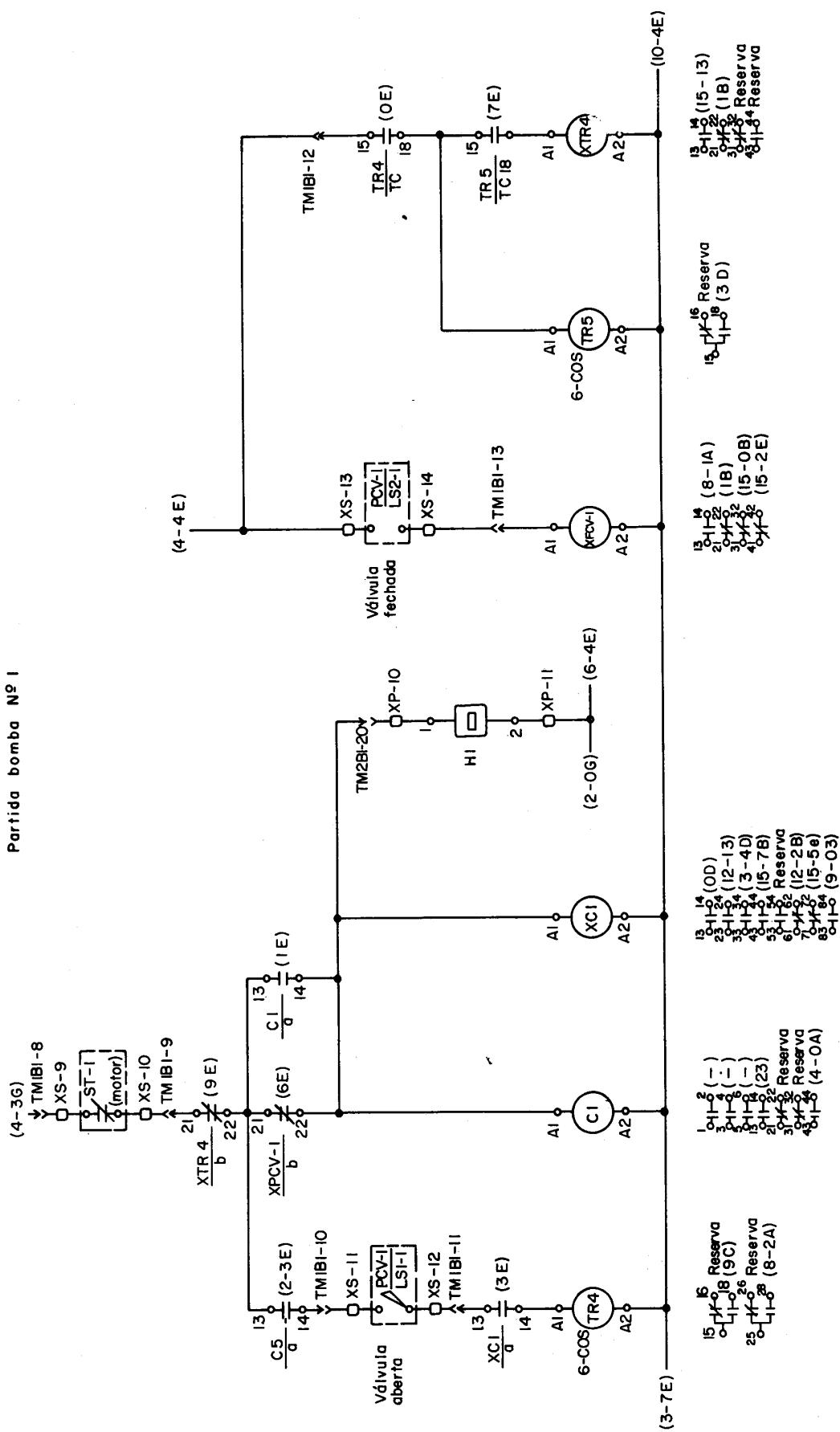


Figura 10.3 Diagrama Funcional (Fl. 3/4)

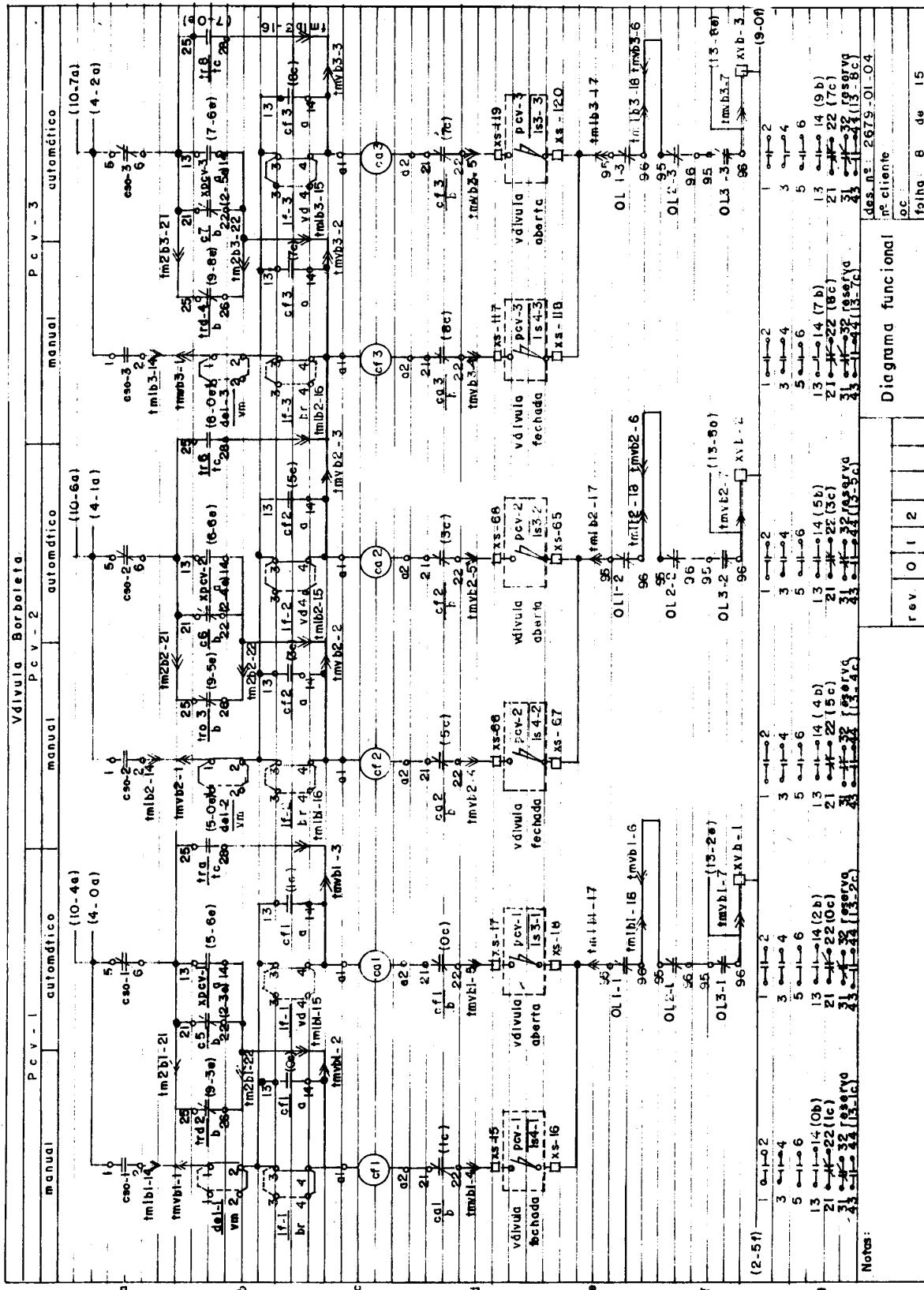


Diagrama Funcional (Fl. 4/4)

L e g e n d a :

	Disjuntor termomagnético em caixa moldada (DT)
	Disparador magnético instantâneo (DM)
	Disparador térmico (TO)
	Disjuntor magnético em caixa moldada (DM)
	Disjuntor de força 13,8 kV com relés primários
	Disparador térmico
	Chave faca unipolar
	Pára-raio
TP	Transformador de potência
TC ou CT	Transformador de corrente ou transformador de controle
AT	Auto transformador
	Medidor ou relé
	Contactor
	Moto-bomba

Figura 10.4**Símbolos Gráficos para Dispositivos Elétricos**

de tensão e de corrente. A seguir, os “plugs” de teste são inseridos nos blocos correspondentes, aplicando-se as tensões e as correntes aos medidores, através dos “plugs” do equipamento de teste.

10.11.8.4 Proteção

Os sistemas de proteção incluem todos os circuitos e os dispositivos que realizam a monitorização contínua da estação de bombeamento, a fim de detectar quaisquer falhas ou condições perigosas que venham a ocorrer. Quando tais condições são detectadas, a ação é iniciada automaticamente, de modo a proteger a estação de bombeamento, o pessoal, ou um elemento externo (sistema de força, represa, etc.). As duas categorias de dispositivos de proteção instalados nas estações de bombeamento são os mecânicos e os elétricos.

Os dispositivos de proteção mecânicos efetuam a monitorização das condições ou quantidades mecânicas. Os dispositivos de proteção mecânicos típicos incluem:

- Monitores de vibração;
- Chaves de pressão;
- Chaves de vazão;
- Chaves ou relés térmicos;
- Chaves de nível de líquido.

Os dispositivos de proteção elétricos efetuam a monitorização das condições ou quantidades elétricas (tensão, freqüência, corrente, etc.). Os dispositivos de proteção elétricos típicos incluem:

- Relés diferenciais;
- Relés de sobrecorrente;
- Relés de subtensão;
- Relés de sobretensão;
- Relés de subfreqüência;

- Relés de perda de campo;
- Relés fora de fase;
- Relés de seqüência negativa;
- Relés de sobre temperatura no estator.

Os dispositivos de proteção mecânicos e elétricos relacionados, quando acionados, podem provocar, de imediato, uma ação, que eliminará o problema (isto é, desligando diretamente um disjuntor, etc.), ou podem estar interligados em esquemas de proteção, que atuam em relés de bloqueio que, por sua vez, iniciam ações como o desligamento de um disjuntor, etc.

Junto com estes esquemas de proteção da estação de bombeamento, será preciso instalar sistemas anunciadores, cuja função é alertar os operadores, por meio de alarmes visuais e sonoros, a respeito de condições anormais que exijam sua atenção. A operação de tais dispositivos de proteção deverá provocar o funcionamento do anunciador, que entra em estado de alarme (luzes piscando, sirenes tocando).

Embora os dispositivos de proteção sejam parte dos equipamentos eletro-mecânicos das estações de bombeamento, suas funções de proteção são representadas, principalmente, nos desenhos da parte elétrica.

Dentre os itens importantes numa inspeção, relativos à proteção mecânica, destacam-se os que seguem:

- Os dispositivos do tipo reservatório de mercúrio são sujeitos a falhas intermitentes resultantes da vibração. Pode haver uma operação incorreta e um desgaste prematuro das peças, ocorrências que seriam identificadas durante os testes;
- As faixas de operação dos dispositivos de proteção deverão ser checadas, a fim de se verificar se estão de acordo com o especificado. Tais faixas deverão concordar com a faixa antecipada da quantidade mecânica que está sendo monitorizada. O ajuste dos dispositivos deverá ser efetuado com base nos ajustes do formulário de dados dos relés, nos manuais de instrução do fabricante e nas recomendações do representante do fabricante. Os dispositivos deverão ser ajustados durante os testes, de modo que o sistema opere corretamente. Todas as revisões do ajuste devem ser documentadas;
- No ajuste desses dispositivos, não se deve confiar na precisão da escala que consta da placa de identificação. Nos testes, utilizar-se-ão instrumentos de precisão para medir as quantidades mecânicas, a fim de verificar o ajuste exato do dispositivo;
- Muitos dispositivos de proteção mecânica possuem faixa morta ou inativa, em geral ajustável, a qual deverá ser ajustada realisticamente. O ajuste não poderá ser muito sensível, ou o dispositivo operará incorretamente sempre que houver mudanças menores na quantidade mecânica que está sendo monitorada. Da mesma maneira, não deverá ajustar-se à faixa inativa de tal forma que o nível de reajuste seja tão baixo, ou tão alto, que não seja alcançado sob condições reais de operação. Qualquer dispositivo que não for adequadamente reajustado poderá causar muitos problemas durante os testes;
- Os dispositivos de proteção deverão ser montados corretamente, a fim de se evitar mau funcionamento operacional. A fiação não poderá interferir na operação mecânica do dispositivo. Os tubos capilares e as linhas dos instrumentos precisarão estar adequadamente sustentados e protegidos de danos mecânicos;
- Os dispositivos de monitoração da temperatura são afetados por variações na temperatura ambiente (apesar das declarações dos fabricantes a esse respeito), as quais podem causar problemas de precisão.

Dentre os itens importantes numa inspeção, relativos à proteção elétrica, destacam-se os que seguem:

- Os dispositivos de proteção elétrica são muito sensíveis, de ação rápida e importantes. Conseqüentemente, precisam ser manuseados com muito cuidado. Estes dispositivos devem ser mantidos limpos e protegidos;
- Uma fiação correta é de importância fundamental. Os desenhos, especificações e as instruções do fabricante deverão ser obedecidos;
- O ajuste dos dispositivos de proteção elétricas deverá ser efetuado segundo as especificações do fabricante, justificando-se e documentando-se quaisquer desvios observados. Ajustes errados, ou inexistentes, deverão ser identificados o mais cedo possível e imediatamente corrigidos, de modo a evitar atrasos;
- Todo o pessoal deverá estar ciente de que cada relé é único e, embora vários deles possam parecer similares, possuem características muito diferenciadas;
- Os transformadores de corrente conectados a relés não poderão ter seu circuito interrompido no secundário quando o primário estiver energizado, conforme já discutido. A operação correta dos blocos e os plugs de teste associados aos circuitos de relés precisam ser checados.

Dentre os itens importantes numa inspeção, relativos aos sistemas anunciadores, destacam-se os seguintes.

- Cada ponto de operação do anunciador deverá ser verificado, contato por contato, de modo a garantir uma operação correta do sistema;
- O tipo certo de contato (seja normalmente aberto, seja normalmente fechado) no dispositivo de proteção deverá ser conectado ao anunciador, de modo a evitar falsos alarmes.

10.12 Edificações

10.12.1 Especificações das Edificações

A construção de edifícios apresentam seu próprio conjunto de problemas especiais. Os edifícios poderão ser construídos em conjunto com outras instalações, como as estações de bombeamento, as represas e as subestações, ou poderão ser independentes, como no caso dos centros de operação e manutenção, os armazéns e as moradias do pessoal. As especificações dos edifícios, portanto, poderão ser combinadas com as de outras instalações, ou serem separadas.

Os desenhos da parte elétrica dos edifícios podem ser incompletos e estarem espalhados entre as especificações. Os desenhos e as informações relativos à parte elétrica também poderão ser combinados com outras seções de especificações, como as relativas aos elementos mecânicos, de aquecimento, de ventilação e de ar condicionado. As especificações deverão ser analisadas cuidadosamente, a fim de se determinar onde se encontram os diferentes itens de informação e verificar se houve qualquer omissão.

10.12.2 Características Elétricas Especiais

Em algumas edificações, são necessários interruptores para falhas à terra, de modo a proteger o pessoal contra choques elétricos. Tais dispositivos são projetados para detectar correntes muito baixas resultantes de falhas à terra e para interromper rapidamente o circuito elétrico, quando se constata a presença de tais correntes. As instruções do fabricante deverão ser rigorosamente obedecidas na instalação destes dispositivos.

Todos os disjuntores deverão ser corretamente rotulados. Os disjuntores multipolares deverão possuir provisão para o desligamento simultâneo de todas as fases, a fim de evitar que alguma delas continue energizada após o desligamento de uma outra. Além disso, todos os circuitos trifásicos deverão possuir a mesma rotação de fase. Os indicadores de rotação de fase podem ser facilmente encontrados no mercado.

A indústria fornece numerosas tensões e configurações de circuitos padronizadas, e, portanto, não é possível prever quais serão especificadas num determinado caso. Por exemplo, não se deve presumir que todos os circuitos de iluminação serão monofásicos e de 120volts.

10.12.3 Aquecimento, Ventilação e Condicionamento de Ar

Em geral, os desenhos relativos aos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado são genéricos, e simplesmente descrevem os métodos de operação e a disposição de tais sistemas. Precisam ser complementados por desenhos específicos referentes ao equipamento que está sendo fornecido. Além disso, os desenhos poderão estar espalhados pelas especificações e poderão carecer de adequado detalhamento.

Os itens relacionados a seguir constituem causa frequente de problemas nos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Esta lista não é exaustiva, mas poderá orientar os trabalhos de inspeção desses sistemas.

- Os sistemas de avanço de material filtrante por tambor apresentam diversos problemas. Muitos deles estão associados aos dispositivos de sensoreamento que detectam obstruções e que avançam o material;
- O fluxo de ar precisa ser equilibrado. Portas, janelas e a interação dos registros de ar com as adufas, nos diversos dutos, dificultam tal equilíbrio. Para equilibrar o fluxo de ar, em geral são necessários diversos reajustes de dutos previamente ajustados. Fluxos desequilibrados podem causar a sobrecarga dos ventiladores e a diminuição da vida útil do equipamento;
- Nessas instalações, obedecer-se-ão ao "National Electrical Code" (Código Elétrico Nacional dos Estados Unidos) e aos códigos relativos a aquecimento, ventilação e ar condicionado. Será preciso prestar atenção especial aos pisos e/ou tetos falsos, que são empregados para a passagem dos dutos de ar;
- A localização dos termostatos é crítica para seu bom funcionamento. Termostatos situados em linha direta com saídas de ar quente ou frio começarão a funcionar prematuramente. Os termostatos deverão ser instalados em áreas que estarão a temperatura ambiente. Não devem ser localizados imediatamente acima ou abaixo de equipamento gerador de calor;
- Todos os motores e os ventiladores deverão girar na direção correta. A carga do motor deverá ser cotejada com a capacidade nominal constante da placa de identificação;
- Embora aceitável, em determinadas circunstâncias, a substituição de equipamento poderá causar diversos problemas. Por exemplo, a utilização de um condicionador de ar de maior capacidade, ao invés do condicionador menor especificado, poderia parecer excelente idéia; entretanto, a capacidade do circuito elétrico poderá ser insuficiente para a carga maior requerida, o conduite poderá estar no seu limite de capacidade, o transformador poderá ser demasiado pequeno e a plataforma de montagem poderá ser inadequada para sustentar o peso adicional do equipamento maior;
- Com frequência, os umidificadores são importante fonte de problemas e precisam ser corretamente instalados;
- Registrar-se-ão os dados relativos ao equipamento de aquecimento, ventilação e ar condicionado, constantes das placas de identificação, antes da sua instalação, pois o acesso a tais informações poderá ser posteriormente dificultado.

10.12.4 Elevadores

Os elevadores são sistemas muito sofisticados e extremamente perigosos quando instalados ou mantidos incorretamente. Precisam ser instalados por pessoal competente e experiente. O prumo vertical e o alinhamento do trilho de segurança são elementos particularmente críticos. Os elevadores deverão ser instalados de acordo com o "American

National Standard Safety Code for Elevators, Dumbwaiters, Escalators, and Moving Walks" (ANSI/ASME A 17.1) (Código Nacional de Normas de Segurança dos Estados Unidos para Elevadores, Ascensores Manuais, Escadas Rolantes e Passarelas Rolantes). Todos os elevadores deverão ser testados, inspecionados e certificados segundo os requisitos do organismo regulamentador pertinente.

Após seu comissionamento, os elevadores podem ser uma ferramenta conveniente para a EMPREITEIRA e outros. Também estão expostos a trabalho intenso, durante esse período. É necessário controlar rigorosamente o uso dos elevadores, antes de serem inicialmente colocados em condições normais de operação e manutenção. Poderá ser indispensável instalar proteção temporária para o piso e as paredes dos elevadores.

10.12.5 Comunicações

Na elaboração do projeto e/ou na construção dos edifícios, pode ocorrer de serem esquecidas as provisões para a instalação de um sistema de comunicações. Entre os itens a serem verificados, destacam-se os seguintes:

- Rotas dos circuitos elétricos;
- Rotas dos circuitos de informações (voz, buzinas, campainhas, cigarras, etc.);
- Rotas dos terminais para antenas e pára-raios;
- Fonte de emergência para rádios e telefones;
- Penetração nas paredes estruturais (se necessário).

Os circuitos de comunicações e os circuitos elétricos deverão ter rotas separadas, a fim de prevenir a interferência elétrica e tensões induzidas.

10.12.6 Sistemas de Segurança

Os sistemas de segurança, incluindo os de detecção de incêndio, são muito especializados e, com frequência, são afetados por condições ambientais adversas (poeira, temperaturas e umidades extremas, etc.). Algumas vezes, esses sistemas são hiper-sensíveis a flutuações de potência e a picos de tensão. Portanto, precisam ser checados cuidadosamente, a fim de se ter a garantia de que suas capacidades nominais de serviço são apropriadas às aplicações específicas.

Os sistemas de segurança exigem providências (como conduítes, por exemplo) que são, algumas vezes, esquecidas na elaboração dos projetos e nos estágios iniciais da construção. As instruções do fabricante deverão ser rigorosamente obedecidas durante a instalação e a verificação. Algumas vezes, poderá ser necessário chamar um representante do fabricante para efetuar a calibração final. Em geral, a calibração final no campo, dos dispositivos de segurança é uma operação de precisão, que requer equipamento especial. (Jogar fumaça de cigarro no dispositivo não é suficiente.)

O comissionamento precoce destes sistemas pode provocar problemas. Um detector de fumaça ativado por uma solda, além de disparar o alarme de incêndio, poderá ligar o sistema de aspersores e causar danos significativos. Geralmente, a instalação dos sistemas de segurança precisa ser coordenada com a de outros sistemas, como os de aquecimento, ventilação e ar condicionado, os de aspersores, de elevadores, etc.



TINTAS E REVESTIMENTOS DE PROTEÇÃO

11.1 Geral

Este capítulo apresenta os princípios fundamentais da pintura, assim como os materiais básicos e os procedimentos utilizados durante a aplicação das tintas e dos revestimentos. Apresenta também a inspeção e as diretrizes de segurança relativa às tintas e aos revestimentos.

A proteção efetiva por um revestimento dependerá da escolha correta do revestimento para o tipo de equipamento e as condições a que estará exposto, do controle de qualidade dos materiais fornecidos e da aplicação adequada desses materiais. O preparo das superfícies é parte integrante de qualquer operação de revestimento.

11.2 Tintas e Materiais de Pintura

11.2.1 Os Quatro Principais Grupos de Revestimentos

Os revestimentos podem ser classificados em quatro grupos principais:

- Revestimentos pigmentados;
- Revestimentos transparentes;
- Revestimentos betuminosos;
- Outros tipos de revestimento.

11.2.1.1 Revestimentos Pigmentados

São produzidos a partir de uma grande variedade de materiais. Consistem, essencialmente, de pigmento e veículo, e esses componentes determinam as características e a função da tinta. Os pigmentos podem ser naturais, sintéticos, orgânicos ou inorgânicos. Entre os pigmentos mais comuns utilizados em tintas e revestimentos estão o dióxido de titânio, o óxido de zinco, o óxido de ferro e o cromato de zinco. As combinações de pigmentos afetam a capacidade de cobrimento, secagem, trabalhabilidade, estabilidade após exposição e capacidade de proteção dos aglutinantes orgânicos dos veículos de danos causados pela luz solar.

A parte líquida dos revestimentos pigmentados é denominada veículo. O veículo contém constituintes voláteis e não-voláteis; na realidade, a parte da tinta que forma a película. A parte volátil do veículo - os solventes e os diluentes - facilita a sua aplicação e, ao se evaporar, contribui para a secagem da tinta. A parte não-volátil com frequência é denominada aglutinante, porquanto faz parte integral da película de pintura ao aglutinar as partículas de pigmento. A adesão da película à superfície pintada é função tanto do veículo não-volátil quanto do equilíbrio dos pigmentos. Ambos são responsáveis pela qualidade de proteção e durabilidade da pintura. A maioria dos veículos consiste basicamente de óleos secativos ou resinas e de solventes.

A palavra “secagem”, quando utilizada em relação a tintas, diz respeito à evaporação do material volátil; também denota o processo de endurecimento.

Os principais óleos secativos utilizados são os de linhaça, de tungue (madeira da China), de rícino desidratado, de perila, de oiticica, de soja e os óleos refinados de peixe. O óleo de linhaça, derivado da semente do linho, é usado na fabricação de tintas em quantidades superiores à de todos os outros óleos combinados. O óleo de tungue é utilizado principalmente nos vernizes.

As resinas utilizadas como veículo nas tintas podem ser naturais ou sintéticas. As resinas sintéticas produzem tintas mais uniformes e, geralmente, de qualidade superior.

O termo solvente é utilizado para indicar a parte volátil do veículo. Os solventes não somente dissolvem os ingredientes não-voláteis do veículo como também diluem o veículo, de forma que a tinta possa ser espalhada facilmente mediante pincelamento, atomização ou imersão. Os solventes afetam o nivelamento, a secagem, a adesão e a durabilidade das tintas. Em geral, as essências minerais são utilizadas como solventes das tintas a óleo e dos vernizes. Nas lacas, são utilizados solventes especiais, como acetatos, cetonas e álcoois. A água é o solvente veículo nas tintas de emulsão, na caiação e nas tintas a base de cimento portland.

11.2.1.2 Revestimentos Transparentes

O verniz, a laca não pigmentada, a gomalaca e as ceras de lustrar são os melhores revestimentos transparentes. Existem também produtos transparentes selantes e repelentes. Os óleos secativos, em especial o óleo de linhaça, também podem ser considerados como revestimentos transparentes, porquanto algumas vezes sejam utilizados sozinhos.

Quando expostos à intempéries, os revestimentos transparentes não possuem a durabilidade dos pigmentados, pois não fornecem a mesma proteção contra a luz solar. Os revestimentos transparentes são utilizados, principalmente, para embelezar e proteger as superfícies, sem esconder sua aparência natural.

11.2.1.3 Revestimentos Betuminosos

O coaltar e os revestimentos asfálticos são muito utilizados na proteção de metais ferrosos submersos ou enterrados, assim como na impermeabilização e cobertura de prédios. Estes revestimentos constituem uma barreira substancial em ambientes corrosivos.

- Os tipos de revestimentos betuminosos são:
 - ▶ O esmalte com base de coaltar;
 - ▶ As tintas a base de alcatrão de aplicação a frio;
 - ▶ O asfalto.

O esmalte com base de coaltar é excelente isolante elétrico e é utilizado para proteger tubos de aço enterrados ou submersos.

As tintas à base de alcatrão de aplicação a frio são fabricadas mediante a liquefação de piche mineral de alcatrão, que depois é misturado a solventes, massa e outros constituintes. O solvente deverá ser um produto da destilação do alcatrão, como xileno ou nafta de alcatrão. O revestimento a base de alcatrão de aplicação a frio mais amplamente utilizado é o epóxi com base de coaltar.

Os revestimentos asfálticos derivados do petróleo podem ser esmaltes, tintas de aplicação a frio e emulsões. São mais resistentes à intempérie, embora menos resistentes à umidade do que os produtos de alcatrão. O asfalto é muito utilizado como impermeabilizante e cobertura de prédios e como revestimento por imersão a quente para tubos metálicos.

11.2.1.4 Outros Tipos de Revestimento

Incluem revestimentos de cimento-argamassa, de zinco, de plástico, de borracha sintética, catalisadores e antioxidantes, assim como diversos outros revestimentos.

11.2.2 Materiais de Pintura Acessórios

Dentre os diversos materiais utilizados como componentes nas tintas e nos revestimentos, destacam-se:

- Diluentes: São usados para diluir o veículo até a consistência adequada para aplicação. Todos os solventes que formam a parte volátil dos veículos das tintas pigmentadas e dos revestimentos transparentes também são considerados diluentes. Os solventes e os diluentes precisam ser voláteis, pois serão evaporados da película de pintura. O óleo de linhaça também pode ser considerado um tipo de diluente, porque é utilizado, particularmente, nas tintas para madeiras expostas à intempérie, com o propósito de diluir as tintas de acabamento até a consistência adequada para seu uso como tinta de base;
- Tinta de misturar: As duas categorias gerais de tintas de misturar são os pigmentos em óleo e as denominadas tintas de misturar universais. Embora chamadas “universais”, as tintas de misturar comerciais desta categoria não são compatíveis com todos os tipos de veículos de tintas. Basicamente, são pigmentos suspensos num veículo, os quais são solúveis em óleo e em solventes, e emulsificáveis em água;
- Mordentes: Os mordentes a óleo são tipos de revestimento pigmentado, uma vez que se constituem em pigmento e veículo. Possuem baixo teor de pigmento, que não encobre o grão natural da madeira;
- Dessecadores: Como o nome implica, contém catalisadores da secagem, que melhoram as características de secagem. Quantidades excessivas prejudicam a serventia da tinta. As tintas comerciais são, em geral, produzidas com a quantidade certa de dessecador.

Outros materiais de pintura acessórios são:

- Removedores de verniz e de tinta: Dois tipos de material são utilizados para remover a pintura antiga. Um deles é uma solução cáustica forte (lixívia); a outra, uma mistura de solventes orgânicos, como cloreto de metíleno, álcool, acetona ou benzina. Ambos os tipos desintegram e soltam a pintura, de maneira que possa ser decapada facilmente.

11.2.3 Sistemas Mais Comuns de Pintura e Revestimento

O esmalte semifosco “silicone alkyd” pode ser utilizado sobre qualquer tinta de base que cure por oxidação. Os vinis VR-3 e VR-5, a epóxi coaltar e o esmalte coaltar são sistemas autônomos utilizados separadamente com outros membros do mesmo sistema. A emulsão acrílica pode ser utilizada como sistema autônomo sobre alvenaria de concreto e também tem sido usada com êxito sobre tinta de base do tipo oxidante.

Em geral, os revestimentos do tipo oxidante são a base de óleos secativos (linhaça, soja, etc.) e, com o revestimento acrílico de emulsão, têm sido tradicionalmente conhecidos como “tinta”. Os revestimentos de evaporação do solvente, de reação química e de

fusão a quente são, em geral, considerados “desempenho superior” e requerem maior qualificação e esforço no preparo das superfícies e na sua aplicação.

11.3 Aprovação

11.3.1 Especificações

A tinta é um revestimento de proteção, mas nem todos os revestimentos de proteção são tintas. Os novos revestimentos exigem aplicação por operário qualificado e não apenas pelo pintor tradicional, a fim de que seu potencial de melhor desempenho e de vida útil mais longa seja alcançado. Os requisitos específicos de preparo de superfícies e de aplicação do revestimento constam das especificações.

Os recipientes de tinta deverão estar devidamente rotulados com o número de especificação do material e o número do lote. As cores devem obedecer às especificações. Não será permitida a coloração de tintas no canteiro de obras. Qualquer diferença de revestimento e/ou cor de revestimento daqueles especificados deverá receber prévia autorização da FISCALIZAÇÃO.

11.3.2 Aprovação e Certificação

A finalidade da aprovação e certificação é garantir que as pinturas e os revestimentos atendam às normas estabelecidas. Antes de utilizar ou aplicar os materiais, a EMPREITEIRA deverá submeter à FISCALIZAÇÃO, para aprovação, cópias das faturas, dos certificados e das amostras de todos os revestimentos e de outros materiais similares. Entretanto, a aceitação do material só ocorrerá após ter sido ele aplicado satisfatoriamente, e após o equipamento, os metais e outros elementos pré-pintados ou pré-revestidos terem sido instalados no canteiro de obras. Nenhum item de pintura poderá ser aceito antes de ter sido completamente instalado e estar pronto para uso.

11.4 Segurança

11.4.1 Geral

As questões gerais de segurança são discutidas no Capítulo 13. A finalidade desta seção é apresentar algumas precauções específicas de segurança com as quais a FISCALIZAÇÃO deverá estar familiarizada, tanto durante o preparo da superfície a ser pintada, quanto durante sua pintura.

11.4.2 Operações de Pintura

As operações de pintura, as instalações de armazenamento, o tipo de equipamento de proteção pessoal e sua utilização, a ventilação dos diversos locais e os procedimentos utilizados deverão atender às especificações, aos regulamentos e aos códigos, que fornecem informações completas referentes aos requisitos de segurança.

Quando o contato ocorre por períodos curtos e é seguido pela limpeza da área afetada, a maior parte dos produtos de pintura é razoavelmente inócuas para a maioria das pessoas. A breve inalação de névoas, vapores e gases de tinta, em concentrações moderadas, raramente é prejudicial. Mas a tolerância do organismo humano às substâncias tóxicas varia individualmente. Os produtos orgânicos podem produzir reação acumulada ou tardia em alguns indivíduos. Além disso, os pintores, que trabalham com tinta regularmente, com frequência são expostos prolongada e/ou repetidamente e, possivelmente, a maiores concentrações, em determinadas ocasiões.

Os pintores que utilizarem aparelhos de atomização da tinta (“spray”) e os operários que manejarem máquinas de jato de abrasão deverão usar respiradores de purificação do ar, que filtram as partículas de poeira, as névoas do “spray” e os vapores orgânicos.

Também deverão limpar a pele cuidadosamente no final de cada turno. Quando a pintura for aplicada em ambientes fechados, será necessário ventilação adequada, de modo a manter ar fresco sempre em circulação na área de trabalho, mesmo com o auxílio de ventiladores.

Uma ventilação adequada impede o acúmulo de concentrações explosivas ou inflamáveis dos gases provenientes dos solventes das tintas, como éter de petróleo, xileno e cetonas. Uma ventilação adequada para tanques e outros espaços fechados poderá exigir ventiladores-exaustores à prova de explosão, ligados a grandes mangueiras ou tubos flexíveis, que podem ser colocados para retirar esses vapores de áreas onde tenham-se acumulado. Sob circunstâncias muito adversas, poderá ser necessária a utilização de respiradores dotados de suprimento de ar. Os pintores deverão tomar cuidado e só expor áreas mínimas de pele ao contato direto com as tintas. A pele exposta poderá ser coberta com cremes protetores. Certos tipos de tintas, especialmente as resinas de epóxi, causam acentuada irritação cutânea e, algumas vezes, prolongada e, por isso, os operários precisam ser alertados. Os operários deverão tomar todas as precauções no manuseio destas tintas, o que, em geral, envolve avisos obrigatórios, uso de luvas de plástico, de óculos, de roupas de proteção e de cremes para proteção da pele.

11.4.3 Preparo da Superfície

Todas os substratos a serem pintados deverão ser obrigatoriamente preparados antes de receber o revestimento. As técnicas mais comuns de preparo de superfícies são:

- Preparo mecânico (ou seja, com ferramentas manuais, elétricas, ou pneumáticas);
- Jato abrasivo;
- Limpeza com solventes;
- Limpeza a vapor;
- Limpeza com ácidos.

O preparo de superfícies por meios mecânicos, com ferramentas manuais, elétricas, ou pneumáticas, constitui uma fonte de riscos para os indivíduos e a propriedade, exceto quando cuidadosamente realizado. Como precaução mínima, todos os operários deverão utilizar óculos de proteção durante o trabalho com essas ferramentas. Nos ambientes fechados, com excesso de poeira, recomenda-se o uso de respiradores e é obrigatório o uso de ventilação forçada de ar.

Um outro perigo associado às ferramentas elétricas ou pneumáticas utilizadas no preparo de superfícies é o rompimento dos rebolos abrasivos e a desintegração ou o rompimento das escovas giratórias de aço. Para evitar estes riscos, as escovas, os discos abrasivos e os rebolos não deverão ser operados a velocidades superiores às recomendadas pelo fabricante.

Em qualquer tipo de operação de limpeza, quando a operação for realizada em ambiente que contenha vapores voláteis, haverá perigo de explosões ou incêndio. Todo o pessoal alheio ao serviço deverá ser mantido longe da área em questão, e deverão ser utilizadas ferramentas de segurança à prova de faíscas e respiradores de alimentação forçada.

A limpeza com jato abrasivo é uma operação particularmente perigosa, exceto quando são tomadas precauções extremas para impedir acidentes. Não deverá ser permitida a limpeza com jato abrasivo em ambientes que contenham vapores voláteis, devido ao acúmulo de cargas estáticas durante estas operações.

A maioria dos solventes utilizados na limpeza de superfícies tem ponto de fulgor relativamente baixo e, consequentemente, constitui um risco de incêndio. Além disso,

muitos solventes, em especial os produtos clorinados, são tóxicos. A absorção de muitos destes produtos pela pele pode produzir intoxicação. Portanto, os operários deverão estar bem protegidos de contatos com o vapor e com o líquido.

Os riscos decorrentes da limpeza com vapor incluem queimaduras. Se houver presença de álcalis, deverão ser observadas as precauções usuais no seu manuseio. Os olhos e a pele deverão ser protegidos, devido ao perigo de atomização excessiva. O público e os operários deverão ser alertados a respeito de operações de limpeza realizadas sobre passageiros ou próximo a elas.

Os produtos de limpeza à base de ácido fosfórico não são muito corrosivos para a pele. Entretanto, contato constante com estes ácidos pode dissolver os óleos naturais da pele e causar secura, rachaduras e feridas. Conseqüentemente, os operários deverão usar luvas de borracha, aventais e óculos de segurança. Se ocorrer qualquer respingo acidental nos olhos, estes deverão ser lavados com bastante água corrente, seguida de água boricada.

11.5

11.5.1

Ferramentas para a Inspeção da Pintura Geral

Estima-se que cerca de 75 a 80% de todas as falhas precoces dos revestimentos são causadas, parcial ou totalmente, por preparo da superfície e aplicação do revestimento deficientes. O uso de instrumentos apropriados permitirá verificar a espessura do revestimento ou, em alguns casos, o número de demões aplicadas. Nos próximos parágrafos, são mencionadas algumas das ferramentas utilizadas na inspeção da pintura e as informações que essas ferramentas proporcionam.

Muitas das decisões relativas à aceitabilidade da obra deverão ser baseadas apenas na observação visual, como por exemplo observar a aparência de uma superfície de aço após a limpeza com jato abrasivo e a mistura da tinta antes do seu uso. A observação visual do escovamento e da pintura a jato poderá determinar se o operador está aplicando a tinta com uniformidade aceitável. A avaliação da secagem da película de tinta e o grau de aderência de um esmalte coaltar ou de um revestimento vinílico baseiam-se em testes físicos de natureza qualitativa.

Há inúmeros instrumentos que ajudam a determinar se as especificações estão sendo atendidas. O uso destes instrumentos é particularmente importante na inspeção de alguns revestimentos mais sofisticados, que requerem rigoroso preparo da superfície e posterior aplicação.

A maioria desses instrumentos vem acompanhada de instruções detalhadas a respeito da sua operação e calibração. Essas instruções deverão ser seguidas à risca e só deverão ser utilizados as instruções e os dispositivos de calibração fornecidos com o instrumento.

11.5.2

11.5.2.1 Mensuração da Temperatura e da Umidade

Mensuração da Temperatura do Ar

- As especificações determinam que tanto a temperatura ambiente quanto a temperatura das superfícies permaneçam aquém de determinados valores mínimos. A temperatura do ar pode ser mensurada com termômetro comum de mercúrio.

11.5.2.2

Mensuração da Temperatura da Superfície

- Como as superfícies sob baixa temperatura com frequência se apresentam mais úmidas, é possível que as tintas não molhem as superfícies adequadamente e que o processo de cura seja prejudicado. As temperaturas excessivamente altas podem

causar a faísca do solvente e reduzir o nivelamento das demãos, pois a tinta seca muito rápido, e isto produz um acabamento deficiente.

As seguintes ferramentas são úteis para verificar a temperatura das superfícies:

- Termômetro Magnético de Quadrante - Este tipo de termômetro possui uma base magnética e é pequeno e pouco dispendioso. Deverá ser calibrado com um termômetro de mercúrio de grande precisão;
- Termômetro Digital de Sonda de Calor - Estes termômetros eletrônicos, com sondas de diversos formatos, possibilitam leituras muito mais rápidas, embora sejam mais dispendiosos;
- A temperatura de uma superfície também pode ser obtida com termômetro de mercúrio. A bolha de mercúrio é colocada contra a superfície e protegida do ar por um pouco de mástique, até que a temperatura se estabilize. Porém, o processo é vagaroso e difícil.

11.5.2.3 Mensuração da Umidade

- Em geral, utiliza-se um psicrômetro para medir a umidade. O emprego deste termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido, em conjunção com as tabelas de psicrometria, permite determinar a umidade relativa e o ponto de orvalho.

11.5.3 Mensuração do Perfil das Superfícies, da Viscosidade e das Espessuras da Película Úmida e da Película Seca

11.5.3.1 Mensuração do Perfil das Superfícies

- A espessura efetiva da película é muito influenciada pela rugosidade da superfície. Uma espessura efetiva de película é necessária, a fim de assegurar o bom desempenho da pintura. A rugosidade da superfície é especialmente importante no caso de superfícies como aço tratado com jato de areia. Quando medida, essa rugosidade é denominada perfil da superfície. Muitas especificações e recomendações de fabricantes requerem um determinado grau de rugosidade (padrão das irregularidades, profundidade do perfil). Três métodos de mensurar a rugosidade de superfícies são descritos a seguir.
 - A) Trena do Teste-X - Este método utiliza uma trena de Mylar, que é comprimida de modo a se adaptar ao perfil da superfície e, depois, medida com um micrômetro de dial. A "National Association of Corrosion Engineers" sugere a utilização deste método para medir o perfil de superfícies em campo;
 - B) Comparador de Perfil de Superfícies de Keene-Tator - Consiste de uma lente de aumento iluminada e um disco de referência para comparação visual dos padrões das irregularidades. Este comparador é constituído por um disco de referência, uma lupa com aumento de 5X e um prendedor magnético. O disco é uma cópia de galvanotipia de precisão de um disco-mestre, duplicado com uma tolerância de 0,001mm;
 - C) Medidor de Rugosidade de Elcometer - Mede apenas o perfil de superfícies de ferro ou de aço limpas com jato abrasivo. Este medidor precisa ser calibrado numa superfície lisa, com tipo e espessura idênticos àquela a ser testada.

11.5.3.2 Mensuração da Viscosidade

A determinação da viscosidade é um dos testes físicos exigidos para a maioria dos revestimentos. Além disso, quando a tinta engrossa por qualquer razão, a EMPREITEIRA e a FISCALIZAÇÃO deverão realizar um teste de viscosidade. Há diversos instrumentos disponíveis para efetuar este teste em campo. A taça de viscosidade é o instrumento mais prático. Em geral, usa-se a Taça de Zahn, que tem um orifício no fundo e é utilizada em

conjunção com um cronômetro, de maneira a determinar o tempo necessário para que um líquido escoe por um orifício de determinado tamanho, que é função do tipo de tinta que está sendo testado. Existem outros instrumentos que funcionam de forma similar.

11.5.3.3 Mensuração da Espessura de Película Úmida

As leituras da espessura de película úmida auxiliam o pintor e a FISCALIZAÇÃO na obtenção da espessura de película seca especificada. A espessura de película úmida sobre o aço e sobre a maioria das superfícies metálicas é apenas considerada como orientação, pois a espessura de película seca é a que deverá ser registrada.

O dispositivo de medição da espessura da película úmida é um meio de determinar a cobertura da superfície. Mede a espessura da tinta recém aplicada, e a cobertura correspondente é obtida a partir da relação entre espessura e cobertura.

Os dois instrumentos mais freqüentemente utilizados para medir a espessura da película úmida são:

- A) Medidor interquímico de espessura de película úmida - É um medidor de cilindro constituído essencialmente por uma roda excêntrica ou anel, montada entre duas rodas concêntricas, de modo que, quando colocadas sobre uma superfície plana, num ponto na sua periferia, as três rodas toquem a superfície. Em outros pontos da sua periferia, somente as duas rodas concêntricas tocarão a superfície, e a roda excêntrica ficará suspensa, com um espaço livre que varia de zero até o máximo, no lado oposto;
- B) Medidor de Lâmina - O modelo mais leve e menos oneroso é uma chapa plana com entalhes de tamanhos incrementados, que permitem determinar a espessura de película úmida. Utiliza vários dentes, em diversos espaçamentos, que são apertados contra a superfície pintada. Os dentes com espaçamento inferior à espessura da película de tinta absorvem tinta úmida, enquanto os outros não. Este medidor de lâmina tem demonstrado ser particularmente útil para medir a espessura de tinta epóxi coaltar.

11.5.3.4 Mensuração da Espessura da Película Seca

O medidor da espessura da película seca é um instrumento que mede a espessura da película seca em mil (1 mil = 25 mícrons). Estes medidores variam de extensão e é necessário escolher o medidor adequado para os limites de espessura desejados. A precisão dos resultados depende da calibração do medidor. A superfície utilizada para calibrar o medidor deverá ter o mesmo perfil de superfície daquela a ser pintada.

Estes medidores são leves, fáceis de usar e pouco dispendiosos. Podem ser utilizados em qualquer lugar e não precisam de uma fonte externa de eletricidade.

Os instrumentos relacionados a seguir são utilizados para medir a espessura de película seca:

- Positector 2000;
- Calibre de Espessura Elcometer;
- Medidor de Retenção de Tinsley;
- Minitector;
- Medidor de Inspeção de Revestimento de Toake (e seu acessório ocasional, a Retificadora de Ranhuras de Precisão);
- Medidor dos Covachos nos Tubos.

Os primeiros quatro instrumentos relacionados são medidores do tipo não-destrutivo, não afetam o revestimento e, por isso, são preferíveis. Entretanto, os medidores destrutivos, em geral, provêm resultados mais positivos e precisos, já que a espessura pode ser diretamente medida. Os medidores destrutivos também podem ser utilizados em substratos não-ferrosos.

11.5.4 Detecção de “Feriados”

Um “feriado” é um defeito de aplicação no qual pequenas áreas de substrato permanecem sem revestimento. Deverão ser evitados, detectados e reparados todos os “feriados” com formato de ponta de alfinete (“pinholes”), os furos e as áreas maiores sem revestimento. Há instrumentos que detectam eletricamente os “feriados”, em revestimentos isolantes de todas as espessuras. Alguns dos instrumentos mais utilizados são:

- Esponja Úmida de Corrente Contínua de Baixa Voltagem (“Bird Dog”);
- Detector de Corrente Contínua de Alta Voltagem;
- Detector de Corrente Contínua de Voltagens Múltiplas.

Todos estes instrumentos operam de acordo com o princípio de que o “feriado” no revestimento fecha o circuito elétrico. Portanto, o revestimento deverá ser não-condutivo e aplicado sobre um substrato condutivo, para que o instrumento funcione adequadamente.

A Esponja Úmida de Corrente Contínua de Baixa Voltagem (“Bird Dog”) detecta os “feriados” no revestimento pelo fechamento de um circuito elétrico com uma esponja úmida. Este instrumento é utilizado para revestimentos finos, iguais ou inferiores a 250 micrônios.

O Detector de Corrente Contínua de Alta Voltagem opera de maneira similar, exceto porque se utiliza uma escova de arame em lugar da esponja úmida. Estes instrumentos são em geral utilizados para revestimentos como o coalter, que possuem uma espessura média de 2,250 micrônios.

Os Detectores de Corrente Contínua de Voltagens Múltiplas vêm acompanhados de uma fonte de energia que pode ser ajustada para diversas tensões. Podem ser utilizados com esponja ou com escova de arame. Uma vez que a tensão pode ser variada, é possível verificar espessuras superiores a 250 micrônios (embora inferiores a 2500 micrônios).

Atenção: Os medidores elétricos/magnéticos podem não produzir os resultados esperados em áreas de campos atmosféricos magnéticos ou elétricos, como usinas elétricas, usinas de bombeamento ou estações de triagem.

11.5.5 Teste de Penetração

A dureza e a flexibilidade do esmalte coalter são testados pelo método ASTM D-5, “Test for Penetration of Bituminous Materials” (Teste de Penetração de Materiais Betuminosos).

No trabalho de campo, os testes de penetração confirmam que o esmalte está sendo aplicado de acordo com as especificações e que o aquecimento nas caldeiras não o afetou negativamente.

11.6 Preparo da Superfície

O preparo da superfície é o fator mais importante para o desempenho dos revestimentos. Sem um preparo adequado das superfícies, as tintas e os revestimentos não podem apresentar um desempenho de acordo com as expectativas. Todos os sistemas de

revestimento eventualmente falham; contudo, a maioria das falhas precoces dos revestimentos pode ser atribuída a um pregar inadequado da superfície ou à falta de adesão do revestimento.

O pregar das superfícies para receber tinta ou revestimento deverá obedecer às especificações. Na falta de especificações particulares para o pregar de superfícies de metal, esse deverá atender aos requisitos pertinentes do "Steel Structures Painting Council", SSPC - PA2.

11.7

11.7.1 Armazenamento e Mistura das Tintas

Armazenamento

O armazenamento apropriado de tintas e revestimentos poderá assegurar um trabalho de alta qualidade e longa duração. O tempo que uma tinta pode ser armazenada depende do tipo de tinta e das condições de armazenamento. Se o material e o equipamento de pintura forem inadequadamente tratados, a qualidade do trabalho de revestimento poderá ser prejudicada e a segurança do trabalhadores, contestada. As instruções dos fabricantes das tintas e do equipamento sempre deverão ser consultadas e obedecidas.

11.7.2 Mistura das Tintas

A mistura do material de pintura é extremamente importante, pois se a mistura ou a diluição das tintas é efetuada inadequadamente, a capacidade da pintura de resistir ao meio ambiente pode ser afetada. A diluição da tinta deverá restringir-se ao grau normalmente necessário.

11.8

Aplicação

A aplicação adequada da tinta sobre uma superfície bem preparada, sob condições climáticas aceitáveis, resultará num revestimento de proteção bom e durável.

Cada demão de tinta deverá ser aplicada de modo uniforme e estar tão livre de poros e "feriados" quanto possível. A tinta deverá ser aplicada numa taxa de cobrimento ou espalhamento compatível com a espessura de película seca especificada para cada demão.

A pintura deverá ser iniciada assim que as superfícies estiverem adequadamente preparadas e as condições climáticas forem favoráveis. Quase todas as tintas funcionam melhor, fluem melhor e secam mais rápido quando as superfícies e a atmosfera que as circundam estão a uma temperatura média.

A adesão também melhora sob condições mais amenas. Todos estes fatores apontam para a desejabilidade de pintar a temperaturas ambientes médias ou em ambientes mornos.

Deverá decorrer tempo suficiente entre uma demão e outra, de modo que a tinta esteja totalmente seca antes da aplicação da próxima demão. A última demão deverá secar antes de o equipamento ser posto em funcionamento.

Em geral, a tinta é aplicada às estruturas mediante pincelamento ou atomização. Para se obter uma cobertura completa das áreas de difícil acesso pelo pincel ou pelo jato do atomizador, poderá ser utilizada uma pele de carneiro. Estas peles são mergulhadas na tinta e depois passadas pelos espaços mais estreitos ou aplicadas aos lugares de difícil acesso.

A principal vantagem da aplicação com pincel é a de assegurar o estreito contato da tinta com a base de metal. Considera-se que a operação de pinçelamento permite que a tinta penetre nos poros, nas frestas e nas ranhuras da superfície, de maneira mais eficaz do que a atomização. Além disso, mistura qualquer poeira contaminante à tinta, impedindo que permaneça na superfície e prejudique a adesão do revestimento.

Muitas das vantagens atribuídas ao pinçelamento também podem ser obtidas com a aplicação de tintas com rolo. Além disso, é possível aplicar películas mais finas, de espessuras mais uniformes, mais rapidamente. A maioria das tintas pode ser aplicada com rolo. Em especial, o rolo é recomendado quando se utilizam tintas epóxi de coaltar, difíceis de pinçelar sobre grandes superfícies planas. É possível aplicar esmaltes brilhantes sobre as superfícies externas de grandes maquinarias utilizando rolo. O tipo de rolo para cada aplicação deverá ser selecionado criteriosamente. Cada tipo de pelo afetará diferentemente a aparência final da película de pintura.

A atomização convencional de tinta por meio de pistola a ar comprimido é desejável para quaisquer das demões, com exceção da pintura de base, especialmente em trabalhos maiores. É muito mais rápida e, embora se desperdice mais tinta, a economia de mão-de-obra normalmente compensa o gasto com tinta extra. Com o emprego da técnica apropriada, a pintura com pistola a ar comprimido geralmente produz um revestimento de excelente uniformidade, em termos de espessura e aparência, e permite revestir algumas superfícies que só podem ser alcançadas com dificuldade pelo pinçel.

A aplicação de tinta com pistola exige precauções especiais e técnica apurada, particularmente na aplicação da demão de base ou de uma tinta especial e são necessárias superfícies de base limpas.

A atomização direta causa menos desperdício de tinta e, como não há jato de ar, a tinta se espalha menos, o que economiza tinta, permite sua aplicação em áreas mais confinadas e também implica menos proteção de outras superfícies que não deverão ser pintadas.

A atomização eletrostática é um método de aplicação na qual é criado um potencial eletrostático entre o elemento a ser revestido e as partículas de tinta atomizadas. As partículas de tinta carregadas são atraídas pelo elemento a ser pintado, são depositadas e perdem sua carga elétrica.

11.9 11.9.1 Demão de Base, Demões Intermediárias e Última Demão Geral

Existem três tipos diferentes de aplicação para tintas e revestimentos. A função de cada um deles e suas relações também diferem. A demão de base é aquela aplicada diretamente sobre o material a ser pintado. As demões intermediárias ficam entre a demão de base e a última demão. A última demão provê o acabamento final.

As cores dos diversos tipos de tintas e demões deverão diferir nitidamente entre si, de modo a se poderem identificar facilmente as áreas que não tiverem sido cobertas pela demão anterior. Também deverá haver uma diferença entre as demões aplicadas de cada revestimento.

11.9.2 Demão de Base

As tintas de base provêm adesão ao substrato, uma boa base para as demões subseqüentes e proteção especial para o substrato e as sucessivas demões. As tintas de base servem para inibir a corrosão, selar o material contra contaminantes e inibir a formação de mofo.

As tintas de base tipo zarcão vêm sendo utilizadas com êxito há muitos anos sobre metais ferrosos expostos à intempérie, mas estão sendo substituídas por tintas de base sem chumbo ou cromato, de modo a eliminar os problemas ambientais e de saúde associados ao uso de produtos de chumbo.

Vários tipos de veículos são utilizados com as tintas de base para metais. O óleo de linhaça, embora de secagem demorada, é particularmente adequado, porque é um bom agente umectante e tem boa adesão, mesmo naqueles casos em que os óleos sintéticos deixam a desejar.

Os tipos de veículo para as tintas de base são os seguintes:

- "Wash primer" (um ácido);
- Óleo;
- "Alkyd";
- Fenol;
- Verniz;
- Vinil;
- Emulsão;
- Tintas de base especiais (epóxis, uretanos).

Com determinadas modificações, como a diluição, alguns revestimentos podem ser utilizados como base para si mesmos. Além disso, as tintas de base podem servir como inibidores, quando contêm cromato anticorrosivo, pó de zinco, metaborato de bário ou outros inibidores.

As tintas de base precisam ser mais duras do que as demões subseqüentes - nunca mais moles.

A tinta de base do tipo zarcão fenólico geralmente seca e endurece o suficiente para receber outra demão entre 8 e 24 horas após sua aplicação. Com as tintas fenólicas, é importante que as diversas demões não fiquem demasiado secas e duras antes da aplicação das demões subseqüentes. A tinta desenvolve um brilho semifosco e, se endurecer demasiado antes da próxima demão, poderá haver adesão deficiente entre ambas.

Deverá ser selecionada uma tinta de base adequada para uso sob tinta de alumínio. Quando for necessário utilizar uma tinta de base fenólica, o verniz misturado ao alumínio também deverá ser fenólico.

Uma tinta de base adequada para uso sob esmaltes é um zarcão de secagem rápida fabricado com veículos alquídios ou fenólicos. A tinta de base preferencial será uma das tintas de base novas, sem chumbo ou cromato, fabricadas com veículo do tipo fenólico.

11.9.3 Demões Intermediárias e Última Demão

As demões intermediárias deverão aderir bem à demão de base e formar uma boa superfície para a aplicação da última demão (demão de acabamento). As demões intermediárias podem ser utilizadas para ligar uma tinta de base pouco compatível à demão de acabamento.

O brilho das demões de acabamento será normalmente maior do que o das demões de base ou intermediárias. As tintas mais brilhantes são mais fáceis de limpar e mais difíceis de sujar. Entretanto, as demões de acabamento podem ser foscas para as paredes internas e para algumas paredes externas. Na maioria dos casos, deverão ser aplicadas pelo menos duas demões de acabamento, porque:

- É melhor aplicar duas demões mais finas do que uma demão mais grossa, em termos da capacidade da tinta de proteger a superfície revestida;
- Duas ou mais demões proporcionam maior proteção contra erosão perceptível e danos físicos.

11.10 Revestimentos de Desempenho Superior

11.10.1 Geral

Os revestimentos de desempenho superior são utilizados principalmente na indústria, nos casos em que se requer proteção contra grande corrosão e a exposição a condições ambientais severas. Em geral, estes revestimentos exigem equipamento e aplicação especiais.

Os revestimentos mais utilizados sob condições de corrosão, desgaste ou exposição extrema são os vinílicos e os de coaltar. Os revestimentos vinílicos são sistemas VR-3 e VR-6, na maioria dos casos. Os produtos de coaltar utilizados são o esmalte de coaltar e o epóxi coaltar. Outros revestimentos são o esmalte alquido de silicone, a galvanização, os de epóxi, os epóxides de fusão, os elastômeros, os poliuretanos e os metalizantes.

11.10.2 Sistemas de Revestimentos com Resina Vinílica VR-3/VR-6

O sistema VR-3 é utilizado no interior de linhas de descarga de aço, invólucros em espiral, sifões e grades. O VR-3 também é apropriado para uso sobre metal exposto à intempéries, intermitente ou permanentemente (como tubos aéreos nos canais).

O sistema VR-6 tem uma demão de base, três ou mais demões intermediárias, outras demões para as bordas e duas demões de acabamento. Este sistema, que desenvolve uma espessura mínima de película seca de 250 micrônios, é utilizado sobre superfícies como comportas de anteparo e vertedouros.

Os sistemas de revestimento com resina vinílica apresentam as seguintes vantagens:

- São adequados às exposições por imersão e à intempéries;
- Podem curar (secar) a temperaturas relativamente baixas;
- São fáceis de reparar (provavelmente os mais fáceis de reparar dentre todos os revestimentos);
- Têm grande durabilidade;

As principais desvantagens dos sistemas VR-3 e VR-6 são:

- Não atendem às novas normas ecológicas de controle da poluição do ar;
- É necessário aplicar um número relativamente grande de demões (intensivos em mão-de-obra);
- O preparo das superfícies e as condições de aplicação são críticos;
- Exigem um período relativamente longo para secar.

Em geral, não é necessário diluir as tintas vinílicas para aplicação com pincel ou por atomização direta. Entretanto, poderá ser necessário diluir a tinta para aplicação convencional com pistola a ar comprimido, a fim de melhorar a sua aplicabilidade. Deverá ser utilizado o diluente recomendado pelo fabricante, o qual não deverá exceder 125ml de diluente, por litro de tinta.

Os sistemas de resinas vinílicas utilizam as cetonas como solvente e diluente. As cetonas são mais voláteis do que as essências minerais utilizadas nos esmaltes alquídicos. A grande volatilidade com freqüência causa problemas de secagem para o revestimento

inteiro. A superfície cura muito rapidamente e forma uma camada selada que impede a saída de parte do solvente das camadas inferiores. Isso tende a aumentar o tempo total de secagem.

Há uma diferença básica entre os sistemas vinílicos VR-3 e VR-6. O VR-3 é essencialmente uma formulação com cores diferentes. O VR-6 tem formulações especiais para a demão de base, as intermediárias e a última. É um sistema mais espesso, resistente e versátil. O VR-3 não pode ser aplicado a superfícies que previamente tenham recebido revestimento com produtos de alcatrão, em particular o esmalte coaltar. A tinta de base VR-6 pode ser utilizada sobre essas superfícies e ser usada como base para o sistema VR-3.

11.10.3 Sistemas de Revestimentos com Esmalte Coaltar

Os sistemas de revestimento com esmalte coaltar consistem de uma tinta de base específica com solvente e um esmalte coaltar, como demão de acabamento. Devido aos graves problemas de saúde e ambientais que provoca, este excelente revestimento vem sendo cada vez menos usado. Em muitas aplicações, o revestimento de epóxi coaltar é um revestimento alternativo aceitável.

Os revestimentos de esmalte coaltar têm sido utilizados em tubos de diversos tamanhos, tanto nas superfícies internas quanto nas externas, nas grandes comportas deslizantes e nas superfícies internas dos barriletes. Os produtos de esmalte coaltar só podem ser utilizados onde a temperatura for baixa e não incidir luz solar direta. Na presença de raios solares e altas temperaturas, durante algum tempo, o revestimento amolece e perde sua capacidade de manter espessura e aderência uniformes.

O esmalte coaltar é um revestimento de aplicação a quente que se solidifica quando esfria. É um revestimento muito espesso, o que pode ser uma das razões de sua excelente durabilidade. A tinta de base específica, quando bem aplicada, tem uma espessura média de película seca de 25 micrônios. Em campo, o esmalte coaltar é aplicado mediante lambazamento.

Entre as vantagens dos sistemas de revestimento com esmalte coaltar, estão:

- Durabilidade superior a 50 anos, quando o sistema é adequadamente aplicado e mantido;
- Sistema de duas demãos com película muito espessa;
- Desnecessário o mecanismo de cura (secagem) química ou por evaporação;
- Sistema relativamente barato, com base no custo/m²/ano de serviço.

Infelizmente, existem desvantagens que se avolumam à medida que o tempo passa, como:

- Graves problemas de segurança e de saúde durante a aplicação, especialmente em campo;
- Falta de pessoal habilitado e experiente para a aplicação;
- Fontes do esmalte coaltar em declínio;
- Uso indesejável em locais sujeitos à luz solar direta, sem uma demão superior branca ou de alumínio, mantida em bom estado. Mesmo no interior dos tubos, em áreas em que o exterior do tubo está diretamente exposto ao sol, o revestimento tende a rachar e a deteriorar.

É importante que a superfície esteja morna e seca durante a aplicação tanto do esmalte quanto da tinta de base. Só poderá ser obtida uma fusão adequada do esmalte quente se a tinta de base não estiver úmida e a temperatura da superfície do metal não for inferior a 7 graus centígrados.

A segurança deverá ser devidamente enfatizada, em termos de ventilação, manuseio e transporte do esmalte coaltar, uma vez que o esmalte é aquecido, transportado e aplicado a temperaturas entre 230 e 260 graus centígrados.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se estão sendo atendidos os requisitos específicos dos seguintes serviços e/ou condições: preparo da superfície, temperatura da superfície que está sendo revestida, temperatura do material que está sendo aplicado, método adequado de aplicação, teste de adesão, espessura uniforme das demões, qualidade do material, checagem de defeitos ou “feriados”, além da segurança do pessoal e do equipamento. Para serem aceitas, as superfícies internas revestidas deverão estar relativamente lisas.

11.10.4 Epóxi Coaltar

O sistema de revestimento com epóxi coaltar é um sistema que consiste em dois componentes. Os componentes de base e de cura são misturados em proporções específicas, de modo a formar uma demão de aplicação direta. Esta demão cura por meio de uma reação química entre os dois componentes. Após misturada, a tinta permanece trabalhável por um tempo limitado, geralmente duas horas, dependendo da temperatura.

Há várias características particularmente críticas na aplicação de epóxi coaltar:

- É necessário que a mistura seja muito bem feita, a fim de assegurar contato íntimo entre os produtos químicos que irão reagir;
- O tempo máximo de espera entre a aplicação das demões deverá ser rigorosamente controlado, de modo a evitar má adesão entre as demões e subsequente deslocamento das demões de acabamento;
- O tempo e a temperatura de cura deverão obedecer às especificações.

O tempo limitado para aplicação do epóxi coaltar após sua mistura exige que se prepare apenas o suficiente para cada aplicação. O equipamento deverá ser limpo imediatamente após o término de cada aplicação ou quando ocorrer qualquer atraso. A reação química entre os componentes começa imediatamente e é exotérmica (produz calor); desta forma, a mistura de grandes quantidades, como 20 litros, por exemplo, poderá gerar muito calor, o que encurta consideravelmente o tempo para a aplicação do produto.

Os elementos pintados com epóxi coaltar deverão ser protegidos contra armazenamento à luz solar por longos períodos de tempo antes da sua instalação; caso contrário, ocorrerá degradação superficial. Os itens poderão ser cobertos ou poderá ser aplicada uma demão de alumínio de resina fenólica. A pintura com alumínio só deverá ser feita uma semana após a última demão, a fim de que os óleos de coaltar não atravessem a pintura de alumínio. O alumínio adere relativamente bem e provê proteção por longos períodos. É preciso mencionar que uma demão de proteção com alumínio formará uma película condutora de eletricidade sobre a superfície do revestimento. Portanto, a detecção elétrica de “feriados” deverá ser efetuada antes da aplicação do alumínio. Também é possível utilizar a caiação para proteger o revestimento, pois não é condutora de cargas elétricas.

É imprescindível que o pessoal que manuseia as resinas de epóxi tome as devidas precauções, conforme expresso no item 11.4 (Segurança).

11.10.5 Revestimento de Zinco (Galvanização) Sobre Produtos de Aço

A galvanização é o processo de revestir ferro ou aço com zinco, como proteção contra a corrosão. O aço galvanizado é preferível para grades, corrimãos e outros elementos similares.

A galvanização deverá estar de acordo com as normas ASTM pertinentes. A galvanização protege o aço mediante a ação galvânica: sacrifica-se para proteger o aço.

Ocasionalmente, será necessário efetuar reparos nos metais galvanizados. Este item trata de três métodos de reparar a galvanização.

11.10.5.1 Reparos com Liga à Base de Zinco

Para efetuar um revestimento recondicionado de boa qualidade, o preparo da superfície deverá incluir o revestimento galvanizado circunvizinho, mesmo que este não precise de reparo. A área limpa a ser recondicionada deverá ser aquecida a temperatura superior a 315 graus centígrados e inferior a 400 graus centígrados. Deverão ser tomadas as devidas precauções para que o revestimento galvanizado circunvizinho não seja queimado. A superfície a ser recondicionada deverá ser escovada com escova de arame durante o pré-aquecimento.

A área pré-aquecida e limpa deverá ser esfregada com um bastão de reparo, o que formará uma camada uniforme de liga de zinco. Se for utilizada liga de zinco em pó, este será salpicado sobre a superfície pré-aquecida e limpa, e espalhado com uma espátula ou outra ferramenta similar.

11.10.5.2 Reparos com Tintas com Alto Teor de Zinco

As superfícies a serem recondicionadas com tinta com alto teor de zinco deverão estar limpas, secas e isentas de óleo, graxa ou produtos corrosivos. Se as condições de uso previstas incluírem a imersão da peça, a superfície deverá ser limpa a jato até o ponto de metal branco. Se as condições de campo forem menos críticas, a superfície deverá ser limpa a jato, até o ponto de metal quase branco.

A tinta com alto teor de zinco será aplicada a pistola ou com pincel. A aplicação da tinta deverá obedecer às recomendações do fabricante, numa só aplicação, utilizando múltiplos passes da pistola, a fim de se obter uma espessura de película seca igual ou superior à do revestimento original.

11.10.5.3 Reparos com Spray de Zinco (Metalização)

A metalização difere da galvanização por imersão a quente por duas razões: (1) também podem ser aplicados outros metais além do zinco, como o alumínio, e (2) pode ser efetuada tanto no campo quanto na oficina. Basicamente, a metalização consiste em derreter e, em seguida, atomizar um metal ou uma liga de metais sobre uma superfície adequadamente preparada. O metal é fundido em arco elétrico ou chama de gás e, depois, atomizado com o uso de um gás comprimido sobre a superfície a ser revestida, de maneira semelhante aos revestimentos orgânicos. O metal alimentado à pistola geralmente vem no formato de arame, embora em algumas aplicações sejam utilizados metais em pó.

Os principais metais utilizados são o zinco, o alumínio e as ligas de zinco e alumínio. A espessura do revestimento varia entre 100 e 200 mícrons, dependendo do metal utilizado e da aplicação. As superfícies metalizadas podem ser seladas com uma demão de acabamento orgânico apropriado, como vinil ou epóxi, a fim de criar um sistema mais durável.

A metalização também é utilizada como acondicionamento de base. O procedimento é bem similar ao de galvanização.

As superfícies a serem reparadas mediante a atomização de zinco (metalização) deverão ser limpas com solventes e depois com jato, até o ponto de metal branco. O revestimento deverá ser aplicado à superfície limpa e seca por meio de pistolas de atomização de metais, alimentadas com arame ou pó de zinco. O revestimento atomizado deverá ser aplicado logo após o preparo da superfície, e antes da ocorrência de qualquer deterioração visível a olho nu. A FISCALIZAÇÃO e as EMPREITEIRAS deverão estar cientes de que as operações de solda, corte e aquecimento de componentes galvanizados produzem gases tóxicos.

11.10.6 Revestimento com Epóxi para Sistemas de Água Potável e Água Não-Potável

Este sistema de epóxi é similar ao revestimento com epóxi coaltar, pois também é um sistema de dois pacotes, que exige o mesmo preparo da superfície e procedimentos similares para sua aplicação. A principal diferença entre os sistemas para água potável e água não potável está na tinta de base utilizada. O tipo para água não potável tem uma tinta de base de cor laranja, enquanto o tipo para água potável tem tinta de base branca. O tipo potável deverá ser garantido pelo fabricante como apropriado para uso com água potável.

11.10.7 Revestimento com Epóxi de Fusão

Os revestimentos com epóxi de fusão são pós de epóxi parcialmente reagidos, aplicados a uma superfície pré-aquecida e curados posteriormente em forno. São aplicados à superfície a ser revestida mediante imersão num leito fluidizado ou mediante atomização eletrostática. O terceiro método de aplicação utilizado para estes revestimentos é denominado floculação ("flocking").

11.10.8 Revestimentos com Epóxi de Alto Teor e de 100% de Sólidos

Os revestimentos com alto teor e de 100% de sólidos têm a vantagem de atender aos requisitos de emissão de solventes. A principal diferença entre os revestimentos de alto teor e de 100% de sólidos de dois pacotes e os sistemas de revestimento convencionais está nos métodos de aplicação que talvez se precisem utilizar. Embora alguns possam ser aplicados com equipamento convencional de atomização direta, muitos exigem equipamento de atomização de multicomponentes, com ou sem aquecedores de linha para controle da viscosidade. Uma vez que esta não pode ser ajustada acrescentando solvente, será necessário ajustá-la mediante o aquecimento dos componentes do revestimento.

Os epóxides de alto teor e de 100% de sólidos têm as mesmas vantagens e desvantagens gerais dos outros revestimentos mais convencionais. Entretanto, requerem mais atenção no preparo das superfícies e na sua aplicação. As cores são limitadas e poderia ser necessário dispor de equipamento especial para sua aplicação. Entre as vantagens estão o baixo teor de solventes, que pode chegar a zero, e, particularmente no caso dos tipos a 100% de sólidos, a formação de menos falhas de "feriados" do que outros revestimentos. Seu maior custo por litro é compensado pelo maior teor de sólidos por litro (mais tinta e menos solvente). O tempo final de cura de muitos destes revestimentos é igual ou inferior ao dos epóxides convencionais. Embora geralmente possuam menor vida de trabalhabilidade após a mistura, podem ser aplicados com pincel, em quantidades pequenas, para fins de acabamento e reparo. A atomização com multicomponentes não só elimina a mistura manual dos componentes da base e do agente de cura, como também permite o uso de revestimentos de cura rápida, para grandes aplicações. Só deverá ser permitida a aplicação destes revestimentos a uma EMPREITEIRA competente e experiente.

11.10.9 Poliuretanos

Há dois tipos principais de poliuretanos, em termos de resinas: as alifáticas e as aromáticas. Os poliuretanos alifáticos têm excelente durabilidade externa. Os aromáticos são adequados a exposição interna e podem ser utilizados como demão intermediária, mas têm pouca durabilidade externa, por sua tendência a gizar ou amarelar.

11.11 Proteção e Revestimentos Catódicos

11.11.1 Geral

Sob condições severas, a combinação de um bom sistema de pintura e uma proteção catódica será melhor do que um ou outra isoladamente. O sistema de pintura pode diminuir a corrente necessária à proteção catódica em até 100 para 1, dependendo das condições da pintura.

11.11.2 Proteção Catódica

Só ocasionalmente os ferros e os aços estruturais estão localizados de forma a não haver corrosão. A natureza dos projetos de irrigação requer que alguns elementos metálicos fiquem completa e continuamente submersos e outros, alternadamente submersos e expostos ao ar. Dependendo das circunstâncias, as condições corrosivas podem ser maiores ou menores, mas mesmo a menor exposição quase sempre justifica alguma medida anticorrosão.

A proteção catódica só é aplicável quando o metal a ser protegido está em contato com um eletrólito, como quando se encontra enterrado em solo úmido ou imerso em água. É particularmente adequada se a água tiver boa condutividade e se contiver, nela dissolvidos, sais que provoquem a precipitação de uma película de carbonato sobre a superfície metálica catódica da estrutura. A película de carbonato efetivamente reduz a corrente necessária e tende a assumir esta função de proteção do metal, à medida que o revestimento inicial de proteção cede.

11.11.3 Proteção Catódica e Revestimentos

Os revestimentos de proteção são, em geral, utilizados em conjunção com a proteção catódica, e sempre deverão ser considerados ao se pensar em proteção catódica para uma nova construção. Uma vez que a corrente da proteção catódica deve proteger apenas áreas nuas ou mal isoladas nas superfícies metálicas, os revestimentos que provêm um bom isolamento, de considerável durabilidade e isentos de descontinuidades, diminuem as exigências de corrente e os custos dos sistemas. Além disso, um bom revestimento permitirá que apenas uma instalação para aplicação de força proteja muitos metros de tubos. Para as tubulações, deverá ser escolhido um revestimento que forneça alta resistência efetiva.

O projeto executivo de um sistema de proteção catódica deverá ser elaborado por especialistas. Os sistemas e os testes utilizados para determinar os parâmetros de operação adequados são muito complexos. A FISCALIZAÇÃO designada para a instalação ou a operação de um sistema catódico de proteção deverá obedecer cuidadosamente as instruções fornecidas pelo projetista.



DESMONTE POR EXPLOSIVOS

12.1 Geral

Este capítulo apresenta os tipos básicos de explosivos e de agentes detonantes, assim como as diretrizes relativas às inspeções e à segurança, associadas ao transporte, ao armazenamento, ao manuseio e ao uso de explosivos.

O desmonte por explosivo de rochas, quando executado com cuidado e habilidade, torna mais fáceis e eficientes as obras de construção civil que, de outra forma, seriam difíceis. O uso de explosivos sem o adequado planejamento e/ou os devidos cuidados e conhecimentos, pode causar ferimentos ou morte e danos extensos e desnecessários ao meio ambiente e à propriedade.

Cada projeto exige requisitos especiais de desmonte por explosivo devido a considerações que variam da geologia das rochas ao tamanho e à localização dos centros populacionais. Uma vez que cada obra difere das demais em algum detalhe, está entre as responsabilidades da FISCALIZAÇÃO verificar se as necessidades específicas daquela obra estão sendo atendidas com segurança e sem danos desnecessários ao meio ambiente, às áreas circunvizinhas e aos taludes estruturais e à estabilidade das fundações.

A FISCALIZAÇÃO deverá documentar todas as obras de desmonte, de modo a utilizar os dados e as informações obtidas em futuros planos de fogo e de fazer face a possíveis reivindicações da EMPREITEIRA.

12.1.1 Partes de uma Carga de Explosivo

As cargas de explosivo são constituídas pelos seguintes componentes:

- Um sistema de ignição, que pode ser elétrico ou não-elétrico, é utilizado para iniciar a explosão. Vide [itens 12.1.6 e 12.7](#);
- A escorva é um cartucho de explosivo que contém um detonador para iniciar a carga principal. Vide [itens 12.1.4 e 12.7.2](#);
- O reforçador (“booster”) é um explosivo ou uma substância detonante utilizada para perpetuar ou intensificar a ignição e que pode ou não ser incorporada à carga de explosivo. Vide [item 12.1.5](#);
- Uma carga principal, constituída por uma coluna de explosivo ou de substância detonante subdividida em carga de fundo e carga de coluna;
- O tampão, constituído sempre de material inerte, podendo ser de pedregulho ou resíduos provenientes da perfuração, é utilizado para conter a energia da explosão dentro do furo.

12.1.2 Propriedades dos Explosivos

Cada explosivo apresenta propriedades específicas e previsíveis que determinam como funcionará em campo. Essas propriedades, assim como suas definições funcionais, são apresentadas a seguir:

- FORÇA - Medida da quantidade de energia liberada pelo explosivo na detonação e, portanto, da sua capacidade de produzir trabalho útil;
- SENSIBILIDADE - Uma medida da capacidade do explosivo de propagar uma detonação, subdividida em sensibilidade à iniciação e sensibilidade de transmissão;
- RESISTÊNCIA AO CHOQUE - Uma medida da susceptibilidade do explosivo a detonar, quando submetido a um impulso externo, como impacto, choque, fogo ou fricção;
- VELOCIDADE DE DETONAÇÃO - A velocidade (em metros por segundo) com que a detonação se propaga por uma coluna de explosivos. A velocidade de detonação é afetada pelo diâmetro do furo, pela densidade e pelo tamanho das partículas do explosivo, pelo grau de confinamento no furo e pelo tipo de iniciador ou escorva;
- DENSIDADE - O peso do explosivo por unidade de volume, em geral expresso em gramas por centímetro cúbico. Determina a quantidade de explosivo que pode ser colocada num furo de um determinado volume. Com um explosivo de alta densidade, a energia de detonação é concentrada, o que pode ser desejável no desmonte de rochas duras. Por outro lado, se não se desejar excessiva fragmentação ou se a rocha for branca, será mais indicado utilizar um explosivo de baixa densidade;
- RESISTÊNCIA Á ÁGUA - O intervalo de tempo durante o qual o explosivo manterá sua sensibilidade mesmo em contato com água;
- GASES TÓXICOS - Gases tóxicos presentes após a explosão. Os gases tóxicos mais comuns são o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e os óxidos sulfúricos;
- DIÂMETRO DA CARGA - O diâmetro da carga de explosivo no furo. Não deve ser confundido com o diâmetro do furo. Ao utilizar produto a granel, os diâmetros da carga e do furo são idênticos. Quando se utilizam cartuchos, o diâmetro da carga é inferior ao do furo, uma vez que o cartucho não enche todo o espaço dentro do furo;
- PRESSÃO DE DETONAÇÃO - A pressão da onda de detonação propagando-se pela coluna de explosivo;
- PRESSÃO DO FURO - A pressão que os gases quentes da detonação exercem sobre as paredes do furo;
- ESTABILIDADE - Habilidade do explosivo de manter as suas propriedades inalteradas por longo tempo. Exemplo: explosivos que não contêm NG podem ser estocados por muito tempo.

12.1.3 Tipos de Produtos para Desmonte por Explosivo

Os dois principais produtos utilizados no desmonte por explosivo são os explosivos e as substâncias detonantes. Por definição, os explosivos podem ser detonados por uma espoleta nº 8 padrão, enquanto as substâncias detonantes, não. Em geral, as espoletas elétricas são no. 8 e as não-elétricas, são no. 12. Quanto maior for o número, maior será a força da espoleta.

Os agentes detonantes podem ser divididos em dois grupos:

- As substâncias detonantes secas, que não são sensíveis à espoleta simples e que não contêm água como integrante químico;
- As lamas ("slurries"), os géis aquosos e as emulsões, que não são sensíveis à espoleta simples, mas contêm água na sua formulação.

12.1.3.1 Explosivos à Base de Nitroglicerina

Os explosivos à base de nitroglicerina são extremamente sensíveis e, portanto, são suscetíveis à detonação accidental causada por choque, fricção ou eletricidade estática. Em geral, são fornecidos em cartuchos de papel, papelão ou invólucro de plástico. Estes produtos podem ser fornecidos em forma gelatinosa ou granulada; as gelatinas têm maior resistência à água.

A substituição de parte da nitroglycerina por nitrato de amônio ou por outro produto, durante a fabricação, resulta num explosivo de mais baixa sensibilidade, com força, velocidade de detonação e resistência à água reduzidas. Existe uma série de produtos com razões variáveis de nitroglycerina/nitrato de amônio. Em geral, estes produtos são classificados de acordo com o teor de nitroglycerina contido no explosivo (por exemplo, dinamite a 60%).

12.1.3.2 Produtos à Base de Nitrato de Amônia

Com um teor maior de nitrato de amônia e com pouca ou nenhuma nitroglycerina, a sensibilidade do produto torna-se muito baixa para ser detonada pela espoleta no. 8, razão pela qual tais produtos são classificados como substâncias detonantes. Podem ser fornecidos em forma gelatinosa, como os produtos à base de nitroglycerina, e podem conter água como componente ou em forma emulsificada. Os produtos que não contêm água são muito afetados pela presença de água no furo e, quando utilizados sob condições de grande umidade, devem ser encapsulados à prova de água, como com um tubo de plástico, ou o furo deve ser revestido com um material impermeável.

A substância detonante mais comum e menos dispendiosa é o ANFO, uma mistura de nitrato de amônio e óleo combustível que não contém água e é classificada como agente detonante seco. Quando contém as proporções ótimas dos seus componentes, o ANFO possui, aproximadamente, 70% da força da nitroglycerina. A velocidade de detonação é muito afetada por diâmetros de carga inferiores a 38cm(15in). Quando os diâmetros são superiores a 38cm(15in), a velocidade de detonação é constante, mas a velocidade se reduz progressivamente com diâmetros de carga inferiores. Não deve ser utilizado em furos com diâmetros inferiores a 5cm(2in), devido a sua baixa velocidade de detonação nestes pequenos diâmetros. O ANFO é afetado pela água e, quando utilizado em condições úmidas, pode produzir gases tóxicos, em virtude da detonação incompleta.

O ANFO também pode ser misturado com outras substâncias detonantes, em forma de lama ("slurry"), a fim de se obter mais resistência à água e maior força por metro de furo. Com este produto, a força da explosão pode ser variada nos diversos furos da malha, como também no comprimento de um único furo. A desvantagem do ANFO é a necessidade de equipamento especial para medir a mistura ao ser introduzida no furo.

12.1.3.3 Lamas ("Slurries") e Géis

As lamas ("slurries") e os géis são fabricados a partir de misturas de vários produtos, como nitroglycerina, nitrato de amônio, sensibilizadores de alumínio, agentes gelatinizantes e/ou outros, resultando num produto viscoso que enche completamente todas as irregularidades do furo. As lamas e os géis podem ser classificados como explosivos ou substâncias detonantes, dependendo da sua sensibilidade. A sensibilidade das lamas depende do ar preso na mistura, não podendo permanecer no furo ou ser armazenadas durante longos períodos. As lamas têm muitas aplicações. As que contêm compostos não-alumínicos são principalmente utilizadas quando a rocha é de fácil fragmentação. As lamas aluminizadas (ou as lamas que contêm altos percentuais de outros sensibilizadores de alta potência) são mais potentes e são usadas no desmonte de rochas duras e densas.

12.1.3.4 Outros Produtos

Existem muitos tipos diferentes de produtos para desmonte por explosivo. Os explosivos binários são manufaturados, transportados e armazenados como dois componentes distintos. Separadamente, nenhum dos dois é explosivo e não exigem precauções rigorosas no transporte, no armazenamento ou no manuseio, como ocorre com os explosivos propriamente ditos. Quando misturados no canteiro de obras, os componentes ficam sensíveis e podem ser utilizados da mesma forma que outros explosivos.

Inúmeros progressos tecnológicos têm ocorrido na manufatura de explosivos. A EMPREITEIRA sempre deverá referir-se às especificações e às recomendações do fabricante, a fim de utilizá-los adequadamente.

12.1.4 Escorvas

As Escorvas são explosivos sensíveis à espoleta, utilizados para iniciar os outros explosivos ou substâncias detonantes no furo. As escorvas sempre contêm um detonador. Na sua forma mais simples, consistem de um cartucho de explosivo com considerável pressão de detonação, como dinamite ou gelatina de amônio de grande força, com uma espoleta inserida no cartucho.

As escorvas preparadas contêm um núcleo sensível à espoleta ou ao cordel detonante, mas são menos sensíveis à fricção e aos choques do que os cartuchos de explosivo.

12.1.5 Reforçadores (“Boosters”)

Os Reforçadores (“Boosters”) são produtos utilizados para intensificar ou perpetuar uma reação de explosão. Podem ou não ser sensíveis à espoleta, mas não contêm detonador. Em geral, os reforçadores são usados com as substâncias detonantes e são recomendados para furos de diâmetro superior a 15cm(6in), em condições molhadas.

12.1.6 Sistemas de Iniciação

Os Sistemas de Iniciação são todos os dispositivos utilizados para iniciar a escorva. Os sistemas de iniciação podem ser elétricos ou não-elétricos.

12.1.6.1 Sistemas de Iniciação Elétricos

Os sistemas de iniciação elétricos são muito comuns e podem ser utilizados em qualquer obra em que não haja perigo de iniciação accidental causada por eletricidade estranha ao sistema. Os sistemas de iniciação elétricos consistem em uma ou várias espoletas elétricas, um circuito de ligações e uma fonte de energia elétrica.

- **Espoletas elétricas** - Espoletas elétricas são cilindros de cobre ou de alumínio de, aproximadamente, 4cm de comprimento e 0,5cm de diâmetro. A espoleta contém uma resistência elétrica coberta por uma pequena quantidade de explosivo sensível ao calor. A resistência faz ponte entre dois fios de ligação que saem das extremidades da espoleta e estão conectadas ao circuito de ligações. Quando se aplica uma corrente elétrica de intensidade apropriada, a resistência esquenta até o ponto de causar a ignição da carga sensível ao calor. Esta carga detona uma carga iniciadora na extremidade da espoleta, a qual, por sua vez, detona a escorva da carga principal no furo.

O tempo necessário para aquecer a resistência até a temperatura de ignição do explosivo depende da intensidade da corrente elétrica. Se forem ligadas várias espoletas em série, é possível que a voltagem da fonte de energia seja excedida. Nesse caso, as

espoletas da extremidade oposta do circuito elétrico poderão receber energia insuficiente para aquecer as resistências até o ponto de ignição, o que resultará numa detonação parcial dos furos da malha.

As espoletas de ação retardada são similares às espoletas elétricas padrão, mas têm um dispositivo de retardamento embutido. Este dispositivo pode ter diversos períodos, a fim de prover tempos de ignição variáveis.

Utilizam-se períodos mais longos de retardo quando é indispensável que o movimento da rocha ocorra antes da detonação do próximo furo. Esses longos retardos não devem ser usados com cordel detonante na superfície ou escorvas preparadas com retardador, devido à possibilidade de cortar o circuito de detonação.

Utilizam-se retardos curtos, ou milissegundos para controlar explosões mediante a detonação de furos numa seqüência específica.

As espoletas de retardamento são utilizadas em muitas circunstâncias, como:

- Redução da vibração do solo;
- Melhor fragmentação;
- Redução de ultra-lançamento de rocha;
- Diminuição de desmonte excessivo ou ultra-quebra ("overbreak");
- Controle da direção do desmonte da rocha;
- Fiação - São utilizados diversos tipos de fio na preparação do circuito elétrico para a detonação. Vide [Figuras 12.1, 12.2 e 12.3](#);
- A linha de tiro é o fio reutilizável que conecta a fonte de energia elétrica aos fios conectores do circuito de detonação. É composta de dois fios (condutor duplo);
- O fio conector é usado para ligar a linha de detonação aos fios de ligação das espoletas ou aos fios coletores, conforme o caso. Os fios conectores nunca devem ser reutilizados;
- O fio coletor é um fio descartável usado para ligar os fios de ligação das espoletas individuais num circuito paralelo ou, num circuito de série-paralelo, os fios de ligação nas extremidades de cada série;
- Fontes de energia - Em geral, as fontes de energia elétrica para a explosão são dispositivos de detonação do tipo gerador ou capacitor-descarga. É evidente que as redes de linhas elétricas para os diversos sistemas de distribuição de eletricidade constituem outra fonte de energia elétrica, embora não devam ser utilizadas devido à dificuldade de controlar as voltagens, o fluxo de corrente, o centelhamento e outros fenômenos elétricos que podem prejudicar a sincronização das detonações ou ocasionar negas.

Os dispositivos do tipo gerador podem ser sistemas de acionamento vertical ou de chave de girar. Existem quatro questões fundamentais associadas ao uso de um e outro sistema.

- Os terminais devem ser mantidos do lado oposto do operador;
- Os dispositivos de detonação devem ser acionados suave e vigorosamente até o fim, uma vez que a corrente só começa a fluir quando o dispositivo chega na sua posição extrema;
- Os dispositivos devem ser verificados periodicamente, já que sua capacidade se deteriora com o tempo;
- A capacidade dos dispositivos de detonação deverá ser adequada ao uso pretendido.

Os dispositivos de capacitor-descarga (CD) têm praticamente substituído os do tipo gerador, devido a sua confiabilidade, facilidade de operação e maior flexibilidade. Existem

modelos de inúmeras capacidades, alguns dos quais podem disparar mais de 1.000 espoletas num circuito de série-paralelo. Os dispositivos CD também devem ser verificados periodicamente, de modo a se garantir seu perfeito funcionamento.

Os dispositivos de detonação seqüenciais podem conter até 10 dispositivos CD e disparar até 10 circuitos separados, com 10 retardamentos diferentes. São usados principalmente para melhorar a fragmentação, reduzir a vibração do solo e atenuar o sopro de ar. Entretanto, devido a sua complexidade, só devem ser utilizados por pessoal qualificado.

12.1.6.2 Outros Sistemas de Iniciação

- Os outros sistemas de iniciação incluem espoletas não-elétricas detonadas por estopim e sistemas iniciados com cordel detonante.

Estopins e espoletas não-elétricas - As espoletas não-elétricas são similares às espoletas elétricas, pois contêm uma carga de iniciação sensível ao calor e uma carga iniciadora que dispara a escorva da carga principal no furo. Com espoletas não-elétricas, a carga de iniciação é disparada por meio de um estopim acendedor ao invés de por uma resistência elétrica. Essencialmente, o estopim consiste de um filamento de pólvora ou outro material inflamável que queima a uma velocidade constante conhecida. No Brasil, o estopim-padrão tem um tempo de queima entre 100 e 130 segundos por metro. A espoleta deverá ser fixada a um estopim de comprimento suficiente para permitir que a pessoa que o acenda tenha tempo de se abrigar em segurança.

As cargas de retardo não estão incorporadas às espoletas não-elétricas, já que o tempo exato de ignição de uma explosão não pode ser controlado com precisão. Por essa mesma razão, considerações de segurança desaconselham o uso de estopins e espoletas não-elétricas em sistemas que implicam a detonação de mais de uma espoleta. Isso não é grande desvantagem pois, mediante o uso de um sistema com cordel detonante, será possível detonar vários furos com apenas um estopim e uma espoleta não-elétrica para iniciar o cordel detonante.

Sistemas de cordel detonante - Os sistemas de cordel detonante são usados principalmente em situações em que o cabo de fogo prefere não utilizar um sistema elétrico, devido a sua susceptibilidade às interferências de fontes parasitas de eletricidade, como linhas de transmissão, rádios da faixa-do-cidadão e eletricidade estática.

O cordel detonante é constituído por um núcleo explosivo de alta velocidade, em geral PETN, envolvido em plástico. O invólucro, por sua vez, é coberto por uma combinação de produtos têxteis ou por outro material à prova d'água. Sua velocidade de detonação é de, aproximadamente, 7000 m/s e pode ser detonado mediante espoleta elétrica ou estopim e espoleta não-elétrica.

O cordel detonante é utilizado com maior frequência no desmonte a céu aberto, uma vez que, por ser impermeável, pode ser estendido sobre solo úmido sem perder sua sensibilidade. Entretanto, quando usado em condições muito úmidas, as pontas deverão ser protegidas contra a absorção d'água. Caso contrário, tornar-se-ão insensíveis à detonação pela espoleta.

Quando se utiliza cordel detonante num furo, o cordel deverá ter cerca de 75cm a mais além do furo, de modo a permitir o assentamento do cordel no furo e ainda prover comprimento suficiente para uma conexão adequada à linha-tronco.

O cordel detonante é, freqüentemente, utilizado com conectores de retardo de superfície. Existem retardos de 5, 10, 20, 30 e 50 milissegundos, que permitem o contro-

le da seqüência de detonação dos furos, da mesma maneira como é efetuado com as espoletas elétricas de retardo. Se forem utilizados conectores de retardo de superfície, o esquema de ligação dos furos por meio de um cordel detonante deverá ser projetado de forma que cada furo possa ser detonado por mais de um caminho de cordel detonante. Isso ajuda a prevenir possíveis negas causadas por interrupção do cordel.

12.1.7 Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO

A EMPREITEIRA será responsável pelo planejamento e a execução do desmonte por explosivos, mas a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que esses serviços serão prestados de acordo com as especificações e com os planos de explosivos aprovados e, ainda mais importante, com as normas de segurança pertinentes. Por isso, a FISCALIZAÇÃO deverá:

- Familiarizar-se com as especificações da obra;
- Revisar o plano de fogo da EMPREITEIRA e dar parecer relativo à sua aprovação;
- Verificar se os explosivos, os detonadores e outros produtos afins estão sendo transportados, manuseados e armazenados de acordo com as normas federais, estaduais e municipais;
- Revisar o plano de fogo diário da EMPREITEIRA e prover subsídios ao mesmo;
- Checar se os furos estão sendo perfurados, carregados e detonados de acordo com o plano de fogo e todas as normas de segurança;
- Documentar o processo de desmonte a fogo, como futura referência para projetos de desmonte por explosivos, controle de vibração, estimativas de custo, questões de administração contratual e acerto de reivindicações.

O desmonte de rocha por explosivos é uma habilidade técnica que requer longos anos de experiência. Uma vez que cada serviço de desmonte a fogo é diferente, existem diversas abordagens para qualquer determinado problema, com base na vivência do técnico encarregado do desmonte, em dados históricos ou nas medidas de segurança.

12.2 Transporte, Armazenamento e Manuseio de Explosivos Geral

O transporte, o armazenamento e o manuseio dos explosivos, das substâncias detonantes e de outros acessórios para detonação são críticos para a segurança da população, do pessoal e do equipamento da EMPREITEIRA e/ou do CLIENTE, assim como da área circunvizinha ao local do desmonte por explosivos. A FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que as rotinas de transporte, armazenamento no canteiro de obras e manuseio deste material atendem a todos os regulamentos federais, estaduais e municipais, a fim de que a obra possa ser executada com eficiência e em segurança.

Antes de permitir a entrada de explosivos no canteiro de obras, a EMPREITEIRA deverá submeter o plano de fogo à FISCALIZAÇÃO. Esse plano deverá incluir o plano proposto pela EMPREITEIRA para o transporte, o armazenamento, o manuseio e a destruição dos explosivos em mau estado durante a obra, de acordo com as normas específicas existentes para cada caso, regulados pelo R-105 do Ministério do Exército. Também deverá incluir informações acerca do tipo e da quantidade de explosivos que a EMPREITEIRA deverá utilizar durante a execução do desmonte.

12.2.2 Transporte até o Canteiro de Obras

A EMPREITEIRA será responsável pelo transporte dos explosivos de acordo com a legislação federal, estadual e municipal, assim como pela obtenção das devidas autorizações para o transporte dessa carga.

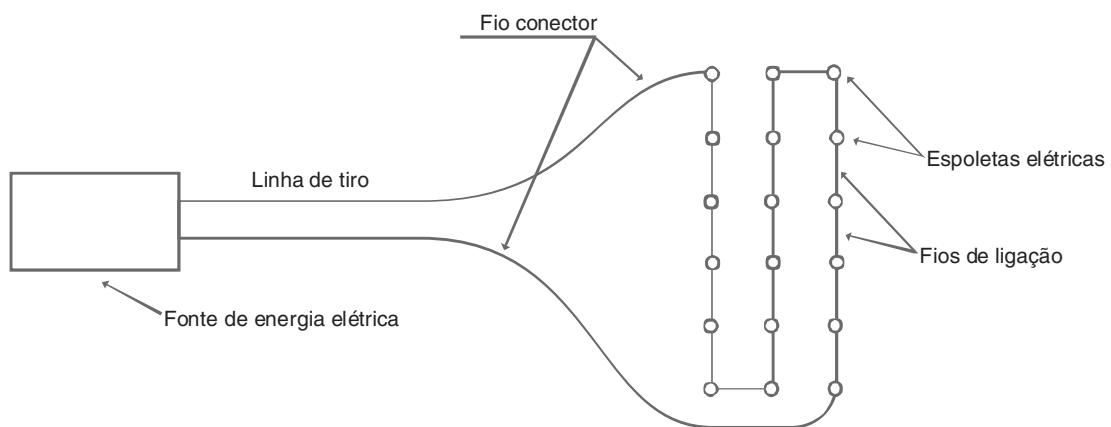


Figura 12.1 Diagrama da Fiação do Circuito em Série

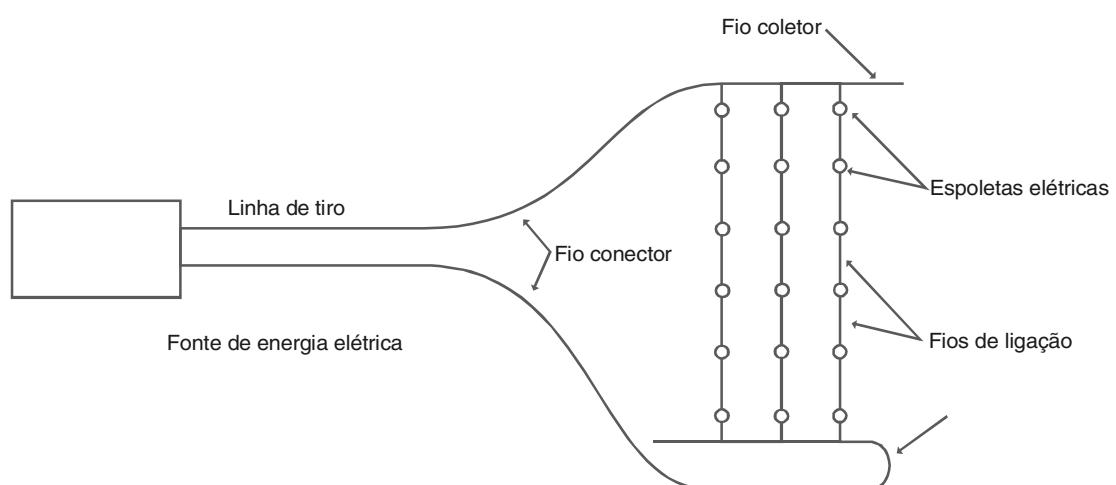


Figura 12.2 Diagrama da Fiação do Circuito em Série-Paralelo

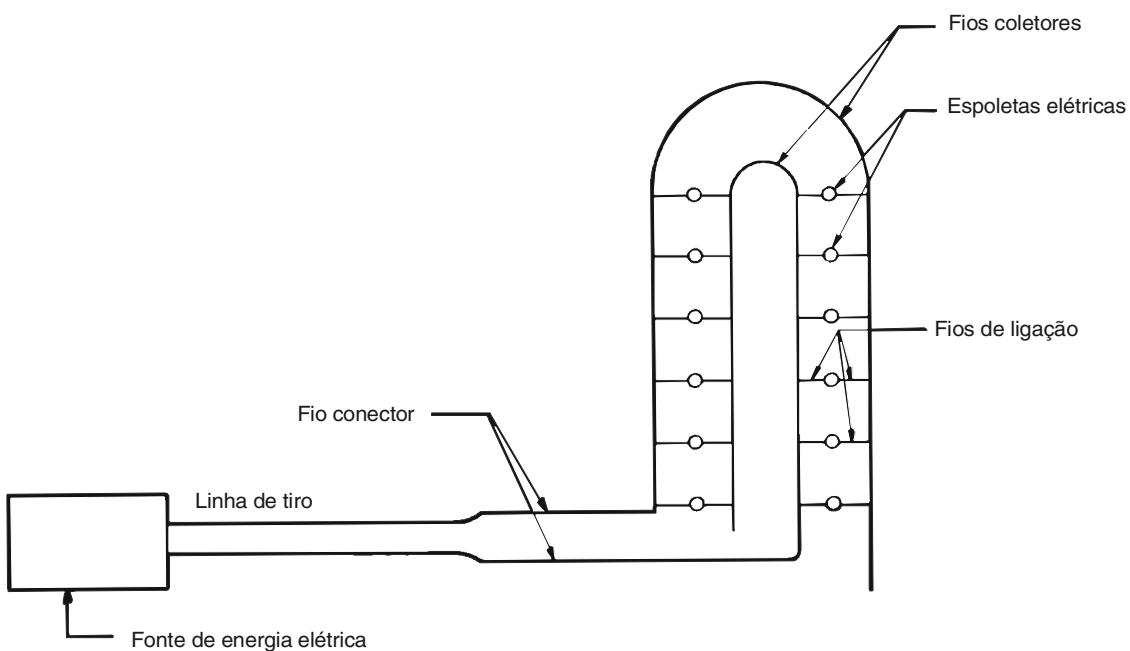


Figura 12.3 Diagrama da Fiação do Circuito em Paralelo

12.2.2.1 Normas Relativas aos Veículos

Os veículos empregados no transporte dos explosivos deverão ser inspecionados antes de cada viagem, de modo a se ter garantia de que:

- Estão em boas condições de funcionamento, incluindo os freios;
- A fiação elétrica está bem isolada e presa;
- Todos os metais que podem produzir fagulhas no compartimento de carga estão devidamente cobertos com madeira ou outro material retentor de fagulhas;
- O piso no compartimento de carga está adequadamente vedado.

Deverá estar claramente fixado em ambos os lados, na frente e na traseira do veículo um aviso com a palavra "EXPLOSIVOS", preferencialmente com letras vermelhas refletoras, com altura mínima de 10cm, sobre fundo branco.

Todo veículo utilizado no transporte dos explosivos, das espoletas ou de outros acessórios para detonação deverá estar equipado com, pelo menos, dois extintores de incêndio, de pelo menos 6kg cada um, com capacidade nominal A:B:C, para uso em qualquer tipo de incêndio.

12.2.2.2 Carregamento e Fixação de Produtos Explosivos

O carregamento e a fixação dos produtos explosivos devem ser efetuados com o maior cuidado. Os produtos explosivos não deverão ser transportados:

- Junto com as espoletas ou outros acessórios, com exceção do cordel detonante (este é o único produto que pode ser transportado no mesmo veículo com os explosivos ou com as espoletas);
- Em veículos abertos, exceto quando cobertos por lona impermeável e resistente ao fogo;

- Junto com materiais que podem produzir fagulhas ou são inflamáveis, como óleo, fósforos, armas de fogo, munições, gasolina, carbureto, ferramentas e tambores metálicos (cheios ou vazios), ou com ácidos ou outras substâncias corrosivas ou oxidantes.

A carga dos veículos de transporte dos produtos explosivos não deverá exceder o peso nominal bruto do veículo. Além disso, todos os produtos explosivos deverão ser arrumados e amarrados adequadamente, de modo a evitar seu deslocamento durante a viagem.

12.2.2.3 Operação do Veículo

- Os veículos de transporte de explosivos e acessórios de detonação deverão ser dirigidos com o máximo cuidado. O motorista deverá respeitar todos os regulamentos de trânsito e não deverá exceder os limites de velocidade estabelecidos pelas autoridades. O motorista não deverá ser viciado em drogas ou álcool; deverá estar devidamente habilitado e em boas condições físicas, ser competente e capacitado a ler com compreensão;
- Durante o transporte dos explosivos, nem os motoristas nem os seus ajudantes deverão utilizar ou portar (na sua pessoa ou no veículo), fósforos, isqueiros, armas de fogo, munição ou outros dispositivos que produzam chamas. Não será permitido fumar a menos de 30m do veículo. Os motoristas não deverão deixar o veículo desacompanhados ou estacioná-lo em postos de gasolina ou em áreas públicas populosas. Não deverão abastecer os veículos, salvo em emergências, nem dar carona. Apenas o motorista e o ajudante autorizados poderão viajar no veículo;
- Os explosivos não deverão ser transportados durante tormentas, quando estiver relampejando ou trovando.

12.2.3 Armazenamento de Produtos Explosivos

Os produtos explosivos deverão ser armazenados num pailô adequadamente construído, tão logo cheguem ao canteiro de obras, de modo a evitar roubos, deterioração ou detonação acidental. A principal consideração no armazenamento de produtos explosivos é a segurança. Por lei, a construção de um pailô requer atendimento a normas de segurança. O Serviço de FISCALIZAÇÃO de Produtos Controlados e as autoridades militares regionais têm jurisdição sobre estas questões e estabelecem requisitos quanto à localização, às dimensões, às quantidades de produtos explosivos que podem ser armazenadas e à construção do pailô.

12.2.3.1 Construção do Pailô

- Os requisitos relativos à construção do pailô estão relacionados a seguir:
 - ▶ O piso deverá ser de concreto com acabamento por desempenadeira, coberto com uma plataforma de madeira levantada. A superfície da plataforma deverá ser construída em machos e fêmeas. A espessura mínima da plataforma deverá ser de 2,5cm;
 - ▶ As paredes deverão ser de alvenaria de tijolos, com espessura mínima de 20cm. As alvenarias ocas deverão ser preenchidas com areia bem compactada. Será indispensável ventilação cruzada, obtida por meio de aberturas dotadas de tela, localizadas perto dos algorizes, como proteção contra a intempéria;
 - ▶ Deverá haver uma porta de duas lâminas, que abra para fora, fabricada com duas chapas de compensado de madeira dura de, pelo menos, 22mm de espessura. As ferragens da porta deverão ser de boa qualidade, incluindo a fechadura ou o cadeado;
 - ▶ O teto deverá ser coberto de telhas;

- ▶ Recomenda-se que as paredes externas sejam revestidas de tinta à base de alumínio ou tinta branca;
- ▶ O piaol não terá qualquer instalação elétrica;
- ▶ As dimensões do piaol deverão estar de acordo com as normas traçadas pelas autoridades para a quantidade de explosivo a ser armazenada;
- ▶ O piaol deverá ser dotado de um extintor de fogo apropriado, do tipo combinado (A:B:C) e de um pára-raios, quando exigido pelas autoridades;
- ▶ O piaol deverá ser devidamente cercado, com cerca de arame farpado, localizada a, pelo menos, 5m da edificação. A cerca terá, no mínimo, 2m de altura, e o espaçamento entre fios será de 20cm. Deverá ter um bom portão, com cadeado forte;
- ▶ O acesso da estrada ao piaol deverá ser fácil. Todos os acessos deverão estar devidamente sinalizados, com avisos de "AFASTE-SE - PERIGO - EXPLOSIVOS". Toda a área em torno do piaol também deverá ser igualmente sinalizada;
- ▶ A área deverá estar permanentemente sob guarda.

12.2.3.2 Localização do Piaol

A principal consideração ao escolher a localização do piaol é sua distância de estradas, ferrovias e áreas habitadas, incluindo o canteiro de obras e o acampamento da EMPREITEIRA. As autoridades possuem tabelas com as distâncias mínimas a serem observadas, as quais contemplam os tipos e as quantidades de explosivos a serem armazenados e a barricada em torno do piaol. A distância mínima entre piaóis também é determinada.

Além disso, o piaol deverá estar localizado a, pelo menos, 45m do sistema de distribuição de energia elétrica mais próximo. O terreno em torno do piaol deverá ser firme e seco, com declive suficiente para permitir uma boa drenagem da área. A área deverá ser limpa de qualquer vegetação ou material combustível, até uma distância mínima de 20m do piaol.

12.2.3.3 Barricadas

As barricadas são um meio de separar o piaol das áreas habitadas, de outros piaóis, das estradas e das ferrovias. O piaol deverá ter barricada se, devido à falta de espaço no canteiro de obras, não for possível manter-se a distância ideal de segurança prescrita nos regulamentos de segurança, estabelecidos pelas autoridades.

As barricadas podem ser naturais ou artificiais. As barricadas artificiais podem ser um monte de terra ou um muro de sacos de areia, terra, pedra ou concreto, de pelo menos um metro de espessura. As barricadas naturais incluem características fisiográficas, como elevações naturais do terreno em volta de uma depressão, ou bosques suficientemente densos para impedir a visão de prédios, estradas ou vias de acesso, de alguém situado no piaol, mesmo quando as árvores se encontram desfolhadas.

As barricadas deverão ser suficientemente altas para obstruir uma linha traçada a partir da extremidade superior de qualquer parede lateral do piaol até a linha do telhado de um prédio que deve ser protegido, ou até um ponto dois metros acima do centro de estrada vizinha e, pelo menos, três metros acima do centro de ferrovia próxima.

12.2.3.4 Armazenamento de Produtos Explosivos

- No armazenamento de produtos explosivos no piaol, deverão ser observados os princípios relacionados a seguir:
 - ▶ O piaol deverá ser mantido limpo, seco e bem ventilado;

- ▶ Os pacotes deverão ser armazenados na sua embalagem original e empilhados em camadas superpostas, deitadas com a parte superior para cima. As camadas de caixas deverão ser arrumadas num padrão em que as caixas não se toquem, a fim de permitir adequada ventilação entre as caixas e em torno delas. O padrão de empilhamento deverá ser alternado nas camadas sucessivas, de modo que cada caixa seja sustentada por duas ou mais caixas e não colocada diretamente sobre apenas uma caixa em alinhamento com ela. A altura máxima de empilhamento de caixas de explosivos não deverá exceder oito camadas;
- ▶ Os produtos explosivos deverão ser arrumados por tipos e marcas e de forma que o tipo e a marca fique claramente visível;
- ▶ Os produtos explosivos deverão ser armazenados de modo que sejam fáceis de contar;
- ▶ Não deverá haver caixas vazias no pátio; qualquer embalagem vazia deverá ser removida e apropriadamente destruída;
- ▶ Quaisquer dispositivos de detonação, incluindo as espoletas e os iniciadores de detonação não poderão ser armazenados junto a outros produtos explosivos. O pátio para detonadores deverá estar localizado à distância de segurança exigida dos pátios que contêm explosivos;
- ▶ Os pátios não deverão ser utilizados para armazenar qualquer outro material além de produtos explosivos;
- ▶ O pátio não poderá possuir iluminação elétrica. A única iluminação interna deverá ser com lampiões de segurança ou lanternas de pilha seca;
- ▶ As caixas deverão ser examinadas com frequência. Qualquer caixa que apresentar danos, exsudação ou outro sinal de deterioração deverá ser imediatamente removida do pátio e destruída junto com seu conteúdo. Só pessoal experiente deverá destruir explosivos deteriorados; nenhuma outra pessoa poderá permanecer na área durante a destruição deste material;
- ▶ Os pátios deverão permanecer sempre devidamente trancados. A EMPREITEIRA deverá manter um inventário dos explosivos armazenados, o qual deverá ser atualizado diariamente, à medida que o material for retirado do pátio ou substituído.

12.2.4 Manuseio de Produtos Explosivos

Ao retirar produtos explosivos do pátio, o estoque mais antigo deverá ser utilizado primeiro, e só a quantidade de explosivo requerida para uso imediato deverá ser removida. Nenhum pacote deverá ser aberto, desembrulhado ou reembrulhado dentro do pátio. Os pacotes deverão ser removidos para uma área localizada a, pelo menos, 15m do pátio e de outros explosivos. Os pacotes vazios deverão ser imediatamente queimados ou destruídos, conforme as recomendações do fabricante.

Os pacotes de explosivos deverão ser abertos com ferramentas de material antifagulha. A única exceção é o cortador de caixas de papelão. Na abertura de engradados de madeira, deverá ser utilizada uma cunha de madeira e um martelo de madeira, borracha ou fibra. As caixas abertas deverão ser devidamente fechadas antes de retornar ao pátio. Não poderá haver qualquer explosivo ou espoleta solta, fora do seu pacote dentro do pátio.

Os explosivos deverão ser manuseados com cuidado e não deverão cair, escorregar ou ser jogados. Os detonadores deverão ser carregados em caixas separadas dos explosivos. Não deverão ser levados dentro do bolso. Se não estiverem dentro da embalagem provida pelo fabricante, os detonadores deverão ser carregados em caixas especialmente projetadas, fabricadas com material anti-fagulha.

Não será permitido fumar num raio de 30m do paiol e não serão permitidos fogos ou chamas de qualquer tipo, incluindo o disparo de armas de fogo, a distância inferior a 150m do paiol.

Os explosivos não deverão ser manuseados durante mau tempo, quando há a possibilidade de descargas elétricas. Em tempo inclemente, qualquer manuseio de explosivos deverá cessar, a área deverá ser desimpedida e os guardas deverão ficar a postos, até que o perigo tenha passado.

Se o piso do paiol ficar manchado de nitroglicerina, deverá ser esfregado com escova de cerdas duras e uma solução recém-preparada contendo 1,5 litros de água, 3,5 litros de álcool, 1,0 litros de acetona e 500g de sulfeto de sódio (60% comercial). O sulfeto de sódio deverá ser dissolvido na água antes de acrescentar-se o álcool e a acetona. A solução deverá ser generosamente espalhada pelo piso, a fim de garantir-se a completa dissolução da nitroglycerina.

Qualquer material que não explodiu devido à nega deverá ser removido para um paiol separado, onde será armazenado até que a EMPREITEIRA, em consulta com a FISCALIZAÇÃO, tenha determinado um método aceitável de destruição e procedido a sua destruição. Nenhum explosivo proveniente de nega poderá ser reutilizado.

12.3 Seleção do Produto Explosivo 12.3.1 Geral

As principais considerações na seleção do produto explosivo a ser utilizado num determinado serviço de desmonte a fogo são a segurança, o custo e o produto final desejado.

Embora muitos explosivos e agentes detonantes possam ser adequados para um determinado serviço, alguns podem fazer o serviço por um custo total mais baixo do que outros. Entretanto, TODOS OS ACIDENTES SÃO CAROS! A FISCALIZAÇÃO não é responsável pela seleção dos explosivos, mas sim por assegurar-se de que o produto selecionado está sendo utilizado de maneira adequada e segura. A FISCALIZAÇÃO deverá estar familiarizada com os diversos fatores intervenientes na seleção dos explosivos e como esses fatores se aplicam à segurança do serviço a ser executado.

12.3.2 Fatores que Influenciam a Escolha dos Produtos Explosivos 12.3.2.1 Custo do Produto Explosivo

O custo do produto explosivo é a consideração mais evidente na sua seleção, embora outros custos devam ser também levados em conta, além do custo do material básico.

Em termos de custo, o ANFO é o produto menos dispendioso. Apresenta outras vantagens, uma vez que, como agente detonante, o ANFO não requer instalações de armazenamento tão rigorosas quanto outros produtos altamente explosivos. Pode ser carregado a granel, mas, devido à sua baixa sensibilidade, pode exigir um reforçador ("booster") para se obter a detonação total da carga. Além disso, poderá ser necessário um espaçamento menor entre os furos, a fim de se conseguir fragmentação adequada da rocha. Ambos os requisitos implicam aumento de custo. Acrescente-se que o ANFO, quando úmido, perde sua sensibilidade e produz gases tóxicos. É possível reduzir a probabilidade de o ANFO ficar molhado, comprando-se o produto em sacos impermeáveis ou colocando um revestimento impermeável em cada furo, mas isso também implica aumento significativo de custos.

As espoletas não-elétricas e os estopins são também relativamente econômicos quando comparados às espoletas elétricas, mas o custo do sistema de cordel detonante deve ser considerado no caso da detonação de múltiplos furos.

12.3.2.2 Diâmetro da Carga

O diâmetro da carga é um fator na seleção dos produtos explosivos, uma vez que afeta a eficiência de alguns produtos. Por exemplo, o ANFO é menos eficiente e, salvo quando carregado pneumáticamente, não deve ser utilizado em furos de diâmetro inferior a 5cm(2in). Quando carregado a granel, pode negar detonação. Em geral, os explosivos em cartuchos são usados em furos de pequeno diâmetro. Os agentes detonantes, como o ANFO, são mais utilizados em furos secos superiores a 5cm(2in).

A determinação do diâmetro de carga ótimo baseia-se nos seguintes fatores:

- A quantidade e o tipo de rocha a ser desmontada;
- O grau de fragmentação desejada;
- As limitações impostas nas especificações.

12.3.2.3 Custo da Perfuração

A perfuração é um processo dispendioso. Leva tempo e causa considerável desgaste no equipamento. O custo de substituição das coroas é fator determinante na seleção do explosivo, em especial quando a perfuração é efetuada em rocha dura, densa ou abrasiva. Nesses casos, a EMPREITEIRA poderá selecionar um explosivo mais denso, num número menor de furos, de diâmetro maior. O aumento do custo do explosivo poderá ser compensado pela redução do custo de perfuração.

Quando os custos de perfuração são extremamente altos, a EMPREITEIRA poderá determinar o uso de ANFO aluminizado ou de uma lama ("slurry") aluminizada de grande potência. Para furos menores, uma gelatina de dinamite poderá ser preferível.

12.3.2.4 Dificuldades de Fragmentação

A fragmentação é um problema comum na perfuração de rocha dura e densa. Neste caso, a EMPREITEIRA poderá selecionar produtos de maior densidade, como aqueles descritos em relação à diminuição de custos.

Ao considerar lamas ("slurries") aluminizadas de alta potência ou géis aquosos, a EMPREITEIRA deverá consultar o representante do fabricante antes de selecionar o produto.

12.3.2.5 Condições de Umidade

Se a EMPREITEIRA se defrontar com água na perfuração, deverá selecionar um produto que mantenha sua sensibilidade quando úmido, ou utilizar produtos em cartuchos, revestimento nos furos ou comprar e utilizar produto a granel, embalado em sacos impermeáveis.

Qualquer que seja a decisão tomada, é muito importante planejar e executar o desmonte a fogo cuidadosamente. Os produtos com baixa sensibilidade, quando molhados, podem falhar, causando atrasos na obra e despesas adicionais relativas à perigosa recuperação e destruição dos explosivos. Outros produtos podem manter sua sensibilidade, mas produzem gases tóxicos quando iniciados em condições úmidas.

As lamas ("slurries") são uma boa escolha para condições úmidas, uma vez que retêm sua sensibilidade e podem ser carregadas a granel, de modo a compensar seu custo inicial mais elevado. Para desmonte por explosivos com furos de pequeno diâmetro, a seleção poderá recair nas gelatinas de dinamite. São mais resistentes à água e mais confiáveis do que as dinamites granuladas.

12.3.2.6 Indução

A indução é uma condição na qual as ondas de choque resultantes da detonação do furo inicial se deslocam até o furo adjacente e iniciam sua detonação. A indução raramente ocorre nos desmontes a céu aberto com afastamento longo e grande espaçamento entre furos.

A indução pode anular o efeito dos retardos e prejudicar as intenções do projeto de desmonte. Os resultados da indução podem variar de fragmentação deficiente à nega do explosivo. Outras indicações de indução incluem excessos de:

- Vibração do solo;
- Sopro de ar;
- Ultra-lançamento de rocha;
- Ultra-quebra (“overbreak”).

A indução é mais comum nas operações que envolvem furos de pequeno diâmetro, uma vez que o espaçamento entre os furos é menor.

Ao se defrontar com indução, talvez será preciso utilizar um produto menos sensível.

12.3.2.7 Armazenamento

O armazenamento de produtos explosivos é uma operação dispendiosa para a EMPREITEIRA. Uma vez que quantidades diferentes e certos tipos de produtos explosivos exigem armazenamento e controle mais rigoroso do que outros, o armazenamento constitui um fator de seleção do produto a ser empregado.

12.3.2.8 Sensibilidade

O grau de sensibilidade do produto explosivo selecionado requer um equilíbrio entre a confiabilidade do produto e o risco de detonação accidental causada por choque mecânico, sopro, vibração ou eletricidade estática. As lamas (“slurries”) e os agentes detonantes secos são menos sensíveis à detonação accidental do que os explosivos à base de nitroglicerina. Entretanto, as substâncias detonantes secas, como o ANFO, são menos confiáveis sob certas circunstâncias, conforme discutido anteriormente.

12.4 Interpretação dos Planos de Fogo Geral

No desmonte por explosivos, é preciso planejar cuidadosamente antes de furar, carregar e detonar qualquer carga. A EMPREITEIRA deverá preparar um plano conceitual de fogos para o desmonte como um todo e planos de fogo individuais para cada fogo. Esses planos deverão ser submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO antes de se iniciar o processo de desmonte por explosivos. É importante que a FISCALIZAÇÃO interprete e compreenda o propósito da EMPREITEIRA para cada fogo, de modo a assegurar-se de que estão sendo utilizadas técnicas adequadas e que cada fogo obedece aos planos de fogo individuais.

12.4.2 Terminologia

Os termos relacionados a seguir são amplamente utilizados nas operações de desmonte de rochas e encontram-se ilustrados na [Figura 12.4](#).

- Bancada - Forma dada à massa de rocha após fogos sucessivos, composta de topo, face e praça. Em geral, o grau de inclinação da face em relação à vertical varia entre 10 e 20 graus;

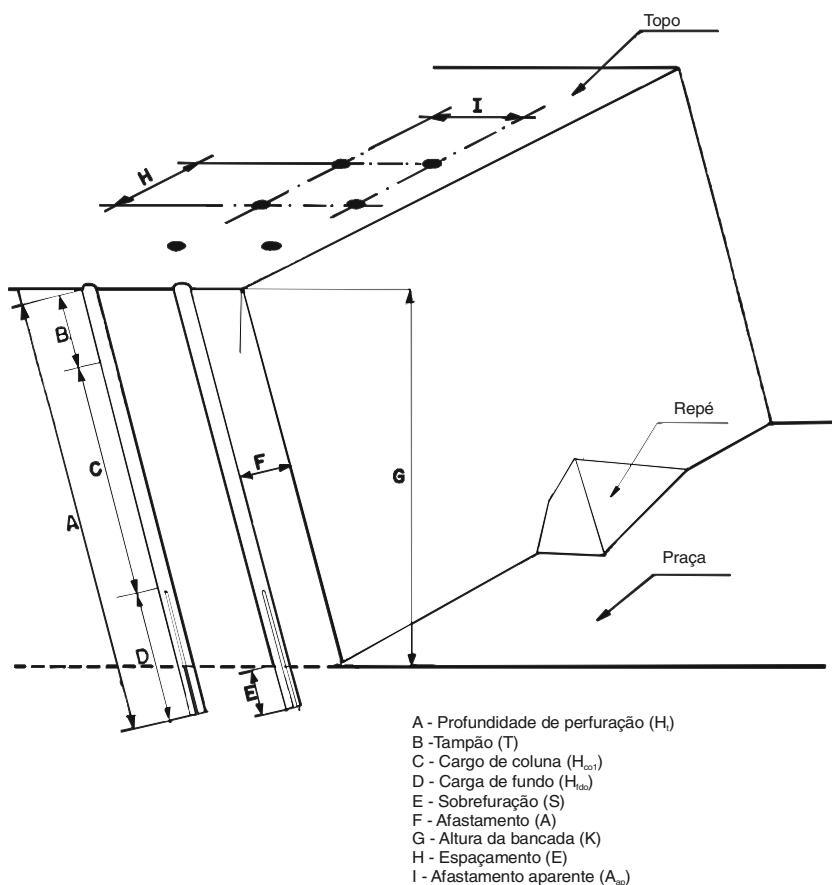
- Altura da bancada - Distância vertical entre a praça e o topo da bancada;
- Afastamento - Distância de um furo até a face livre mais próxima, no instante da detonação. Em detonações enfileiradas múltiplas, o afastamento do furo não será necessariamente medido na direção da superfície livre original, mas até a superfície livre mais próxima resultante dos furos detonados em esperas mais curtas;
- Espaçamento - Distância entre furos de uma mesma fileira;
- Sobrefureração - Comprimento perfurado abaixo da elevação da praça da bancada;
- Profundidade do furo - Comprimento longitudinal total do furo, incluindo a sobrefureração;
- Carga de fundo - Carga explosiva no fundo do furo onde a rocha é mais confinada. Pode ser constituída por um explosivo mais potente ou mais denso do que no restante do furo;
- Carga de coluna - Carga explosiva no restante do furo, acima da carga de fundo. Não se estende até o topo do furo;
- Diâmetro da Carga - Nas cargas a granel, o diâmetro da carga é igual ao diâmetro do furo. No caso de cartuchos socados, o diâmetro da carga situa-se entre o diâmetro do cartucho e o do furo, dependendo do grau do socamento. Nos cartuchos não socados, o diâmetro da carga é igual ao do cartucho;
- Tampão - Parte superior do furo, acima da carga de coluna, a qual é enchida com material inerte, como areia, resíduos provenientes da perfuração ou outro material do tipo solo;
- Carga convés - Quando a coluna de explosivo é dividida em duas ou mais partes, colocando-se um tampão (um convés) num local do furo (por exemplo, para selar uma zona de material incompetente), a parte da coluna explosiva acima do tampão é denominada carga convés. Cada carga convés deverá ter sua própria escorva;
- Boca do furo - Abertura do furo;
- Distância da boca do furo - Comprimento do tampão;
- Razão de carregamento ou carga específica - Quantidade de explosivo utilizada para desmontar um determinado volume unitário de rocha. Em geral, é expressa em gramas ou quilogramas de explosivo por metro cúbico de rocha a ser desmontada;
- Espera - Série de furos que são detonados simultaneamente, em geral milissegundos antes ou depois da detonação de outros grupos de furos (outras esferas);
- Retardo - É o intervalo entre a detonação de esperas sucessivas (grupos de furos);
- Repé - A porção de rocha no pé da face da bancada, a qual não foi desmontada pela detonação;
- Nega - Carga, ou parte de uma carga, que, por alguma razão, deixou de explodir conforme planejado. As negas são sempre perigosas;
- Detonação retardada - Detonação de uma carga de explosivo após o tempo planejado, excluído do tempo de esperas. Uma causa de acidentes graves.

12.4.3 Fatores que Afetam os Projetos de Desmonte

A EMPREITEIRA deverá projetar cada explosão. Para tanto, deverá considerar os fatores geológicos e geométricos com as diversas variáveis, a fim de determinar a melhor abordagem para cada fogo. Embora os projetos de desmonte não sejam necessários, a EMPREITEIRA poderá, mediante uma ponderação dos vários fatores intervenientes, desenvolver um plano que seja tanto eficaz como eficiente.

Durante todo o processo de elaboração do projeto de desmonte, a EMPREITEIRA deverá levar em consideração dois princípios básicos:

- Os explosivos são mais eficientes quando existe uma face livre aproximadamente paralela à coluna de explosivo, no momento da iniciação;
- Deverá haver espaço suficiente para o deslocamento da rocha.

**Figura 12.4****TERMOS DE DESMONTE**

12.4.3.1 Determinação das Propriedades das Massas Rochosas

Antes de considerar as diversas variáveis que afetam o desmonte de rochas, a EMPREITEIRA deverá colher o máximo possível de informações acerca das propriedades da própria rocha. A fim de evitar surpresas dispendiosas após o fogo, a EMPREITEIRA deverá utilizar os dados disponíveis para tentar identificar:

- A densidade e a resistência mecânica da rocha;
- Os vazios e as zonas incompetentes;
- Qualquer fraqueza que possa afetar o desmonte, incluindo fraturas de ligação e acamamentos (descontinuidade estruturais).

Muitas destas informações poderão constar das especificações ou ser obtidas ao se perfurar para a colocação das cargas. O perfurador deverá anotar cuidadosamente, no diário de perfuração, as informações relacionadas a seguir:

- Penetração vagarosa ou barulho excessivo da coroa - que indicam rocha densa, dura e resistente;
- Penetração rápida ou pouco barulho da coroa - que indica rocha mais branda;
- Pouca resistência durante a penetração - um sinal de que a coroa atingiu um vazio;
- Poucos resíduos ou ausência de água de retorno - indicador de planos de acamamento abertos, fraturas ou cavidades;
- Mudanças na cor ou na natureza dos resíduos de perfuração - que indica a localização de camadas na formação da rocha.

Os resíduos podem ser examinados para se obter um quadro mais completo da rocha subjacente. Estas características geológicas podem afetar consideravelmente o projeto de desmonte por explosivos.

12.4.3.2 Densidade e Dureza da Rocha

A densidade da rocha é fator importante na determinação da quantidade de explosivo que será necessário para se conseguir um determinado grau de fragmentação. Em geral, as rochas densas requerem uma carga específica (razão de carregamento) maior do que as rochas menos densas.

A natureza da rocha subjacente afeta o projeto de desmonte, em especial no caso da rocha dura. No desmonte de rochas, qualquer erro de juízo pode ser dispendioso. Uma carga inferior à necessária, no caso da rocha dura, resultará numa pilha de material desagregado compactado, o qual será difícil de deslocar. Demasiado explosivo resultará em ultra-lançamentos de rocha e sopro de ar excessivos, assim como danos às superfícies da escavação.

12.4.3.3 Vazios e Zonas de Fraqueza

A identificação dos vazios e de outras zonas incompetentes (zonas de fraqueza), como intercalações de argila e falhas, é crítica para o sucesso das operações de fogo. Uma vez que a energia da explosão busca o caminho de menor resistência, utilizará essas zonas de fraqueza como escape, e uma boa parte da energia explosiva será perdida. Dentre os resultados possíveis de uma explosão na presença de zonas incompetentes destacam-se a má fragmentação da rocha e sopros de ar e ultra-lançamentos de rocha.

Também ocorrem problemas quando são constatados vazios insuspeitados. Se o vazio for preenchido com explosivo, o furo terá uma carga excessiva e o resultado será uma detonação de grande impacto, com sopro de ar, provocando ultra-lançamento.

12.4.3.4 Fraturamento

A identificação das fraturas é fator importante para se conseguir uma boa fragmentação e um perímetro de escavação estável, em especial quando as fraturas estão muito espaçadas. A não-identificação dessas fraturas muito espaçadas poderá resultar em material desagregado em blocos e num aumento de custos de carga, transporte e britagem da pedra.

Os sistemas de fraturamento produzem ângulos na formação rochosa denominados cantos abertos (superiores a 90 graus) ou fechados (inferiores a 90 graus). Sempre que possível, esses cantos deverão ser identificados, e o fogo projetado de maneira que os cantos abertos sejam detonados inicialmente, com retardadores adequados nos cantos fechados. Essa técnica proporciona condições mais estáveis após o fogo e impede o desmonte da rocha atrás da última fileira de furos. As malhas de perfuração deverão ser projetadas para tirar o maior proveito possível dos planos dos sistemas de fraturamento.

12.4.3.5 Acamamento

O Acamamento é a denominação das camadas de rocha sedimentar ao longo das quais a rocha pode, algumas vezes, ser facilmente separada. A presença do acamamento afeta tanto a fragmentação da rocha quanto o perímetro de escavação. Quando planos do material fraco são identificados, a EMPREITEIRA deve tratá-los como zonas incompetentes e utilizar tampão através das camadas.

Quando for identificada uma camada dura próximo à parte superior do furo, a EMPREITEIRA terá duas opções:

- Colocar um tampão (convés) na carga da coluna num ponto logo abaixo da camada e uma carga convés, acima do tampão. A seguir, a carga convés deverá ser detonada no mesmo retardo ou num retardo após a carga da coluna primária; a carga convés deverá ser tratada como uma carga separada, a fim de garantir a iniciação;
- Fazer furos mais curtos, de diâmetro menor (denominados furos secundários), entre os furos principais. Em geral, esses furos são iniciados um retardo após a carga principal.

12.4.4 Variáveis no Projeto de Desmonte

12.4.4.1 Geral

Existem algumas variáveis que afetam o plano de fogo de rochas e das quais a EMPREITEIRA poderá beneficiar-se ao projetar os fogos. Destacam-se as seguintes:

- Diâmetro do furo;
- Afastamento - distância entre o furo e a face livre mais próxima -, no momento da detonação;
- Profundidade do furo, incluindo a sobrefurada;
- Espaçamento entre furos;
- Comprimento do tampão.

As dimensões do furo são a primeira consideração em qualquer projeto de desmonte. Seu diâmetro, assim como o tipo de explosivo utilizado e o tipo de rocha a ser desmontada, determinam o afastamento. Todas as outras dimensões do desmonte são função do afastamento. As diretrizes relacionadas a seguir ilustram as relações entre as diversas variáveis.

- Em geral, o afastamento deverá ser, aproximadamente, 25 a 30 vezes o diâmetro da carga;
- A profundidade do furo deverá ser cerca de 1,5 a 4,0 vezes o afastamento;
- A sobrefurada deverá ser, aproximadamente, 30% do afastamento;
- O espaçamento entre furos deverá ser, aproximadamente, duas vezes o afastamento;
- O tampão deverá ser 0,7 a 1,0 vez o afastamento;
- Se for utilizado um explosivo mais denso na carga de fundo do que na carga de coluna, a altura da carga de fundo deverá ser, aproximadamente, 1,3 vez o afastamento.

12.4.4.2 Diâmetro do Furo

Os diâmetros de furo mais práticos nos desmontes a fogo superficiais de rochas variam de 5cm a 6cm(2in a 6in). Em geral, os furos de grandes diâmetros requerem custos menores de perfuração e de fogo, uma vez que sua perfuração é menos dispendiosa por unidade de volume e que podem ser utilizados agentes detonantes mais baratos, com baixa sensibilidade. Entretanto, esses grandes furos também resultam em maiores afastamentos, espaçamentos e comprimento de tampão, o que ocasiona fragmentação mais grossa. O material fragmentado estará em blocos de tamanhos não-uniformes, aumentando os custos relativos ao carreto e à britagem, e podem até exigir desmonte secundário. Além disso, o desmonte no pé da face da bancada poderá ser insuficiente (repé). Por outra parte, os furos de diâmetros pequenos requerem custos mais altos de perfuração e fogo. São mais dispendiosos de furar por unidade de volume, os explosivos em geral utilizados nestes pequenos furos são mais caros e o custo total dos detonadores será mais alto. Entretanto, a fragmentação será mais fina e mais uniforme, reduzindo, desta forma, os custos de carga, transporte e britagem. Minimiza-se também a necessidade de

desmonte secundário e de repé. As dimensões do equipamento, o processo subsequente para o material de desmonte e os fatores econômicos determinam o tipo de fragmentação exigida e, portanto, as dimensões dos furos utilizados.

A estrutura geológica é também fator determinante do diâmetro dos furos. Os planos de fraqueza, como fraturamento e acamamento, ou as zonas de rocha branda, incompetente, tendem a isolar grandes blocos de rocha na massa rochosa que está sendo desmontada. Se o afastamento e o espaçamento entre furos for considerável, os blocos podem cair inteiros. Uma malha de fogo com furos menos espaçados produzirá melhor fragmentação.

Perto de áreas habitadas, ocorrem, com frequência, problemas ambientais, como sopro de ar e ultra-lançamentos de rocha, como resultado de comprimento do tampão insuficiente acima da carga de explosivo. À medida que o diâmetro do furo aumenta, o comprimento de tampão necessário à prevenção de impacto excessivo também aumenta. A razão comprimento do tampão (distância da boca do furo): diâmetro do furo necessário à prevenção de grande impacto varia de 14:1 a 28:1, dependendo das densidades relativas dos explosivos e da rocha, das condições estruturais da rocha, do tipo de material usado no tampão e do ponto de iniciação. Uma carga iniciada na parte superior requer um comprimento de tampão (distância da boca do furo) maior do aquela iniciada na parte inferior. Conforme aumenta o comprimento do tampão (distância da boca do furo), a distribuição do explosivo piora, provocando pouca fragmentação da rocha na parte superior da bancada.

A vibração do terreno é controlada reduzindo-se a quantidade do explosivo detonado, por intervalo de espera. Isso pode ser efetuado mais facilmente com os furos pequenos do que com os grandes. Se forem utilizados furos de grandes diâmetros perto de áreas habitadas, será necessário usar várias cargas convés retardadas dentro de cada furo, a fim de controlar a vibração.

12.4.4.3 Profundidade do Furo

As razões profundidade: afastamento dos furos deverão situar-se entre 1,5 e 4,0. Os furos com profundidade inferior a 1,5 vez o afastamento causam vibração excessiva do terreno e fragmentação grossa e desigual, devido ao formato curto e grosso da massa rochosa que está sendo desmontada. Se as condições operacionais exigirem uma razão inferior a 1,5, a escorva deverá ser colocada no pé da face da bancada, a fim de assegurar confinamento máximo. A colocação da escorva na sobreperfuração pode causar maior vibração do terreno. Se for necessário usar uma razão profundidade: afastamento inferior a 1,5, considerar-se-á um aumento na altura da bancada ou o uso de furos de diâmetro menor.

As profundidades de furo superiores a quatro vezes o afastamento também são pouco recomendadas. Quanto maior o furo, em relação ao seu diâmetro, maior a margem de erro na sua localização a nível do pé da bancada, que constitui a parte mais crítica da detonação, causando um desmonte inadequadamente controlado. Em alguns casos, observou-se que furos longos e finos podem interseptar-se.

No que diz respeito à fragmentação, não há qualquer vantagem em alturas de bancada superiores a quatro vezes o afastamento. As bancadas menores provocam desmontes mais eficientes, menores custos de perfuração e menos probabilidade de interrupção do sistema de iniciação, além de serem mais seguras, do ponto de vista da operação do equipamento. Se for impraticável diminuir a altura da bancada, os furos e o afastamento deverão ser maiores, o que efetivamente reduz a razão profundidade: afastamento.

Um dos principais problemas das cargas longas e de pequeno diâmetro é o maior potencial de interrupção da coluna de explosivo. Se for necessário utilizar planos de fogo com grandes razões profundidade: afastamento, utilizar-se-ão escorvas múltiplas, como garantia contra qualquer interrupção.

12.4.4.4 Afastamento

O afastamento apropriado será calculado com base no diâmetro da carga, nas densidades da rocha e do explosivo e no comprimento do furo. Um afastamento insuficiente causa sopro de ar e ultra-lançamentos de rocha excessivos, enquanto um afastamento demasiado grande produz fragmentação inadequada, problemas de repé e vibração excessiva do solo.

O tamanho do afastamento é, principalmente, função do diâmetro da carga. Nas cargas a granel, o diâmetro da carga é igual ao diâmetro do furo. No caso de cartuchos socados, o diâmetro da carga situa-se entre o diâmetro do cartucho e o do furo, dependendo do grau de socamento. Nos cartuchos não socados, o diâmetro da carga é igual ao do cartucho. O afastamento normal nos desmontes com ANFO ou outros agentes detonantes de baixa densidade (cerca de $0,85\text{g/cm}^3$) é, aproximadamente, 25 vezes o diâmetro da carga. Se forem utilizados produtos com densidades maiores, como as lamas ("slurries") ou as dinamites, cujas densidades são de cerca de $1,2\text{g/cm}^3$, o afastamento normal será, aproximadamente, 30 vezes o diâmetro da carga. Estes valores não são precisos e devem ser ajustados de acordo com os resultados de campo. Só ocasionalmente poderá a razão afastamento: diâmetro da carga ser inferior a 20 ou superior a 40, mesmo em casos extremos.

A flexão da massa rochosa desempenha importante papel na sua fragmentação. Uma fatia rochosa relativamente longa e fina flexiona e, portanto, quebra mais facilmente do que uma curta e rígida. Conseqüentemente, deverão ser utilizadas razões afastamento: diâmetro da carga menores como primeira aproximação, quando o diâmetro do furo for grande, se comparado à altura da bancada. Entretanto, a razão não deverá ser demasiado pequena a ponto de causar um grande impacto. Após determinado, o afastamento constitui a base dos cálculos da sobreperfuração, do comprimento do tampão (distância da boca do furo) e do espaçamento.

12.4.4.5 Espaçamento do Furo

O espaçamento do furo é determinado não apenas pelo afastamento, mas também pela seqüência de iniciação entre os furos. Por exemplo, quando é feito um disparo de modo que toda uma fileira inteira é iniciada na mesma espera, em geral o espaçamento é, aproximadamente, o dobro do afastamento.

Quando são utilizados retardos entre os furos de uma mesma fileira, a razão espaçamento: afastamento deverá ser reduzida para um valor entre 1,2:1 e 1,8:1. A determinação das razões espaçamento: afastamento não é precisa, e poderão ser necessários vários experimentos em campo. Entretanto, os furos de grande diâmetro, em geral, exigem razões espaçamento: afastamento menores do que os de pequeno diâmetro. O espaçamento nunca deverá ser inferior ao afastamento, exceto em circunstâncias especiais, como nos fogos controlados.

O espaçamento tem efeitos substanciais no resultado do desmonte. Um espaçamento pequeno entre os furos poderá causar esmagamento e buracos crateriformes, entre os furos, grandes matacões no material de desmonte e problemas de repé. Um espaçamento excessivo poderá provocar fragmentação inadequada entre os furos, acompanhada de saliências na face e problemas de repé entre os furos.

12.4.4.6 Tampão

O tampão é a porção de furo medido da parte superior da carga de coluna até a boca do furo. Essa área deverá ser enchida com resíduos de perfuração, pedra britada ou outro material inerte, de maneira que os gases resultantes da detonação não possam escapar pela boca do furo. Também ajuda a evitar ultra-lançamento de fragmentos de rocha provocados durante o escapamento dos gases. Desta forma, os gases da detonação são mantidos sob pressão dentro do furo. Essa pressão torna o desmonte mais eficiente e ajuda na fragmentação da rocha.

O comprimento do tampão em cada furo depende de um equilíbrio entre a obtenção de fragmentação adequada e a diminuição, ao mínimo, do sopro de ar e de ultra-lançamento de fragmentos de rocha. Em geral, para uma primeira aproximação, a quantidade de tampão pode ser tomado como 0,7 vez o afastamento. Se esta quantidade produzir muitos estilhaços de rocha, a EMPREITEIRA deverá aumentar o tampão. De outra parte, se a fragmentação for insuficiente, o tampão poderá ser diminuído. Só ocasionalmente o comprimento do tampão excederá o afastamento.

12.4.4.7 Sobreperfuração

A sobreperfuração é uma técnica utilizada para remover a rocha até o nível desejado, o que é conseguido perfurando-se até um ponto abaixo do nível de escavação almejado. A sobreperfuração é necessária porque a rocha na parte inferior do furo é confinada e, portanto, mais difícil de romper. A sobreperfuração poderá ser desnecessária se for possível discernir uma fratura, um acamamento ou uma separação a nível da praça da escavação.

Em geral, a profundidade de sobreperfuração é, aproximadamente, 30% do afastamento. Se o pé da face da bancada se romper facilmente, a profundidade poderá ser reduzida para 10 a 20% do afastamento. A profundidade máxima de sobreperfuração não deverá exceder 50% do afastamento. Se o pé da face não se fragmentar com 50%, a EMPREITEIRA deverá reavaliar o plano de fogo. A sobreperfuração excessiva aumenta os custos e pode causar demasiada vibração do solo.

12.4.4.8 Explosão Retardada

As EMPREITEIRAS podem utilizar a técnica de retardamento das explosões com base em uma ou mais de uma das seguintes razões:

- Para reduzir a vibração do solo e o sopro de ar;
- Para controlar a quantidade e o direcionamento do lançamento da rocha;
- Para obter a fragmentação desejada;
- Para reduzir a ultra-quebra ("overbreak").

Existem diversos esquemas de retardo que a EMPREITEIRA poderá utilizar, dependendo das condições no local do desmonte e dos resultados desejados. Os primeiros furos iniciados sem retardo deverão ser dispostos na direção de lançamento desejada. Os outros furos deverão ser disparados com esperas, de acordo com as diretrizes relacionadas a seguir.

- O período de retardo entre os furos de uma mesma fileira deverá variar entre 3 e 15 milissegundos por metro de afastamento e deverá ser, pelo menos, 6 milissegundos por metro de espaçoamento, em áreas onde o sopro de ar constitua um problema;
- O período mínimo de retardo entre as fileiras deverá ser pelo menos de duas a três vezes o período de retardo entre os furos de uma mesma fileira. Isso possibilitará

que haja tempo suficiente para a movimentação da rocha além da fileira de furos, de maneira a criar um afastamento para o disparo da próxima fileira.

Se for necessário utilizar técnicas de retardamento de explosões para controlar a vibração do terreno, a FISCALIZAÇÃO deverá considerar que um retardo igual ou superior a 9 milissegundos entre duas iniciações é, em geral, considerado como duas detonações diferentes.

Se não existir uma superfície vertical livre, a EMPREITEIRA poderá criá-la por meio de técnicas que iniciem explosões a partir do centro da malha, e que levantem o material. A seguir, o esquema de retardamento deverá radiar para fora, a partir do centro, permitindo que a massa rochosa quebrada pelas sucessivas esperas se movimente em direção ao centro. Esta técnica é utilizada para criar uma superfície vertical livre para os subsequentes disparos. Entretanto, este tipo de desmonte é mais confinado e, consequentemente, pode criar muitos ultra-lançamentos de fragmentos de rocha e vibração da rocha (terreno).

12.4.4.9 Desmonte Secundário (Fogacho)

O desmonte secundário é utilizado quando o primário deixa a rocha em grandes blocos, ou acima do nível de escavação desejado, em áreas isoladas. Embora existam outras maneiras de se conseguir a fragmentação secundária das rochas, como o uso de equipamento mecânico, com frequência o fogacho é o mais eficiente.

Um método de desmonte secundário muito usado é a perfuração de furos com diâmetro de 2.5cm a 7.5cm(1in a 3in) na rocha, até dois terços a três quartos de profundidade de cada bloco, e a detonação de cargas leves nesses furos. Em qualquer circunstância, será preciso verificar se não há explosivos não detonados antes de se iniciar a perfuração.

12.4.4.10 Razão de Carregamento ou Carga Específica

A razão de carregamento ou carga específica não é um parâmetro primordial na elaboração de planos de fogo. Entretanto, seu cálculo é necessário à composição dos custos e à adequação do projeto aos padrões estabelecidos. É determinada pelo peso dos explosivos a serem utilizados dividido pelo volume de rocha a ser desmontada.

A razão de carregamento para o desmonte a céu aberto de rochas pode variar de 0,15 a 1,5kg/m³, sendo os valores mais usuais de 0,3 a 0,6kg/m³. A seguir estão relacionadas razões de carregamento comuns nos desmontes a céu aberto.

Grau de Dificuldade na Fragmentação da Rocha	Razão de Carregamento kg/m ³
Baixo	0,15 - 0,25
Médio	0,25 - 0,45
Alto	0,45 - 0,75
Muito Alto	0,75 - 1,50

Uma malha de furos grandes exigirá menos explosivos por metro cúbico de rocha desmontada, uma vez que serão utilizados tampões proporcionalmente maiores. A rocha leve e branda exige menos explosivo por metro cúbico do que a rocha densa e dura. A rocha maciça, com poucas fissuras ou planos de fraqueza, requer uma razão de carregamento mais alta do que uma formação com inúmeras imperfeições geológicas, a pequenas distânciasumas das outras. Por último, quanto mais superfícies livres acessíveis à detonação houver, menor será a razão de carregamento. Por exemplo, um corte de canto

com duas faces verticais livres exigirá menor razão de carregamento do que um corte de caixão com apenas uma superfície vertical livre; e um corte de caixão requer uma carga menor do que um corte de penetração vertical, que tem apenas a superfície do terreno como face livre.

12.4.5 Técnicas de Fogo Controlado

As técnicas de fogo controlado foram desenvolvidas para reduzir ou controlar a ultra-quebra (“overbreak”), ou seja, escavação além do perfil determinado. Estas técnicas produzem diversos resultados, dependendo das condições do local da escavação e da experiência da EMPREITEIRA. Quando adequadamente empregadas, nas condições apropriadas, as técnicas de fogo controlado são muito úteis.

Existem vários tipos de técnicas de fogo controlado, à escolha da EMPREITEIRA, dentre as quais se destacam:

- O pré-fissuramento;
- O fogo cuidadoso (“Smooth Blasting”);
- A perfuração em linha;
- O fogo amortecido (“Cushion Blasting”).

Estas técnicas variam ligeiramente na sua abordagem, mas todas têm demonstrado sua utilidade em situações específicas.

12.4.5.1 Pré-Fissuramento

No método de pré-fissuramento, perfura-se uma só fileira de furos, ao longo da linha que delinea os limites da escavação. Os furos são detonados simultaneamente, antes do desmonte principal, e a tração criada pela colisão das ondas de choque a rocha ao longo da linha de furos.

Após a EMPREITEIRA ter desenvolvido um plano de pré-fissuramento, deverá ser realizado um pequeno fogo experimental, a fim de avaliar os resultados e ajustar o plano, conforme necessário.

Os diâmetros dos furos e as cargas de pré-fissuramento podem variar consideravelmente, dependendo do tipo de formação rochosa. Para as rochas relativamente duras, o diâmetro do furo deverá ter de 7.5cm a 10cm (3in a 4in), no caso de fogo experimental. Nas rochas mais brandas, o diâmetro poderá ser menor. O diâmetro da carga deverá ser selecionado de forma a permitir bastante espaço entre a carga e a face interna do furo. Por exemplo, uma carga com diâmetro entre 22mm a 25mm poderá ser utilizada num furo de 75cm. Este espaço entre ambos, o anel tubular, ajuda a absorver parte do choque resultante da detonação, impedindo fissuras na rocha, em todas as direções, a partir do furo.

Se a rocha for relativamente competente, o espaçamento entre os furos deverá ser de, aproximadamente, 75cm, para o fogo experimental. A EMPREITEIRA deverá reduzir o espaçamento em rocha mais branda e usar furos não-carregados, ou de alívio, entre os furos carregados, para ajudar a orientar a fratura na direção certa.

Em geral, o pré-fissuramento é efetuado retardando-se o início da carga primária de produção até que os furos de pré-fissuramento tenham sido detonados.

12.4.5.2 Fogo Cuidadoso (“Smooth Blasting”)

O fogo cuidadoso (“Smooth Blasting”) é amplamente utilizado no controle de ultra-quebra (“overbreak”) em aberturas subterrâneas. Da mesma forma que o pré-fissuramento,

o fogo cuidadoso implica perfurar ao longo da linha de escavação, utilizando-se nos furos uma carga leve e bem distribuída. Ao contrário do pré-fissuramento, os furos só são iniciados após a detonação da carga primária de produção. Ao detonar todos os furos de fogo cuidadoso simultaneamente (ou usando um retardo bem pequeno), a detonação cria uma superfície lisa e limita a ultra-quebra ("overbreak").

Da mesma forma que o pré-fissuramento, os fogos cuidadosos com frequência exigem fogos experimentais antes de a EMPREITEIRA fazer os cálculos finais de afastamento, espaçamento e fator de carregamento. Após a análise dos resultados da detonação, a EMPREITEIRA deverá fazer as modificações necessárias à obtenção dos melhores resultados possíveis para aquela formação rochosa.

12.4.5.3 Perfuração em Linha ("Line Drilling")

A perfuração em linha ("Line Drilling") é utilizada em apenas duas situações:

- Quando há grande probabilidade de que mesmo cargas leves (como as utilizadas no pré-fissuramento) causem ultra-quebra ("overbreak");
- Para suplementar o pré-fissuramento ou os fogos cuidadosos que visam a orientar a linha de escavação;
- As principais diferenças entre o pré-fissuramento e a perfuração em linha estão no espaçamento dos furos, que é menor nesta última técnica, assim como no fato de os furos NÃO estarem carregados com explosivo;
- A perfuração em linha envolve a perfuração de uma fileira de furos, com pequenas distâncias entre eles, ao longo da linha final de escavação. É um processo dispendioso, devido ao pequeno espaçamento - de 15cm a 30cm, para os furos de 7.5cm(3in) de diâmetro - que só é eficaz em formações rochosas de características uniformes, as quais não mudam devido a acamamento, fissuras ou intercalações. Os furos constituem um plano de fraqueza na formação. Quando a formação rochosa é submetida ao fogo primário (de produção), o plano se rompe, para criar uma parede acabada;
- A fim de impedir a ultra-quebra ("overbreak"), a EMPREITEIRA deverá projetar o fogo primário, de forma que os furos adjacentes às perfurações de linha tenham espaçamento menor e sejam carregados com cargas mais leves que os demais furos, utilizando-se de tamponamento acompanhado de cargas convés, a fim de garantir uma boa distribuição da carga em toda a coluna.

12.4.5.4 Fogo Amortecido ("Cushion Blasting")

O fogo amortecido ("Cushion Blasting") é similar ao fogo cuidadoso, uma vez que implica também uma fileira de furos ao longo da linha de escavação. Além disso, cada furo tem uma carga leve, mas bem distribuída, que é carregada e detonada após a remoção do material desagregado do fogo primário. Ao contrário do fogo cuidadoso, o espaço em volta de cada carga é preenchido com pedra britada, em todo o comprimento da carga de coluna. Esse enchimento ajuda a amortecer a explosão, de modo a minimizar as fraturas na parede acabada. É comum os explosivos serem carregados nos furos, atando-se com fita as cargas de cartucho, a intervalos regulares de uma derivação de cordel detonante.

O afastamento é predeterminado no fogo amortecido a partir da última fileira de furos no fogo primário. O espaçamento entre furos é baseado no diâmetro de furação e no afastamento, mas nunca deverá exceder o afastamento. Todos os furos deverão ser tamponados, conforme descrito anteriormente, devendo utilizar-se cerca de um metro de material de tampão em cada furo.

Da mesma forma que no pré-fissuramento, a EMPREITEIRA poderá utilizar furos de alívio sem carga para orientar a fratura da rocha nas formações rochosas incompetentes.

12.4.6 Implicações dos Planos de Fogo Deficientes

Nem sempre os planos de fogo deficientes acarretam problemas ambientais ou de lesões corporais, porém é muito provável que ocorram acidentes quando são utilizados planos de fogo inadequadamente concebidos. Além disso, quando surgem problemas, isso significa que o fogo apresentou resultado não esperado e que é necessário proceder a correções.

É importante que a FISCALIZAÇÃO esteja ciente das consequências de um mau plano de fogo, devendo impedir escavações inadequadas e problemas ambientais, assim como prevenir lesões corporais ou danos materiais. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se:

- O plano de fogo é adequado para o local e se está sendo obedecido rigorosamente, em todo o processo de carregamento e detonação;
- Estão sendo tomadas medidas para proteger o pessoal e o equipamento contra lesões e danos.

Se o plano de fogo e/ou os procedimentos de detonação não forem apropriados, existe o risco de ocorrerem ultra-lançamentos de rocha, vibração excessiva do terreno, sopro de ar, poeira excessiva e emissão de gases tóxicos.

12.4.6.1 Ultra-Lançamentos de Rocha

O ultra-lançamentos de rocha é o arremesso indesejável de material de escavação, o qual ocorre com frequência nos desmontes a céu aberto. Os ultra-lançamentos de rocha são a principal causa de lesões corporais e danos materiais nos desmontes por explosivo. (Também podem ser causados quando a área de influência do fogo não é desocupada.)

Com maior frequência, esses ultra-lançamentos de rocha resultam de planos de fogo inadequados ou métodos de perfuração e carregamento deficientes. Especificamente, o ultra-lançamento pode ser causado por:

- Tampões inadequados;
- Negas;
- Zonas de falhas ou vazios no fogo e utilização de procedimentos de carregamento e detonação deficientes;
- Furação demasiado próximo de faces livres, que resultam em afastamento insuficiente;
- Esquemas de espera ou de retardos impróprios;
- Furos desviados.

A maioria dos ultra-lançamentos de rocha pode ser evitada verificando-se se o plano de fogo é apropriado para as condições estruturais da rocha e se está sendo rigorosamente obedecido. A localização e os tampões dos furos deverão ser adequados, e o afastamento deve ter tamanho constante. Revisar-se-á o boletim de perfuração, e todas as zonas incompetentes e os vazios identificados deverão ser levados em consideração. Em geral, também é preferível iniciar a carga a partir do fundo de cada furo.

O operador da perfuratriz, em geral, conseguirá detectar os vazios e as zonas incompetentes, se prestar muito cuidado durante a perfuração, conforme discutido anteriormente. Sempre que estes fenômenos forem identificados, aquela seção do furo deverá ser tamponada durante o carregamento. A carga poderá ser continuada acima do tampão, utilizando-se a técnica da carga convés. A EMPREITEIRA também deverá controlar o comprimento da coluna do explosivo, quando encher o furo durante o carregamento. Será preciso predeterminar a quantidade de explosivo a ser colocada em cada furo. Uma subida mais vagarosa do que a esperada na coluna de explosivo no furo provavelmente indica

um vazio que, se for enchido de explosivo, provocará o ultra-lançamento de rocha. Nestes casos, a coluna de explosivo deverá ser bloqueada com material de tampão, e o carregamento do furo poderá ou não continuar acima do tampão.

Mesmo quando o enchimento do explosivo for normal, é necessário monitorar a coluna, a fim de garantir o adequado carregamento do furo e o correto espaço para o tampão exigido.

É preciso que a FISCALIZAÇÃO esteja ciente de que os ultra-lançamentos de rocha são sempre um problema em potencial. Dentre as medidas a serem tomadas pela EMPREITEIRA para proteger o pessoal e o equipamento, destacam-se:

- Medir e registrar a distância de qualquer arremesso anormal de rochas;
- Ampliar a área de influência do fogo, em torno do local do desmonte por explosivo, de modo a incluir, nessa distância, o possível arremesso de rochas;
- Assegurar-se de que todas as pessoas dentro da área de desmonte estão adequadamente protegidas dos ultra-lançamentos de rocha;
- Assegurar-se de que todo o equipamento foi retirado da área de desmonte, antes do início das explosões;
- Colocar um número suficiente de guardas, a uma distância segura do local das explosões, para impedir que pessoal não-autorizado entre na área do desmonte por explosivo.

No caso de construções em áreas habitadas, poderá ser preciso utilizar malhas de proteção contra o arremesso de rocha. Entretanto, essas malhas não são práticas em grandes explosões.

12.4.6.2 Vibração do Terreno

Em geral, a vibração excessiva do terreno é mais prejudicial às edificações do que à população, e só ocasionalmente causa danos pessoais. Entretanto, é importante medir e controlar a vibração do terreno, de modo a proteger o CLIENTE contra possíveis ações legais relativas a danos à propriedade e a garantir que as edificações do CLIENTE não serão danificadas.

A vibração excessiva do terreno é, normalmente, causada por um dos seguintes fatores:

- Grande quantidade de explosivo numa espera;
- Seqüenciamento inadequado dos retardos;
- Excesso de confinamento;
- Falta de espaço para o deslocamento da rocha.

O excesso de confinamento e a falta de espaço para o deslocamento da rocha são causados, em geral, por planos de fogo inadequados e poderão resultar de afastamentos e/ou sobreperfurações demasiado grandes, assim como por retardos insuficientes.

- É possível eliminar uma boa parte das vibrações mediante um cuidadoso plano de fogo, adequadamente implementado. Se a vibração se constitui num problema, a EMPREITEIRA deverá tentar uma ou mais das seguintes ações corretivas:
 - ▶ Redução do peso da carga de explosivo por espera, mediante a diminuição do número de furos detonados por espera. (No caso de grandes detonações, isso pode exigir equipamento especial ou uma consulta ao fabricante do explosivo);
 - ▶ Aumento do período de retardo entre esperas sucessivas;
 - ▶ Redução dos quilogramas por espera, nos fogos perto de estruturas;

- ▶ Provisão de espaço adequado para o deslocamento da rocha;
- ▶ Redução do número de fileiras de furos.

12.4.6.3 Sopro de Ar

O deslocamento da onda sonora de uma explosão pelo ar é denominado sopro de ar. Da mesma forma que a vibração do terreno, o sopro de ar pode causar danos às estruturas circunvizinhas ao local do desmonte, os quais, em geral, se reduzem a janelas quebradas.

O sopro de ar é causado pelos explosivos não-confinados, como as linhas-tronco do cordel detonante e a liberação ou o alívio súbito de energia causada por tampões ou afastamentos inadequados, ou fendas e descontinuidades estruturais preenchidas que desembocam numa face livre aberta.

Quando o sopro de ar se constituir num problema, a EMPREITEIRA poderá tomar uma, ou mais das seguintes medidas:

- Cobrir com material inerte ou eliminar o uso de linhas-tronco do cordel detonante;
- Ajustar os afastamentos e os níveis de tamponamento em cada furo;
- Colocar tampões em zonas incompetentes, como intercalações de argila, a fim de evitar estouros;
- Observar a precisão da perfuração;
- Reorientar a face livre aberta para longe das estruturas, o que é importante nos casos de faces livres abertas muito altas (algumas vezes é possível reduzir a altura da face livre, ao invés de reorientá-la);
- Evitar a colocação de escorvas na parte superior do furo;
- Evitar detonações muito cedo pela manhã, no fim da tarde e de noite, quando pode ocorrer uma inversão de temperatura;
- Utilizar retardos maiores entre fileiras do que entre os furos de uma mesma fileira;
- Reduzir os quilogramas de explosivo detonados por espera.

12.4.6.4 Poeira e Gases Tóxicos

Em geral, a poeira causada pela explosão não constitui um problema tão sério quanto a poeira comum da construção. Os gases tóxicos, contudo, são um problema mais grave.

A principal causa de poeira durante a construção são as operações de carregamento e descarregamento, transporte, britagem e processamento da rocha após o desmonte por explosivos. É prática comum molhar a rocha desagregada resultante do desmonte, durante seu manuseio e processamento, o que ajuda a controlar a poeira e reduzir o problema.

Os gases tóxicos, especialmente o monóxido de carbono e o óxido nitroso, são causados, com maior frequência, pelo uso de produtos explosivos não-resistentes à água em furos úmidos e por detonações inefficientes, resultantes de combustão incompleta.

A maioria dos gases tóxicos pode ser evitada estando-se alerta para a possibilidade de água nos furos.

Na presença de gases tóxicos, especialmente óxido nitroso, após uma explosão, a área deverá ser isolada até a evasão dos gases. (O óxido nitroso confere uma colaboração alaranjada-marrom a nuvem.)

12.4.7 Revisão do Plano de Fogo

O conteúdo exigido em cada plano individual de fogo deverá constar das especificações. Em geral, no plano de fogo são requeridas as seguintes informações:

- Número, localização (espaçamento e afastamento), diâmetro, inclinação e profundidade dos furos;
- Quantidade, tipo e distribuição de explosivos por furo;
- Quilogramas de explosivo por metro linear de perfuração, para o pré-fissuramento;
- Razão de carregamento;
- Quantidade da carga por espera;
- Seqüências de retardo;
- Materiais explosivos compatíveis;
- Densidade do explosivo.

A EMPREITEIRA deverá submeter o plano de fogo individual, pelo menos 24 horas antes de iniciar as operações de perfuração, exceto quando de outra forma disposto nas especificações. Em geral, as especificações determinam que cada plano de fogo precisa ser aprovado antes da sua execução.

12.4.7.1 Malha de Perfuração

A EMPREITEIRA poderá selecionar, dentre os diversos tipos de malha de perfuração, aquela que mais se adequar ao serviço a ser executado e ao tipo de formação rochosa com que deverá trabalhar. Entretanto, existem três malhas básicas de perfuração, utilizadas com maior frequência:

- Quadrada;
- Retangular;
- Intercalada.

Nas malhas quadrada e retangular os furos de cada fileira são alinhados diretamente em frente ou atrás das fileiras vizinhas. Nas malhas quadradas, o espaçamento é igual ao afastamento. O espaçamento nas malhas retangulares é maior do que o afastamento.

A malha intercalada é perfurada de modo que cada segunda fileira esteja alinhada. As fileiras adjacentes são alinhadas entre os furos das fileiras de cada lado.

As três malhas podem ser utilizadas com retardos em cortes-em-V ou em esquemas de retardos escalonadas, que se encontram ilustrados na [Figura 12.5](#).

Ao conferir os esquemas de cordéis detonantes, o percurso do cordel detonante deverá ser indicado no plano de fogo. O uso de cordel detonante sempre implica o risco de interrupção da linha-tronco. O cordel detonante deverá atingir o furo através de dois caminhos distintos, pois isso garante que, no caso de interrupção da linha-tronco numa das direções, o furo ainda possa ser iniciado pelo cordel detonante de outra direção.

12.4.7.2 Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO

- Rever as Especificações - Antes de revisar o plano de fogo, a FISCALIZAÇÃO deverá rever cuidadosamente as Especificações. Deverá ainda rever as informações relativas à geologia da área e a considerações específicas, como:
 - ▶ a população local;
 - ▶ as estruturas existentes, incluindo edificações, estradas, pontes, barragens, etc;
 - ▶ o uso de detectores de raio.

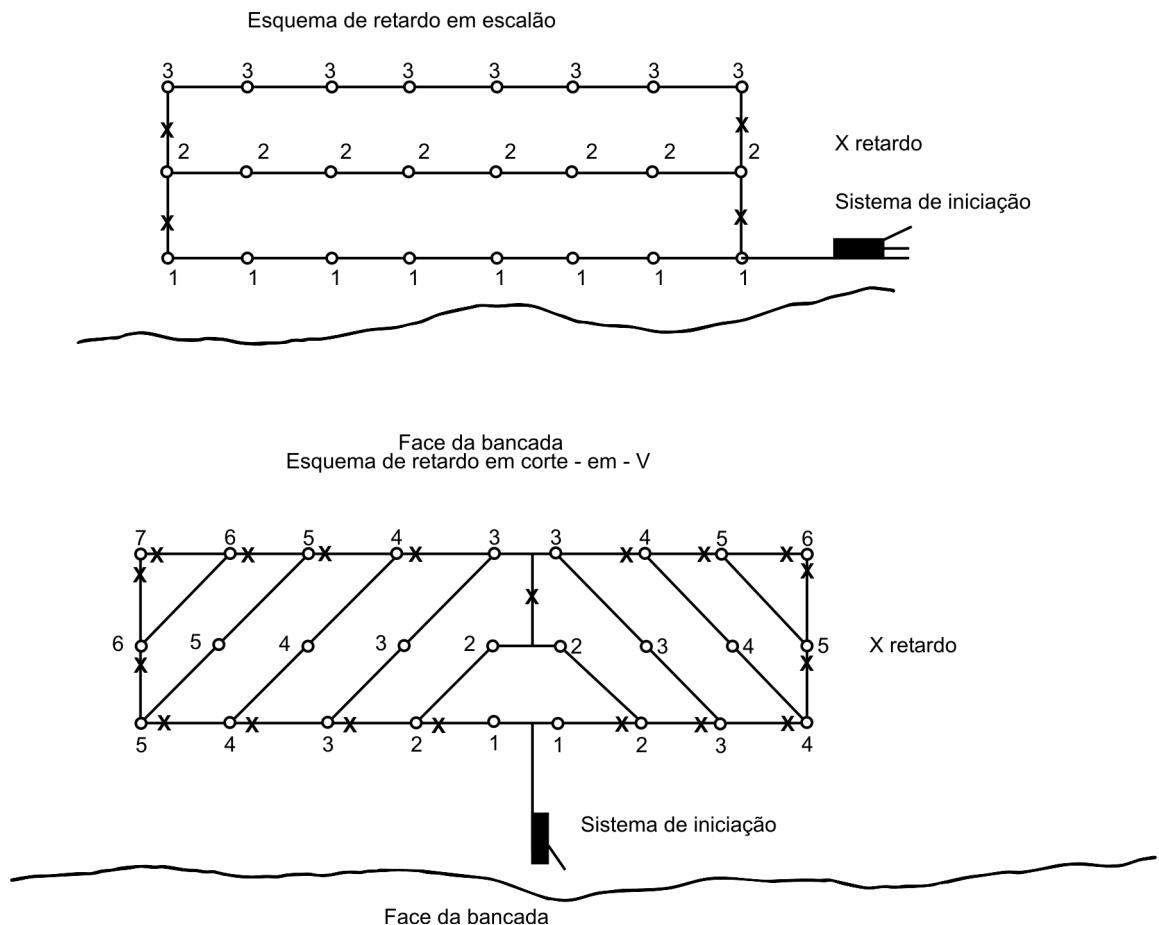


Figura 12.5 Esquemas de Retardos

- Acompanhamento das Condições Meteorológicas - A FISCALIZAÇÃO deverá acompanhar de perto as condições meteorológicas. Eletricidade espúria durante tempestades pode causar a iniciação prematura de explosivos e de sistemas de iniciação.
- Revisar o Plano Conceitual da EMPREITEIRA - A FISCALIZAÇÃO deverá revisar o plano conceitual da EMPREITEIRA, que foi submetido no início da obra, a fim de verificar as previsões de:
 - ▶ manuseio dos explosivos;
 - ▶ transporte de explosivos até o local do desmonte;
 - ▶ escorvamento;
 - ▶ medidas gerais de segurança.
- Revisar o Plano de Fogo da EMPREITEIRA - A FISCALIZAÇÃO deverá revisar o plano individual de fogo da EMPREITEIRA, a fim de se assegurar de que contém todas as informações exigidas nas Especificações, e de que é possível determinar:
 - ▶ o ponto de iniciação;
 - ▶ a direção do lançamento da rocha;
 - ▶ o afastamento;
 - ▶ o diâmetro, o espaçamento, a profundidade e a inclinação dos furos e a quantidade de sobreperfuração planejada;
 - ▶ o diâmetro da carga;
 - ▶ o explosivo a ser utilizado;
 - ▶ a escorva a ser utilizada;

- ▶ o carregamento típico dos furos;
- ▶ os requisitos de tamponamento;
- ▶ a seqüência e o período dos retardos;
- ▶ os quilogramas de explosivo por espera;
- ▶ o método de iniciação;
- ▶ os caminhos duplos de linha-tronco a cada furo, se for utilizado cordel detonante;
- ▶ o tipo de técnica de fogo controlado, se utilizada;
- ▶ os problemas especiais previstos;
- ▶ as medidas especiais de segurança necessárias.

12.5 Controle do Desmonte por Explosivos

O controle do desmonte por explosivos é atividade rotineira para a proteção do equipamento e das estruturas. As especificações deverão definir se esse controle é exigido. As áreas de desmonte deverão ser verificadas antes das explosões, a fim de se averiguar se existe potencial de danos às estruturas, que não tenha sido previsto nas especificações. Em alguns casos, as especificações determinam que a EMPREITEIRA efetue o controle, mas, de outra maneira, esta ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO.

Em geral, o sopro de ar é medido em decibéis. A magnitude da vibração do terreno é medida em termos de pico de velocidade das partículas, em milímetros por segundo, utilizando um sismógrafo calibrado.

As especificações geralmente deverão indicar o posicionamento dos instrumentos de controle. Normalmente, são localizados no terreno, adjacentes às estruturas sujeitas a danos. As especificações também deverão definir os máximos permitidos para o sopro de ar e o pico da velocidade das partículas para as vibrações, em decibéis e milímetros por segundo, respectivamente. Após cada detonação, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as medições estão dentro dos limites permitidos e se houve danos às estruturas em questão.

Quando o controle é exigido para a proteção das estruturas, deverá ser efetuado para todas as explosões, desde o início. Se as primeiras detonações não ocorrerem perto das estruturas visadas, os instrumentos deverão ser localizados em vários pontos, a fim de se obterem dados para projetos de fogo futuros e relações de distância escalada. A distância escalada é definida como a distância de talude em metros, desde o sismógrafo até o centro da espera com a maior carga, dividida pela raiz quadrada do peso dos explosivos contido na espera mais pesada. A distância escalada pode ser relacionada ao pico de velocidade das partículas, conforme mostrado na [Figura 12.6](#). Esta informação será muito útil à medida que as detonações se aproximarem das estruturas existentes. Após se estabelecer a distância do sismógrafo até o centro da espera mais pesada do próximo fogo, será possível se determinar a quantidade máxima de explosivo a ser carregada naquela espera, de modo que o valor máximo da velocidade permitida das partículas não seja ultrapassado. Para cada fogo controlado, será preciso tabular os seguintes dados: picos de velocidade das partículas, peso máximo de explosivo por espera e distância escalada até o instrumento. Também será registrada a magnitude do sopro de ar, em decibéis.

12.6 Leiaute e Perfurações

12.6.1 Geral

O êxito do fogo depende, em grande parte, da elaboração de um leiaute preciso do local do desmonte e de uma execução acurada da perfuração. Métodos inadequados ou imprecisões durante as etapas de leiaute e perfuração podem dar origem a detonações ineficazes, bem como a possíveis lesões pessoais e danos materiais.

12.6.2 Leiaute do Local do Fogo

Antes de iniciar qualquer perfuração, a equipe de levantamento topográfico da EMPREITEIRA deverá marcar a localização de cada furo, assegurando-se de que os furos estão distribuídos exatamente conforme especificado no plano de fogo. Quando o levantamento estiver pronto, a FISCALIZAÇÃO deverá revisar o leiaute cuidadosamente, a fim de verificar sua precisão. Qualquer erro no levantamento poderá causar desvios no plano de fogo e, consequentemente, atrasos, ultra-lançamentos de rocha, despesas excessivas e danos às superfícies escavadas.

12.6.3 Problemas de Perfuração

Existem diversos problemas potenciais associados às operações de perfuração. A equipe de perfuração deverá conhecê-los e manter registros acurados de qualquer mudança nas características da perfuração que possam afetar as detonações, conforme discutido anteriormente.

A perfuração deverá ser efetuada com equipamento apropriado às condições existentes. A taxa de penetração deverá ser ajustada conforme necessário. Uma perfuração demasiado rápida através de rocha densa, poderá causar:

- Desgaste especial da coroa;
- Oscilações da coroa;
- Fricção ao longo das hastes da sonda;
- Desalinhamento dos mastros das perfuradoras rotativas.

O desalinhamento é um problema grave, já que pode fazer as hastes baterem ou girarem não uniformemente. Isso produz calor, o que pode, por sua vez, ocasionar desgaste excessivo de todo o conjunto de perfuração. As vibrações da coroa podem tirar o furo do alinhamento desejado, com o consequente deslocamento do fundo do furo da posição correta.

12.6.4 Responsabilidades da FISCALIZAÇÃO

É impossível superestimar a importância das inspeções durante as fases de elaboração do leiaute e de perfuração. A atenção da FISCALIZAÇÃO a cada detalhe durante estas fases cruciais pode garantir o êxito do fogo; sua falta pode resultar em perda de tempo, custos excessivos, danos às superfícies escavadas, problemas de segurança e possíveis pendências judiciais contra o CLIENTE. Durante as fases de elaboração do leiaute e perfuração, é necessário que a FISCALIZAÇÃO se assegure da precisão dos dados levantados e que mantenha registros completos dos mesmos. Esses registros deverão ser utilizados não só nos fogos, como também, mais tarde, na eventualidade de reclamações legais contra o CLIENTE.

12.6.4.1 Leiaute

Após os levantamentos, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se os dados estão corretos. As estacas deverão ser checadas para se assegurar de que os furos estão localizados corretamente, medindo-se o afastamento e o espaçamento dos furos e verificando-se a orientação dos furos inclinados.

12.6.4.2 Perfuração

A equipe de perfuração deverá registrar a profundidade dos furos. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar as profundidades por meio de trenas lastradas e manter registros cuidadosos dessas medições. Os furos deverão ser limpos após sua perfuração.

Sempre que for possível, a FISCALIZAÇÃO deverá determinar a profundidade aproximada de qualquer mudança geológica, dos espaços vazios, dos acamamentos e da ocorrência de água. A FISCALIZAÇÃO deverá reportar-se a esses dados durante o processo de carregamento, a fim de assegurar-se de que a EMPREITEIRA está tomando as precauções necessárias.

12.7 Escorvamento e Iniciação

12.7.1 Geral

Mesmo após um bom planejamento, uma perfuração precisa e um carregamento correto, as detonações podem ser ineficazes, devido ao escorvamento e à iniciação inadequados - e podem causar lesões pessoais graves e danos à fundação.

12.7.2 Sistemas de Iniciação

12.7.2.1 Componentes de um Sistema de Iniciação

Os componentes de um sistema de iniciação são:

- Uma escorva em cada furo que recebe energia que lhe é transmitida e que, por sua vez, a transmite à coluna de explosivo.
- Uma fonte de energia, que inicia a transmissão de energia.
- Uma rede de distribuição, que conecta a fonte de energia à escorva em cada furo e que serve de agente de transmissão da energia.

12.7.2.2 Escorvas

A escorva é uma unidade, pacote ou cartucho de explosivo sensível à espoleta, utilizada para iniciar outros explosivos ou substâncias detonantes. As escorvas SEMPRE contêm um detonador, normalmente uma espoleta ou um cordel detonante.

Os produtos mais comumente utilizados como escorvas são:

- As escorvas moldadas;
- As dinamites (em geral, gelatinosas);
- As escorvas de PETN extrudado;
- Os géis aquosos;
- As emulsões;
- A seleção da escorva é importante do ponto de vista da eficiência geral do fogo. Na seleção das escorvas, a EMPREITEIRA deverá considerar a pressão de detonação, as dimensões e a resistência à água;
- É preferível selecionar uma escorva com pressão de detonação maior do que aquela da carga explosiva. É possível se iniciar uma carga por meio de uma escorva com pressão de detonação inferior àquela da carga de coluna; entretanto, isso implica risco de iniciação insuficiente ou incompleta ou, em casos mais graves, de nega;
- As dimensões do furo têm relação direta com o tamanho requerido da escorva. Se o diâmetro do furo for muito maior do que o da escorva, é menos provável que a escorva consiga sustentar a explosão durante tempo suficiente para detonar completamente a carga de coluna. Com escorva demasiadamente pequena, a EMPREITEIRA arrisca provocar uma detonação insuficiente ou uma nega;
- A EMPREITEIRA sempre deverá selecionar uma escorva com alta resistência à água, uma vez que qualquer água que infiltre no furo irá para o fundo, onde as escorvas são geralmente colocadas.

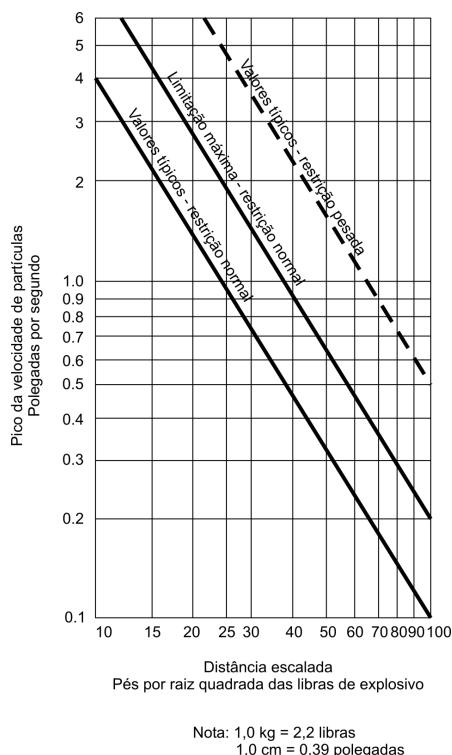


Figura 12.6 Valores Típicos de Pico da Velocidade de Partículas

12.7.2.3 Colocação das Escorvas

As escorvas deverão ser colocadas no ponto em que se deseja iniciar a carga de explosivo, em geral perto do fundo do furo. As escorvas são mais eficazes quando a espoleta é colocada de forma que a onda de detonação produzida se desloque na direção da carga explosiva.

Em geral, é preferível um escorvamento de fundo, ao invés de escorvamento no topo da carga explosiva, pelas seguintes razões:

- Reduz a quantidade de ultra-lançamentos de rocha;
- Melhora a fragmentação no pé da face da bancada;
- Melhora a fragmentação e o deslocamento da rocha.

12.7.2.4 Escorvas Múltiplas

Recomenda-se o uso de escorvas múltiplas (colocação de mais de uma escorva na carga explosiva):

- Quando uma linha de derivação de cordel detonante entra em um furo de pequeno diâmetro e há o risco de interrupção do cordel detonante;
- Sob presença de água, quando forem utilizados sacos de ANFO para “furos molhados”, cada saco deverá estar em contato com uma escorva;
- Quando as condições geológicas indicam a probabilidade de uma interrupção;
- Quando for necessário utilizar cargas convés para ajudar a controlar os níveis de vibração do terreno mediante a redução dos quilogramas por espera; nesses casos, cada carga convés deverá ser detonada numa espera diferente.

As escorvas múltiplas não são normalmente utilizadas em explosões subterrâneas ou em explosões a céu aberto, quando os furos não são muito profundos.

12.7.3 Tipos de Sistema de Iniciação

12.7.3.1 Sistemas de Iniciação Elétricos

Ao selecionar os sistemas de iniciação elétricos, a EMPREITEIRA deverá:

- Projetar o circuito com base no número de espoletas a serem detonadas e na fonte de energia a ser utilizada;
- Identificar as fontes parasitas de eletricidade e tomar as medidas cabíveis;
- Verificar a resistência do circuito de detonação, a fim de assegurar-se de que não há fios quebrados ou curto-circuitos. Também deverá verificar se a resistência do circuito é compatível com a capacidade da fonte de energia.

Existem três tipos de circuitos que podem ser selecionados pela EMPREITEIRA, dependendo das dimensões e do tipo de fogo:

- Circuitos em série;
- Circuitos em série-paralelo;
- Circuitos em paralelo.

Os circuitos em série são geralmente utilizados nos fogos de até 50 espoletas, embora devam ser cuidadosamente casados com a fonte de energia apropriada. Os circuitos em série são completados mediante a conexão de todas as espoletas em seqüência da linha de tiro, de maneira que a corrente elétrica se desloque de uma espoleta à seguinte ao longo de um caminho (vide [Figura 12.1](#)).

Se utilizar circuitos em série, a EMPREITEIRA deverá:

- Usar fio no. 12, pelo menos, na linha de tiro;
- Deixar um espaço vazio mínimo de 5m em torno da fonte de energia, a fim de prevenir a iniciação acidental;
- Verificar cuidadosa e freqüentemente a fiação, para detectar qualquer dano e, se necessário, substituí-la. A LINHA DE TIRO NÃO DEVE SER ATERRADA.

Quando se prevê a detonação de um grande número de espoletas, os fabricantes recomendam o uso de circuitos em série-paralelo. Estes circuitos utilizam fios coletores ligando as extremidades de diversos circuitos em série, de maneira que mais de uma série possa ser energizada ao mesmo tempo (vide a [Figura 12.2](#)).

Quando forem utilizados circuitos em série-paralelo, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar se:

- Os fios coletores são, pelo menos, no. 14, e se estão isolados da superfície da terra; os fios nus podem causar fuga de corrente para o terreno;
- O percurso de um dos fios coletores deverá ser revertido, conforme indicado na [Figura 12.2](#), de modo que seja equalizada a distribuição da corrente para cada série.

O terceiro tipo de circuito que poderá ser selecionado pela EMPREITEIRA é o circuito em paralelo. Os circuitos em paralelo só são recomendados em alguns tipos de desmonte de rocha para túneis, já que:

- Após conectado, não é possível verificar se o circuito tem qualquer fio quebrado ou conexões inadequadas;
- É preciso muita energia elétrica para disparar as espoletas nos circuitos em paralelo. Quando um grande número de espoletas for disparado, os dispositivos de detonação podem não ter capacidade suficiente, e a única alternativa seria utilizar uma linha elétrica como fonte de energia. As linhas elétricas apresentam riscos e perigos

próprios, além daqueles do circuito e não devem ser utilizadas como fonte de energia para qualquer tipo de circuito.

Os circuitos em paralelo são similares aos circuitos em série-paralelo, à exceção dos fios de ligação de cada espoleta, que são conectados diretamente ao fio coletor, ao invés de estarem conectados em série (vide [Figura 12.3](#)).

A fim de determinar a compatibilidade da fonte de energia com o tipo e a dimensão do circuito a ser utilizado, é preciso calcular a resistência elétrica do circuito. Esse cálculo varia conforme o tipo de circuito selecionado.

A resistência de um circuito em série pode ser calculado:

- Determinando-se a resistência de uma única espoleta (esta informação é fornecida pelo fabricante);
- Multiplicando-se a resistência da espoleta pelo número de espoletas na série;
- Somando-se a resistência do comprimento total do fio conector e da linha de tiro. A linha de tiro deverá ser de condutor e duplo; consequentemente, a resistência da linha de tiro deverá ser calculada com base em dois metros de fio para cada metro de linha de tiro. Em geral, a linha de tiro está enrolada num carretel, e o comprimento total da linha de tiro deverá ser utilizado nos cálculos (e não apenas a distância da fonte de energia até o fio conector).

Após determinar a resistência, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar a potência de saída da fonte de energia, a fim de verificar se cada espoleta receberá a corrente mínima de detonação recomendada pelo fabricante. Esse valor varia conforme o fabricante. A principal causa de falhas e detonações parciais é a intensidade de corrente de detonação insuficiente.

Os cálculos da resistência elétrica nos circuitos em série-paralelo são um pouco mais complexos. Quando estes circuitos são utilizados, é preciso balancear cada série. Assim, a resistência de cada série no circuito deverá ser idêntica. Para determinar a resistência total de um circuito em série-paralelo, na qual TODAS AS SÉRIES SÃO IDÊNTICAS, a FISCALIZAÇÃO precisa:

- Determinar a resistência por espoleta;
- Multiplicar esse valor pelo número de espoletas na série;
- Dividir o resultado pelo número de séries no circuito;
- Acrescentar a resistência da metade do comprimento total do fio coletor;
- Acrescentar a resistência do fio conector e da linha de tiro.

Isso pode ser expressado pela equação:

- $R_t = N(R_c)/N_s + 0,5B(R_b) + R_w$
- onde:
- R_t = Resistência total
- R_c = Resistência por espoleta
- R_b = Resistência do fio coletor por metro
- R_w = Resistência dos fios conectores e de tiro
- N = Número de espoletas por série
- N_s = Número de séries
- B = Comprimento total do fio coletor (em metros)

Como mencionado anteriormente, uma vez que a linha de tiro contém dois condutores, haverá dois metros de fio para cada metro de linha de tiro.

Ao efetuar uma detonação por meio de um dispositivo de capacitor-descarga, a resistência do circuito deverá ser comparada às especificações do fabricante do dispositivo, a fim de determinar a potência da corrente elétrica, ou amperagem, do dispositivo no nível de resistência específico. A amperagem mínima recomendada é 1,5amp por série, quando se usa corrente contínua (CC) na detonação, ou 2,0amp por série, quando a corrente é alternada (CA).

Será necessário testar os circuitos à medida que cada componente for ligado. Em geral, isso é feito utilizando-se um galvanômetro de detonação, que pode verificar a resistência e a continuidade do circuito, ou um medidor múltiplo de detonação, que pode verificar a resistência, a voltagem CC e CA, as correntes parasitas e as fugas de corrente.

Para testar cada componente do circuito, a resistência real indicada pelo equipamento de teste deverá ser comparada à resistência calculada para aquele componente. Após testado, cada componente do circuito deverá ser curto-circuitado ("shunted"), a fim de evitar uma iniciação precoce. Uma abordagem correta e sistemática ao teste do circuito deverá incluir a verificação:

- De cada espoleta após o furo ser carregado, mas antes de colocar o tampão; desta forma, será possível introduzir uma nova escorva no furo, se o equipamento de teste indicar que há um fio quebrado;
- Do circuito, após a ligação do fio conector (ou, na série-paralelo, à medida que cada série for ligada ao fio coletor);
- De todo o circuito, da localização do cabo de fogo, após conectar a linha de tiro e completar toda a fiação.

Se o equipamento indicar um problema, o circuito deverá ser subdividido nos seus componentes e estes verificados novamente, para se determinar onde se localiza o problema.

A linha de tiro deverá ser verificada após cada fogo. Essa verificação é efetuada derivando-se uma extremidade da linha e ligando-se o medidor de detonação na outra extremidade. Se o ponteiro registrar resistência infinita, a linha está aberta. Se o ponteiro registrar resistência zero, a linha não está aberta, mas deve ser checada para curtos-circuitos.

A fim de se verificarem os curtos-circuitos, separam-se os fios de uma extremidade da linha e se liga o medidor aos fios na outra extremidade. Se a agulha não registrar resistência infinita, certifica-se de que há um curto-círcito.

Se a EMPREITEIRA estiver tendo negas constantemente, é possível que o problema seja uma fuga de corrente. Com frequência, as fugas de corrente são causadas por:

- Isolamento defeituoso dos fios;
- Solo úmido ou acúmulo de minério condutor;
- Presença de água;
- Fios nus em contato com o solo;
- Lama ("slurry") carregada a granel, utilizada como explosivo no furo.

Existem várias maneiras de se prevenirem as fugas de corrente:

- Utilizar menos espoletas em cada circuito;
- Instalar fio mais grosso na linha de tiro e nas conectadoras;
- Utilizar fio isolado, descascando-o apenas nos pontos de conexão, além de verificar se algum fio nu está em contato com o terreno;
- Mudar para um sistema de iniciação não-elétrico.

As espoletas de detonação elétrica deverão permanecer fechadas (curto-circuito - "shunted") o tempo inteiro, até sua ligação final ao circuito.

12.7.3.2 Sistemas de Iniciação Não-Elétricos

Quando o uso de sistemas elétricos de iniciação é problemático, devido a eletricidade estranha ao sistema ou a outras razões, a EMPREITEIRA poderá selecionar um sistema não-elétrico de iniciação. Além do cordel detonante, estão sendo fabricados diversos sistemas não-elétricos que apresentam uma boa precisão de detonação e são flexíveis. O pessoal que utiliza estes sistemas deverá ser adequadamente capacitado e seguir rigorosamente as instruções do fabricante.

Os cordéis detonantes são fabricados com diversas cargas de núcleo. Essas cargas de núcleos são medidas em gramas-por-metro. A carga de núcleo do cordel detonante varia de 1 a 85 gramas de explosivo por metro de cordel, sendo a média, para a maioria dos usos, entre 5 e 13 gramas por metro.

A carga de núcleo deverá ser compatível com o explosivo utilizado. Uma carga de núcleo baixa poderá transformar-se em negas, ao falhar na detonação da escorva.

Os cordéis detonantes não se propagam da linha-tronco à linha de derivação, se não forem ligados corretamente. Poderão ocorrer interrupções se os cordéis estiverem mal ligados ou se os ângulos de intersecção forem muito agudos. A [Figura 12.7](#) mostra os nós recomendados para uso com cordel detonante.

A maioria dos fogos com cordel detonante é disparada usando-se algum tipo de conector de retardo em milissegundos. Estes são fabricados com diversos retardos, são fáceis de conectar ao cordel detonante e provêm as mesmas capacidades de retardo das espoletas elétricas de retardo.

Quando se usam conectores de retardo de superfície, o retardo máximo é de três milissegundos por cada metro de afastamento, a fim de minimizar a probabilidade de ocorrerem interrupções. Além disso, será preciso colocar o conector de superfície próximo ao furo que está sendo retardado.

Quando se usam conectores de retardo de superfície, a EMPREITEIRA deverá:

- Proteger os conectores contra choques, fricção e calor, já que qualquer destes problemas poderá ocasionar detonação prematura;
- Retirar do local dos fogos quaisquer indivíduos não diretamente envolvidos no trabalho, antes de ligar os conectores.

Ao se efetuarem as ligações do cordel detonante, a equipe de detonação deverá tomar as seguintes precauções:

- Fazer todas as conexões a uma distância mínima de 30cm das extremidades cortadas do cordel, o que garantirá um contato seco e bom;
- Fazer todas as conexões em ângulos retos; os ângulos agudos podem causar a interrupção do cordel detonante;
- Verificar se todas as linhas de derivação estão retesadas e isentas de abrasões;
- Amarrar bem todas as conexões, de forma que não possam se desamarra quando o furo for carregado;
- Conectar cada furo a dois caminhos diferentes de iniciação; se ocorrer uma interrupção numa direção, mesmo assim o furo poderá ser detonado da outra direção;
- Cortar e dispor corretamente do excesso de cordel detonante;
- Certificar-se de que os cordéis detonantes não se cruzam.

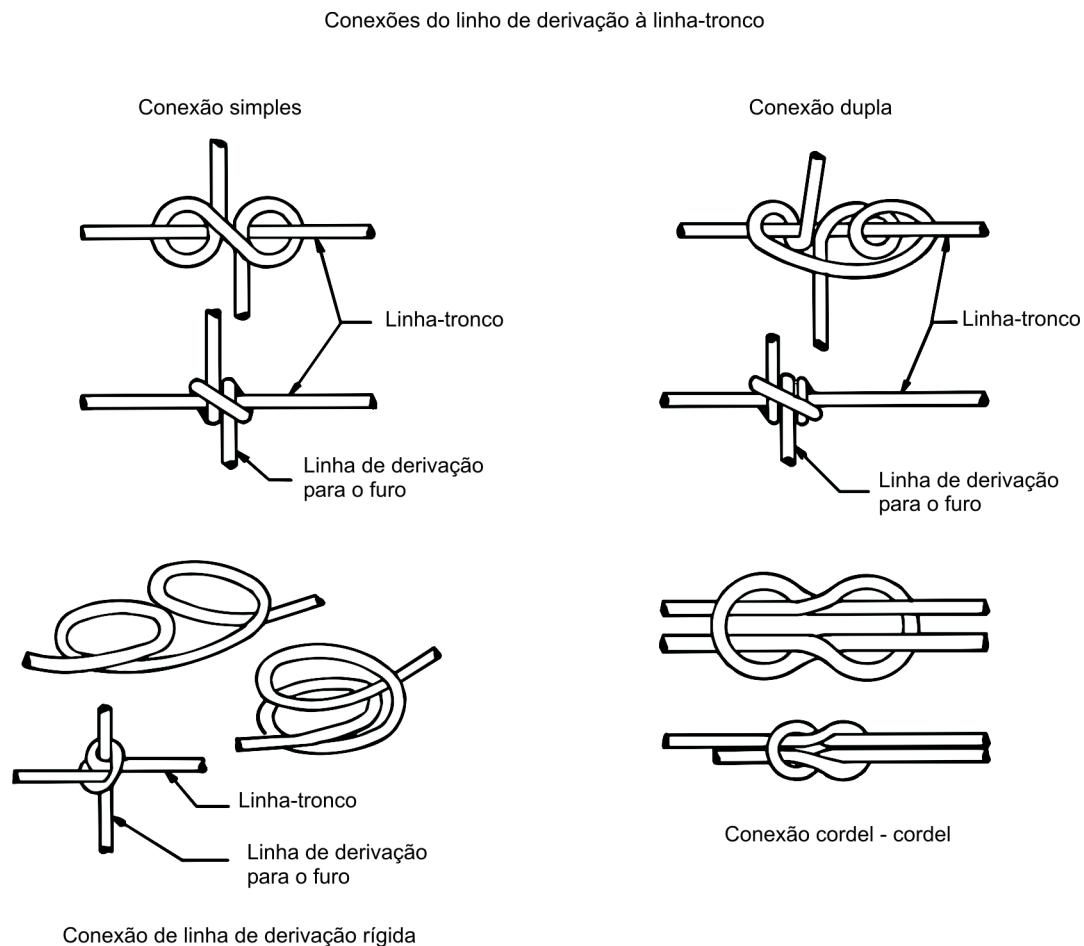


Figura 12.7 Conexões Preferidas para uso com Cordel Detonante

O último passo no processo de ligação, logo antes da detonação, é conectar as espoletas à linha-tronco. Recomenda-se que sejam afixadas duas espoletas à linha-tronco, por meio de fita colante. A espoleta deverá estar orientada na direção de propagação desejada.

Algumas EMPREITEIRAS preferem conectar as espoletas a um rabicho de cordel detonador, ligando o rabicho à linha-tronco logo antes de efetuar o disparo. Entretanto, a EMPREITEIRA não precisa utilizar esse sistema para fazer a ligação final.

12.8 Carregamento dos Furos e Detonação das Cargas

12.8.1 Carregamento

O carregamento dos furos é o processo de inserir no furo todos os componentes de detonação necessários. A técnica de carregamento deverá variar, dependendo da finalidade da explosão, das condições físicas e geológicas da área e dos produtos de detonação utilizados. O processo de carregar os furos realmente inicia-se antes de se introduzir qualquer coisa no furo e continua até que o tampão chegue à boca do furo e que o furo fique pronto para ser conectado aos fios coletores ou à linha-tronco.

12.8.1.1 Verificação dos Furos

Cada furo deverá ser verificado quanto à sua profundidade, à presença de água, de obstruções e de vazios, à condição de “furo quente” (temperatura do furo além de 65 graus centígrados), e às condições geológicas.

12.8.1.2 Verificação da Profundidade Correta

Poderá ser utilizada uma trena lastrada ou um soquete de madeira para verificar a profundidade do furo. Será necessário prolongar os furos que não forem suficientemente fundos até a profundidade especificada no plano de fogo. Os furos demasiado fundos deverão ser preenchidos com material de perfuração ou outro material de tampão, até que o furo tenha a profundidade correta.

12.8.1.3 Verificação da Presença de Água

Pode ser efetuada ao mesmo tempo em que se verifica a profundidade do furo. Ao se remover a trena lastrada ou o soquete de madeira, deverá ser checada a umidade. Se houver água no furo, o nível poderá ser determinado pela marca de umidade na trena ou no soquete.

12.8.1.4 Verificação de Obstruções

Algumas vezes, os furos ficam total ou parcialmente obstruídos pelo deslocamento de rocha ou pelo material de perfuração. Essas obstruções podem ser identificadas por meio de um espelho que reflita a luz para dentro do furo ou de um soquete de madeira, quando se verifica a profundidade. Qualquer obstrução localizada poderá ser removida através de uma das seguintes maneiras:

- Deixando-se cair repetidamente um peso suspenso num barbante, ou reperfurando-se até eliminar a obstrução. Este procedimento é utilizado em furos de grande diâmetro (mais de 10cm (4in));
- Batendo-se na obstrução com um soquete de madeira até eliminá-la. Os soquetes são utilizados com maior frequência em furos de pequeno diâmetro (menos de 10cm (4in)), quando a obstrução é relativamente pouco profunda.

Quando não é possível eliminar a obstrução, em geral é possível fazer um segundo furo adjacente ao primeiro. Se necessário, o furo obstruído deverá ser completamente preenchido, de modo que não sirva de furo de alívio durante a detonação. Esse tipo de detonação pode causar sopro de ar e ultra-lançamentos de rocha excessivos, assim como prejudicar a fragmentação.

Não será permitida a reperfuração nos casos em que há possibilidade de interceptar um furo carregado. A FISCALIZAÇÃO deverá verificar o ângulo e as condições prevalecentes nos furos vizinhos, antes de permitir uma reperfuração. A FISCALIZAÇÃO não deverá permitir reperfurações durante as operações de carregamento.

12.8.1.5 Verificação de Vazios

Se for identificado um vazio durante a perfuração, sua localização deverá ser registrada no caderno de perfuração. Se o vazio não for grande, poderá ser enchido com material inerte, e o furo carregado, com uma carga convés, acima do tampão. Se for grande, entretanto, poderá ser necessário obstruir o furo logo acima do vazio, ao invés de tentar enchê-lo com material de tamponamento.

A equipe de perfuração poderá ter dificuldade em identificar um vazio no fundo de um furo. Entretanto, um vazio nesta localização poderá ser identificado quando for verificada a profundidade do furo. A maneira de tratar destes vazios no fundo dos furos é a mesma mencionada para os vazios ao longo da carga de coluna.

Os furos podem ser obstruídos com relativa facilidade, conforme descrito a seguir:

- Amarra-se um sarrof a um barbante e faz-se descer pelo furo, até atingir o vazio;
- O sarrof deverá ser puxado de volta, até que fique atravessado no furo; o barbante é então amarrado firmemente no terreno;
- São colocados sacos ou panos velhos dentro do furo e socados até encostarem no sarrof;
- Coloca-se solo ou resíduos de perfuração no furo e soca-se até formar um fundo sólido.

A seguir, colocam-se a escorva e os explosivos no furo.

12.8.1.6 Verificação de Furos Quentes

Os furos quentes não são frequentes. Quando se suspeita de sua existência, é indispensável a verificação por meio de um termômetro introduzido no furo durante alguns minutos. Se a temperatura do furo for igual ou superior a 65 graus centígrados, a FISCALIZAÇÃO não deverá permitir que o furo seja carregado com explosivos.

12.8.1.7 Procedimentos de Carregamento

Durante o carregamento inicial do furo com explosivos, a FISCALIZAÇÃO deverá assegurar-se de que está sendo utilizado o retardo apropriado no furo, de acordo com o plano de fogo aprovado. Qualquer desvio da seqüência de retardo aprovada poderá ocasionar ultra-lançamentos de rocha, danos resultantes da vibração do solo e problemas de estabilidade para as fundações. Ao usar cordel detonante e conectores de retardo não-elétricos de superfície, um período de retardo incorreto poderá ter como consequência a detonação de todo o esquema fora de seqüência, ao invés da possibilidade de um furo detonar fora da seqüência, como ocorre quando o retardo está localizado dentro do furo. O cordel detonante e os conectores de retardo de superfície deverão ser inspecionados durante os estágios finais de carregamento do furo e conexão do circuito de iniciação.

Todas as operações de construção num raio de 15 metros das operações de carregamento deverão ser sustadas e todo o equipamento deverá ser removido. É necessário colocar avisos proibindo o uso de rádios receptores/transmissores.

Os furos podem ser carregados com explosivos encartuchados ou a granel. Os produtos encartuchados podem ser carregados de três maneiras:

- Simplesmente inseridos para dentro do furo;
- Colocados dentro do furo e, depois, empurrados para o fundo do furo com um soquete de madeira;
- Carregados através de um tubo pneumático (que empurra o produto até a posição correta usando ar comprimido).

Observação: A dinamite não deve ser carregada por meio de tubo pneumático.

Os produtos carregados a granel podem ser vertidos no furo ou bombeados ou empurrados com ar através de uma mangueira especial.

Independentemente do produto ou do procedimento de carregamento, o nível do explosivo dentro do furo precisa ser checado regularmente durante o carregamento, a fim de se verificar a existência de vazios e de se ter certeza de que está sendo mantida uma distância suficiente para o tampão. Isso pode ser feito por meio de uma trena lastrada ou de um soquete de madeira.

Os produtos carregados a granel encherão completamente a seção do furo. Este processo chama-se acoplamento total. O acoplamento total não é possível quando forem usados produtos encartuchados. Nesses casos, para melhorar o acoplamento, às vezes é possível introduzir rasgos nos cartuchos antes do carregamento e socá-los no furo.

Há três situações nas quais não é permitido o socamento:

- Nas explosões controladas, nas quais os cartuchos são distribuídos em intervalos, a fim de evitar a fragmentação da rocha;
- Quando há umidade, uma vez que os cartuchos protegem o explosivo não resistente à água;
- QUANDO O CARTUCHO CONTÉM UM DETONADOR.

As escorvas podem ser colocadas em qualquer nível da carga de explosivo, contanto que sua localização esteja de acordo com o plano de fogo. Independentemente da localização da escorva, todas as conexões de fios ou de cordel detonante deverão ser verificadas e bem fixadas antes do carregamento, de modo que não sejam danificadas durante esta operação.

O tamponamento da parte superior do furo é exigido em quase todas as circunstâncias. O tamponamento não somente melhora a eficiência geral da explosão, mas também ajuda a limitar o sopro de ar e os ultra-lançamentos de rocha. O material do tampão pode ser pedra britada, areia ou resíduos de perfuração. Nunca devem ser utilizadas pedras maiores no tampão, já que podem contribuir para os ultra-lançamentos de rocha.

As diretrizes relacionadas a seguir fazem parte dos procedimentos recomendados no carregamento de furos de pequeno diâmetro (menos de 10cm (4in)).

- A escorva deverá ser carregada no fundo. Uma vez que contêm iniciadores, as escorvas não devem ser partidas, deformadas ou socadas;
- Nas cargas normais, os produtos acondicionados em cartuchos deverão ser rasgados, carregados à mão e bem socados com um soquete de material que não produza faíscas, a fim de prover um melhor acoplamento dentro do furo. Os cartuchos devem ser do maior diâmetro possível para o diâmetro do furo;
- É preciso cuidado no uso de ANFO carregado a granel, já que perde sua capacidade detonadora em furos com diâmetro de 5cm (2in) ou inferior a esta medida.

As lamas ("slurries") carregadas a granel só deverão ser utilizadas em furos de pequeno diâmetro, quando sua composição for compatível com o diâmetro do furo. Se houver qualquer dúvida quanto à compatibilidade, a EMPREITEIRA deverá consultar o fabricante.

Na maioria das situações, os furos de grande diâmetro são carregados a granel. Esse método tem demonstrado ser eficiente e econômico em furos de diâmetro superior a 10cm (4in). Existem tanto lamas ("slurries") quanto substâncias detonantes secas que podem ser carregadas a granel.

O transporte dos produtos carregados a granel é efetuado por meio de equipamento pneumático ou com dispositivo próprio para essa finalidade. Ambos os métodos são eficientes, embora este último seja mais rápido e se possam carregar vários furos sem deslocar o equipamento. Em pequenos trabalhos, algumas EMPREITEIRAS preferem derramar manualmente o ANFO ou as lamas ("slurries"), a partir de sacos de 20kg, ao invés de alocar equipamento de carregamento. Essa técnica é aceitável.

Quando o furo for excessivamente carregado, dever-se-á remover o excesso de explosivo:

- Usando-se ganchos aprovados para retirar os produtos em pacotes ou cartuchos;
- Esgotando-se as lamas ("slurries"), os géis aquosos e as emulsões, quando carregados a granel, por meio de recipientes adequados.

Se as tentativas de remover o excesso de explosivo não forem bem sucedidas e se for necessário fazer a detonação da maneira como está carregado o furo, dever-se-á evacuar uma área maior em torno do local da explosão, a fim de evitar acidentes com ultra-lançamento de rocha. Poderão ocorrer também vibração do terreno e sopro de ar excessivos.

12.8.2 Detonação da Carga

Antes da detonação da carga, todos os circuitos de detonação deverão ter sido completamente verificados, e a área afetada pela explosão deverá ter sido desimpedida. Neste ponto, a FISCALIZAÇÃO deverá impedir qualquer atropelamento das rotinas estabelecidas. A principal causa da maioria dos acidentes é a detonação accidental. A última inspeção de rotina da FISCALIZAÇÃO poderá determinar o êxito ou o fracasso do desmonte por explosivo.

12.8.2.1 Segurança Antes da Detonação

A linha de tiro só deverá ser ligada quando a detonação estiver pronta, e o dispositivo de detonação deverá permanecer travado na posição desligada ("OFF") até esse momento. A melhor salvaguarda contra detonações accidentais consiste em que o cabo de fogo guarde consigo a chave ou a manivela do dispositivo de detonação.

12.8.2.2 Evacuação da Área de Detonação

Antes de se conectar a linha de tiro à fonte de energia, proceder-se-á à evacuação do local, retirando-se todo o equipamento e pessoal. O acesso à área de detonação deverá ser bloqueado a partir desse momento, até ter sido realizada a inspeção posterior à detonação e ter sido liberado o local da explosão e o sinal de fim de alerta ter sido dado. A EMPREITEIRA deverá postar guardas e sinalizadores em todo o perímetro do local da detonação e em todas as estradas de acesso, a fim de impedir que alguém entre acidentalmente. O cabo de fogo, ou a pessoa que estiver fazendo o disparo, deverá verificar o local duas vezes antes de efetuar a detonação, certificando-se de que não há ninguém na área. Recomenda-se o estabelecimento de um meio de comunicação entre o cabo de fogo e os guardas, de maneira que o disparo possa ser sustado, mesmo no último momento, caso isso se torne necessário.

12.8.2.3 Sinais Utilizados nas Detonações

Além de postar guardas e sinalizadores, também será necessário emitir sinais auditivos após a retirada total do equipamento e do pessoal. Os sinais relacionados a seguir deverão ser emitidos num apito, corneta ou sirene, em som claro e audível, durante as diversas etapas da detonação.

- Aviso de Detonação: Uma série de sinais longos, com duração total de um minuto, tocada cinco minutos antes do sinal de detonação;
- Sinal de Detonação: Uma série de sinais curtos, um minuto antes da detonação;
- Sinal de Fim de Alerta: Um sinal longo, após a inspeção da área de explosão.

Os guardas e os sinalizadores deverão ser instruídos a só deixarem seus postos após terem ouvido claramente o sinal de fim de alerta.

12.8.2.4 Responsabilidades do Cabo de Fogo

O cabo de fogo deverá selecionar um local bem afastado da detonação e que ofereça proteção contra sopro de ar, ultra-lançamento de rocha e gases tóxicos. O local ideal deverá possibilitar uma boa visão de todo o local da explosão e contato visual ou auditivo com os guardas.

Assim que tiver certeza de que é seguro detonar as cargas, o cabo de fogo deverá ligar a linha de tiro ao dispositivo de detonação. Isso deverá ser efetuado após o sinal de detonação, que é feito um minuto antes do disparo. Neste momento, o cabo de fogo deverá notificar os guardas de que é uma detonação “viva” e receber uma confirmação final de que a área está desimpedida. Só então poderá detonar a carga. O cabo de fogo é responsável pela detonação da carga.

12.8.3 Segurança Após a Detonação

12.8.3.1 Períodos de Espera

Imediatamente após a detonação, a linha de tiro será desligada e derivada (“shunted”), e o dispositivo de detonação travado na posição desligada (“OFF”). A área de detonação deverá permanecer fechada durante um certo tempo após a detonação, a fim de evitar acidentes com ultra-lançamentos de rocha, poeira ou gases tóxicos.

A maior parte do arremesso de fragmentos de rocha cessa até 15 segundos após a explosão. Entretanto, os gases tóxicos podem demorar mais para se dispersarem. Dependendo das condições de ventilação, os gases tóxicos podem levar, para se dispersarem, de um minuto, nas explosões a céu aberto, até uma hora ou mais, nas explosões subterrâneas. Ninguém deverá entrar na área de explosão até que o perigo de gases tóxicos tenha desaparecido.

A área deverá permanecer fechada ainda mais tempo se alguma carga tiver falhado ou se suspeitar da existência de explosivos queimando dentro dos furos. O tempo mínimo de espera, nesses casos, deverá ser de:

- No caso de falha, 15 minutos para ignição elétrica;
- No caso de explosivos queimando, uma hora.

12.8.3.2 Retorno ao Local da Detonação

O cabo de fogo deverá inspecionar a área de explosão, a fim de se assegurar de que há segurança, sem sinais de nega, e determinar quais áreas podem ser liberadas para o retorno do pessoal. O cabo de fogo deverá ser experiente e ter conhecimentos relativos à detecção de negas, já que são difíceis de localizar.

Uma vez que as negas são difíceis de detectar, todas as pessoas que trabalham na área deverão ser alertadas para esse perigo. Há indicação de nega, quando:

- Forem encontrados explosivos ou cordel detonante soltos na pilha de rocha fragmentada;
- Houver fio de ligação ou cordel detonante saindo da boca do furo, quando então utilizar-se-á um galvanômetro para se verificar a continuidade dos fios de ligação;
- A pilha de rocha fragmentada tiver um formato incomum;
- For evidente que a explosão não teve o efeito desejado.

Só após se verificar a área cuidadosamente e determinar a segurança do acesso a ela, poderá dar-se o sinal longo de fim de alerta.

12.8.3.3 Destrução das Negas

Existem vários métodos de destruição das negas:

- Detonar a carga mediante conexão dos fios de ligação ou do cordel detonante existente. Neste caso, será preciso evitar os ultra-lançamentos de rocha resultantes da redução do afastamento pela detonação inicial;

- Lavar o furo com água (ou ar sob pressão, se o furo estiver cheio de água) até que a carga não detonada chegue à superfície. (Este procedimento é facil nos furos horizontais ou de pouca profundidade.) A seguir, o furo deverá ser checado visualmente, a fim de se ter a garantia de que todo o explosivo foi removido;
- Encher o furo com água para dessensibilizar os produtos não impermeáveis e, depois, escavar cuidadosamente para retirar os explosivos do furo. São necessárias duas pessoas para realizar esta operação: a pessoa que escava e um observador, para orientá-lo;
- Existe um quarto método que pode ser utilizado em casos extremos, embora NÃO seja recomendado. Esse método consiste em perfurar, carregar e detonar um furo adjacente àquele que falhou. Entretanto, o problema é que o explosivo que falhou poderá detonar durante a perfuração, se a coroa interceptar o primeiro furo. Por isso, este método de remoção só deverá ser utilizado em último caso, e sob rigorosa FISCALIZAÇÃO.

12.8.3.4 Destrução de Material Deteriorado ou Danificado

O material não detonado deverá ser transportado da maneira aprovada para a área onde será destruído. A destruição poderá ser realizada no canteiro de obras, mas só por pessoal muito experiente. É muito mais seguro transportar os explosivos até o distribuidor de explosivos mais próximo e destrui-los.

12.8.3.5 Inspeção e Documentação Após o Fogo

A finalidade desta inspeção é determinar se o desmonte teve o efeito desejado, de acordo com o projeto submetido pela EMPREITEIRA, e confirmar, com o cabo de fogo, que a área é segura. Durante a inspeção, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar:

- Se a rocha ao longo dos taludes após desmonte encontra-se sólida e estável;
- Se há total segurança;
- Se as condições da pilha de material de desmonte estão de acordo com as operações de carregamento, transporte e britagem;
- Se houve algum dano às estruturas existentes, causado pelo sopro de ar, pelos ultra-lançamentos de rocha e/ou pela vibração do terreno;
- Se há alguma indicação de que o plano de fogo foi inadequado ao desmonte requerido.

Pode ser útil que a FISCALIZAÇÃO tire fotografias ou faça um “videotape” de partes da área das explosões, como registro futuro, além do relatório por escrito. Isso poderá ser importante no caso de haver, no futuro, qualquer reclamação judicial contra o CLIENTE.

A FISCALIZAÇÃO deverá anexar ao relatório todas as leituras dos equipamentos de controle, as quais foram feitas durante as operações de desmonte. O relatório também deverá incluir uma descrição de quaisquer condições singulares constatadas durante as operações de desmonte, a serem consideradas numa possível reclamação judicial.



PLANO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO¹

13.1 Objetivo

O Plano de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho tem por finalidade a divulgação e o incremento de normas práticas no campo da prevenção de acidentes, orientando as várias áreas no cumprimento de suas obrigações neste assunto, com o objetivo de melhorar as condições de segurança individual ou coletiva do pessoal envolvido na obra e evitar a ocorrência de acidentes e danos a máquinas, equipamentos, instalações e serviços já executados ou em execução.

Pela natureza do assunto abrangido, este plano poderá ser alterado ou complementado - sem fugir de seu objetivo - em função de Normas Legais que venham a ser emitidas, ou pela evolução tecnológica dos meios de segurança hoje conhecidos e aprovados.

A Camargo Corrêa acredita que, ao manter o funcionário treinado e em ambiente seguro para desenvolver o seu trabalho, estará cumprindo um dever social, além de ver aumentada, consideravelmente, sua produtividade, pois o homem, ao se sentir seguro para realizar o seu trabalho, produzirá mais e melhor.

Para atingir o seu objetivo, a Camargo Corrêa exige de todos os funcionários ocupantes de cargos de supervisão:

- Reconhecer a prevenção de acidentes como parte inerente às suas responsabilidades funcionais;
- Familiarizar-se com as normas gerais de segurança da empresa e com aquelas específicas de sua área de ação, cumprindo-as e exigindo o seu cumprimento pelos elementos de linha;
- Auxiliar na investigação de todos os acidentes ocorridos em sua área ou com seu pessoal, apurando as causas reais e tomado as medidas necessárias para evitar a repetição de casos semelhantes;
- Providenciar para que os acidentes ocorridos em sua área ou com o seu pessoal sejam imediatamente comunicados, de acordo com as instruções em vigor;
- Proceder rotineiramente inspeções de segurança em sua área de trabalho, tomando a iniciativa para correção das condições e atos inseguros identificados, pois, assim procedendo, estará garantindo a continuidade de produção e promovendo o bem-estar entre seus subordinados;
- Participar ativamente da CIPA, reconhecendo-a como órgão auxiliar de prevenção de acidentes, estimulando a participação e colaboração dos "cipeiros";
- Manter seus auxiliares e encarregados informados de tudo o que diz respeito à segurança de sua área.
- Incentivar seus subordinados a apresentarem sugestões para a melhoria das condições de trabalho, analisando-as e procurando, sempre que possível, colocá-las em prática;

¹ Este capítulo foi elaborado pela Empresa Camargo Corrêa, servindo, portanto, apenas como um exemplo.

- Delegar atribuições e responsabilidades aos elementos de linha, traçando diretrizes para a estratégia de prevenção de acidentes;
- Aplicar as medidas disciplinares cabíveis aos que infringirem as normas, recomendações e avisos referentes à segurança do trabalho;
- Instruir os novos empregados a respeito da Segurança do Trabalho;
- Certificar-se de que os equipamentos de proteção individual e coletiva sejam usados adequadamente.

13.2 Normas Legais

Os assuntos relativos à Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho estão atualmente regulamentados através do Capítulo V, Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, com nova redação dada pela Lei no. 6514, de 22 de dezembro de 1977, pela Portaria no. 3214, de 8 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho, envolvendo 28 Normas Regulamentadoras (NRs) e pelo Decreto no. 92.530 de 9 de abril de 1986, que regulamenta a Lei 7410.

Essas normas sofreram, desde então, constantes alterações, representadas pelas Portarias SS MT no. 02, de 2 de fevereiro de 1979, que atualizou a NR-16; no. 12, de novembro de 1979, que atualizou o Anexo 14 da NR-15; no. 17, de 7 de dezembro de 1979, que atualizou a NR7; no. 01, de 8 de janeiro de 1982, que aprovou a Norma referente a Segurança e Medicina do Trabalho em instalações nucleares; no. 05, de 9 de fevereiro de 1983, que atualizou as NR-1, NR-2 e NR-6, de 9 de março de 1983, que atualizou as NR-1, NR-2 e NR-6; no. 12, de 6 de junho de 1983, que atualizou as NR-7, NR-8, NR-9, NR-10, NR-12 e NR-13; no. 17, de 7 de julho de 1983, que atualizou a NR-18; no. 24, de 14 de setembro de 1983, que alterou o anexo b da NR-15; no. 33, de 27 de outubro de 1983, que atualizou as NR-4 e NR-5; no. 34, de 20 de dezembro de 1983, que alterou os quadros I e II da NR-4; no. 35, de 28 de dezembro de 1983, que atualizou a NR-2, e a no. 02, de 8 de maio de 1984, que atualizou a NR-13.

As portarias acima mencionadas focalizam aspectos importantes, tais como a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), equipamentos de proteção individual, riscos ambientais, instalações e serviços em eletricidade, exames médicos regulares para a mão-de-obra, trabalhos sob pressões hiperbáricas, inspeções prévias, atividades e operações perigosas com explosivos, etc., revelando a preocupação do legislador em ser exaustivo nas enumerações e exigências legais, de forma a oferecer precisos critérios e definições às empresas subordinadas àquela FISCALIZAÇÃO.

Por sua vez, a Camargo Corrêa procurou desenvolver uma política de aperfeiçoamento dos seus recursos humanos voltada para a prevenção de acidentes do trabalho pelo enfoque técnico de engenharia de segurança do trabalho. Tal política objetiva, num primeiro plano, a preservação da integridade física da mão-de-obra mobilizada e - por extensão - a proteção dos recursos materiais alocados, para a realização segura de seus empreendimentos, além do cumprimento da legislação pertinente.

Dadas as constantes modificações e aperfeiçoamento aos quais vem sendo submetida a legislação referente à Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, a Administração Central da Empresa dispõe de área específica para acompanhamento, estudo e divulgação das referidas modificações nesse campo.

13.3 Segurança e Medicina do Trabalho na Camargo Corrêa

A existência de serviço especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, o uso obrigatório e correto dos equipamentos de proteção individual, a instalação de equipamentos e dispositivos de proteção coletiva e os exames de seleção pré-admissional e médicos são elementos que a Camargo Corrêa obrigatoriamente considera em suas obras, pois, além de atenderem às Normas Regulamentadoras, conduzem o empregado a uma conscientização e adequação necessárias ao desempenho profissional mais eficaz e seguro. Assim, uma grande atenção é dedicada aos exames de investigação pré-admissional. Por intermédio destes, é possível selecionar a mão-de-obra adequada às necessidades da obra e disponível no mercado, visando atingir os índices de produtividade previstos e contribuir, sensivelmente, para a redução de acidentes.

Por ocasião de sua admissão, antes de assumir os seus encargos profissionais, o empregado toma conhecimento das normas e recursos prevencionistas que lhe são oferecidos, e do uso correto dos equipamentos de proteção individual, de modo a motivá-lo a assumir uma postura profissional plenamente identificada com os propósitos e o alcance de seu trabalho.

O não cumprimento das instruções sobre segurança e medicina do trabalho implica a prática de falta grave, passível de punição, que pode até mesmo determinar a dispensa do empregado.

A prevenção de acidentes é extensiva aos empregados da contratante, dos subempreiteiros e de terceiros, cujos serviços se desenvolvam na mesma área.

13.4 Enquadramento das Atividades e Dimensionamento de Pessoal

O enquadramento das atividades da Empresa em uma obra obedecerá ao disposto na Portaria 3214 de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho, que aprovou a Norma Regulamentadora NR-4, posteriormente atualizada pelas Portarias SS MT nos. 33 e 34, de 27 de outubro de 1983 e 20 de dezembro de 1983, respectivamente.

Para se efetuar o enquadramento, deve ser utilizado o Quadro I da NR-4, onde se encontram o Código de Atividades e a Classificação de Atividades que determinam o Grau de Risco.

O dimensionamento do pessoal especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho será feito de acordo com o Quadro II da NR-4, reproduzido a seguir ([Tabela 13.1](#)), que, para o dimensionamento de cada especialidade, leva em consideração o número de empregados alocados à obra.

13.5 Atribuições e Responsabilidades

13.5.1 Engenheiro de Segurança do Trabalho

- Estudar os assuntos referentes à Engenharia de Segurança, desde o projeto até a execução, com vistas aos equipamentos individuais e coletivos, e, em conjunto com o médico do trabalho, analisar e solicitar providências nos assuntos de higiene industrial, tais como ventilação, iluminação, níveis de ruído e umidade;
- Examinar projetos de obra, instalações industriais, equipamentos de produção e plano viário, opinando do ponto de vista técnico de segurança do trabalho;
- Especificar, selecionar, testar e aprovar os equipamentos de proteção individual a serem adquiridos pela Camargo Corrêa;
- Orientar o Setor de Suprimentos sobre a aquisição, distribuição e manutenção de materiais e equipamentos de proteção individual.

TABELA 13.1. QUADRO II DA NR-4 - DIMENSIONAMENTO

GRAU DE RISCO	TÉCNICOS	Nº DE EMPREGADOS NO ESTABELECIMENTO							
		50 a 100	101 a 250	251 a 500	501 a 1000	1001 a 2000	2001 a 3500	3501 a 5000	Acima de 5000 para cada grupo de 4000 ou fração acima de 2000
1	Supervisor Seg. Trabalho				1	1	1	2	1
	Engenheiro Seg. Trabalho						1*	1	1*
	Aux. Enfermagem do Trabalho						1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1*	
	Médico do Trabalho					1*	1*	1	1*
2	Supervisor Seg. Trabalho				1	1	2	5	1
	Engenheiro Seg. Trabalho					1*	1	1	1*
	Aux. Enfermagem do Trabalho					1	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho					1*	1	1	1
3	Supervisor Seg. Trabalho		1	2	3	4	6	8	3
	Engenheiro Seg. Trabalho				1*	1	1	2	1
	Aux. Enfermagem do Trabalho					1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho				1*	1	1	2	1
4	Supervisor Seg. Trabalho	1	2	3	4	5	8	10	3
	Engenheiro Seg. Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
	Aux. Enfermagem do Trabalho				1	1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1

(*) Tempo parcial (mínimo de três horas).

(**) O dimensionamento total deverá ser feito levando-se em consideração o dimensionamento da faixa de 3501 a 5000 mais o dimensionamento do(s) grupo(s) de 4000 ou FRAÇÃO acima de 2000. OBS.: Hospitais, Ambulatórios, Maternidade, Casas de Saúde e Repouso, Clínicas e estabelecimentos similares com mais de 500 (quinquinhos) empregados deverão contratar um Enfermeiro do Trabalho em tempo integral.

- Supervisionar o controle, a distribuição e a recuperação dos equipamentos individuais de proteção;
- Promover campanhas educativas, utilizando recursos da própria obra ou de recursos da Administração Central da Camargo Corrêa, tais como placas, cartazes, boletins, volantes, "slides", filmes e palestras que visam à introdução e manutenção de hábitos de higiene e segurança;
- Estabelecer programa de inspeções periódicas em conjunto com as áreas de produção, manutenção, administrativa, etc;
- Elaborar e acompanhar as medidas de engenharia de segurança originadas dessas inspeções;
- Analisar e assinar os relatórios comunicando a existência de riscos, a ocorrência de acidentes e as medidas aconselháveis para a prevenção dos acidentes de trabalho;
- Organizar, orientar e prestar assessoria técnica à Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA;
- Elaborar o plano de combate a incêndio e acompanhar a sua implantação na obra;
- Coordenar as atividades das equipes de combate a incêndio;
- Controlar os serviços de revisão e manutenção dos equipamentos de combate a incêndio;

- Em colaboração com o serviço de treinamento, elaborar e executar programas e cursos visando à prevenção de acidentes;
- Controlar e orientar as subempreiteiras quanto à observância das normas de segurança;
- Representar a Camargo Corrêa junto à empresa contratante, ao Ministério do Trabalho e a empresas públicas ou privadas nos assuntos ligados à sua área de atuação;
- Elaborar estudos e propor soluções aos problemas emergentes em seu campo de ação.

13.5.2 Médico do Trabalho

- Realizar os exames médicos de admissão e periódicos;
- Desenvolver planos de proteção da saúde dos empregados da Camargo Corrêa;
- Efetuar inquéritos sanitários e ambientais na área de domínio da obra;
- Estudar as causas médicas de absenteísmo e propor medidas para seu controle;
- Quando houver, analisar as causas de fadiga dos empregados, propondo medidas preventivas;
- Planejar e coordenar o programa de educação sanitária e de alimentação para os empregados;
- Promover medidas sanitárias profiláticas, tais como vacinação, pulverização, desratização, entre outras;
- Efetuar análises de doenças, acidentes do trabalho e surtos epidemiológicos, propondo medidas preventivas e curativas;
- Estabelecer medidas para pronto atendimento dos acidentados e das emergências médicas, inclusive efetuando treinamento de empregados em técnicas de imobilização, transporte, primeiros-socorros e respiração artificial;
- Participar como orientador técnico da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA;
- Representar a Camargo Corrêa junto à empresa contratante, ao Ministério do Trabalho e a empresas públicas ou privadas nos assuntos ligados à sua área de atuação.

13.5.3 Técnico de Segurança do Trabalho

- Efetuar inspeções nos locais de trabalho, visando eliminar os atos e as condições inseguras;
- Orientar os empregados em geral sobre o uso correto de equipamentos de proteção individual;
- Ispencionar as instalações fixas, os equipamentos de elevação de materiais e de pessoas, andaimes, passarelas, escadas, guarda-corpos, redes de energia elétrica, etc., objetivando reduzir, ao máximo, os riscos de acidente;
- Providenciar a sinalização de transformadores elétricos, poços de bombas, aberturas nos pisos, plataformas e em todas as áreas passíveis de ocorrência de queda de materiais;
- Conduzir a investigação e elaborar relatórios referentes a acidentes do trabalho, encaminhando-os ao Engenheiro de Segurança do Trabalho para que este encontre as melhores soluções;
- Atuar como chefe de brigada de incêndio, treinando seus integrantes e demais empregados quanto aos procedimentos corretos diante de incêndios e à utilização adequada do respectivo equipamento de combate;
- Supervisionar a evacuação de pessoal nas áreas de detonação de explosivos e providenciar a liberação ou fechamento parcial ou total de pistas e acessos a essas zonas, de acordo com um plano racional de trânsito;

- Participar da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, contribuindo com dados e elementos de subsídio a discussões e soluções no campo da segurança do trabalho;
- Fiscalizar o cumprimento, por parte das subempreiteiras, de todas as normas, regulamentos e portarias no domínio da segurança do trabalho;
- Orientar e fiscalizar os funcionários quanto ao armazenamento, transporte, manuseio e uso de combustíveis e inflamáveis;
- Manter registro apropriado de todos os acidentes, com ou sem perda de tempo, para a elaboração do relatório mensal.

13.6 Treinamento Introdutório

13.6.1 Integração

A integração consiste em transmitir aos funcionários, no primeiro dia de trabalho, informações sobre as normas internas, os regulamentos e, principalmente, os procedimentos de segurança adotados pela Empresa.

Visa alertar cada trabalhador, de acordo com sua função, sobre os riscos que irá enfrentar na sua atividade, as condições adversas que a obra lhe oferece e os cuidados necessários para evitar acidentes.

Tem ainda o intuito de ensinar o trabalhador a detectar os riscos, bem como indicar-lhe os meios viáveis para eliminá-los.

Esse treinamento será ministrado por pessoal do serviço especializado em segurança do trabalho.

13.6.2 Desenvolvimento do Trabalho

Em primeiro lugar, todos serão informados sobre como devem fazer para utilizar o transporte, o refeitório e os alojamentos, assim como todas as normas e regulamentos estabelecidos pela Empresa para garantir os direitos e deveres de cada funcionário.

Em segundo lugar, serão realizadas palestras sobre a segurança do trabalho e o uso correto do equipamento individual de proteção, ou seja, onde, quando e como usá-lo.

Em seguida, após estarem todos instruídos, equipados e sem qualquer dúvida, serão levados pelo instrutor para o início do trabalho.

13.7 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA

A Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA será constituída por representantes dos empregados e da Camargo Corrêa, com as atribuições estabelecidas pela Norma Regulamentadora NR-5, com redação dada pela Portaria SSMT no. 33, de 27 de outubro de 1983.

Trabalhará em colaboração com os Serviços de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, objetivando conseguir condições de trabalho melhores e mais seguras, a integração dos vários níveis hierárquicos da Empresa e a imprescindível colaboração e conscientização de todos em favor da segurança do trabalho, tendo suas atribuições previstas na referida Portaria, conforme discriminadas a seguir:

- Discutir os acidentes ocorridos;
- Sugerir medidas de prevenção de acidentes julgadas necessárias, por iniciativa própria ou sugestões de outros empregados, encaminhando-as ao SESMT - Serviço Especializado de Segurança e Medicina do Trabalho e à Chefia da Unidade de Trabalho;

- Promover a divulgação e zelar pela observância das normas de segurança e medicina do trabalho ou de regulamentos e instrumentos de serviço, emitidos pelo SESMT;
- Despertar o interesse dos empregados pela prevenção de acidentes e de doenças ocupacionais e estimulá-los permanentemente a adotar comportamento preventivo durante o trabalho;
- Promover, anualmente, em conjunto com o SESMT, a Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho - SIPAT;
- Participar da campanha permanente de prevenção de acidentes promovida pela Empresa;
- Registrar, em livro próprio, as atas das reuniões da CIPA e enviar mensalmente ao SESMT e à Chefia da Unidade de Trabalho cópias das mesmas;
- Investigar ou participar, junto como o SESMT, da investigação de causas, circunstâncias e consequências dos acidentes e das doenças ocupacionais, acompanhando a execução das medidas corretivas;
- Realizar, quando houver denúncia de risco ou por iniciativa própria e mediante aviso prévio ao SESMT e Chefia da Unidade de Trabalho, inspeção nas dependências da Empresa, dando conhecimento dos riscos encontrados ao responsável pela setor, ao SESMT e à Chefia da Unidade de Trabalho;
- Sugerir a realização de cursos, treinamentos e campanhas que julgar necessários para melhorar o desempenho dos empregados quanto à segurança e medicina do trabalho;
- Preencher os relatórios de análise de acidentes e ficha de informações, responsabilizando-se pela sua distribuição aos órgãos competentes;
- Enviar, trimestralmente, cópia da ficha de informações ao órgão regional do Ministério do Trabalho e ao Chefe da Unidade de Trabalho;
- Convocar pessoas, no âmbito da empresa, quando necessário, para tomada de informações, depoimentos e dados ilustrativos e/ou esclarecedores, por ocasião da investigação dos acidentes do trabalho.

O número de membros da Comissão é determinado e demonstrado no Quadro I, da NR-5, reproduzido a seguir ([Tabela 13.2](#)).

Os representantes dos empregados serão eleitos por voto secreto, com mandato de um ano, sendo permitida a reeleição para um segundo mandato. Os representantes da Empresa serão indicados pelo Chefe da Unidade de Trabalho.

Organizada a CIPA, será providenciado o seu registro no órgão regional do Ministério do Trabalho. Como primeiro ato, a comissão elaborará seu calendário anual de reuniões, que terá, no mínimo, uma sessão ordinária por mês.

Sempre que ocorrer um acidente grave, com ou sem vítimas, será realizada uma reunião extraordinária no prazo máximo de 48 (quarenta e oito) horas.

13.8 DDS - Diálogo Diário de Segurança

Como medida adicional de prevenção de acidentes do trabalho, a Empresa adota e desenvolve a técnica do Diálogo Diário de Segurança - DDS.

O DDS é um treinamento ministrado diariamente pela primeira linha de Supervisão, junto às suas equipes de trabalho.

Consiste em cinco minutos de avisos de alerta e orientações antes da jornada diária.

Naquela oportunidade, o Supervisor fala objetivamente sobre a tarefa do dia, alertando a todos sobre os riscos de acidentes inerentes.

Tabela 13.2. Quadro I Da NR-5

GRAU DE RISCO	Nº DE MEMBROS DA CIPA	Nº DE EMPREGADOS NO ESTABELECIMENTO							
		20 a 50	51 a 100	101 a 500	501 a 1000	1001 a 2500	2501 a 3000	3001 a 10000	Acima de 10000 para cada grupo de 2.500 acrescentar
1	Representantes do Empregador				2	3	4	5	1
	Representantes dos Empregados				2	3	4	5	1
2	Representantes do Empregador		1	2	3	4	5	6	1
	Representantes dos Empregados		1	2	3	4	5	6	1
3	Representantes do Empregador	1	2	4	6	8	10	12	2
	Representantes dos Empregados	1	2	4	6	8	10	12	2
4	Representantes do Empregador	1	3	4	6	9	12	15	2
	Representantes dos Empregados	1	3	4	6	9	12	15	2

Verifica se todos estão usando os EPIs necessários e adequados e se os equipamentos de proteção coletiva estão em condições satisfatórias.

Por ser ministrado pelo seu superior imediato, em linguagem compatível com a sua, e pela frequência com que lhes são passadas as informações e os avisos de alerta, os operários assimilam mais rapidamente o processo produtivo e prevencionista.

13.8.1 Operacionalização

Inicialmente, a primeira linha de Supervisão deverá ser treinada pelo Serviço de Segurança da Empresa, para aplicação do DDS.

Para aqueles Supervisores que demonstrarem maior dificuldade, o Técnico de Segurança deverá fazer um acompanhamento diário, até que não surjam mais dificuldades para a aplicação correta deste procedimento.

Ao final de cada diálogo, o Supervisor evidencia sua participação no processo de prevenção de acidentes, através do impresso DDS, o qual, devidamente preenchido, será encaminhado ao SESMT.

É de responsabilidade do SESMT acompanhar a aplicação do programa pelos Supervisores, prestando-lhes o auxílio que for necessário.

O impresso “DDS - Diálogo Diário de Segurança” ilustrado a seguir ([Figura 13.1](#)) deve ser preenchido conforme as instruções que seguem:

- DATA - Dia em que se realizou o DDS.
- HORÁRIO - Hora exata em que se realizou o DDS.
- NÚMERO - Número seqüencial deste DDS. Cada Supervisor deve ser orientado para adotar numeração seqüencial para os DDSs que irá ministrar.
- LOCAL - Frente de serviço onde está sendo ministrado o DDS.
- PALESTRANTE - Caso o DDS esteja sendo aplicado por outra pessoa que não o Supervisor da tarefa ou área. Exemplo: Técnico de Segurança. Anotar o nome do profissional.
- ASSUNTO - Descrever sucintamente a tarefa a ser executada.
- NÚMERO - Número do participante da palestra.
- NOME - Nome do participante da palestra.
- REF - Número de referência do funcionário na Empresa.

- FUNÇÃO - Função do participante da palestra. Exemplo: Carpinteiro.
- ASS - Assinatura do participante.
- PALESTRANTE - Assinatura do palestrante.
- SUPERVISOR - Assinatura do supervisor daquela tarefa.

13.9 Inspeção de Segurança do Trabalho

A Inspeção de Segurança será uma atividade estabelecida para detectar, o tanto quanto possível, práticas e procedimentos inseguros, que poderão causar acidentes se não forem corrigidos.

Durante a execução de uma obra, poderão ocorrer dois tipos de inspeção:

- Inspeção diária realizada por um Supervisor de Segurança do Trabalho nas frentes de serviço.
- Inspeção conjunta por representantes da Contratante e da Camargo Corrêa.

A Inspeção de Segurança será conduzida pelo serviço de Segurança do Trabalho e, em nenhuma hipótese, isentará os responsáveis pelas áreas ou serviços inspecionados das responsabilidades que lhes são atribuídas.

Durante a execução da inspeção, será preenchido o formulário “Relatório de Inspeção de Segurança do Trabalho” ([Figura 13.2](#)), como segue:

- Local Inspecionado: área, pátio, oficina, escritório ou frente de serviço onde foi efetuada a inspeção;
- Riscos: identificar o risco de acidente observado, individual ou coletivo, sua provável causa e efeito, se há probabilidade de dano pessoal ou material;
- Recomendações: anotar as recomendações feitas ao responsável pela área ou serviço, detalhando providências, recursos ou atitudes a serem tomadas, indicando o nome do funcionário que recebeu as recomendações.

Concluída a inspeção, o Supervisor de Segurança do Trabalho que a efetuou encaminhará a via do relatório preenchida por ocasião da inspeção para ser datilografada em 3 vias, com a seguinte distribuição:

- Primeira via para o Chefe da Unidade de Trabalho;
- Segunda via para o Chefe do Setor onde o risco de acidente foi observado;
- Terceira via para controle e arquivo do Serviço de Segurança do Trabalho, que a manterá em pendência até a constatação de que as providências foram tomadas e o risco de acidentes, eliminado.

Poderá ocorrer que a complexidade das tarefas realizadas ou as dificuldades próprias do local de execução do serviço não possibilitem ao Supervisor de Segurança do Trabalho apresentar imediatamente recomendações para a eliminação dos riscos observados.

Nestes casos, o Supervisor de Segurança do Trabalho indicará ao responsável pelo serviço executado os riscos observados, informando-lhe que levará o problema ao Serviço de Engenharia de Segurança do Trabalho para ser estudado, e que, oportunamente, apresentará recomendações sobre medidas a serem tomadas.

O Serviço de Engenharia de Segurança do Trabalho da obra, para solucionar problemas complexos em sua área de atuação, poderá, em primeira instância, valer-se da colaboração do Setor de Engenharia da própria obra, de Serviços de Engenharia de Segurança

Camargo Corrêa		D.D.S. - Diálogo Diário de Segurança		
Data:	Horário:	Nº:		
Local:	Palestrante:			
Assunto:				
Nº	Nome	Ref.	Função	Ass.
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
Palestrante			Supervisor	

Figura 13.1 Modelo de D.D.S.

do Trabalho de outras obras da Empresa e do Setor de Segurança e Medicina do Trabalho da Administração Central.

Em etapa posterior, poderá recorrer a Consultores Externos.

13.10 APT - Análise Prevencionista de Tarefa

Sempre que os serviços a serem executados envolverem riscos consideráveis ou que fugirem da rotina normal de trabalho, deve ser efetuada uma Análise Prevencionista de Tarefa.

A análise consiste em fazer uma descrição detalhada do serviço a ser executado, descrevendo seqüencialmente as suas etapas, visando identificar os riscos de acidentes com pessoas e/ou equipamentos, com o objetivo de eliminá-los ou controlá-los com medidas preventivas e adoção de equipamentos individuais ou coletivos de proteção.

A APT é feita pelo Encarregado do setor responsável pela execução do serviço, em conjunto com sua equipe de Supervisão. Nos trabalhos mais complexos, poderá ser solicitada a colaboração do Setor Técnico e do Engenheiro de Segurança do Trabalho, quando houver.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO		
Local:		
Data:		
Item observado	Riscos	Recomendações / Sugestões

Figura 13.2 **Modelo de Relatório de Inspeção de Segurança do Trabalho**

Para o acompanhamento das medidas de segurança recomendadas, a APT é enviada para o SESMT - Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho.

Como a APT possibilita a tomada de medidas e elaboração de comunicados aos empregados sobre segurança e medicina do trabalho, ela tem também a finalidade de atender o [item 1.7](#), letra “b” da NR-01, da Portaria no. 3214.

Os dados referentes à análise são registrados no formulário reproduzido neste item ([Figura 13.3](#)), e seu preenchimento deve ser de acordo com as seguintes instruções:

- APTº Nº - Numerar seqüencialmente.
- UT - Anotar o número de código da UT a qual pertence.
- ÁREA - Anotar o nome da área à qual pertence a APTº.
- SETOR - Anotar o nome do setor ao qual pertence a APTº.

PARTICIP/FUNÇÃO - Registrar o nome da(s) pessoa(s) que participar(em) da APTº e sua(s) respectiva(s) função(ões). PREP. POR:

Em ___/___/___

Registrar o nome da pessoa responsável pela elaboração da APT e data em que a mesma foi elaborada.

APROV. POR:

Em ___/___/___

Registrar o nome da pessoa que aprovou a APT e a data em que ocorreu a aprovação.

REV. POR:

Em ___/___/___

Caso a pessoa que elaborou a APT julgar necessária uma revisão, anotar o nome de quem revisou e a data em que o fato ocorreu.

TAREFA - Preencher, indicando a tarefa a ser executada.

EPIs NECESSÁRIOS - Indicar os EPIs necessários para a realização da tarefa.

MÉTODO UTILIZADO PARA ELABORAÇÃO DA APT - Indicar, com a letra “x”, nos quadros adjacentes, o método utilizado para preparação da APT:

- Observação do trabalho;
- Participação do trabalhador;
- Experiência do preparador.

MOTIVO DA REVISÃO DA APT - Indicar, com a letra “x”, no quadro correspondente, quando for efetuada revisão em APT.

- Investigação de acidente (se houver ocorrido algum acidente nesta tarefa ou em tarefa similar);
- Inspeção de Segurança;
- Mudança de método de trabalho;
- Nenhuma das anteriores.

OBSERVAÇÃO - Anotar outras informações que possam ser úteis para a análise, tais como número de pessoas envolvidas na tarefa, tipo e quantidade de equipamentos, se o trabalho é diurno, noturno ou misto, etc.

ETAPAS BÁSICAS - Descrever as etapas básicas da tarefa a ser realizada com detalhes.

RISCOS - Descrever riscos de acidentes prováveis.

MEDIDAS PREVENCIONISTAS - Descrever as medidas necessárias para anular ou controlar os riscos descritos no item 15.

13.11 Comunicação e Registro de Acidentes

Um dos deveres fundamentais de cada funcionário será comunicar prontamente ao seu supervisor imediato qualquer ocorrência de acidente, com ou sem lesão corporal.

Nos acidentes de trabalho que gerarem lesão corporal e quando a gravidade deste permitir, o acidentado deverá procurar o seu supervisor imediato e obter autorização para dirigir-se ao ambulatório médico, onde será emitida a Comunicação de Acidente de Trabalho.

Os objetivos da comunicação de acidentes são:

- Manter registrados todos os acidentes que causarem lesões, havendo ou não afastamento do acidentado do trabalho;
- Possibilitar a investigação de todos os acidentes que causarem qualquer tipo de lesão;
- Manter sob controle o andamento das medidas recomendadas, para evitar a repetição de ocorrências semelhantes;
- Identificar no leiaute da área de trabalho pontos de maior incidência de acidentes, para que possam ser aplicadas medidas preventivas e específicas de engenharia de segurança, quando necessárias;
- Todos os acidentes sofridos por funcionários quando em serviço - dentro e fora dos canteiros da obra - no percurso de ida ou volta entre a casa e o local de trabalho, e no período destinado às refeições, bem como aqueles sofridos por pessoas não-empregadas na obra dentro dos canteiros desta ou outros gêneros de incidentes, mesmo que não hajam feridos, devem ser comunicados imediatamente à área de segurança do trabalho ou ao serviço médico, pelo próprio acidentado ou por outra pessoa que deles tenha tomado conhecimento, no mais curto prazo de tempo possível.

13.12 Investigação de Acidentes

Uma das medidas de grande importância dentro de um programa de segurança é a investigação do acidente.

Baseia-se no conceito de que é perfeitamente possível evitar acidentes de características semelhantes a outros ocorridos se, após cada acidente, for feita uma análise minuciosa de suas causas.

É evidente que, além de se levantarem os Atos de Condições Inseguras que concorreram para o acontecimento do acidente, importância semelhante seja dada ao fator humano presente, entre os quais inaptidão para o trabalho, excesso de confiança, desmotivação, etc.

ANÁLISE PREVENCIÓNISTA DA TAREFA		1 - APT N _º	
3 - Área:	4 - Setor:	5- Particip/Função:	2 - UT
6 - Prep. por:	em _____ / _____ / _____	7- Aprov. por	8 - Re. por:
9 - Tarefa:	em _____ / _____ / _____	em _____ / _____ / _____	em _____ / _____ / _____
10 - EPI's necessários			
<input type="checkbox"/> Observação do Trabalho <input type="checkbox"/> Participação do Trabalhor <input type="checkbox"/> Experiência do Preparador <input type="checkbox"/> Investigação de Acidente <input type="checkbox"/> Inspeção de Segurança <input type="checkbox"/> Mudança de Método de Trabalho <input type="checkbox"/> Nenhuma das Anteriores			
11 - Método utilizado para elaboração da APT:			
<input type="checkbox"/>			
12 - Motivo de Revisão da APT:			
<input type="checkbox"/>			
13 - Observação:			
14 - Etapas Básicas			
15 - Riscos			
16 - Medidas Preventivas			

Figura 13.3 Modelo de Formulário APT

Uma boa investigação de acidentes em hipótese alguma deve-se fundamentar em levantar culpados ou responsáveis, pois assim deixará de existir colaboração espontânea do operário, prejudicando seriamente seu resultado.

Dentro desse prisma, todos os acidentes ocorridos deverão ser criteriosamente investigados.

Os dados conclusivos deverão ser exaustivamente discutidos entre os envolvidos e divulgados a todos os interessados.

13.13 Prevenção e Combate a Incêndio

A Camargo Corrêa encara com rigor a necessidade de prevenção e combate a incêndio, principalmente face ao risco a que esse gênero de acidente expõe as pessoas, aos possíveis danos às instalações sob sua responsabilidade, e também às consequências negativas que podem ser impostas no próprio cronograma da obra.

Os integrantes da brigada de incêndio serão treinados no manuseio e correta utilização dos equipamentos de combate a incêndio.

Receberão também treinamento sob retirada de material combustível (remoção ou isolamento), retirada do calor (resfriamento), retirada do oxigênio (abafamento) e cuidados especiais sobre desabamento e explosão no local do incêndio.

Será instalado um sistema sonoro para o alarme em caso de incêndio, o qual será divulgado a todos os empregados, e em especial ao pessoal de Supervisão, que deverá tomar a primeira medida para evacuação de pessoal, máquinas e veículos da área atingida pelo fogo, a fim de permitir o livre acesso dos integrantes da brigada de incêndio.

13.13.1 Classificação dos Incêndios

Para estudos de prevenção e combate aos incêndios, adota-se a classificação em três grandes classes: incêndios de classes "A", "B" e "C".

■ Incêndios de Classe "A"

Compreendem os incêndios que deixam cinzas e brasas e queimam em superfície e profundidade.

É o caso de incêndios em corpos combustíveis comuns, tais como papel, madeira, tecido e outros materiais semelhantes.

■ Incêndios de Classe "B"

São os incêndios que não deixam cinzas nem brasas e queimam unicamente na superfície.

É o caso dos incêndios em líquidos inflamáveis, tais como gasolina, álcool, óleo, tintas e outros materiais semelhantes. Sua extinção é feita por abafamento.

■ Incêndios de Classe "C"

São os incêndios em equipamentos elétricos ligados e que oferecem riscos ao operador de extintor.

Exige, para sua extinção, um agente extintor que não conduza eletricidade.

Por exemplo, nunca se deve usar espuma em incêndio de equipamento elétrico ligado, pois a espuma conduz eletricidade e o operador de extintor poderá ser eletrocutado.

Existem outros combustíveis que não se enquadram nesta classificação, constituindo casos particulares, como certos produtos químicos e outros materiais.

13.13.2 Causas Frequentes de Incêndio

- Fumar em locais proibidos;
- Fósforos acesos atirados a esmo;
- Pontas de cigarros atiradas a esmo;
- Sobrecarga nas instalações elétricas;
- Falta de conservação dos aparelhos elétricos;
- Falta de atenção ao utilizar aparelhos elétricos;
- Improvisação nas instalações elétricas;
- Uso de adaptador com várias tomadas “Benjamins”;
- Vazamento de gás;
- Fagulhas de diversas origens;
- Fagulhas de solda elétrica e oxicorte;
- Vazamentos ou derramamentos de líquidos combustíveis ou inflamáveis;
- Manuseio de líquidos inflamáveis em local sem ventilação;
- Mancais ou rolamentos sem manutenção;
- Tubos de gases, líquidos inflamáveis avariados;
- Materiais diversos amontoados em local inadequado;
- Trapos ou estopas embebidos em óleos, graxa, cera, inflamáveis, tintas e solventes abandonados ou jogados a esmo em locais indevidos;
- Armazenamento de inflamáveis em local indevido;
- Estufas improvisadas;
- Acúmulo de lixo;
- Execução de serviços com fogo, calor ou chamas abertas sem a devida proteção ou acompanhamento.

13.13.3 Agentes Extintores

Tomando por base o triângulo do fogo, a combustão é uma reação divisível. Removendo qualquer dos três lados que a compõem (combustível, oxigênio e calor) o fogo deixa de existir.

Existem três métodos de extinção:

- Retirada do material (isolamento)

Consiste em retirar o material não atingido pelo fogo, eliminando-o assim, por falta de combustível para queimar.

- Resfriamento

Consiste em retirar o calor reduzindo a temperatura abaixo do seu ponto de fulgor, cessando a combustão.

É o método mais usado no combate a incêndio.

- Abafamento

É o processo de isolar o oxigênio do material incendiado. Consiste em impedir ou reduzir porcentagem de oxigênio do ar atmosférico a menos de 16% na alimentação da combustão.

- Há inúmeros agentes extintores empregados no combate ao fogo:
- Água - É o agente mais antigo e ainda o mais usado.
- Espuma - É o agente proveniente da reação química ou de ação mecânica.
 - ▶ Reação Química:

Combinação de sulfato de alumínio e bicarbonato de sódio, tendo como elemento estabilizador o alcaçuz ou sapomina.

- ▶ Ação Mecânica:

É uma formação através de um equipamento gerador apropriado para tal fim, tendo como elemento espumante o extrato protéico ou sintético.

- Gás Carbônico - CO₂ - Gás inodoro, incolor e mais pesado que o ar. Sob pressão, passa para o estado líquido à temperatura de 79 graus centígrados negativos.
- Pó Químico - É um composto de bicarbonato de sódio, mais agente higroscópico.
- Pó Especial - É um composto à base de fosfato de amônia e grafite.
- Areia - Encontrado em forma cristalizada na crosta terrestre.

NOTA: Em todos os casos, dirigir o jato para a base do fogo.

13.13.4 Equipamentos de Combate a Fogo

Os equipamentos de combate a fogo devem ser dimensionados conforme o grau de risco existente nas diversas instalações e equipamentos da Empresa.

Os mais comuns são:

- Extintores;
- Rede hidráulica com hidrantes;
- Proporcionador de espuma;
- Carros-tanque;
- Bomba de alta pressão.

13.13.4.1 Extintores

Podem ser portáteis ou sobre rodas. São aparelhos de primeiro-socorro, de utilização imediata, no início do fogo, e destinados a combater o incêndio em qualquer lugar.

Devem ser colocados em lugares bem visíveis, de fácil acesso e que não fiquem fora do alcance das mãos devido a obstrução de qualquer espécie.

13.13.4.2 Rede Hidráulica com Hidrantes

O sistema de proteção por hidrante é um conjunto de reservatório, canalização, hidrantes, mangueiras e esguicho, que deverão ser instalados quando o porte e a duração da obra justificarem a sua utilização.

- Reservatório d'água

O abastecimento d'água às redes de hidrantes poderá ser por ação da gravidade ou com a utilização de bombas fixas.

Em ambos os casos, o reservatório elevado ou subterrâneo deverá ter capacidade de armazenar a quantidade mínima para garantir o suprimento d'água durante 30 minutos, para a alimentação de duas saídas trabalhando simultaneamente com uma vazão mínima de 500 litros por minuto em cada requinte.

■ **Canalizações**

As canalizações serão compostas de tubos de ferro fundido, aço galvanizado, aço preto ou cobre, podendo ser incluídos nas redes subterrâneas tubos de PVC rígidos e os de categoria fibrocimento e equivalente.

Os tubos empregados deverão resistir a uma pressão mínima de 50 por cento acima da pressão de trabalho do sistema, que deve ser de 1,5 bares (15 metros coluna d'água).

As canalizações, além de atenderem aos requisitos acima especificados, deverão ser dimensionadas de modo a proporcionarem as vazões e pressões indicadas, não podendo ter diâmetro inferior a 63 mm (2 1/2").

■ **Hidrantes**

Como a grande maioria das edificações nos canteiros de obra é de madeira, os hidrantes deverão ser projetados para serem instalados do lado de fora dos prédios.

O número de hidrantes deve ser dimensionado para que qualquer foco de fogo possa ser atingido por dois jatos d'água lançados simultaneamente.

Os hidrantes deverão estar localizados a cerca de 15 metros dos prédios a serem protegidos, em área totalmente desobstruída.

■ **Mangueiras**

Ao lado de cada hidrante, será instalada uma caixa para guarda de 4 lances de mangueira a 15 metros de comprimento e 2 1/2" de diâmetro e 2 chaves de união de 2 1/2 para engate rápido.

Nas válvulas de saída d'água dos hidrantes e nas mangueiras, deverão estar acoplados engates rápidos, tipo storz, de 2 1/2".

13.13.4.3 Proporcionador de Espuma

Este equipamento permite a sua utilização mediante acoplamento da mangueiras ligadas a hidrantes e a bombas de carro-tanque ou de alta pressão.

Consiste num conjunto de peças de fácil manuseio, que pode ser facilmente transportado devido ao seu pequeno volume e peso.

É composto de um dispositivo que permite a dosagem do extrato de espuma à água, nas proporções de 0 a 5 por cento de forma contínua.

O extrato pode ser obtido de fabricantes de produtos para combate a incêndio em balde de 10, 20, 50 e 100 litros. Quando armazenado conforme as recomendações do fabricante, o produto tem grande durabilidade.

Substitui, com enorme vantagem, os extintores de espuma, devido à grande quantidade e tempo de utilização. Indicado para combate a fogo em áreas industriais em geral armazéns, escritórios, alojamentos, tanques de armazenagem de combustíveis, etc.

13.13.4.3.1 Carros-Tanque

Em todas as obras de Empresa, existe um ou mais caminhões-tanque para transporte de água potável ou irrigadeiras para pistas e áreas de lançamento de terra.

É necessário acoplar na bomba de saída da água (a bomba que pressiona a água no espargidor) dois registros, um que fecha a saída da água pelo espargidor, outro com engate rápido de 2 1/2" para ligação de mangueira.

Com esta adaptação, todos os caminhões-tanque poderiam ser utilizados para combate a incêndio individualmente.

Como a bomba dos caminhões é de baixa pressão, a obra deve dispor de um conjunto moto-bomba de alta pressão descrito a seguir.

13.13.4.4 Bomba de Alta Pressão

É um conjunto moto-bomba, portátil em padiola ou sobre rodas. No mercado especializado, existem vários tipos e modelos. Para o caso de acampamentos e canteiro de obras, é suficiente moto-bomba, que permite o trabalho com água suja, com vazão em torno de 500 litros por minuto e 100 metros de coluna d'água.

Poderá ser abastecida por meio de um mangote com alma de aço na saída do tanque, ou por aspiração com mangote colocado dentro do tanque.

Na saída da bomba, serão ligadas mangueiras para o combate ao fogo.

13.14 Procedimentos de Segurança em Trabalhos com Cilindro e Acetileno e Oxicorte

Os procedimentos de segurança a seguir objetivam proporcionar ao soldador, ao seu ajudante e aos respectivos encarregados a maneira mais eficaz e segura de operação e manuseio de equipamentos de corte e soldagem.

13.14.1 Recomendações no Manuseio de Conjunto de Oxiacetileno

- Conhecer a sua faixa de inflamabilidade (em torno de 80 graus centígrados), devendo-se evitar qualquer vazamento, de maneira especial em locais confinados;
- Os cilindros vazios devem ser armazenados em local separado dos cilindros cheios;
- O local de armazenamento deve estar devidamente sinalizado com a placa "PROIBIDO FUMAR";
- Os capacetes de proteção dos cilindros devem estar devidamente atarraxados, exceto os que estão em serviço;
- Os reguladores de pressão devem ser operados como instrumento de precisão. Não devem ser expostos a choques, vibrações ou pressões repentinhas causadas pela abertura da válvula do cilindro de gás;
- Usar o regulador de pressão somente com o gás para o qual ele é projetado;
- Nunca operar com pressões de trabalho superiores às recomendadas;
- Nunca utilizar o equipamento com manômetro quebrado ou defeituoso;
- Nunca ficar em frente e nem atrás dos manômetros, quando da abertura da válvula do cilindro de gás;
- As mãos e as ferramentas devem estar isentas de graxa e óleo. O material oleoso em contato com o oxigênio provoca violenta combustão. Recomenda-se o uso de tricloroetileno para limpar as peças e ferramentas;
- Quando da instalação, verificar todas as conexões para detectar vazamento de gás (usar espuma de sabão neutro). À presença de qualquer vazamento, fechar a válvula do cilindro de gás e eliminar o defeito;

- Verificar se as linhas de alimentação de oxigênio e acetileno estão devidamente identificadas, com as conexões corretas e em condições de impedir qualquer troca nas ligações das mangueiras;
- Referir-se sempre ao gás pelo próprio nome - oxigênio, por exemplo. Nunca o denominar simplesmente de ar, o que pode confundi-lo com ar comprimido. Identificar também o gás combustível - acetileno - pelo próprio nome e, sempre que possível, informar aos operadores sobre a constituição desses gases e seus efeitos;
- Nunca usar o oxigênio para substituir o ar comprimido, tirar a poeira da roupa, limpar a área de trabalho, realizar testes de pressão ou de ventilação. A roupa saturada ou o ar rico em oxigênio torna-se altamente suscetível à ignição com qualquer faísca;
- Nunca usar óleo, graxa, hidrocarbonetos ou deixar materiais orgânicos similares em contato com o oxigênio ou equipamentos oxicombustíveis. Esses materiais entram facilmente em ignição e queimam violentamente na presença de grandes concentrações de oxigênio. Os equipamentos oxicombustíveis não necessitam de lubrificação.

13.14.2 Causas de Incêndios em Cilindros de Acetileno

A finalidade deste item é orientar os funcionários quanto ao manuseio dos cilindros de acetileno em situações de fogo.

13.14.2.1 Cilindros de Acetileno Podem Pegar Fogo

Quando há ocorrência de fogo em cilindros de acetileno, é freqüentemente localizado na saída da válvula onde está acoplado um regulador, ou na própria saída do regulador onde a mangueira ou chicote é conectada. Algumas vezes, por falta de aperto, ocorrem vazamentos quando a válvula do cilindro é aberta.

O fogo ocorre ocasionalmente nas válvulas de segurança e a causa mais comum é o contato com metal quente ou escória de operações de solda ou corte. As válvulas de segurança podem, também, funcionar se os cilindros forem localizados muito próximo às fontes de calor, como fornos ou cadinhos contendo metais fundidos, ou se a chama de um maçarico é, inadvertidamente, dirigida para eles.

Em decorrência de choques ou golpes sofridos, a válvula de segurança pode ser danificada e começar a vazar. Também no caso de abuso ou violação do selo da válvula do cilindro, esta pode soltar e provocar vazamento na haste da válvula. Se ocorrer ignição no gás vazante, haverá incêndio no cilindro.

Raramente o casco do cilindro de acetileno é danificado por perfuração. Isto pode ocorrer se é golpeado por algum objeto pontudo, ou quando o cilindro é jogado de uma certa altura. Freqüentemente o fogo resulta destes casos.

Na ocorrência de fogo sobre ou próximo a um cilindro de acetileno, as válvulas de segurança entram em funcionamento quando o metal fusível alcança a temperatura de 100 graus centígrados. Nesse caso, o acetileno vazante pode ser incendiado. Essa ação de alívio evita o desenvolvimento de uma pressão elevada no interior do cilindro, o que poderia causar uma explosão do mesmo.

13.14.2.2 Fogo no Cilindro de Acetileno

A maneira como um cilindro de acetileno queima depende da localização e do grau do vazamento, bem como da pressão no interior do cilindro. Pequenos vazamentos de gás através da válvula ou ao redor de bujões fusíveis podem-se inflamar. No entanto, podem estacionar, se o calor da chama não for suficiente para derreter o metal fusível. Vazamentos maiores, provenientes de uma válvula de cilindro solta ou de uma conexão de regula-

dor mal apertada, podem sofrer ignição e criar calor suficiente para provocar o funcionamento das válvulas de segurança.

Quando o calor é suficiente para derreter o metal fusível do dispositivo de alívio, torna-se marcadamente audível a liberação do gás. A maioria dos expectadores tende a exagerar a magnitude deste ruído e se refere a ele, frequente e erroneamente, como sendo uma explosão.

Quando a válvula de segurança abre, uma quantidade de acetileno flui para fora do cilindro e pode ser incendiada por qualquer fonte de ignição próxima. Isto provavelmente provoca num ruído ainda mais acentuado. Com o cilindro cheio, o acetileno que estiver vazando pode estar a tal velocidade que a chama não queima para trás em direção da abertura e, sim, começa a 30 ou 60 cm do cilindro. Entretanto, com o decréscimo de pressão, a chama retrocede em direção à abertura e, então, queima daí para fora.

A princípio, a chama é de luminosidade brilhante, pois o acetileno é notável pelo brilho de sua chama. Com o esvaziamento do cilindro e a diminuição do tamanho da chama, o grau de brilho diminui gradualmente, tendendo para uma coloração amarelada. Isto é parcialmente atribuível ao acréscimo do conteúdo de acetona no gás escapante.

13.14.3 Precauções com Relação às Situações de Incêndio Envolvendo Cilindros de Acetileno

Se o acetileno, saindo de um cilindro, se incendiar, a primeira coisa a evitar é o pânico. A situação pode ser superada com sucesso se as pessoas forem mantidas calmas. Conseqüentemente, os primeiros esforços devem ser concentrados na evacuação de todas as pessoas da área. O mínimo de pessoas deve permanecer, necessariamente as mais experientes e qualificadas. Alguém que compreenda e domine a situação deve coordenar as atividades.

A chama, ao sair de uma válvula de segurança ou de qualquer outra parte do cilindro, não deve ser apagada, a não ser que o cilindro esteja em área externa ou numa área bem ventilada e livre de fontes de ignição. Usualmente, é muito difícil apagar este tipo de fogo. A razão principal para não apagar é que, se o acetileno escapar sem queimar e for misturando-se com o ar, é possível uma explosão. Apesar de não se desejar nem fogo nem explosão, o incêndio é preferível.

Quando se apaga o fogo de um cilindro de acetileno, deve-se irrigá-lo abundantemente com água para resfriá-lo e, em seguida, levá-lo a uma área externa ou, pelo menos, a uma área bem ventilada, mantendo-o frio com uma corrente de água até a exaustão do gás. O fornecedor deve ser avisado.

Se o incêndio no cilindro irromper dentro de um prédio, deve-se tomar a decisão de retirá-lo ou não do edifício. O cilindro deve ser resfriado por meio de um jato de água.

O cilindro não deve ser retirado nos seguintes casos:

- Dos andares superiores ao segundo, inclusive. Não jogar de uma janela, pois a força do cilindro em choque com o chão pode provocar o seu rompimento. Acima de tudo, não retirar o cilindro em chamas ou com grande vazamento em elevadores;
- De um edifício relativamente aberto, construído com material incombustível e que tenha pouco ou nenhum material combustível no seu interior;
- Se, para retirá-lo, for necessário percorrer uma distância relativamente grande, particularmente se isto significa atravessar corredores, passar por portas, ou perto de material inflamável, bens de valor ou máquinas;

- Se estiver firmemente fixo no lugar e, para soltá-lo, houver necessidade de uma pessoa se aproximar em condições de perigo.

O cilindro deve ser retirado, nos seguintes casos:

- Um cilindro próximo a outros de acetileno ou de outros gases comprimidos, particularmente se as chamas estão dirigidas ou refletidas na direção destes. Neste caso, devem-se refrigerar os cilindros próximos com água;
- Na presença de materiais altamente inflamáveis ou perigosos na proximidade do cilindro de acetileno em chamas. É evidente que os cilindros de acetileno não devem estar perto de tais materiais, mas em situações especiais, isto pode ocorrer;
- Num prédio de material combustível cuja proteção da estrutura é deficiente, o alastramento do fogo pode provocar desastre de maiores proporções.

13.14.3.1 Remoção de Cilindros de Acetileno em Chamas

Um cilindro de acetileno pode apresentar vazamento na conexão do regulador, na conexão da mangueira, na junta de vedação da válvula ou na rosca da válvula de segurança. Nesses casos, o vazamento é relativamente pequeno e resulta numa pequena chama de vela. No entanto, esta pequena chama, se atingir a válvula de segurança, pode causar a fusão da mesma e liberar grandes quantidades de acetileno e uma chama de até 3,5m de comprimento, no caso de o cilindro estar cheio. Deve-se fazer todo o esforço para evitar a presença de pessoas na direção da válvula de segurança do cilindro, a qual pode ser acionada pela incidência de chama, metal quente ou outras fontes de calor.

Na ocorrência de pequena chama oriunda de um vazamento nas conexões ou roscas, esta pode ser apagada com um extintor de pó químico seco (PQS), ou dióxido de carbono (CO₂) ou com o auxílio de uma mangueira de incêndio, de uma distância segura. Depois de apagar todas as chamas, aguardam-se alguns minutos para se certificar que não houve geração de calor que ainda pode provocar a abertura da válvula de segurança. Se o cilindro não apresentar sinais de calor interno, como pode ser evidenciado pela presença de vapor d'água que está sendo jogado nele ou pela rachadura de tinta, pode-se providenciar sua remoção do prédio. Se o cilindro estiver frio ao tato, a válvula pode ser fechada para parar o vazamento da conexão do regulador, da conexão da mangueira ou da junta de vedação. Vazamentos na rosca da válvula ou na válvula de segurança não podem ser estancados. Conseqüentemente, o cilindro deve ser removido do prédio pelo caminho mais curto.

Na tarefa de combate a qualquer fogo envolvendo cilindro de acetileno, é extremamente importante evitar situar-se em linha com a válvula de segurança, devido à possível fusão do metal e ao conseqüente fluxo de acetileno. Por essa razão, recomenda-se não tentar remover um cilindro que apresente evidências de calor interno.

A chama proveniente de uma válvula de segurança acionada leva, aproximadamente, 20 minutos para se extinguir, com o cilindro cheio.

IMPORTANTE

- Pode-se deixar o cilindro queimar no local até o esgotamento da pressão interna, que pode ser evidenciada por chamas curtas, com comprimentos menores de 30 cm. Neste ponto, a chama pode ser apagada e o cilindro pode ser imediatamente removido do prédio;
- Sempre que se lançar um jato d'água sobre um cilindro em chamas (e sobre cilindros adjacentes) deve-se fazê-lo através de abertura nas paredes ou portas a distância segura, até que a intensidade da chama diminua e o cilindro se resfrie.

13.14.3.2 Presença de Cilindros de Acetileno em Grandes Incêndios

Quando um maior número de cilindros de acetileno é envolvido num fogo de grandes proporções, não se deve extinguir o fogo proveniente dos mesmos. Nesses casos, é extremamente importante que, no combate ao fogo, as pessoas o façam da maior distância possível e, mesmo assim, protegidas contra estilhaços de metais projetados. A intensidade do fogo incidente sobre os cilindros, nestes casos, é imprevisível e, apesar de as válvulas de segurança ventilarem o acetileno, na grande maioria dos casos, ocasionalmente o calor aplicado às paredes as enfraquecem antes do alívio da pressão interna, provocando explosão violenta dos cilindros.

Recomenda-se manter os cilindros adjacentes e a área vizinha refrigerados, aplicando-se grandes quantidades de água até a extinção do fogo.

13.14.4 Medidas Especiais em Corte e Solda de Recipientes

13.14.4.1 Introdução

Explosões rigorosas e/ou incêndios subseqüentes poderão ocorrer se forem realizados soldagem, corte ou outro trabalho a fogo em recipientes que não estiverem totalmente livres de combustíveis sólidos, líquidos, vapores, polvilhos e gases. Recipientes desse tipo podem ser seguros para tais trabalhos a baixo custo, porém as medidas de segurança e precauções descritas a seguir devem ser obedecidas rigorosamente. O corte e a soldagem de qualquer recipiente que abrigue combustível devem ser desencorajados e só poderão ser executados quando tal trabalho se tornar essencial pelo Supervisor, só podendo ser feito após a limpeza apropriada.

Nenhum recipiente deve ser considerado limpo até que seja provado, através de testes adequados.

13.14.4.2 Objetivo

Estas recomendações deverão ser obedecidas na preparação de recipientes metálicos, que tenham armazenado sólidos, líquidos, gases ou substâncias que possam produzir vapores ou gases inflamáveis quando misturados com ar ou oxigênio. Sua limpeza é necessária em qualquer caso, antes da soldagem ou corte.

13.14.4.3 Geral

Antes de se iniciar a limpeza de um recipiente, deve-se determinar se ele abriga ou abrigou qualquer substância inflamável ou combustível. Esta informação poderá ser fornecida pelo usuário anterior. Também deverá ser determinado se tal substância reage ou é solúvel em água. Se puder ocorrer reação, o conteúdo deverá ser determinado.

Muitos recipientes que abrigaram produtos petrolíferos inflamáveis não são tão perigosos como outros que abrigaram certos solventes orgânicos, como bissulfeto de carbono, que tem uma capacidade inflamável maior e incendeia-se a uma temperatura bem mais baixa.

Sempre que houver qualquer dúvida quanto às propriedades de uma substância, o fabricante ou um livro reconhecido de referências químicas deve ser consultado.

Substâncias inflamáveis e explosivos poderão estar presentes em recipientes que tenham abrigado os seguintes conteúdos:

- Gasolina, nafta, álcool, solvente, óleo fino, ou outros líquidos voláteis, que deixam vapores potencialmente perigosos em pressão atmosférica e em temperaturas normais;

- Ácido que reaja com metais para produzir hidrogênio;
- Óleo não volátil ou sólido que, em temperatura ordinária, não deixará escapar vapores potencialmente perigosos, porém deixará escapar tais vapores se ficar exposto ao calor, gerados, por exemplo, do calor provocado pelo corte ou soldagem;
- Sólido combustível, com as partículas finamente divididas, que podem continuar presentes no recipiente, em forma de uma nuvem explosiva.

As práticas de segurança enumeradas aqui não pretendem ser aplicadas às seguintes classes de recipientes:

- Recipientes que possam ser penetrados por trabalhadores para limpeza interior;
- Tanques ou outros compartimentos em navios;
- Tanques de estocagem de petróleo acima do solo;
- Gasômetros ou tanques de estocagem de gás natural ou manufaturado;
- Cilindros de gás comprimido (qualquer trabalho a fogo em cilindros de gás comprimido deve ser feito somente pelo fabricante do tipo de cilindro envolvido);
- Recipientes que armazenaram nitro-celulose ou solução de piroxilin (Para as informações sobre a limpeza de tais recipientes, consultar o fabricante ou fornecedor da solução).

Deve-se lembrar que gás inerte não apagará incêndios em tais soluções, pois as próprias substâncias possuem oxigênio suficiente para suportar a combustão.

13.14.4.4 Preparação do Recipiente para a Limpeza

A limpeza dos recipientes deve ser efetuada somente por pessoal experiente e sob a direta supervisão de alguém familiarizado com o seu conteúdo. Os materiais de hidrocarbono clorado, tais como tricloroetileno ou tetracloreto de carbono, podem ser decompostos pelo calor ou radiação da soldagem ou corte e formar fosgênio (cloreto de carbonilo).

Deve-se desligar ou remover da vizinhança do recipiente todas as origens de ignição, antes de se iniciar a limpeza.

Devem-se adotar medidas apropriadas para proteger o pessoal que estiver trabalhando na limpeza contra a exposição desnecessária, caso o recipiente tenha armazenado algum tipo de gás tóxico, que possa ser formado durante a operação.

Se for possível, deve-se levar o recipiente para o ar livre. Caso o recipiente tenha que ser limpo dentro da instalação, deve-se certificar de que o recinto esteja bem ventilado, para que os vapores inflamáveis possam ser dissipados rapidamente e com segurança.

Deve-se esvaziar e escoar o recipiente completamente, inclusive a canalização interna, sifões e tubos.

A remoção de lama e sedimentos poderá ser facilitada pela raspagem, ou, na ausência de vapores inflamáveis, pela utilização de uma corrente não ferrea como esfregão. Martelar com um malho de madeira poderá ajudar a soltar as crostas. Não se devem usar formões, raspadores ou martelos de aço, por causa do perigo de ignição das faíscas nos vapores inflamáveis. Deve-se se livrar dos resíduos antes de iniciar a soldagem ou corte.

Deve-se identificar o material para o qual o recipiente foi utilizado, determinando suas características de inflamação e toxicidade. Se a substância anterior não for conhecida, assume-se que ela é inflamável, tóxica e insolúvel em água.

A limpeza de um recipiente que tenha armazenado combustível é necessária em todos os casos, antes que qualquer corte ou soldagem seja feito. Esta limpeza poderá ser

suplementada pelo seu enchimento com água ou gás inerte, antes e depois do serviço feito.

Deve-se limpar o recipiente, seguindo-se o método mais adequado dos descritos a seguir.

Durante a limpeza de um recipiente que possua dois ou mais compartimentos, cada um deve ser tratado sem distinção para a soldagem ou corte.

13.14.4.1 Método de Limpeza com Água

A escolha do método de limpeza geralmente depende das características da substância que estava no recipiente; se ela for solúvel em água, a limpeza poderá ser feita através do enchimento e esvaziamento várias vezes do recipiente com água. Devem ser tomadas precauções para que a lavagem seja completa e remova todos os resíduos de ácido, pois ácido diluído reage, freqüentemente, com o metal para produzir hidrogênio, enquanto ácido concentrado não reage.

O álcool e a acetona são exemplos de substâncias solúveis em água e que são prontamente removidas por esse método.

Quando a substância contida no recipiente não for prontamente solúvel em água, o recipiente deve ser tratado pelo método de solução química quente ou pelo método de vapor, descritos nos itens seguintes.

13.14.4.2 Método de Limpeza com Solução Química Quente

As substâncias normalmente usadas nesse método são: fosfato trissódico (forte pó de limpeza) ou componente cáustico de limpeza, dissolvido na água, em uma concentração química de 56,7 a 113,4 gramas por 3,785 litros de água (15 a 30mg por cm³).

Quando se usar este método, devem ser tomados cuidados especiais de proteção contra ferimentos provocados pelos componentes cáusticos. Usar óculos adequados, luvas e outros equipamentos de proteção.

Trabalhadores que estiverem manejando soda cáustica seca devem usar respiradores mecânicos do tipo contra poeira, assim como portarem mangas compridas, luvas e aventais de borracha.

Os olhos deverão ser protegidos por óculos adequados a substâncias químicas. Cuidados especiais devem ser tomados para evitar que qualquer parte do corpo entre em contato direto com a soda cáustica.

Trabalhadores que estiverem manejando soluções cáusticas devem usar óculos tipo máscara com suaves e flexíveis molduras de borracha, escudos para a face, luvas, botas e aventais de borracha. O escudo de plástico para a face é recomendado como uma proteção adicional, a fim de evitar que a área da face não protegida pelos óculos entre em contato direto com a solução cáustica.

Trabalhadores que estiverem fazendo operações com vapores devem usar botas de borracha, luvas a prova d'água, aventais de borracha e óculos tipo máscara e, no caso de trabalhos em tambores quentes, luvas a prova de calor.

Os procedimentos para a limpeza pelo método de solução quente são os seguintes:

- Fechar todas as aberturas do recipiente, com exceção do escoadouro e da conexão para encher e ventilar. Usar serragem de madeira ou material semelhante para selar rachaduras ou outras áreas danificadas;

- Encher completamente o recipiente com água, de preferência através da abertura do escoadouro. Se este não existir, lavar o recipiente inserindo uma mangueira pela abertura de encher e ventilar. Levar a mangueira até o fundo, para ter uma agitação de baixo para cima, causando, assim, a remoção de qualquer resíduo ou lama para fora do recipiente;
- Escoar o recipiente completamente;
- Dissolver completamente a quantidade de química necessária (vide o primeiro parágrafo deste item para saber o montante) em um pouco de água quente e despejar essa solução no recipiente, enchendo-o com água;
- Fazer uma conexão de vapor com o recipiente através do escoadouro ou através da abertura de encher e ventilar, por meio de um tubo que chegue até o fundo. Injetar o vapor na solução química e mantê-la na temperatura de 77 a 83 graus centígrados.

Em intervalos regulares durante a vaporização, adicionar água para permitir a descarga pelo transbordamento de qualquer líquido volátil, até que não exista mais nenhum líquido.

13.14.4.4.3 Método de Limpeza a Vapor

Encher 25% do recipiente com soda quente ou resíduos de soda (120mg por cm³ de água) e agitá-lo suficientemente para garantir que toda a superfície interior seja totalmente lavada.

Escoar completamente o recipiente.

Fechar todas as aberturas, com exceção do escoadouro e da conexão de encher e ventilar. Usar asbestos úmidos, serragem de madeira ou outros materiais para selar rachaduras ou danificações.

Neste método, usar vapor de baixa pressão, através de mangueira de vapor que não tenha menos que 20mm de diâmetro, sem válvula na saída, se o bico de metal for usado na saída deve ser feito de material anti-faiscante e deve ser eletricamente conectado ao recipiente e, por sua vez, o recipiente deve ser ligado à terra, para evitar acúmulo de eletricidade estática).

Os procedimentos para a limpeza por este método são os seguintes:

- Vaporizar o recipiente, preferivelmente através do escoadouro, por um período de tempo a ser controlado pelas condições ou natureza da substância inflamável que ele tenha anteriormente armazenado. Quando o recipiente possuir apenas uma abertura, posicioná-lo de forma que o material condensado possa escoar pela mesma abertura dentro da qual foi inserida a mangueira de vapor (quando for usado vapor ou água quente para limpar um recipiente, deverão ser usadas roupagens adequadas, tais como capuzes, para proteção contra possíveis queimaduras);
- Continuar vaporizando até que o recipiente esteja livre de odores e as partes metálicas estejam suficientemente quentes para permitir que os vapores saiam livremente pela abertura. Não estabelecer limite para a duração da vaporização, porque, independentemente do tamanho do recipiente, condições climáticas, como a chuva e o frio, o vapor podem condensar tão rápido quanto a sua entrada;
- Lavar totalmente o interior do recipiente com água quente (de preferência fervendo);
- Escoar o recipiente;
- Inspecionar o interior do mesmo, para verificar se está realmente limpo. Para fazer isso, usar um espelho para refletir luz. Se o exame mostrar que ele ainda não está completamente limpo, repetir os procedimentos dos itens anteriores e reinspecionar

- (usar somente lanternas do tipo usado para locais onde estiverem presentes vapores inflamáveis);
- Fechar todas as aberturas do recipiente e em 15 minutos reabri-lo e testar uma amostra do gás. Usar um indicador de gás combustível ou o analisador de gás Larner.

Se a concentração de vapor inflamável na amostra não for inferior ao limite mais baixo de inflamabilidade, repetir os procedimentos da limpeza.

13.14.4.5 Identificação dos Recipientes Limpos e Seguros

- Depois de provar, por meio de testes, que o recipiente está em condições seguras para soldagem ou corte, estampá-lo ou rotulá-lo. A estampa ou etiqueta deve incluir uma frase como "Seguro para Soldagem ou Corte", a assinatura do responsável e a data.

13.14.4.6 Preparação do Recipiente Limpo para a Soldagem ou Corte

13.14.4.6.1 Sistema de Água

É preferível encher o recipiente com água durante a soldagem ou corte como suplemento a qualquer método de limpeza. Onde esta precaução for adotada, colocar o recipiente de uma maneira que ele possa ficar cheio até uma distância de poucos centímetros do local onde será executada a soldagem ou corte, como apresentado na [Figura 13.4](#). Assegurar-se de que o espaço acima do nível tenha abertura para que o ar quente possa escapar para fora.

13.14.4.6.2 Sistema do Gás Inerte

Como uma alternativa para o enchimento com água, o recipiente pode ser cheio com gás inerte. Este sistema também é suplementar aos métodos de limpeza. Sua utilização é baseada no fato de que os gases e vapores inflamáveis são neutralizados se misturados com uma quantidade ideal de gás inerte (sempre deve-se deixar uma abertura no recipiente para permitir a descarga do gás).

Quando o gás inerte é usado durante a soldagem ou corte de recipientes que abrigaram substâncias inflamáveis, o responsável pelo serviço deverá estar bem informado sobre suas características. Deverá saber a percentagem de gás a ser usada e saber controlar esta percentagem até que o serviço esteja terminado.

A execução de tal trabalho, sem conhecimento suficiente ou equipamento apropriado, é extremamente perigosa.

Os gases inertes permitidos para esse uso são: dióxido de carbono e nitrogênio.

Quando for utilizado o dióxido de carbono, a concentração mínima é de 50%, exceto quando o vapor inflamável é, principalmente, hidrogênio, monóxido de carbono ou acetileno. Nestes casos, a concentração máxima necessária é de 80%. Dióxido de carbono é conhecido em cilindro ou como dióxido de carbono sólido, comumente chamado de "gelo seco", comercialmente disponível em barras de 25,4 x 25,4 x 25,4cm cada uma, pesando 22,7kg. Dióxido de carbono é mais pesado que o ar e, durante as operações de soldagem ou corte, sua tendência é permanecer dentro de recipientes que tenham sua abertura no topo.

Quando for usado o nitrogênio, a concentração deve ser, no mínimo, 10% maior do que as especificadas no parágrafo anterior para o dióxido de carbono. Cilindros de nitrogênio podem ser usados da mesma maneira como é usado o cilindro de dióxido de carbono.

Não usar monóxido de carbono.

Os procedimentos para o sistema de uso do gás inerte são os seguintes:

- Fechar todas as aberturas do recipiente com exceção da conexão de encher ou ventilar. Usar serragem de madeira ou material semelhante para selar rachaduras e danificações;
- Depois de considerar o local onde a soldagem ou corte será executado, colocá-lo na posição adequada para o enchimento com água até o máximo possível. Sempre que puder, posicioná-lo de forma que a parte a ser cortada ou soldada fique para cima;
- Calcular o volume de espaço no recipiente acima do nível da água e adicionar suficiente gás inerte para que aquele espaço tenha a mínima concentração para a anti-inflamabilidade mencionada anteriormente. Para isso, será, normalmente, necessária a introdução de uma quantidade maior de gás inerte, pois este tende a sair diretamente para fora da abertura, após deslocar os resíduos de gases ou vapores anteriormente alojados.

13.14.4.6.2.1 Introdução de Dióxido de Carbono ou Gás Nitrogênio de Cilindros (Vide Figura 13.5):

Introduzir o gás inerte para dentro do recipiente em uma baixa pressão (mais ou menos 5 PSI; 350gm por cm²), através do escoadouro, a menos que o nível de água esteja acima do mesmo, ou não puder ser usado. Introduzir o gás através da abertura de encher e ventilar, e estender uma mangueira para o fundo do recipiente ou para o nível de água, para que o gás force a saída dos outros gases para fora do recipiente. (Para avaliar o volume do dióxido retirado que saiu do cilindro, pesá-lo antes e depois da operação e calcular o pé cúbico do gás retirado, multiplicando as libras perdidas 8,7; por centímetros cúbicos multiplique as gramas perdidas por 544. No caso de usar nitrogênio, multiplicar as libras perdidas por 13,8 e os gramas perdidos por 863.)

Nota: Quando um grande volume de dióxido de carbono é necessário, a percentagem de retirada do cilindro pode ser aumentada se não acontecer o congelamento da válvula, quando da inversão do cilindro. Se for usado nitrogênio, os cilindros só poderão ser utilizados em posição regular.

13.14.4.6.2.2 Introdução de Dióxido de Carbono Sólido:

Comprimir o dióxido de carbono e distribuí-lo no mesmo nível sobre a maior área possível, para assegurar uma rápida formação de gás. (Um grama de dióxido de carbono sólido produzirá 544 cm³ de gás).

Deve-se evitar o contato corporal com dióxido de carbono sólido, pois isto produzirá queimaduras.

Evitar a respiração de grandes quantidades de dióxido de carbono, pois ele pode atuar como estimulante respiratório e, em maiores quantidades, como asfixiante.

Determinar, por um dos métodos abaixo descritos a seguir, se a quantidade de dióxido de carbono está presente para garantir a anti-inflamabilidade. Retirar amostras do fundo e do topo do recipiente.

- Usar um indicador de gás combustível;
- Usar o analisador de gás Larner, ilustrado na [Figura 13.6](#) e descrito a seguir;
- Somente para dióxido de carbono, usar um "ORSAT" ou outro instrumento de análise de gás.

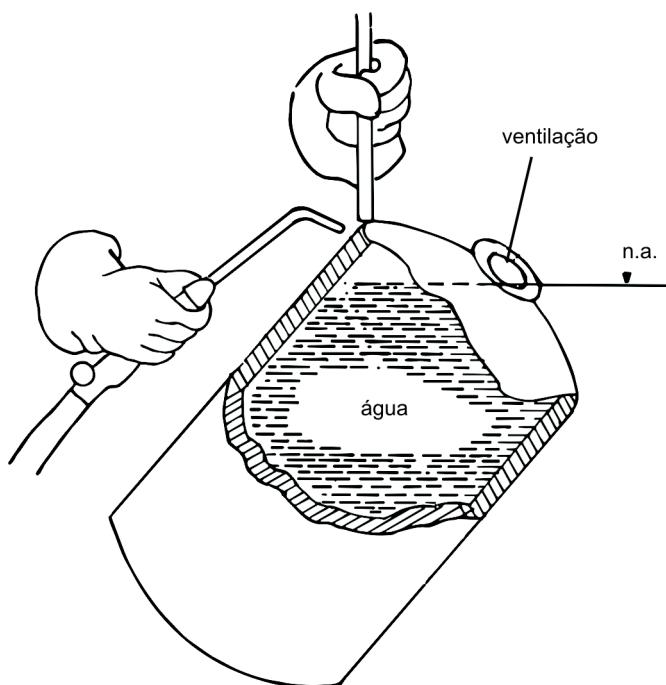


Figura 13.4 Recipiente Pronto para Soldagem ou Corte

Adotar meios para manter uma alta concentração de dióxido de carbono ou nitrogênio, durante toda a operação de soldagem ou corte, pelo uso de um dos seguintes métodos:

- Se o gás for fornecido por cilindros, continuar a passá-lo para dentro do recipiente;
- Se for usado dióxido de carbono na forma sólida adicionar pequenas quantidades de sólido comprimido de hora em hora, para gerar gás durante todo o tempo em que a operação de soldagem e corte estiver sendo realizada.

13.14.4.7 Soldagem ou Corte em Recipientes que Armazenaram Combustíveis

Não soldar ou cortar um recipiente que tenha armazenado combustíveis até que ele tenha sido adequadamente limpo e identificado como fora de perigo. Depois disso, poderá ser preparado para a operação, através do enchimento com água ou gás inerte.

Iniciar a operação de soldagem, corte ou outro trabalho a fogo e, em intervalos regulares, verificar a concentração de dióxido de carbono ou nitrogênio, seguindo as instruções anteriormente mencionadas.

Quando estiver soldando ou cortando, o trabalhador deverá manter a cabeça e os braços longe do topo do recipiente. Executar os serviços de reparos primeiramente nos lados e, por último, no topo do recipiente.

- Analisador Larner de Gás

Descrição do material necessário e o método de teste para verificação de presença de gases inflamáveis com o Analisador Larner de gás.

- É o seguinte o material necessário (vide Figura 13.6):
 - ▶ Uma bola de futebol ou um pequeno saco de borracha;
 - ▶ Uma bomba de borracha;
 - ▶ Uma tubulação de borracha de 6 a 9mm de diâmetro interno;
 - ▶ Necessita-se de duas: uma válvula de controle tipo bola e uma mangueira de borracha equipada com válvulas de controle, que pode ser comprada em qualquer farmácia, pode servir como substituta para a bomba de borracha e irá eliminar as válvulas de controle como itens separados;
 - ▶ Grampos para a tubulação de borracha;
 - ▶ Interruptor automático de chama (tela malha 100 de arame 0,11mm de diâmetro e de 0,141mm de abertura).
- Operação do Analisador Larner de Gás (vide Figura 13.6):
 - ▶ Instalar as válvulas de controle na bomba de borracha, permitindo que o ar seja descarregado da bomba quando esta for operada pela pressão da mão. Ligar o terminal de sucção da bomba de borracha com a tubulação de borracha;
 - ▶ Colocar o terminal livre da tubulação de borracha dentro do recipiente até o nível em que a amostra é desejada;
 - ▶ Acionar a bomba de borracha (apertar e soltar com a mão) um número de vezes suficiente para garantir que todo o ar induzido seja descarregado e que estas partes do instrumento estejam completamente cheias com o gás que está dentro do recipiente;
 - ▶ Esvaziar completamente o balão de borracha e ligar seu tubo de encher com o terminal de descarga da bomba de borracha;
 - ▶ Acionar a bomba de borracha e encher o balão de borracha a uma pressão suficiente para conduzir o teste de gás;
 - ▶ Fechar o balão de borracha com um grampo e desligar o balão das outras partes do instrumento;
 - ▶ Ligar o bico e o interruptor de chamas ao balão de borracha.
- Teste do Gás:
 - ▶ A uma prudente distância do recipiente, aplicar a chama de um fósforo ou vela à ponta do bico e, simultaneamente, soltar o grampo, permitindo que o gás chegue à ponta do bico; se o fluxo de gás do bico tiver tendência de desviar ou extinguir a chama, o gás poderá ser considerado antiinflamável e antiexplosivo e o conteúdo do gás dentro do recipiente, seguro para permitir a soldagem, corte ou outro trabalho a fogo;
 - ▶ Se, contudo, o gás que fluir do bico tiver tendência de se inflamar ou se ocorrer uma explosão de chamas, o gás que estiver dentro do recipiente deverá ser considerado inflamável, explosivo e inseguro para qualquer soldagem, corte ou outro trabalho a fogo.

13.15 Normas de Segurança em Trabalhos com Eletricidade

Essas normas fixam as condições mínimas exigíveis para garantir a segurança do empregador que trabalha em instalações elétricas e ainda a segurança de usuários e terceiros.

13.15.1 Proteção

- Transformadores e Estações Retificadoras de Tensão e Instalações Elétricas devem ter suas áreas isoladas de maneira adequada, de modo a impedir o acesso de

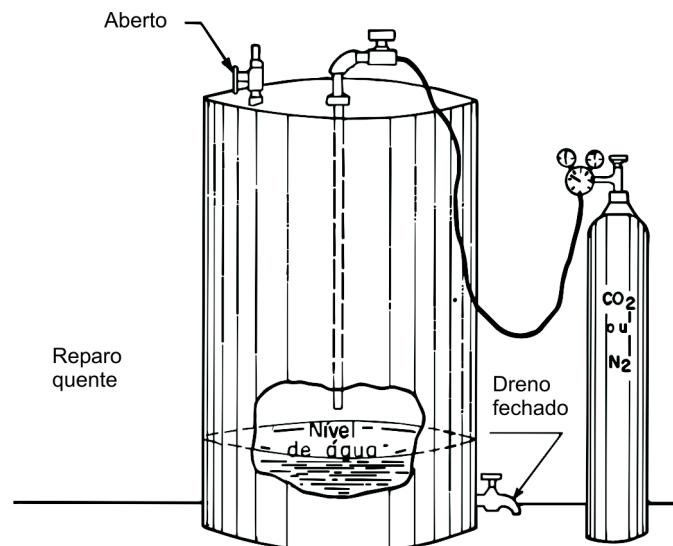


Figura 13.5 Introdução de Gás em Cilindro

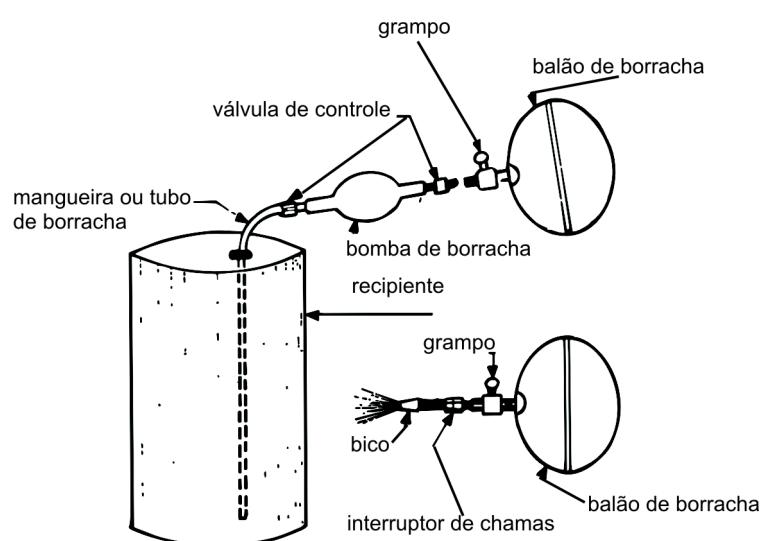


Figura 13.6 Analisador Larner de Gás

- pessoal não qualificado, bem como deverão ser sinalizadas de forma a alertar quanto ao perigo existente;
- Não serão permitidos fios descobertos. Todas as emendas deverão ser cuidadosamente isoladas, evitando-se o paralelismo das mesmas;
 - As partes das instalações elétricas sujeitas a acumulação de eletricidade estática devem estar aterradas;
 - Todas as edificações devem ser protegidas contra descargas elétricas atmosféricas, através de pára-raios;
 - Qualquer aquecimento nas fiações deve ser averiguado, visando à busca da fonte causadora;
 - Os ambientes das instalações elétricas que contenham risco de incêndio devem ter proteção contra-fogo;
 - Quando forem necessários serviços de manutenção em instalações elétricas sob tensão, deverão ser planejados e programados, determinando-se todas as operações que envolvam riscos de acidentes, para que possam ser estabelecidas as medidas preventivas necessárias;
 - Não é permitido guardar objetos pessoais ou estranhos à instalação próximos de suas partes condutoras.

13.15.2 Medidas Especiais de Segurança para Trabalhos em Eletricidade

O funcionamento inesperado de equipamentos acionados por eletricidade já, por muitas vezes, tem resultado em acidentes graves e até morte das pessoas envolvidas naquela tarefa.

Qualquer empregado designado para instalar, reparar, fazer manutenção ou ajustamentos em linhas elétricas ou outros equipamentos estará correndo graves riscos, a menos que se tenha certificado de que a linha não poderá ser energizada ou acionada durante a execução dos serviços.

Partindo-se do princípio de que "ELETRICIDADE É COM O ELETRICISTA", cada profissional deverá levar consigo etiquetas de "NÃO LIGUE ESSA CHAVE OU EQUIPAMENTO" e um cadeado, que deverão ser usados em todos os serviços executados na linha. As chaves para ligações elétricas que não permitirem o uso do cadeado deverão ser adaptadas, a fim de permitir esse procedimento.

Com essa medida, protegem-se vidas e diminui o tempo de reparo ou ampliação de redes elétricas, pois, protegido, o profissional trabalha melhor e mais rápido.

Transformadores, disjuntores, fusíveis, interruptores, chaves, quadros elétricos e outros equipamentos elétricos devem ser verificados a intervalos regulares.

Lâmpadas de luminárias, lâmpadas comuns e outros tipos devem ser trocadas quando queimadas ou quando estiverem funcionando com deficiência.

Espelhos protetores de interruptores ou tomadas, tampas de quadro elétrico e distribuição devem estar sempre em boas condições e nos devidos lugares.

Fios de extensão ou outras fiações, quando em mau estado, devem ser substituídos sem demora.

As linhas de alimentação devem ser verificadas regularmente para se assegurar de que não há sobrecarga.

Evitar o uso de tomadas "Benjamins". Quando usadas em desacordo, causam sobrecarga.

Fiações soltas no piso são grandes provocadoras de incêndios e outros acidentes.

Aparelhos elétricos, quando não estiverem em uso, deverão ser desligados, principalmente após o expediente.

Toda iluminação sem necessidade deve ser desligada e removida.

Qualquer que seja o problema elétrico, só poderá ser solucionado por profissional electricista.

13.15.3 Efeitos do Choque Elétrico em Pessoas Adultas

A Tabela 13.3 apresenta os efeitos do choque elétrico em pessoas adultas.

Tabela 13.3. Efeitos do Choque Elétrico em Pessoas Adultas

Intensidade de corrente alternada que percorre o corpo	Perturbações possíveis durante o choque	Estado possível logo após o choque	Salvamento	Resultado final mais provável
1 milíampere (limiar sensação)	Nenhuma	Normal	-	Normal
1 a 9 miliamperes	Sensação cada vez mais desagradável, a medida que a intensidade aumenta. Contrações musculares.	Normal	Desnecessário	Normal
9 a 20 miliamperes	Sensação dolorosa. Contrações violentas. Asfixia, Anoxia. Anoxemia. Perturbações circulatórias.	Morte Aparente	Respiração Artificial	Restabelecimento
20 a 100 miliamperes	Sensação insuportável. Contrações violentas. Asfixia. Anoxia. Anoxemia. Perturbações circulatórias graves, inclusive, às vezes, fibrilação ventricular	Morte Aparente	Respiração Artificial	Restabelecimento. Muitas vezes não há tempo de se salvar e a morte ocorre em minutos
acima de 100 miliamperes	Asfixia imediata. Fibrilação ventricular. Alterações musculares. Queimaduras.	Morte Aparente ou Imediata	Praticamente impossível	Morte
acima de 1 ampére	Asfixia imediata. Queimaduras graves.	Morte Aparente ou Imediata	Praticamente impossível	Morte

13.16 Normas de Segurança Viária

Desde a fase de implantação dos canteiros, instalações provisórias, instalações industriais e demais edificações que compreendam o parque industrial e infra-estrutura, necessárias para a execução do empreendimento, devem ser desenvolvidos projetos que visem a estabelecer as melhores opções de trânsito nas áreas de trabalho. Outrossim, todas as possíveis interferências, sinalizações verticais, rotatórias e até interdições de vias deverão indicar pormenores, como:

- Trecho a ser interditado (área, estrada ou rua);
- Tipo de serviços;
- Horário de início dos serviços;
- Pessoal, sinalização e recursos de materiais alocados;
- Previsão de término.

De posse desses dados, caberá ao Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho efetuar interdição da área necessária à execução dos serviços,

assumindo a responsabilidade pela providência solicitada, demarcando a área com placas de advertência, cavaletes e iluminação, se necessário.

13.16.1 Velocidade Dentro do Canteiro de Obras

Será respeitada rigorosamente a velocidade máxima de segurança permitida dentro do canteiro e acampamento de obra.

A velocidade deve ser respeitada por todos os veículos e equipamentos da Contratante, da Camargo Corrêa, de outras empreiteiras da Contratante e subempreiteiros. Para que isto seja viável, é necessário que o limite de velocidade seja estabelecida entre a Contratante e a Camargo Corrêa.

Na Camargo Corrêa a velocidade máxima estabelecida por Ordem de Serviço da Direção da Empresa é de 40km/hora.

13.16.2 Sinalização Viária

A sinalização para as vias, acessos e variantes dos canteiros e acampamentos de obra será objeto de anteprojeto, projeto e aprovação pela Contratante para posterior implantação.

Salvo os casos especiais previstos nos editais de concorrência ou nos contratos de obra, a sinalização obedecerá aos modelos e cores padronizados pelo Código Nacional de Trânsito.

13.16.3 Estacionamento

Áreas específicas para estacionamento de veículos serão determinadas em projeto.

Por nenhum motivo será permitido o estacionamento de veículos a menos de 5 metros de distância de extintores, hidrantes, locais destinados a ambulâncias, portas de saída de escritórios, refeitórios e alojamentos.

Nos casos de emergência ou alarme geral na área, os veículos deverão estacionar imediatamente onde houver espaço disponível na via ou junto dela, ou ainda, retirar-se da área quando estiverem próximos às saídas, de maneira a proporcionar o livre trânsito de emergência para viaturas.

13.16.4 Transporte de Pessoal

Para o transporte de pessoal, serão utilizados ônibus ou caminhões preparados para tal finalidade, com número de bancos compatível com o número de ocupantes, escada de acesso com corrimão, providos de cobertura impermeável às intempéries, além de satisfazer as condições de estabilidade exigidas para tal fim.

Não é permitido o transporte de pessoal em equipamentos ou máquinas.

13.16.5 Transporte de Carga

Toda carga deverá ser transportada em veículos apropriados.

No caso de cargas que excedam as dimensões da carroceria de caminhões ou carretas, além de portar bandeirolas vermelhas nos extremos da carga, o veículo deverá transitar com o pisca-alerta ligado e precedido de um veículo batedor.

13.17 Trabalhos de Escavação
13.17.1 Escavação a Céu Aberto

Antes de se iniciarem quaisquer trabalhos de escavação, serão removidos blocos de pedra, árvores e outros elementos próximos à borda da superfície a ser escavada.

Os escoramentos serão inspecionados com frequência, principalmente após chuvas ou outras ocorrências que aumentam o risco de desabamento.

Quando for necessário, será rebaixado o lençol d'água do subsolo, tomando-se as devidas providências para evitar danos às estruturas vizinhas.

O escoramento dos taludes de escavação será reforçado nos locais em que houver máquinas e equipamentos operando junto às bordas da superfície escavada.

Nas proximidades de escavações realizadas em vias públicas do canteiro de obras, serão colocadas cercas de proteção e sistema adequado de sinalização, que possam ser vistos durante o dia e à noite.

Os pontos de acesso de veículos e equipamentos à área de escavação terão sinalização de advertência permanente.

O tráfego próximo às escavações será desviado. Quando for impossível o seu desvio, a velocidade dos veículos será reduzida a um mínimo compatível com a segurança.

Nas escavações, onde os taludes forem instáveis com profundidade igual ou superior a 1,50m, deverão ser escoradas com pranchas metálicas ou de madeira, convenientemente travadas e entroncadas.

Nas escavações com profundidade igual ou superior a 2m, além do escoramento, serão colocadas escadas, próximo aos locais de trabalho, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida do pessoal.

Os materiais escavados deverão ser depositados afastados das bordas das escavações a uma distância de, no mínimo, 2/3 da profundidade das escavações.

Todos os trabalhos que envolverem escavação serão supervisionados em tempo integral por um encarregado de escavação, sendo o mesmo responsável por todos os trabalhos executados, cuja programação deve ser feita com antecedência mínima de 12 horas.

13.17.2 Escavação Subterrânea

Para as atividades de escavação subterrânea, deverão ser observadas medidas de proteção individual e coletiva.

Como medida de proteção individual, será considerado o uso obrigatório de capacetes e botinas com biqueira de aço e, de uso eventual, quando necessário, máscara e óculos protetores contra pó, luvas, protetor auricular e capa.

Será instalada, como alternativa de emergência, um gerador diesel ligado à rede de iluminação elétrica, a fim de suprir de iluminamento, nos casos de falta de energia elétrica, os caminhos a serem seguidos pelos operários envolvidos no serviço, para abandono do local de trabalho.

Os equipamentos de carga e transporte de materiais, se movidos a gasolina, álcool ou diesel, serão dotados de catalisadores de CO (monóxido de carbono), observando-se rigorosamente sua troca ou recuperação, de acordo com as instruções do fabricante.

Dependendo do número de equipamentos e sua utilização, serão feitas medidas periódicas de CO por instrumento próprio, garantindo-se, dessa maneira, a presença de ar de boa qualidade para respiração humana. Essas verificações serão feitas por Técnicos de Segurança do Trabalho habilitados, usando-se bombas manuais fabricadas pela Drager Lubeca ou similar.

Para se garantir a existência de ar em condições adequadas para os trabalhadores, deverão ser instalados dutos para insuflação e exaustão de ar e gases que garantam a renovação contínua do ar, sua pureza e condições satisfatórias de temperatura e umidade.

Em trabalhos subterrâneos, o pessoal deverá ser previamente selecionado, treinado e habilitado ao serviço que irá executar.

Dependendo do tempo em que durarem os trabalhos, serão submetidos a exames médicos especiais a cada 3 ou 6 meses, a critério do serviço de Medicina do Trabalho da Camargo Corrêa.

Após a detonação de fogo, o encarregado pelo serviço de escavação verificará pessoalmente a existência de gases, poeira e blocos de pedra soltos (chocos) nas paredes do túnel, a fim de tomar as medidas preventivas antes de reiniciar as atividades normais do trabalho.

Os operadores de equipamentos de carga e transporte não poderão sair da cabine de suas máquinas enquanto permanecerem dentro do túnel.

No interior do túnel, somente poderão entrar os empregados destacados para essa atividade.

Após uma detonação e antes de se iniciar a operação de retirada do material escavado, será efetuada a verificação da existência de explosivo não detonado. Caso se constate falha de detonação, só permanecerá na área o pessoal destinado a remover o explosivo ou provocar a sua detonação (queima).

Na execução de fundações e escavações sob ar comprimido, serão obedecidas as disposições da legislação específica.

13.18 Normas de Segurança para Construção e Trabalhos em Andaiques e Passarelas

13.18.1 Construção em Andaiques

Andaiques são plataformas elevadas, suportadas por meio de estruturas provisórias ou outros dispositivos de sustentação que permitem executar com segurança, entre outros trabalhos, os de construção, reparos e pintura.

Para os efeitos das normas legais, os andaimes classificam-se em:

- Andaimes simplesmente apoiados

São aqueles cuja estrutura trabalha simplesmente apoiada. Podem ser fixos ou deslocar-se no sentido horizontal.

■ **Andaimes em balanço**

São andaimes fixos, suportados por viagamentos em balanço cuja segurança é garantida por engastamento ou por qualquer outro sistema de contrabalanceamento fixado à estrutura principal.

■ **Andaimes suspensos**

São aqueles em que o estrado é sustentado por travessas de madeira ou aço, suportadas por meio de cabos de aço, movimentando-se no sentido vertical com auxílio de guinchos. Classificam-se em pesados e leves.

■ **Andaimes pesados**

São considerados pesados os andaimes com estrutura e dimensões que permitem suportar o peso próprio e cargas acidentais de $1\text{t}/\text{m}^2$, no máximo.

■ **Andaimes leves**

São os que possuem estrutura e dimensões para permitir a permanência de, no máximo, duas pessoas na plataforma útil de trabalho e apenas do material necessário para a execução de pequenos serviços de reparos e pintura.

Os andaimes serão dimensionados e construídos de modo a suportar, com segurança, as cargas de trabalho a que estarão sujeitas.

Todo equipamento utilizado será de boa qualidade e estará em bom estado, atendendo às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT ou, no caso de sua inexistência, às normas estrangeiras apropriadas.

Todo o implemento será isento de defeitos que possam comprometer sua resistência, como ferrugem e outros agentes corrosivos.

Os andaimes não terão sobrecargas não previstas e a carga deve ser distribuída do modo mais uniforme possível.

Os pisos dos andaimes permanecerão desimpedidos e livres para a circulação.

Os estrados dos andaimes serão formados por pranchas de madeira de 0,025m de espessura mínima, devendo o vão livre das pranchas estar de acordo com a sua resistência e com as cargas que irão suportar.

As madeiras empregadas na confecção de andaimes serão de boa qualidade, isentas de nós, rachaduras e outros defeitos capazes de diminuir a sua resistência.

As pranchas serão apoiadas sobre travessas, no mínimo, para evitar o perigo de escorregamento. Quando houver apenas duas travessas, as pranchas deverão ser fixadas nas extremidades.

As emendas das pranchas serão de topo com uma travessa sob cada ponta da prancha.

No sentido transversal, as pranchas serão colocadas lado a lado, sem deixar intervalos, de modo a cobrir todo o comprimento da travessa.

As pranchas não terão mais de 0,20m de balanço e sua inclinação não será superior a 15% em qualquer direção.

De acordo com a natureza dos serviços, poderão ser feitos cálculos estruturais para garantir a estabilidade e a segurança da estrutura projetada.

Os andaimes serão contraventados de acordo com os cálculos, dispondo de amarras que resistam à ação do vento.

Os andaimes serão amarrados a estruturas firmes, estaiados ou ancorados em pontos que apresentem resistência suficiente.

Os andaimes tubulares externos serão estaiados, no mínimo, a cada 6m.

Antes de se instalarem roldanas e outros aparelhos de suspensão, será escolhido adequadamente o seu ponto de aplicação, verificando-se a estabilidade e a resistência do andaime.

Os andaimes montados sobre torres fixas ou móveis e sobre cavaletes serão destinados a serviços leves e deverão ser limitados à altura de 6m.

Os andaimes móveis serão estaiados, calçados e fixados durante a utilização, a fim de se evitar deslocamento e tombamento.

13.18.2 Condições para Andaimes Suspensos

Estão divididos em andaimes suspensos mecânicos pesados e leves.

13.18.2.1 Condições para Andaimes Suspensos Mecânicos Pesados

As vigas de suporte dos cabos serão de aço, em perfil "I" e instalados perpendicularmente às fachadas de execução dos serviços.

As vigas serão fixadas com segurança, mediante engastamento, ou qualquer outro sistema de contrabalanceamento no interior dos edifícios ou estruturas de concreto.

A distância do balanço à fachada será, no máximo, igual a 1,50m, possibilitando ao estrado de operação situar-se a 0,10m da superfície de serviço.

O ajuste dos cabos de aço de suspensão às vigas de suporte processar-se-á por meio de braçadeiras dotadas de anel de sustentação. As braçadeiras serão dispostas de forma que os anéis de sustentação dos cabos permaneçam centralizados com guinchos e situações perpendicularmente a estes.

Para evitar o deslizamento das braçadeiras, serão colocados parafusos de esbarro nas extremidades de cada viga. Os cabos de aço de suspensão terão diâmetros mínimos de 0,012m e corresponderão à carga de ruptura equivalente à que estiverem sujeitos.

Os estrados serão interligados e neles apenas será permitido depositar material para uso imediato.

Os estrados serão apoiados em travessas ou cantoneiras de aço, fixados aos quadros dos guinchos de elevação.

A fixação dos guinchos aos estrados será executada por meio de armações de aço convenientemente dimensionadas.

Os guinchos de elevação atenderão aos seguintes requisitos:

- Terem dispositivo que impeça o retrocesso do tambor;

- Serem acionados por meio de alavancas ou manivelas, na subida e na descida do andaime;
- Possuírem segunda trava de segurança.

Os quadros dos guinchos de elevação serão providos de dispositivos para a fixação de guarda-corpo e guarda-pé.

13.18.2.2 Condições para Andaimes Suspensos Mecânicos Leves

Os andaimes suspensos mecânicos leves serão suportados por vigas em balanço ou ganchos de aço, de tipo especial, com dimensões adequadas ao fim a que se destinam.

Os dispositivos de sustentação dos cabos de aço, ganchos "S" ou "L" deverão apoiar-se em beirais de concreto armado. Entre o beiral e a extremidade do gancho, será inserida placa de madeira de 0,025m de espessura.

Pela outra extremidade do ganho, dever-se-á prender o cabo de aço de suspensão, que será amarrado a um ponto adequadamente resistente ao esforço de tração a que ficará sujeito.

Os cabos de aço de suspensão terão diâmetro mínimo compatível com a carga, sendo o mínimo de 0,009m.

A distância máxima entre dois guinchos será de 2,60m, no caso de estrado constituído de pranchas isoladas, e de 4m, quando de estrutura especial reforçada.

Os guinchos serão localizados, no máximo, a 0,70m das extremidades do andaime.

O estrado estará seguramente fixado aos estrados de apoio e o parapeito ao seu apoio, a fim de evitar qualquer deslocamento.

Serão aplicadas, também, aos andaimes mecânicos leves, onde couberem, as demais condições exigidas para os andaimes suspensos mecânicos pesados.

13.18.3 Condições para Andaimes Fixos

Andaimes fixos são aqueles cuja estrutura trabalha totalmente apoiada em base fixa, impossibilitando-os de qualquer deslocamento.

Os montantes de andaimes com suportes apoiados devem ser devidamente aprumados e contraventados, de acordo com os cálculos. O contraventamento deve estar bem ajustado aos montantes (por borboleta ou encaixe, se metálico).

Os referidos montantes devem apoiar-se sempre em bases sólidas, resistentes e que impeçam o deslizamento dos pés, quando apoiados.

Os andaimes externos à construção devem ser dotados de amarrações e estroncamentos que resistam à ação dos ventos. Recomenda-se que as fixações sejam feitas a cada 36m².

Os andaimes com mais de 1 metro de altura devem ser providos de escadas ou rampas de acesso, localizadas nas cabeceiras, quando possível.

Os andaimes montados sobre torres fixas, quando não amarrados ou estaiados, devem ser limitados à altura máxima de 6m, em terreno totalmente plano e nivelado.

13.18.4 Construção de Passarelas

Passarelas são andaimes destinados a superar vãos livres de pouca extensão, tendo sua estrutura apoiada em bases sólidas, não permitindo, em nenhum ponto, comprometimento da sua estabilidade, pois destinam-se a trânsito de pessoas ou materiais.

Deverão ser dimensionadas por cálculos estruturais compatíveis à sua aplicação/utilização.

Terão guarda-corpos de proteção, à altura de 0,90m, no mínimo, em toda a sua extensão.

Terão rodapés corridos de 0,20m de altura, no mínimo, em toda a sua extensão.

Seu assoalhamento, quando em madeira, será de primeira qualidade, desprovida de nós que possam comprometer a sua estrutura.

Estarão permanentemente desobstruídas, não sendo permitido, em qualquer hipótese, depósito ou empilhamento, mesmo a título provisório, face à sua estrutura não estar dimensionada para esta finalidade.

Serão providas de cobertura quando estiverem sujeitas a queda de materiais, provenientes de trabalhos executados em níveis superiores.

13.18.5 Medidas Especiais de Segurança em Andaimes

Os andaimes externos disporão de guarda-corpo de 0,90m de altura e rodapé de 0,20m de altura mínima, inclusive nas cabeceiras.

O guarda-corpo será constituído de parapeito disposto sobre montantes. O vão entre o rodapé e o parapeito será fechado, inclusive nas cabeceiras, com tela de arame galvanizado no. 14, no mínimo, e malha de 0,03m, no máximo, admitindo-se o emprego de rede de "nylon" ou, ainda, de outro tecido resistente.

Cabos de segurança salva-vidas serão adotados sempre com o objetivo de engastarem-se cintos de segurança em todos os trabalhos em alturas superiores a 2,0m. Esses cabos, destinados a sustentar quedas de pessoas, serão separados e independentes dos cabos de sustentação dos andaimes.

Toda precaução deverá ser adotada para evitar queda de objetos dos andaimes. Será proibido acumular material sobre os andaimes.

Os cabos de suspensão trabalharão na vertical e o estrado deverá ser mantido permanentemente na horizontal.

Os cabos de aço de suspensão terão comprimento suficiente para que, na posição mais baixa do estrado, restem pelo menos 4 voltas enroladas no tambor do guincho.

Na posição de trabalho, a fim de evitar movimentos oscilatórios em qualquer sentido, os andaimes suspensos serão convenientemente escorados à estrutura.

Quando o vento ameaçar a segurança dos empregados, será determinada a suspensão do serviço em andaimes.

No caso de os empregados terem que trabalhar sentados, serão previstos dispositivos que mantenham os estrado à distância mínima de 0,30m da parede e impeçam o recuo demasiado.

Todas as partes constituídas dos andaimes oferecerão condições que permitam fácil acesso às inspeções e reparos.

Os dispositivos de suspensão serão diariamente inspecionados, antes de iniciados todos os serviços.

Os cabos de suspensão serão substituídos, quando apresentarem mais de 10% (dez por cento) de fios partidos. Estes índices poderão ser alterados pelo Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho, conforme a utilização de cada equipamento.

A roldana-guia do cabo de suspensão rodará livremente e o respectivo sulco será mantido em perfeito estado, livre de pontos que possam causar desgastes nos fios do cabo.

O local de trabalho e os acessos serão convenientemente iluminados.

A montagem e a desmontagem dos andaimes suspensos mecânicos serão feitas exclusivamente por pessoal habilitado.

Será obrigatório o uso de cabo de segurança e cinto de segurança na montagem e desmontagem de andaimes suspensos mecânicos.

13.19 Normas de Segurança para Fabricação e Colocação de Escadas

A importância adquirida pelos serviços diversos realizados nas atividades da construção civil exigiu dos executantes preocupação especial, inclusive na execução e normatização de escadas como instrumentos de trabalho insubstituíveis e sobre os quais discorremos a seguir:

- A transposição de pisos com diferença de nível superior a 40cm deve ser feita através de degraus, escadas ou rampas, não sendo permitida a utilização de cordas ou improvisações precárias. A existência de elevadores não invalida o estabelecido neste item;
- As escadas, passagens e rampas provisórias, para circulação de pessoas e materiais, devem ter resistência adequada e ser dotadas de guarda-corpo e rodapé, quando não houver paredes ou muretas laterais;
- Devem ser mantidas permanentemente desobstruídas e limpas;
- Os ângulos de inclinação recomendáveis para as superfícies de trabalho com relação à horizontal são (vide Figura 13.7):
 - a) **pisos:** 0 grau centígrado;
 - b) **rampas:** 0 a 15 graus centígrados, podendo atingir 20 graus centígrados em casos especiais;
 - c) **escadas:** permanentes: 30 a 35 graus centígrados móveis: 50 a 75 graus centígrados fixas (tipo marinheiro): 75 a 90 graus centígrados.

13.19.1 Escadas de Mão Portáteis, Simples e Extensíveis (de Apoiar)

As escadas de mão, de madeira, devem ser fabricadas com material de boa qualidade e sem defeitos (nós e rachaduras) ou sinais de deterioração. Recomenda-se evitar arestas vivas, farpas ou pregos salientes.

Dimensões:

- Não deverão ter mais de 7m de comprimento;
- O espaçamento entre os degraus deverá ser de 0,25m;
- Deverão ter os degraus firmemente encaixados ou fixados nos montantes.

Nota: A execução, manutenção e desmonte devem ser trabalhos exclusivos de carpinteiros, não admitindo-se, em qualquer hipótese, improvisações que não atendam as condições mínimas estabelecidas nestas normas.

Estabilidade:

Deverão ser mantidas através de amarrações, ancoragens ou escoramentos, sempre que as exigências da tarefa assim o permitam.

13.19.2 Escadas de Mão Portáteis de Abrir (Duplas)

Deverão ter as seguintes características:

- Altura máxima de 6m;
- Degraus nivelados em relação ao piso e, quando abertas, devem manter relação 1 na horizontal, para 3,5 na vertical;
- Devem ser rígidas, estáveis, seguras, alargadas na base e com dispositivo que limite a abertura entre suas duas partes;
- A rigor, não deverão ser usadas como escadas simples, salvo as construídas com essa finalidade.

13.19.3 Escadas Fixas, Tipo Marinheiro

As escadas tipo marinheiro devem ser fixadas no topo e na base, com chumbadores intermediários a cada 1,50m.

Os montantes de escadas fixas devem ultrapassar o plano de fixação superior de, no mínimo, 0,90m.

A distância mínima entre montantes de escadas fixas é de 0,30m.

As escadas fixas com mais de 6m de altura devem ser providas de gaiolas metálicas de proteção, com largura mínima de 0,60m e afastamento entre 0,50m x 0,60m da face da escada. A gaiola deve-se estender de 2m acima da base da escada até 1m acima do último degrau.

Devem ser instaladas plataformas intermediárias para cada lance de 10m de escadas fixas, com dimensões mínimas de 0,90m x 0,70m e providas de guarda-corpos e rodapé.

13.19.4 Escadas Fixas Provisórias, Tipo Escadaria

As escadas fixas provisórias são comumente construídas em madeira e sua característica principal é ser provida de degraus, cujo piso permite o apoio integral dos pés, podendo seu vão ter espelho, com as seguintes dimensões mínimas:

- A largura mínima da escada será de 0,80m e, a cada 4m de altura, deve ser provida de plataforma intermediária com 0,80m x 0,80m.
- As dimensões dos degraus devem ser de:
 - ▶ altura do espelho = 0,18m
 - ▶ comprimento do piso do degrau = 0,27m

- As escadas provisórias devem ser providas de corrimão, a 1m do piso do degrau, devidamente travado ou contraventado, com sistema tipo “mão francesa” e com rodapé de 0,20m de altura, em toda a sua extensão. A fim de evitar escorregamento, serão colocadas ripas nas extremidades dos degraus, devidamente pregadas e fixadas.

13.19.5 Escadas Especiais

Visando o atendimento de trabalhos em alturas superiores a 20m, escadas com dimensionamento especial, com estruturas específicas, até em tubulação metálica contraventada, poderão ser construídas, exigindo-se, para tanto, projeto estrutural.

13.20 Proteção nos Vãos Livres

Entende-se como vãos livres todas as aberturas no piso ou em planos superiores susceptíveis de provocar acidentes, tais como:

- Poço de elevadores;
- Poço de visita;
- Poço de manutenção;
- Poço de aeração;
- Beiral de bancadas de escavação;
- Beiral de uma laje e rampas;
- Abertura de escadas;
- Outros.

Os vãos livres serão protegidos com um ou mais dos seguintes dispositivos:

- Guarda-corpo;
- Cerramento da área ou abertura;
- Cancela ou portão.

Além dos dispositivos, a proteção deve ser complementada com placas que contenham dizeres de advertência.

13.21 Normas de Segurança para Uso de Explosivos

13.21.1 Considerações Gerais

O uso de explosivos é regido pelas Normas Regulamentadoras NR-16 e NR-19 da Portaria 3214, de 08 de junho de 1978, e da Portaria 2, de 02 de fevereiro de 1979, que alterou a redação da NR-16 e, ainda, pelo Decreto no. 1246, de 11 de dezembro de 1936, que aprovou o Regulamento R-105, SFIDT do Ministério do Exército, com nova redação dada pelo Decreto no. 55649, de 28 de janeiro de 1965.

Os serviços de desmonte de rocha e de exploração de pedreiras com uso de explosivos serão realizados dentro das recomendações legais, adotando-se a máxima segurança e técnica exigidas pela alta periculosidade inerente a esse gênero de serviços.

Os trabalhos com explosivos serão sempre realizados sob a orientação de um engenheiro ou de um cabo de fogo (blaster) credenciado junto ao órgão competente.

Como operação de rotina nos trabalhos de detonação, o Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho fará distribuir um comunicado onde constarão o local da detonação, a hora prevista e a área mínima a ser isolada, mostrando as vias de acesso a serem interditadas.

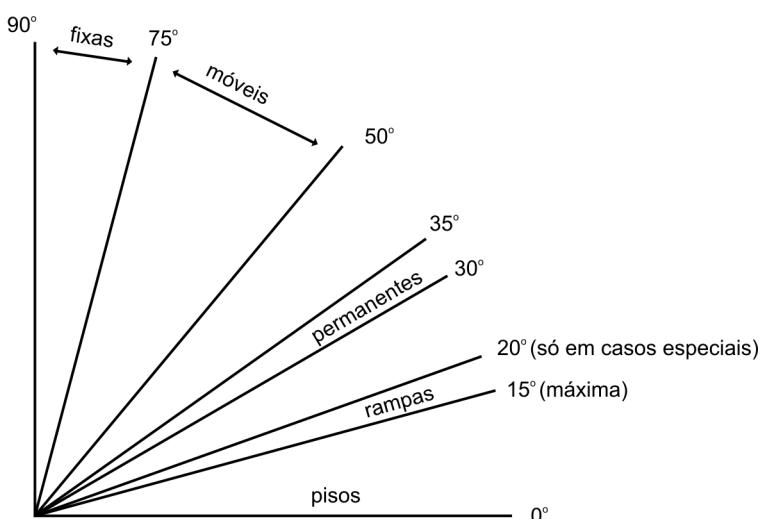


Figura 13.7 Ângulos de Inclinação para Superfícies de Trabalho

Os termos e o modelo do comunicado serão submetidos à apreciação da Contratante e serão divulgados no canteiro de obras a todos os setores envolvidos na área de detonação.

O isolamento dessa área será feito através de barricadas nas vias e acessos e com sinaleiros providos de bandeiras. O fogo será liberado somente após o pessoal de segurança ter percorrido e constatado a inexistência de pessoas e equipamentos na área isolada.

A detonação será realizada por meio de métodos que garantam a eficiência do serviço e a proteção do pessoal que dela se encarrega, sendo precedida por três sinais sonoros de 15 segundos cada, como advertência, com alcance mínimo que atinja a área a ser isolada. O sinal sonoro deve ter uma tonalidade diferente do sinal que servirá para indicar o início e término dos turnos de trabalho e do sinal de avisos de incêndio.

O tráfego de pessoas ou veículos só será liberado após a constatação de que todo o material foi detonado. Na falta de detonação de alguma mina, a área deverá continuar interditada até que novo fogo seja efetuado, ou que a mina tenha sido removida.

13.21.2 Construção dos Depósitos

A instalação dos depósitos ficará condicionada aos seguintes fatores:

- Terreno

Deverá ser localizado em terreno firme, seco e salvo de inundações e não sujeito a mudanças frequentes de temperatura ou a fortes ventos.

Deverão ser aproveitados os acidentes naturais, como elevações ou dobras do terreno.

Deverá ser mantida uma faixa limpa de vegetação (com largura mínima de vinte metros) e ligeiramente inclinada para fora, de maneira a permitir a drenagem da água da chuva em redor dos depósitos.

■ Acesso

Os depósitos devem ser acessíveis aos meios comuns de transporte.

■ Localização

Para a fixação da localização, considerar-se-ão:

- Indicação da área onde se deseja que os depósitos se localizem;
- Quantidade e espécie dos produtos estocados.

As distâncias mínimas a serem observadas com relação a edifícios habitados, ferrovias, rodovias e outros depósitos, bem como quantidade de explosivos e acessórios que serão estocados, constam da [Tabela 13.4](#).

■ Cubagem

É o cálculo da capacidade de armazenamento dos depósitos. Deverão ser levados em consideração os seguintes fatores:

- Dimensão das caixas de explosivos a estocar;
- Altura máxima de empilhamento, que é de 2 metros;
- Entre o teto e o empilhamento deverá haver uma distância mínima de 1 metro.

■ Materiais Utilizados

Deverão ser, tanto quanto possível, incombustíveis, impermeáveis e maus condutores de calor, não produzindo grandes estilhaços em casos de explosões.

Não será permitido o uso de tijolos que absorvam umidade ou se desintegrem facilmente.

As peças metálicas, tais como trincos e dobradiças, deverão ser de bronze ou latão.

■ Paredes

Deverão ser duplas, de blocos de concreto ou de outro material incombustível adequado.

As paredes acima das fundações deverão ser de tijolos (ou de outro material) assentados com massa de cimento, no máximo com 25% de cal.

As fundações poderão ser de concreto ou tijolo.

■ Cobertura

Os depósitos soterrados serão cobertos por laje de concreto impermeabilizado.

Os depósitos entrincheirados serão cobertos por laje de concreto e telha de fibra-cimento ondulado, de modo a formar, camada de ar isolante do calor.

■ Pisos

Deverão ser impermeáveis à umidade e lisos (cimento ou asfalto), de modo a evitar atritos e facilitar a limpeza.

Deverão ser marcadas, no piso, as áreas para estocagem (distância de 0,70 metros entre as pilhas e paredes).

- Portas

Serão duplas de abrir para fora, de material resistente ao fogo ou com revestimento desse material em suas faces externas.

As portas não poderão ser orientadas em direção às portas de outros depósitos.

Deverão fechar automaticamente e ser protegidas dos raios solares pela cobertura dos depósitos.

- Iluminação

Não deverão ser instaladas redes elétricas no interior ou exterior dos depósitos.

Nos trabalhos internos, somente poderão ser utilizadas lanternas portáteis de pilha.

A iluminação noturna deverá ser feita com luz indireta, por meio de refletores suspensos em pontos convenientes, fora ou à entrada dos edifícios, de maneira a ser obtida, por projeção, a iluminação necessária.

- Ventilação

Será obtida por meio de aberturas enteladas nas partes altas das paredes internas e nas partes baixas das paredes externas.

- Pára-raios, Termômetros de Máximos, Mínimos e Psicrômetros

Qualquer que seja a capacidade dos depósitos, esses aparelhos deverão ser instalados em locais apropriados, facilitando a observação de umidade e temperatura.

- Cercas

Os depósitos deverão ser protegidos por cerca de arame farpado ou telas dispostas a uma distância superior a cinco metros ao redor.

13.21.3 Transporte

Os veículos utilizados para transporte de explosivos e acessórios deverão estar em perfeitas condições de funcionamento mecânico e elétrico. O chassis do veículo, obrigatoriamente, deverá estar ligado à terra.

Os veículos deverão possuir dois extintores de incêndio do tipo pó químico seco, com capacidade de 6 quilos cada um.

Quando a carroceria for metálica, é necessária a utilização de estrado de madeira para o transporte de explosivos ou acessórios.

Não é permitido o transporte de explosivos e acessórios simultaneamente.

A carga deve ser bem arrumada e amarrada no veículo e coberta com lona impermeável, quando a carroceria for aberta.

No transporte de explosivos, deve ser escolhido motorista de total confiança quanto à sua conduta e habilidade. Não é permitido ultrapassar a velocidade de 40km/hora.

Nunca se deve transportar, juntamente com explosivos e acessórios, cargas tais como peças ou ferramentas de metal, óleos, carbureto, gasolina, munição, armas de

fogo, ácidos, produtos corrosivos ou oxidantes, matérias inflamáveis, tambores de ferro, cheios ou vazios.

Nunca se deve dar carona a amigos ou a estranhos, quando se estiverem transportando explosivos e acessórios.

Nunca se deve carregar, descarregar ou trafegar com o veículo quando estiver relampejando ou trovejando.

O transporte de explosivos do paiol até o local de aplicação, e vice-versa, será efetuado por veículo identificado com placas laterais com os dizeres "EXPLOSIVOS" e/ou bandeirolas vermelhas colocadas nos pára-choques dianteiro e traseiro. Deverá percorrer os caminhos que apresentarem o menor volume de trânsito.

13.21.4 Armazenamento

Os paióis deverão ser mantidos sempre limpos, secos e bem arejados.

Os paióis deverão servir exclusivamente para a guarda de explosivos ou acessórios. Em nenhum caso é permitida a guarda de ferramentas e outros materiais, qualquer que seja a sua natureza.

Não é permitida a entrada de pessoas não autorizadas na área dos paióis.

É proibido fumar dentro da área dos paióis.

Armazenar as caixas com a tampa para cima. Os explosivos e acessórios de detonação de tipo e marcas correspondentes devem ser guardados juntos, com as marcações bem visíveis, para facilitar sua imediata identificação.

Embarcar, despachar e usar sempre o estoque mais antigo.

Não deixar explosivos ou espoletas fora da caixa no paiol.

Não carregar nos bolsos explosivos ou espoletas. Transportar separados nas respectivas embalagens. Retirá-los somente quando necessário seu uso. Fechar novamente as caixas.

Proibir disparos e porte de armas de fogo e munições, bem como fazer fogueiras e chamas de qualquer espécie, num raio de, pelo menos, 150m do paiol.

Fazer verificações constantes para averiguar embalagens de explosivos que apresentam avarias, exudações ou defeitos. Destruir a caixa defeituosa e o seu conteúdo.

13.22 Equipamentos de Proteção Individual

13.22.1 Disposições Gerais

Consolidação das Leis do Trabalho (Cap. V - Título II)

Norma Regulamentadora nº 6

EPI é todo o meio ou dispositivo de uso pessoal destinado a proteger a incolumidade física do empregado durante o exercício de trabalho contra os efeitos de acidentes do trabalho.

Tabela 13.4. Estocagens Máximas

Medidas internas comp./largura/altura (em metros)	Depósito para dinamite ou polvora (kg)	Depósito para acessórios			Cordel detonante (m)	Distâncias em m de:			
		Estopim (m)	Espoletas comuns (um)	Espoletas elétricas (um)		Habitação	Ferrovia	Rodovia	Entre depósitos
1,00 x 1,00 x 1,80	400	5900	5500	3800	3800	300	180	92	52
1,00 x 1,50 x 2,00	680	10500	9700	6800	6800	345	210	105	65
1,50 x 1,50 x 2,30	1000	19000	17800	12600	12600	405	240	120	80
1,50 x 2,00 x 2,70	1800	32000	29700	21000	21000 (**)	460	280	140	90
2,00 x 2,00 x 2,70	2600	42000	39600	28000	28000 (**)	490	300	150	90
2,00 x 2,50 x 2,70	3000	54000	49500	35000	35000 (**)	520	310	155	90
2,30 x 2,50 x 2,70	3500	62000	56000	39800	39800 (**)	530	320	158	90
2,50 x 3,50 x 2,70	5800	94500	86600	53900	53900 (**)	570	340	170	90
3,00 x 3,50 x 2,70	6500	113000	103900	73600	73600 (**)	620	370	185	90
3,50 x 4,00 x 2,70	9000	151000	138600	98000	98000 (**)	660	400	195	90
4,00 x 6,00 x 2,70	16000	259000	237600	168300	168300 (**)	780	470	230	90
5,00 x 9,00 x 2,70	30000	486000	445000	370000	370000 (**)	1000	610	305	125
6,00 x 10,00 x 2,70	40000	648000	594000	420000	420000 (**)	1100	670	335	125
8,00 x 12,00 x 2,70	60000	-	-	-	-	1150	700	350	250
11,00 x 14,00 x 2,70	100000	-	-	-	-	1320	790	400	250
11,00 x 15,00 x 2,70	113000 (*)	-	-	-	-	1320	790	400	250

(*) Quantidade máxima que não pode ser ultrapassada em caso algum.

(**) Cotas de cordel detonante acima de 12.600m deverão possuir depósito em separado dos demais acessórios
Considerações gerais.

- 1 A construção dos depósitos deverá ser de alvenaria, piso cimentado ou asfaltado, com estrado de madeira, coberto de lage simples, além de telhas com ventilação suficiente por meio de aberturas superiores teladas, porta de madeira abrindo para fora com fortes cadeados, sem instalação elétrica (é proibido). Deverá ser mantida a distância mínima de 45m de qualquer rede elétrica.
- 2 As distâncias de edifícios habitados, rodovias, ferrovias, etc., poderão ser reduzidas a metade para o caso de depósito "barricado" ou "entrincheirado" (soterrado). A distância mínima das divisas é de 300m.
- 3 Para qualquer depósito será exigida a manutenção de "via permanente". Deverão ser protegidos com firmes cercas de arame farpado de 10 fios, separados entre eles de 20cm. A cerca deverá estar distanciada de qualquer ponto do depósito em 5m e possuir portão telado, cadeado e proteção contra incêndio, de acordo com sua capacidade (caixa de areia, extintor, etc.).
- 4 O terreno ao redor dos depósitos deve ser inclinado, firme e seco, de maneira a permitir a ventilação. Deve ser mantida uma faixa limpa de terreno no mínimo de 20 (vinte) metros.
- 5 O acampamento ou local de trabalho é considerado como "habitação" para efeitos de distâncias mínimas.

O uso do EPI pelo empregado independe de outras medidas de ordem geral ou modificações de processo que a Empresa necessita adotar para melhorar as condições ambientais de segurança.

Cabe ao Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho a recomendação do EPI adequado a cada risco.

13.22.2 Obrigações do Empregador

Quanto ao EPI, obriga-se o empregador a:

- Adquirir o tipo aprovado para a atividade do empregado;
- Fornecê-lo gratuitamente ao seu empregado;

- Treinar o trabalhador quanto ao seu uso adequado;
- Tornar obrigatório o seu uso.

13.22.3 Obrigações dos Empregados

Os empregados obrigam-se a:

- Usar obrigatoriamente o EPI indicado apenas para a finalidade a que se destinar;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação do EPI que lhe for confiado;
- Comunicar qualquer alteração no EPI que o torne parcial ou totalmente danificado;
- Responsabilizar-se pela danificação do EPI, pelo seu uso inadequado ou fora das atividades a que se destina, bem como pelo seu extravio.

13.22.4 Obrigações do Fabricante

O fabricante do EPI deve ter o seu estabelecimento registrado para esse fim específico, em órgão e repartições do Governo Federal, Estadual e Municipal, com o respectivo Cartão de Registro de Fabricante - C.R.F.

Todo EPI deverá apresentar, em caracteres indeléveis e bem visíveis, a marca e o nome comercial da firma com os dizeres "C.A. no. ____" (Certificado de Aprovação).

13.22.5 Tipos e Usos de EPI

As especificações de EPIs serão determinadas pela espécie de agente agressivo que deve ser neutralizado e por testes práticos ou de laboratórios que possibilitarão a sua aplicação mais adequada.

Para cada equipamento aprovado, existirá uma folha de especificações, onde serão apontadas todas as características do EPI, como por exemplo:

- Dimensões;
- Tipo de material empregado;
- Acabamento.

As especificações têm por finalidade facilitar a compra do equipamento adequado e aprovado, permitindo o controle de qualidade, quando de sua entrega.

As aplicações corretas do EPI serão regulamentadas pela Divisão de Medicina e Segurança do Trabalho do Departamento de Relações Industriais (DMST-DRI) da Administração Central da Empresa.

Entre os equipamentos de proteção individual, destacam-se os de uso mais frequente:

- Capacete, de uso obrigatório para todos os empregados dentro do canteiro de obras. Os capacetes serão identificados com o logotipo da Empresa e serão utilizadas cores para determinar o tipo de atividade de seu usuário;
- Botina especial para eletricistas;
- Capas contra chuva, quando a condição atmosférica assim exigir;
- Botinas de couro com biqueira de aço, para os empregados que executem serviços onde exista o risco de queda de materiais sobre os pés;
- Óculos de segurança, para empregados que trabalham com esmeril, ferramentas de picotamento e em locais onde exista muita poeira;
- Máscara ou óculos com lente adequadamente colorida para soldadores;
- Botas de PVC para proteção contra umidade;

- Luvas de raspa de couro para proteção contra materiais abrasivos, cortantes ou aquecidos;
- Luvas de Neoprene para proteção contra produtos químicos;
- Luvas de borracha para trabalhos em circuitos elétricos;
- Cinto de segurança para trabalhos onde exista risco de queda;
- Luvas, mangas, perneiras e avental para soldadores de solda elétrica;
- Protetor auricular para trabalhos realizados em local onde o ruído for superior ao estabelecido na NR-15;
- Máscara, avental, manga, luvas, perneiras e botas para trabalhos com jato de areia;
- Respiradores ou máscara com filtro, para trabalhos onde possa ocorrer vazamento de gases ou trabalhos com pintura a pistola;
- Avental de borracha ou PVC, para proteção contra produtos químicos.

13.22.6 Emissão de Especificações

As especificações do EPI são emitidas pelo DMST-DRI, da Administração Central, após o equipamento ter sido testado e aprovado nas Unidades de Trabalho da Camargo Corrêa.

Cada equipamento é acompanhado de uma “Ficha de Avaliação”, que relata as condições de ensaio a que foi submetido, com a sua correspondente avaliação prática.

Nos casos de alterações de suas especificações, o DMST-DRI fará comunicação por escrito às áreas envolvidas.

As [Figuras 13.8 e 13.9](#) são modelos das Fichas de Avaliações - EPI e do Cronograma de Equipamentos de Proteção Individual, que indica o prazo de testes no campo dos EPIs.

13.22.7 Aplicação dos Equipamentos de Proteção Individual

Ao Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho cabe a responsabilidade pela distribuição aos empregados de equipamentos de proteção individual, bem como a FISCALIZAÇÃO do uso dos mesmos. Por outro lado, cabe ao empregado utilizar-se obrigatoriamente dos EPIs e responder pela sua conservação.

Construção de Projetos de Irrigação

	FICHA DE AVALIAÇÃO - E. P. I.	Nº _____			
		S. M. S. T. VIDL			
UT:	Responsável:				
Equipamento:	Modelo:				
Fabricante:	Código:				
Quantidade	Tamanho:	Nº CA:			
Período de Realização de Testes:	De: _____	a _____			
TESTES DE LABORATÓRIO:	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Resultado em Anexo		
TESTE DE CAMPO:					
Função(es):					
Local:					
Comentários do Responsável:	<hr/> <hr/>				
Conforme teste aplicado no campo, julgou-se que o E. P. I. para esta UT possui:					
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Observação
01. Durabilidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
02. Conforto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
03. Eficiácia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
04. Peso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
05. Funcionalidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
06. Isolamento Térmico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
07. Rígidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
08. Ventilação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
09. Impermeabilidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Acabamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Estética	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conclui-se que a(s) Amostra(s) de E. P. I. testada(s) para Trabalhos nesta UT, segundo critérios acima, foi(ram) considerada(s):					
Adequado <input type="checkbox"/>		Inadequado <input type="checkbox"/>			
<hr/> _____ de _____ de 19_____					
S. H. S. T. da UT			Responsável pelos Testes na UT		

Figura 13.8

Modelo de Ficha

Especificação / E.P.I's	Prazo de Teste/Campo (dias)					
	30	60	90	120	150	180
- Filtro para respirador	XXXXXX					
- Filtro para máscara de amônia	XXXXXX					
- Lente para oculos de maçariqueiro	XXXXXX					
- Lente para mascara de solda	XXXXXX					
- Lente para visor de mascara de jato de areia	XXXXXX					
- Luva de grafatex com dorso e punho de lona	XXXXXX					
- Luva de napa	XXXXXX					
- Luva de PVC com forro de suedine	XXXXXX					
- cano curto						
- cano longo	XXXXXX					
- Luva de raspa para armadores	XXXXXX					
- Luva de raspa	XXXXXX					
- cano curto						
- cano medio	XXXXXX					
- cano longo	XXXXXX					
- Máscara contra pó	XXXXXX					
- Máscara descartável	XXXXXX					
- Luva para sinaleiro	XXXXXX					
- Capa plástica para concreto	XXXXXX	XXXXXX				
- Colete refletivo	XXXXXX	XXXXXX				
- Protetor auricular tipo concha	XXXXXX	XXXXXX				
- Protetor auricular tipo plug	XXXXXX	XXXXXX				
- Avental de raspa	XXXXXX	XXXXXX				
- Botas de PVC com palmilha de aço	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
- Carneira	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
- Mangote de raspa	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
- Peneira de raspa com fixação a fivela	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
- Capa plástica para chuva	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Máscara para jateamento de areia	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Oculos para maçariqueiro	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Oculos de segurança (protetor facial)	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Palmilha de aço	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Colete salva-vidas	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX		
- Máscara autônoma contra amônia	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Máscara para soldador	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Máscara para soldador com capacete articulado	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Botinas de couro	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Bóias salva-vidas	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Botina de couro para eletricista	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Capacete de segurança (aba frontal, aba total)	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Cinto de segurança com espia	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Cinto de segurança tipo paraquedista	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Conjunto frigorífico completo	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
- Luva de malha metálica	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	

Figura 13.9 Modelo de Cronograma