

Estado de Goiás  
Corpo de Bombeiros Militar



# **MANUAL DE MERGULHO AUTONÔMO**

*Capa: TC QOC Esmeraldino Jacinto de Lemos*

*Revisão: TC QOC Esmeraldino Jacinto de Lemos*

*Diagramação: TC QOC Esmeraldino Jacinto de Lemos*

AUTORES E COLABORADORES:

TC QOC MAURO GONÇALVES DE QUEIROZ

TC QOC ESMERALDINO JACINTO DE LEMOS

TC QOC HOFMANN GOMES RODRIGUES

CAP QOC AMILTON DE SOUZA CONCEIÇÃO

1º TEN QOC EDUARDO CAMPOS CARDOSO

1º SGT QPC AURO BARBOSA COELHO

1º SGT QPC JADERSON RODRIGUES TSUJI

3º SGT QPC WILBER SOARES DE OLIVEIRA

3º SGT QPC WEMERSON JOSÉ VIEIRA COSTA

3º SGT QPC THIAGO WENIG BARBOSA

CB QPC LUIZ ANTÔNIO ARAÚJO AMÂNCIO

SD QPC HÚBIO BRAGA POTÊNCIO

SD QPC DANIEL LUCAS BRAZÃO CLAUDINO

SD QPC DANILO PRADO DE OLIVEIRA

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	15
<b>CAPÍTULO 1 – HISTÓRICO DO MERGULHO.....</b>	18
<b>1.1 HISTÓRIA GERAL DO MERGULHO .....</b>	18
<b>1.2 HISTÓRICO DO MERGULHO EM GOIÁS.....</b>	21
<b>CAPÍTULO 2 - FÍSICA NO MERGULHO.....</b>	26
<b>2.1 INTRODUÇÃO.....</b>	26
<b>2.2 ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA .....</b>	26
<b>2.3 ATMOSFERA .....</b>	26
<b>2.3.1. Composição.....</b>	27
<b>2.3.2 Pressão atmosférica.....</b>	27
<b>2.4 GRANDEZAS E UNIDADES DE MEDIDAS FÍSICAS.....</b>	28
<b>2.4.1 Equivalências físicas.....</b>	28
<b>2.4.2 Pressão relativa e pressão absoluta.....</b>	28
<b>2.5 TEORIA GERAL DOS GASES .....</b>	29
<b>2.5.1 A pressão exercida por um gás.....</b>	29
<b>2.5.2 As leis dos gases.....</b>	30
<b>2.5.2.1 Lei de Boyle .....</b>	30
<b>2.5.2.2 Lei de Charles .....</b>	32
<b>2.5.2.3 Equação geral dos gases .....</b>	32
<b>2.5.2.4 Lei de Dalton .....</b>	33
<b>2.5.2.5 Lei de Henry .....</b>	33
<b>2.6 FLUTUABILIDADE .....</b>	34
<b>2.6.1 Massa específica e densidade .....</b>	34
<b>2.6.2 Empuxo .....</b>	35
<b>2.6.3 Princípio de Arquimedes .....</b>	35
<b>CAPÍTULO 3 - FISIOLOGIA E MEDICINA DO MERGULHO.....</b>	38
<b>3.1 O APARELHO CIRCULATÓRIO.....</b>	38
<b>3.1.1 O coração .....</b>	38
<b>3.1.2 Os vasos sanguíneos.....</b>	38
<b>3.1.3 O sangue .....</b>	39

<b>3.1.4 Alterações Circulatórias .....</b>	39
<b>3.2 O APARELHO RESPIRATÓRIO .....</b>	40
<b>3.2.1 Dinâmica da Ventilação Pulmonar.....</b>	41
<b>3.2.2 Terminologia e definições do aparelho respiratório .....</b>	41
<b>3.2.3 Controle da respiração .....</b>	43
<b>3.2.4 Alterações respiratórias.....</b>	44
<b>3.2.4.1 Aumento do espaço morto.....</b>	44
<b>3.2.4.2 Aumento da resistência respiratória .....</b>	44
<b>3.2.4.3 Redução da ventilação alveolar:.....</b>	44
<b>3.2.4.4 Elevação do teor de gás carbônico:.....</b>	45
<b>3.3 O OUVIDO .....</b>	45
<b>3.3.1 O Ouvido externo .....</b>	45
<b>3.3.2 O Ouvido médio .....</b>	46
<b>3.3.3 O Ouvido interno .....</b>	46
<b>3.3.4 Tuba Auditiva ou Trompa de Eustáquio.....</b>	46
<b>3.3.4.1 Manobra de Compensação “Técnica simples” .....</b>	46
<b>3.3.4.2 Manobra de Frenzel.....</b>	46
<b>3.3.4.3 Manobra de Valsalva.....</b>	47
<b>3.3.4.4 Manobra de Toynbee .....</b>	47
<b>3.3.4.5 Manobra BTV (Beance Tubaire Volontaire) .....</b>	47
<b>3.3.4.6 Manobra de Roydhouse.....</b>	47
<b>3.3.4.7 Técnica de Edmonds.....</b>	47
<b>3.3.4.8 Técnica de Lowry .....</b>	47
<b>3.3.4.9 Manobra “twitch” .....</b>	47
<b>3.4 CAVIDADES NASAIS E SEIOS DA FACE .....</b>	47
<b>3.5 EFEITOS DA PRESSÃO EM AMBIENTES SUBAQUÁTICOS .....</b>	48
<b>3.5.1 Efeitos diretos .....</b>	49
<b>3.5.1.1 Barotraumas.....</b>	49
<b>3.5.1.1.1 Barotrauma do ouvido médio .....</b>	50
<b>3.5.1.1.2 Barotrauma de ouvido externo.....</b>	51
<b>3.5.1.1.3 Barotrauma dos seios da face.....</b>	52
<b>3.5.1.1.4 Barotrauma pulmonar ou torácico.....</b>	53
<b>3.5.1.1.5 Barotrauma de máscara .....</b>	53
<b>3.5.1.1.6 Barotrauma de roupa.....</b>	54
<b>3.5.1.1.7 Barotrauma dental .....</b>	54
<b>3.5.1.1.8 Barotrauma total .....</b>	55

<b>3.5.1.1.9 Bloqueio reverso .....</b>	55
<b>3.5.1.1.10 Embolia Traumática Pelo Ar (E.T.A.) .....</b>	56
<b>3.5.2 Efeitos indiretos.....</b>	57
<b>3.5.2.1 Bioquímicos.....</b>	57
<b>3.5.2.1.1 Narcose pelo nitrogênio .....</b>	57
<b>3.5.2.1.2 Intoxicação pelo Oxigênio .....</b>	60
<b>3.5.2.1.3 Intoxicação pelo Gás Carbônico.....</b>	61
<b>3.5.2.1.4 Intoxicação por outros gases.....</b>	62
<b>3.5.2.1.4.1 Monóxido de carbono (CO) .....</b>	63
<b>3.5.2.1.4.2 Gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) .....</b>	63
<b>3.5.2.1.5 Apagamento .....</b>	64
<b>3.5.2.2 Biofísicos .....</b>	65
<b>3.5.2.2.1 Doença Descompressiva.....</b>	65
<b>3.6 OUTRAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS NO MERGULHO .....</b>	69
<b>3.6.1 Alterações urinárias.....</b>	69
<b>3.6.2 Alterações térmicas.....</b>	71
<b>3.6.2.1 Hipotermia .....</b>	71
<b>3.6.2.2 Hipertermia .....</b>	73
<b>3.7 MEDICINA HIPERBÁRICA .....</b>	74
<b>3.7.1 Oxigenioterapia Hiperbárica .....</b>	74
<b>3.7.2 Câmaras Hiperbáricas .....</b>	75
<b>3.7.2.1 Sistema Monopaciente .....</b>	75
<b>3.7.2.2 Sistema Multipacientes .....</b>	75
<b>3.8 A MULHER NO MERGULHO .....</b>	76
<b>3.8.1 Menstruação durante o mergulho .....</b>	76
<b>3.8.2 Anticoncepção e mergulho .....</b>	77
<b>3.8.3 Síndrome de tensão pré-menstrual .....</b>	78
<b>3.8.4 Implantes mamários .....</b>	79
<b>3.8.5 O Mergulho e a Gravidez .....</b>	79
<b>3.8.5.1 Mergulho em início de gravidez .....</b>	81
<b>3.8.5.2 Retorno ao mergulho após a gravidez .....</b>	81
<b>3.8.6 Parto .....</b>	81
<b>3.8.6.1 Cesárea .....</b>	82
<b>3.8.7 Amamentação e o mergulho .....</b>	82
<b>CAPÍTULO 4 – TABELAS DE MERGULHO .....</b>	86

<b>4.1 TEORIA DA DESCOMPRESSÃO</b>	86
<b>4.1.1 História</b>	86
<b>4.1.2 Fundamentos Básicos da Teoria da Descompressão</b>	87
<b>4.1.3 Características dos Gases e Descompressão</b>	87
<b>4.1.3.1 Pressão Parcial</b>	87
<b>4.1.3.2 Tensão do Gás Inerte Tecidual e Descompressão</b>	88
<b>4.1.3.3 Compartimentos</b>	88
<b>4.1.3.4 “Tecidos Rápidos” e “Tecidos Lentos”</b>	89
<b>4.1.3.5 Valores-M (M-VALUES)</b>	90
<b>4.1.3.6 Meios-Tempos (Half-Times)</b>	91
<b>4.1.3.7 Saturação e Dessaturação</b>	92
<b>4.1.3.8 Supersaturação</b>	93
<b>4.1.3.9 Bolhas</b>	93
<b>4.1.3.10 Algoritmos de Descompressão</b>	95
<b>4.2 SITUAÇÕES ESPECIAIS NO MERGULHO</b>	96
<b>4.2.1 Mergulho Multinível</b>	96
<b>4.2.2 Mergulho Repetitivo</b>	97
<b>4.2.3 O Mergulho em Altitude</b>	97
<b>4.3 PROCEDIMENTOS ESPECIAIS</b>	98
<b>4.3.1 Atrasos na subida</b>	98
<b>4.3.2 Velocidade de subida superior a 18m/min</b>	99
<b>4.3.3 Esforço excessivo ou frio exagerado</b>	99
<b>4.3.4 Descompressão omitida</b>	99
<b>4.4 TABELAS DE MERGULHO</b>	99
<b>4.4.1 Tabelas Utilizadas no Corpo de Bombeiros</b>	100
<b>4.4.1.1 Nomenclatura básica</b>	100
<b>4.4.1.2 Tabela de Limite Sem Descompressão</b>	101
<b>4.4.1.3 Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual</b>	102
<b>4.4.1.4 Tabela Padrão de Descompressão a Ar</b>	104
<b>4.4.2 Outras Tabelas de Mergulho</b>	115
<b>4.4.2.1 Tabela Descompressiva do Royal Naval Phy-Siological Laboratory / British Sub-Aqua Club</b>	115
<b>4.4.2.2 Tabelas DCIEM</b>	118
<b>4.4.2.3 Tabelas Buhlmann</b>	118
<b>4.4.2.4 Tabelas Padi</b>	118
<b>4.4.2.5 Tabelas Basset</b>	120
<b>4.4.3 Computadores para Descompressão</b>	120

<b>CAPÍTULO 5 - EQUIPAMENTOS DE MERGULHO .....</b>	<b>123</b>
<b>5.1 EQUIPAMENTO BÁSICO .....</b>	<b>123</b>
5.1.1 Máscara .....	123
5.1.2 Respirador (Snorkel) .....	125
5.1.3 Nadadeiras .....	126
5.1.4 Cinto de lastro .....	129
5.1.5 Faca de mergulho .....	129
5.1.6 Roupas de mergulho .....	130
<b>5.2 EQUIPAMENTO AUTÔNOMO .....</b>	<b>133</b>
5.2.1 Circuito fechado e semifechado .....	134
5.2.2 Circuito aberto .....	134
5.2.2.1 Cilindro de ar comprimido .....	135
5.2.2.2 Válvula reguladora .....	137
5.2.2.2.1 1º Estágio .....	138
5.2.2.2.2 2º Estágio .....	139
5.2.2.3 Medidores de informações .....	140
5.2.2.4 Colete equilibrador .....	141
5.2.2.5 Suporte anatômico .....	141
5.2.2.6 Acessórios .....	142
5.2.2.6.1 Luva de mergulho .....	142
5.2.2.6.2 Capuz de neoprene .....	142
5.2.2.6.3 Bota/meia de mergulho .....	142
5.2.2.6.4 Lanterna de Mergulho .....	142
5.2.2.6.5 Sacola molhada ou de coleta .....	143
5.2.2.6.6 Prancheta .....	144
<b>6.1 PREPARAÇÃO PARA O MERGULHO .....</b>	<b>146</b>
6.1.1 Recarga do cilindro .....	146
<b>6.2 PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO .....</b>	<b>147</b>
6.2.1 Cilindros .....	148
6.2.2 Back-pack .....	148
6.2.3 Válvula reguladora .....	148
6.2.4 Colete equilibrador .....	148
6.2.5 Máscara .....	149
6.2.6 Faca de mergulho .....	149
6.2.7 Respirador (Snorkel) .....	149

<b>6.2.8 Cinto de lastro .....</b>	149
<b>6.2.9 Medidores de informações.....</b>	149
<b>6.3 PREPARO DO MERGULHADOR.....</b>	149
<b>6.3.1 Entrada na água .....</b>	151
<b>6.3.1.1 Tipos de entrada na água .....</b>	151
<b>6.3.1.1.1 Sentado de frente para a água .....</b>	151
<b>6.3.1.1.2 Sentado de costas ou rolamento de costas.....</b>	152
<b>6.3.1.1.3 Passo de Gigante.....</b>	152
<b>6.3.2 Procedimentos na água .....</b>	153
<b>6.3.2.1 Na superfície .....</b>	153
<b>6.3.2.2 Descendo .....</b>	154
<b>6.3.2.2.1 Descida em pé.....</b>	154
<b>6.3.2.2.2 Descida em três tempos (canivete).....</b>	154
<b>6.3.2.3 No fundo.....</b>	155
<b>6.3.2.3.1 Mergulho em dupla .....</b>	155
<b>6.3.2.3.2.2 Troca de bocal.....</b>	156
<b>6.3.2.4 Voltando à superfície .....</b>	157
<b>6.3.2.5 Chegando à superfície .....</b>	157
<b>6.3.2.6 Após o mergulho .....</b>	158
<b>6.4 COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO DO MERGULHO .....</b>	158
<b>6.4.1 Comunicação entre mergulhador e a equipe de superfície.....</b>	158
<b>6.4.2 Sinais manuais entre mergulhadores submersos .....</b>	158
<b>6.4.3 Comunicação oral.....</b>	160
<b>6.4.4 As Bandeiras de Mergulho.....</b>	161
<b>6.5 BUSCAS SUBAQUÁTICAS.....</b>	162
<b>6.5.1 Fatores Condicionantes .....</b>	162
<b>6.5.1.1 Dimensões do Alvo .....</b>	162
<b>6.5.1.2 Mobilidade do Alvo .....</b>	163
<b>6.5.1.3 Correnteza .....</b>	163
<b>6.5.1.4 Extensão da área de busca.....</b>	163
<b>6.5.1.5 Profundidade do local .....</b>	163
<b>6.5.1.6 Natureza do fundo .....</b>	163
<b>6.5.2 Métodos de busca.....</b>	164
<b>6.5.2.1 Leque crescente .....</b>	164
<b>6.5.2.2 Arrasto .....</b>	164
<b>6.5.2.3 Livre.....</b>	165
<b>6.5.2.4 Técnica em linha ou em “U” .....</b>	165

<b>6.5.2.5 Técnica do “Espiral” .....</b>	166
<b>6.6 IÇAMENTO DE OBJETOS SUBMERSOS.....</b>	166
<b>6.6.1 Procedimentos Padrões .....</b>	166
<b>6.6.1.1 Coletar dados.....</b>	166
<b>6.6.1.1.1 Dados gerais .....</b>	166
<b>6.6.1.1.2 Dados específicos .....</b>	167
<b>6.6.1.1.3 Mergulho de reconhecimento .....</b>	168
<b>6.6.2 Analisar a Situação.....</b>	168
<b>6.6.3 Planejamento .....</b>	168
<b>6.6.4 Execução do Trabalho.....</b>	170
<b>6.6.5 Acondicionamento de Materiais .....</b>	170
<b>6.6.6 Equipamentos.....</b>	170
<b>6.6.6.1 Cordas.....</b>	171
<b>6.6.6.2 Cabo da Vida.....</b>	171
<b>6.6.6.3 Fita tubular .....</b>	172
<b>6.6.6.4 Mosquetão.....</b>	172
<b>6.6.6.5 Manilha de Aço .....</b>	172
<b>6.6.6.6 Linga de cabo de aço .....</b>	173
<b>6.6.6.7 LPS (Levantador de Peso Submerso) ou Bombonas .....</b>	173
<b>6.6.6.8 Tambor de aço .....</b>	173
<b>6.6.6.10 Saco de Iona .....</b>	174
<b>6.6.6.11 Lift Bags (bolsas elevatórias) .....</b>	174
<b>6.6.6.12 Bico Inflador (rabicho).....</b>	175
<b>6.6.6.13 Reservatório de ar .....</b>	175
<b>6.6.6.14 Boia Sinalizadora .....</b>	175
<b>6.6.7 Fatores a Serem Observados na Escolha de um LPS.....</b>	176
<b>6.6.8 Métodos de Ascenção.....</b>	176
<b>CAPÍTULO 7 - TIPOS DE MERGULHO.....</b>	178
<b>7.1 MERGULHO EM CORRENTEZAS.....</b>	178
<b>7.1.1 Introdução .....</b>	178
<b>7.1.2 Tipos de Correntes .....</b>	179
<b>7.1.2.2 Turbulências: .....</b>	179
<b>7.1.3 Equipamentos .....</b>	180
<b>7.1.4 Técnicas Utilizadas.....</b>	181
<b>7.2 MERGULHO NOTURNO.....</b>	182
<b>7.2.1 Introdução .....</b>	182

<b>7.2.2 Técnicas</b>	183
<b>7.2.3 Equipamentos</b>	183
<b>7.2.3.1 Lanternas</b>	183
<b>7.2.3.2 Cyalumes e Luzes de Sinalização</b>	185
<b>7.2.3.3 Carretilha</b>	185
<b>7.2.3.4 Bússola</b>	185
<b>7.2.4 Sinais Utilizados no Mergulho Noturno</b>	186
<b>7.3 MERGULHO EM ÁGUAS POLUÍDAS</b>	187
<b>7.3.1 Introdução</b>	187
<b>7.3.2 Poluentes Biológicos</b>	188
<b>7.3.2.1 Bactérias:</b>	188
<b>7.3.2.2 Vírus:</b>	188
<b>7.3.2.3 Protozoários:</b>	188
<b>7.3.2.4 Fungos:</b>	188
<b>7.3.3 Fatores Físicos</b>	188
<b>7.3.4 Poluentes Químicos</b>	189
<b>7.3.5 Roupa Seca</b>	189
<b>7.4 MERGULHO PROFUNDO</b>	189
<b>7.4.1 Introdução</b>	189
<b>7.5 MERGULHO TÉCNICO COM MISTURAS</b>	190
<b>7.5.1 Procedimentos Especiais</b>	191
<b>7.5.1.1 Atrasos na subida</b>	191
<b>7.5.1.2 Velocidade de subida maior que 60 pés/min (18m/min)</b>	192
<b>7.5.1.3 Excesso de esforço ou frio exagerado.</b>	192
<b>CAPITULO 8 - SEGURANÇA NO MERGULHO</b>	194
<b>8.1 INTRODUÇÃO</b>	194
<b>8.2 CONDIÇÕES DE INSEGURANÇA</b>	194
<b>8.2.1 Perda do fornecimento de ar</b>	194
<b>8.2.2 Perda da máscara facial</b>	194
<b>8.2.3 Perda da válvula reguladora</b>	194
<b>8.2.4 Mergulhador inconsciente</b>	194
<b>8.2.5 Mergulhador preso no fundo</b>	196
<b>8.3 REGRAS GERAIS DE SEGURANÇA</b>	196
<b>8.4 RESPONSABILIDADES DO COMANDANTE</b>	198
<b>8.5 REGISTRO DE MERGULHO</b>	198
<b>8.6 VERIFICAÇÃO FINAL</b>	198

<b>NORMA OPERACIONAL 02 .....</b>	<b>201</b>
<b>MODELO DE CADERNETA DE MERTGULHADOR AUTÔNOMO (CAPA) .....</b>	<b>223</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>228</b>



# Introdução





## INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás ao longo do tempo tem procurado padronizar suas ações nas operações subaquáticas. A falta de uma doutrina própria em nossa corporação tornava-nos dependentes dos manuais de outras entidades e corporações, às vezes ultrapassados e fora das nossas realidades cotidianas.

A busca de uma identidade própria e a necessidade de uniformização nas atividades de mergulho vem de encontro com a publicação do Manual de Mergulho Autônomo. Esta obra foi preparada para atender aos mergulhadores do CBMGO, visando a prática do mergulho com a segurança que a atividade requer. É leitura essencial para os exames de habilitação obrigatórios aos candidatos a mergulhador, sendo uma fonte de embasamento e elucidação nas situações mais hostis, com as quais se deparam os profissionais e praticantes do mergulho.

Trata também, com muita peculiaridade, da mulher mergulhadora, que hoje é uma realidade em nossa Corporação, no que diz respeito a algumas etapas de sua vida que influenciarão no seu mergulho: gestação, puerpério, ciclo menstrual etc.

Didaticamente dividido com textos e ilustrações explicativas, o leitor facilmente compreenderá o ambiente a que se submete uma vez imerso nos inúmeros pontos de mergulho do Estado de Goiás.

Complementarmente, atenta ainda, para os principais itens a serem observados pelo responsável por uma operação de mergulho, destacando a importância do planejamento anterior, bem como a fiel observância à norma operacional da atividade de mergulho da corporação.

Esta mudança traz consigo uma série de benefícios sociais e trabalhistas ao CBMGO, pois o mergulhador, conhecedor de seus limites, trabalha com segurança, o que resulta em um aumento da qualidade de vida com benefícios à sua saúde física e mental. Já a sociedade de modo geral será beneficiada com a prestação de serviços mais eficientes.

## CAPITULO 1

# Histórico do Mergulho





## CAPÍTULO 1 – HISTÓRICO DO MERGULHO

### 1.1 HISTÓRIA GERAL DO MERGULHO

Acompanhando a evolução histórica do homem, não podemos deixar de citar o impacto que o ambiente subaquático sempre exerceu sobre ele, gerando uma vontade imensa de explorar suas riquezas. Um objeto perdido, um alimento qualquer, a curiosidade, enfim, tudo que, sem dúvida, serviu de atrativo para a primeira incursão. Naturalmente, o método utilizado foi o mergulho livre, ou seja, usando o ar disponível nos pulmões para permanecer sob a água.

Gravuras datadas do século IX a.c. representam guerreiros Assírios respirando em sacos de couro e nadando sob o mar, enquanto desenhos gregos e macedônios mostram mergulhadores em atividade, usando o que hoje chamamos de sino aberto de mergulho. Consta que Alexandre “O Grande”, teria ele próprio mergulhado com tal equipamento. Os conquistadores espanhóis o utilizaram, no Caribe, para recuperação dos destroços de seus próprios galeões, operação em que eram ajudados pelos índios da região, dotados de grande habilidade de tal prática.

Entre 1500 e 1700 foram criados sinos de mergulho, que permitia aos mergulhadores uma maior permanência embaixo d’água. Os primeiros sinos eram grandes tubos, suficientemente pesados para afundar em uma posição vertical, suspensos por um cabo a superfície, tendo ar suficiente no seu interior, para permitir a um mergulhador respirar por horas. A primeira referência a um sino foi feita em 1531. Por vários séculos estes sinos foram usados normalmente. Em 1690, o astrônomo inglês Edmundo Halley desenvolveu um sino em que a atmosfera era renovada através de tambores. Em uma demonstração permaneceu a uma profundidade de 18m no rio Tâmisa por quase uma hora e meia com quatro companheiros. Quase 26 anos mais tarde,



Halley ficou mais de 4 horas a 20m em uma versão melhorada de seu sino.

Com o número crescente de naufrágios civis e militares nas costas da Grã-Bretanha, houve um incentivo para que desenvolvessem um traje de mergulho para aumentar a eficiência nas operações de salvamento. Em 1715, o inglês John Lethbridge desenvolveu um traje para um homem apenas. Este equipamento era um tambor reforçado, coberto por couro, equipado com uma vigia de vidro para visão e dois furos para os braços com luvas à prova d'água. O ocupante quando abaixado de um navio poderia realizar operações submarinas.



Este dispositivo era manobrado da mesma maneira que os sinos. O sucesso do equipamento fez com que Lethbridge participasse de vários resgates de naufrágios a Europa.

No início do século XIX franceses, ingleses e alemães iniciaram uma ferrenha disputa para inventar um equipamento que libertasse definitivamente o homem do incômodo sino, vindo a conseguir em meados de 1819, através do engenheiro alemão radicado na Inglaterra August Siebe.

Ele criou um equipamento que foi denominado "Escafandro", reduzido de tamanho às dimensões de um capacete semiesférico, aberto no bordo inferior e que recebia ar da superfície por uma mangueira e uma bomba de pressão.

À medida que o traje de mergulho ia sendo aperfeiçoado, o sino de mergulho também sofria algumas modificações, aumentando seu tamanho e adicionando



bombas de alta pressão para manter a água fora deles. A evolução das bombas fez com que logo se construíssem câmaras grandes suficientes para alojar diversos homens trabalhando no seco, acoplados ao fundo. Isto era particularmente vantajoso para os projetos tais como fundações de pontes ou



construção de seções de túnel. Estas câmaras secas logo ficaram conhecidas por Caissons, palavra francesa que significa caixões.

Como o trabalho realizado com os Caissons foi utilizado em pressões maiores, os problemas fisiológicos aumentaram assustadoramente. Os casos fatais começaram a ocorrer com grande frequência. A moléstia foi chamada de doença do caixão. Entretanto, os trabalhadores no projeto da ponte do Brookling em New York deram à doença um nome mais descriptivo "bends". Hoje o mal de Bends é um risco bem conhecido no mundo do mergulho e chamado de DD (doença descompressiva).

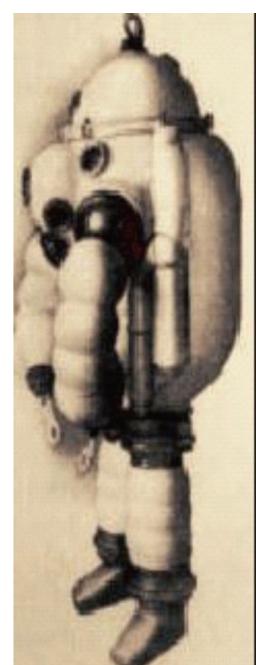
Embora os homens mergulhassem há milhares de anos, poucos homens tinham trabalhado muitas horas sob grandes pressões até a época dos Caissons.



Em virtude das altas pressões do mergulho, numerosos projetos de trajes rígidos foram criados com o intuito de livrar o mergulhador dos problemas da pressão durante o mergulho. Com um traje rígido, o mergulhador poderia respirar o ar sob pressão normal e descer a grandes profundidades sem nenhum risco. O projeto de John Lethbridge em 1715, que essencialmente tinha sido um traje rígido, tinha sua operação limitada a baixa profundidade. Desajeitado demais para que o mergulhador pudesse realizar algum trabalho e muito complicado para fornecer proteção da pressão externa.

A profundidade projetada por vários trajes rígidos desenvolvidos nos anos 30 era de 200m, nunca alcançada na realidade. Projetos mais recentes na área demonstram potencialidade para tarefas subaquáticas a 600m de profundidade.

O escafandro deu ao homem a possibilidade de permanecer em baixo da água e trabalhar por períodos prolongados, mas era limitado extremamente pela exigência do fornecimento de ar da superfície. A melhor solução encontrada deveria fornecer ao mergulhador um suprimento portátil de ar. Por muitos anos o equipamento "SCUBA" (Self Contained Underwater Breathing Apparatus) apareceu como uma possibilidade teórica. As tentativas de fornecer ar comprimido aos mergulhadores não foram bem sucedidas devido às limitações dos compressores e dos recipientes de ar comprimido capazes de suportar altas pressões.





Em 1933 o comandante LePrieur, um oficial naval francês, construiu um equipamento autônomo de circuito aberto usando um tanque de ar comprimido. Entretanto LePrieur não incluiu um regulador de demanda em seu projeto e a dificuldade maior do mergulhador era o controle manual constante do suprimento de ar. A falta de um regulador de demanda limitou muito o uso prático do equipamento. Ao mesmo tempo em que as operações reais de combate eram realizadas com equipamentos de circuito fechado, dois franceses conseguiram uma descoberta significativa no projeto do equipamento autônomo de circuito aberto. Jaques Yves Cousteau e Emile Gagnan adaptaram um regulador de demanda com tanques de alta pressão com ar comprimido e criaram o primeiro equipamento de circuito aberto chamando-o de Aqua-Lung. Cousteau e seus companheiros aprimoraram seu equipamento desenvolvendo técnicas e o testando enquanto exploravam e fotografavam naufrágios.



No Brasil, em tempos mais modernos, a instituição pioneira nas atividades de mergulho foi a Marinha. Durante muito tempo, seus mergulhadores foram os únicos capazes de realizar missões importantes como, por exemplo, desativar artefatos explosivos. A necessidade de novas incursões subaquáticas levou seu pessoal a um alto grau de especialização e aperfeiçoamento, transformando-a em ponto de referência técnica nesse assunto.

No meio civil, a exploração do petróleo nas plataformas continentais, deu origem a uma verdadeira corrida tecnológica na atividade de mergulho. Essa corrida, que é uma realidade mundial, certamente levará o homem a progressos, hoje difíceis de se imaginar e não haverá surpresas se nos levem, em poucos anos, a graus de liberdade, autonomia e segurança só superados pelos próprios seres subaquáticos.

## 1.2 HISTÓRICO DO MERGULHO EM GOIÁS

Até o momento é desconhecida a data exata em que se introduziram as atividades de busca e resgate subaquático no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Todavia, sabe-se de seu exercício desde o fim da década de 1960 e princípio da década de 1970. Neste período o mergulho era realizado de forma dependente, através de equipamento



denominado escafandro. O mergulhador utilizava equipamento composto por capacete de aproximadamente 18 kg, confeccionado em cobre, com suportes no dorso e ventre, onde se fixavam lastros, que adicionados totalizavam cerca de 30 kg, ou seja, 15 kg em cada posição. Compunha-se ainda por um par de botas de chumbo e por roupa que recobria todo corpo.

O ingresso à guarnição de salvamento náutico era feito através de convite, sem a realização de cursos específicos. Geralmente aqueles bombeiros que se destacavam em atividades aquáticas eram recrutados. Relata-se que as guarnições compunham-se de 3 (três) a 4 (quatro) bombeiros. Por não haver viatura própria para guarnição de salvamento aquático os deslocamentos aos locais das ocorrências eram por diversas vezes feitos através de ônibus intermunicipais, por meio de veículos dos solicitantes ou por avião em casos extremos ou muito distantes, lembrando que nesta época o Estado do Tocantins ainda pertencia ao Estado de Goiás.



Devido às dificuldades de transporte do equipamento escafandro e à baixa mobilidade do bombeiro quando submerso, empregava-se em larga escala o uso de garateia.

Em meados de 1979, ocorreu a maior inovação nas atividades de busca e resgate do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, após retorno de curso de mergulho autônomo no Rio de Janeiro, o então TEN Franquel Bastos Tavares introduziu a utilização de equipamento autônomo no Corpo de Bombeiros Militar de Goiás. Tal inovação se deu tanto por seus benefícios e vantagens, quanto pelas já citadas dificuldades de utilização do equipamento escafandro.

O falecimento, em 1974 do CB Edevaldo (figura ao lado), que teve a mangueira de ar enrolada em "galhada" durante busca de uma arma (espingarda) no Rio dos Bois, também impulsionou a adesão do equipamento autônomo. Esta adesão e o alto índice de ocorrências náuticas, potencializadas pela ignorância aos dispositivos de segurança passivos e ativos das embarcações e em algumas atividades profissionais (garimpos, hidrelétricas, saneamento, etc.), levaram o comando do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás à realização de seu primeiro curso de mergulho autônomo, ocorrido de 29 de agosto de 1983.





a 06 de outubro de 1983.

O curso foi ministrado no 1º Grupamento de Incêndio pelos seguintes bombeiros instrutores de mergulho do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal: MAJ Ramos, TEN Correa, SGT Jesus e CB França. Os dois últimos dias do curso foram realizados no Distrito Federal onde foram desenvolvidos os testes de piscina, qualificação, travessia, sino e demais atividades de conclusão.

Neste curso, inscreveram-se aproximadamente 45 bombeiros, porém somente 5 concluíram o curso. São eles: SGT Silas, SD Gelton, SD Pires, SD Fernando e SD Isidório.

Somente em 1986 é que se realizou o novo curso de mergulho autônomo no CBMGO, conforme transcrição do BG n.º 064 de 07 de abril de 1986:

### ***"Mergulhador autônomo: inscrição***

*Declara-se que encontram-se abertas até 11 de abril de 1986 no quartel do 1 GI as inscrições para o Curso de Mergulho Autônomo, a ser realizado no Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, de 12 de maio a 25 de julho de 1986. Os inscritos serão submetidos ao exame preliminar de saúde no dia 15 de abril de 1986. As OPM do interior poderão solicitar as inscrições do seu pessoal através de radiogramas. "*

Este curso foi realizado nos mesmos moldes do curso de 1983.

Os cursos que se seguiram foram ministrados pelos mergulhadores formados nos cursos anteriores. No entanto, por ser a metodologia dos cursos de mergulho autônomo anteriores de significativa rigidez e extrema exigência física e psicológica, eram sempre baixos os índices de concluintes, geralmente em torno de 20 a 25% concluíam o curso. Resultando em um contínuo déficit de profissionais mergulhadores. Tal déficit tornou aos mergulhadores existentes, muito penosa sua missão.



Além das atribuições normais realizadas durante o ano, os mergulhadores do CBMGO são amplamente empregados, em atividades náuticas preventivas, tais como: Operação Carnaval, Semana Santa, Férias, sendo esta realizada desde 1974, inicialmente no rio Araguaia, e hoje desenvolvida nos principais pontos turísticos do Estado de Goiás.

Atualmente o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás



experimenta um aprimoramento nas atividades de mergulho autônomo, capacitando na própria corporação seus mergulhadores, buscando aplicar técnicas atualizadas bem como a utilização de equipamentos modernos, atendendo às expectativas e necessidades do povo goiano.

## CAPITULO 2

# Física no Mergulho



## CAPÍTULO 2 - FÍSICA NO MERGULHO

### 2.1 INTRODUÇÃO

Se observarmos com bastante atenção o meio ambiente, no que se relaciona aos princípios físico-químicos, que regem seus fenômenos, iremos tomar consciência do peso do ar, da sua composição, forma e pressão que ele exerce. No entanto, quando resolvemos nos aventurar além dos limites normais de nossa condição de seres humanos, passamos a sentir sua intensidade. Isto ocorre quando subimos às grandes altitudes ou quando mergulhamos em meio líquido. As diferentes sensações são resultados das anormalidades do estado físico da matéria e seus co-relacionamentos. Para o perfeito entendimento de sua atividade, o mergulhador deve compreender com segurança esses princípios e suas aplicações para um aprendizado eficaz e seguro.

### 2.2 ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

A matéria pode ser encontrada na natureza de três maneiras diferentes:

**No estado Sólido:** sua forma é própria, ou seja, o corpo não é tão facilmente deformado, seu volume é definido e suas partículas estão fortemente ligadas e estão muito próximas umas das outras.

**No estado Líquido:** sua forma não é própria, ou seja, ele terá a forma do recipiente onde for colocado, mas seu volume ainda é definido suas partículas não estão tão ligadas e não estão próximas umas das outras como no caso dos sólidos, mas existe ainda uma força de atração entre elas. Esta força não permite que as partículas do material se separem completamente.

**No estado Gasoso:** não possui nem forma própria e nem volume definido. Ocupa a forma do recipiente que o contém e possuirá o volume deste mesmo recipiente, neste caso a força de atração entre as partículas praticamente inexiste. Cada uma vai para onde quer no interior do recipiente que contém o gás. A distância entre elas fica então muito maior do que nos estados sólido e líquido.

### 2.3 ATMOSFERA

Podemos definir que a atmosfera pode ser descrita como uma fina camada de gases sem cheiro, sem cor e sem gosto, presa a Terra pela força da gravidade. Visto do espaço, o planeta Terra aparece como uma esfera de coloração azul brilhante. Esse efeito cromático é produzido pela dispersão da luz solar sobre a atmosfera, esta existe em outros planetas do sistema solar que também possuem atmosfera.



### 2.3.1. Composição

A Atmosfera é dividida em algumas regiões esféricas com base na maneira pela qual a temperatura varia com a altitude. A camada mais baixa é a troposfera, a seguir vem à estratosfera, a mesosfera e a termosfera. Além de fornecer ar, a atmosfera terrestre age como barreira contra a radiação iônica e como receptora do calor solar. Sua composição e sua estrutura vertical possibilitaram o desenvolvimento da vida no planeta. Abaixo de 25 km e quando o ar está seco, sua composição é:

\*Nitrogênio ( $N_2$ ) 78,08 %, atua como suporte dos demais componentes, de vital importância para os seres vivos, fixado no solo pela ação de bactérias e outros microrganismos, é absorvido pelas plantas, na forma de proteínas vegetais;

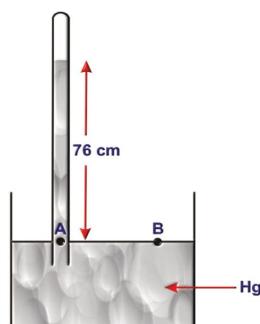
\*Oxigênio ( $O_2$ ) 20,94 % do volume da atmosfera, sua estrutura molecular varia conforme a altitude em relação ao solo é responsável pelos processos respiratórios dos seres vivos;

- Argônio (Ar) 0,93 %;
- Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) (variável) 0,035 %;
- Hélio (He) 0,0018 %;
- Ozônio ( $O_3$ ) 0,00006 %;
- Hidrogênio (H) 0,00005 %;
- Criptônio (Kr), Metano (Me), Xenônio (Xe) e Radônio (Rn), somente indícios.

Para efeito de cálculos em exercícios didáticos, podem ser consideradas as seguintes proporções da composição da atmosfera: 78% de Nitrogênio, 1% de Oxigênio e 1% de outros gases.

### 2.3.2 Pressão atmosférica

A atmosfera terrestre é composta por vários gases, que exercem uma pressão sobre a superfície da Terra. Essa pressão, denominada pressão atmosférica, depende da altitude do local, pois à medida que nos afastamos da superfície do planeta, o ar se torna cada vez mais rarefeito, e, portanto, exercendo uma pressão cada vez menor.





O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou uma experiência para determinar a pressão atmosférica ao nível do mar. Ele usou um tubo de aproximadamente 1,0 m de comprimento, cheio de mercúrio (Hg) e com a extremidade tampada. Depois, colocou o tubo, em pé e com a boca tampada para baixo, dentro de um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que, após destampar o tubo, o nível do mercúrio desceu e estabilizou-se na posição correspondente a 76 cm, restando o vácuo na parte vazia do tubo.

## 2.4 GRANDEZAS E UNIDADES DE MEDIDAS FÍSICAS

As partes constitutivas da Física são as grandezas pelas quais as leis físicas são expressas, e dentro dessas grandezas, são necessárias unidades que as representem. Exemplificando:

- Grandezas físicas: o tempo; o comprimento; a pressão; o volume; a Temperatura etc.
- Unidades físicas: o minuto; o metro; o bar; o litro; os graus centígrados etc.

### 2.4.1 Equivalências físicas

Pressão é a força que age diretamente sobre a superfície de um corpo imerso em um meio líquido qualquer. Dessa forma, está diretamente relacionada com a vertical (altura do corpo em relação à superfície do fluido).

A unidade que mede a pressão é a atmosfera. Ela corresponde ao peso que a massa de ar exerce sobre a superfície, e pela experiência de Torricelli ficou comprovado que a pressão atmosférica, ao nível do mar, é igual a 1Kg/cm<sup>2</sup>. Foi também verificado que uma coluna de água, que tenha 10,33m de altura, por uma seção de 1 cm<sup>2</sup>, corresponde exatamente ao peso de 1033,6 g/cm<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 1,033 Kg/cm<sup>2</sup>.

Como todos esses valores originaram-se a partir de Torricelli, podemos concluir que: uma coluna de 760 mm de mercúrio é igual a 1,033 Kg / cm<sup>2</sup>, que é igual a 10,33 metros de coluna de água.

**Simplificando e apresentando outras equivalências:**

$$\begin{aligned} 760\text{mmHg} &= 1\text{Kg/cm}^2 = 10\text{mca} = 14,7 \text{ l.pol}^2 = \\ &= 1\text{bar} = 33 \text{ pés} = 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

### 2.4.2 Pressão relativa e pressão absoluta

A pressão relativa (rel) é dada pelo peso da massa de ar na superfície, ou seja, 1 atm. Como 1 atm corresponde a 10 metros de coluna de água, podemos afirmar que ao mergulharmos a cada 10 metros de profundidade na água é como se recebêssemos o peso correspondente a mais uma atmosfera.

A pressão absoluta (ATA), portanto, é o somatório da pressão relativa



mais a pressão atmosférica, provocada pela coluna de água. Dessa forma a cada 10 metros que uma pessoa mergulhar, ela sofrerá um aumento de 1 atmosfera de pressão.

$$P_{abs}(\text{ATA}) = P_{rel} + P_{atm}$$

**Exemplo:** Um mergulhador a 20 metros de profundidade estará sujeito a uma pressão absoluta de 3 ATAs.

$$P_{abs} = 2 \text{ atm rel} + 1 \text{ atm} = 3 \text{ ATAs}$$

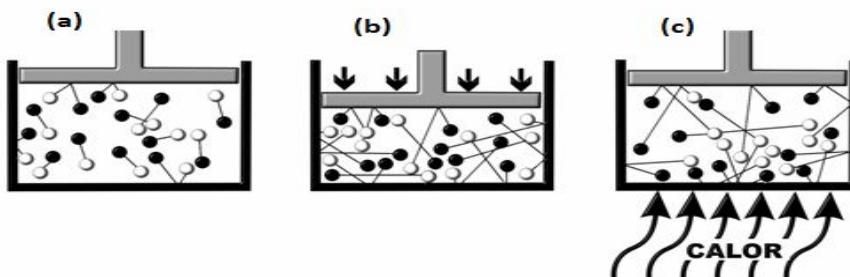
## 2.5 TEORIA GERAL DOS GASES

Todas as substâncias são feitas de partículas chamadas moléculas. O termo “cinética” indica a existência de movimento, portanto, essas moléculas se movem em todas as direções, e com velocidades de centenas de metros por segundo. Elas se chocam constantemente umas às outras e contra as paredes do vaso ou recipiente que as contém.

### 2.5.1 A pressão exercida por um gás

A direção e velocidade do movimento de cada molécula podem mudar abruptamente por consequência das colisões e, dessa forma, elas descreverão uma trajetória aleatória, de modo que, o número de moléculas que se move numa direção seja sempre, em média, igual ao número das que se movem em quaisquer direções.

**Energia Cinética** - A energia cinética das moléculas que estão dentro do recipiente (a), produz uma pressão constante na superfície interna do recipiente. Com o volume interno do recipiente diminuído (b) as moléculas unitariamente aumentarão seu volume e consequentemente a pressão. Ao ser aquecido, a velocidade das moléculas e a pressão interna do recipiente (c) irá aumentar bruscamente.





## 2.5.2 As leis dos gases

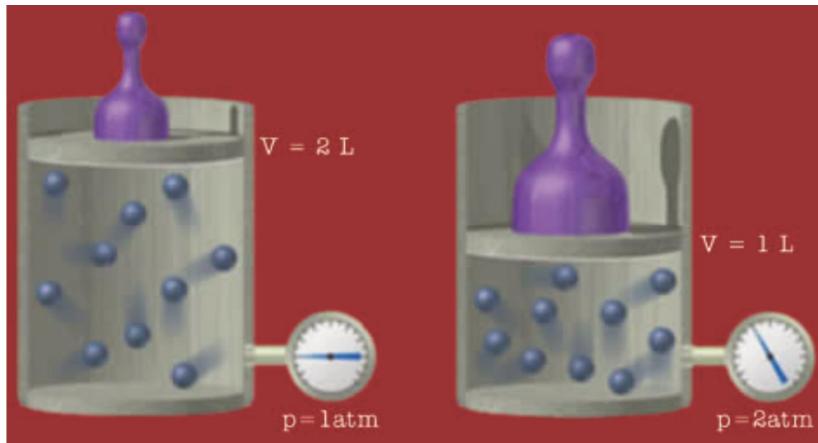
O comportamento dos gases é afetado diretamente pela pressão, volume e temperatura, que, cientificamente, estão ligados entre si. Existem conceitos e teorias, chamadas “leis”, que descrevem o comportamento dos gases sob variadas condições, algumas delas são conhecidas pelo nome de seus criadores, tais como Leis de Boyle, Charles, Dalton e Henry.

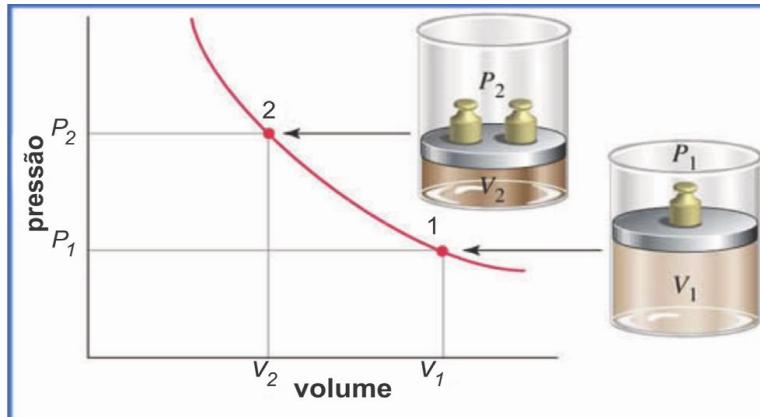
### 2.5.2.1 Lei de Boyle

Robert Boyle, um Irlandês nascido no ano de 1627, aprofundou-se na pesquisa científica e entre suas descobertas, constatou que o volume de um gás é inversamente proporcional à pressão a que é submetido. Anos depois o abade francês Edme Mariotte deu maior precisão a essa lei, observando que só era válida sob temperatura constante. Daí esse enunciado ser conhecido também como Lei de Boyle e Mariotte.

Em outras palavras, se a pressão de um gás for dobrada, seu volume ficará reduzido à metade. Podemos simbolizar essa afirmativa com a seguinte expressão:

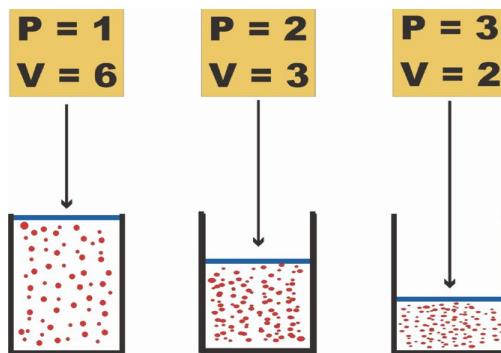
$$(P \times V = \text{Constante})$$





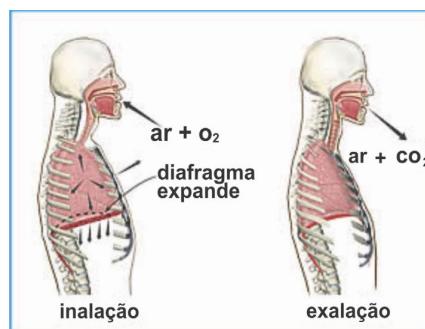
Imagine uma bolha de ar de volume igual a 1 litro a 20 metros de profundidade. A medida que ela sobe, a pressão irá diminuindo. Seu volume irá aumentando até chegar a superfície quando a pressão será de 1 ATM.

Acompanhe no esquema abaixo:



### Lei de Boyle na respiração

Da mesma forma, um mergulhador que estiver a 20 metros de profundidade com 6 litros de ar nos seus pulmões, terá que exalar para subir porque o volume de 6 litros aumentará para 18 litros na superfície e os alvéolos pulmonares não resistirão, rompendo-se, caracterizando um dos acidentes mais graves que pode vitimar o mergulhador.





### 2.5.2.2 Lei de Charles

A lei de Charles (1781) enuncia que “o volume de uma massa fixa de um gás, mantido a pressão constante, é diretamente proporcional à temperatura absoluta”.

Como o enunciado da lei usa a expressão “temperatura absoluta”. Para entender esse conceito, é necessário conhecer as medidas de temperatura. As duas escalas mais usadas são a Celsius e a Fahrenheit.

Num termômetro padrão de escala Celsius, Anders Celsius (1701 – 1744) estabeleceu que o nível do líquido (geralmente mercúrio) aponta que a temperatura de congelamento da água é marcado a 0°C (zero grau Celsius) e à temperatura de ebulição da água a 100°C. Quando a temperatura de ebulição é marcada, a pressão atmosférica deve ser 76cm de mercúrio.

Na escala Fahrenheit, seu inventor, o cientista alemão Fahrenheit, escolheu para 0°F a temperatura do dia mais frio do ano de 1727, na Islândia e 100°F a temperatura de sua esposa. Se isso fosse verdade ela devia estar com febre, porque a temperatura Fahrenheit de uma pessoa sadia é, hoje em dia, cerca de 98,6°F.

Nessa escala a temperatura de solidificação da água é, de 32°F, e a de ebulição 212°F sendo a pressão da atmosfera de 76cm de mercúrio. Ao adotarmos uma temperatura Celsius ( $t_c$ ) e uma Fahrenheit ( $t_f$ ), teremos a semelhança de valores:

$$\frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{t_f - 32}{212 - 32}$$

$$\frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{t_f - 32}{212 - 32} \Rightarrow \frac{t_c}{100} = \frac{t_f - 32}{180} \Rightarrow \frac{t_c}{5} = \frac{t_f - 32}{9}$$

### 2.5.2.3 Equação geral dos gases

Quando combinamos as Leis de Boyle e Charles, obtemos a chamada Equação Geral do Gases:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = \text{Constante}$$

Essa expressão tem efeito direto na operação de recarga dos cilindros de mergulho. Acompanhe no exemplo:

Um cilindro de mergulho, com 10 litros de volume é carregado a uma pressão de 149 atm, e a sua temperatura sobe a 127° C. Que volume de ar será liberado para a atmosfera, quando a temperatura for de 27°C ?



$$\frac{P1.V1}{T1} = \frac{P2.V2}{T2}$$

Resposta: considerando que: tem-se:

$P1$  = pressão absoluta correspondente a 149 atm =  $149 + 1 = 150$  ATA

$P2$  = pressão absoluta correspondente à atmosférica =  $0 + 1 = 1$  ATA

$T1$  = temperatura absoluta correspondente a  $127^\circ C = 127 + 273 = 400^\circ$

$T2$  = temperatura absoluta correspondente a  $27^\circ C = 27 + 273 = 300^\circ$   $V1 = 10$  litros

$V2 = ?$

Calculando:  $\frac{150.10}{400} = \frac{1.V2}{300} \Rightarrow V2 = 1.125$  litros

#### 2.5.2.4 Lei de Dalton

Químico e físico inglês, fundador da teoria atômica moderna, John Dalton nasceu em Eaglesfield, Cumberland, a 6 de setembro de 1766 e estabeleceu então que "a pressão total de uma mistura de gases é igual à soma das pressões parciais dos gases que a constituem". Considera-se pressão parcial a pressão que cada gás, isoladamente e à mesma temperatura, exerceia sobre as paredes do recipiente que continha a mistura.

$$PT = Pp1 + Pp2 + Pp3 + \dots$$

Seja o exemplo: A pressão parcial de  $O_2$  na mistura gasosa do ar a 40m de profundidade é de 1,05 ATAs.

$$Pt = 4\text{atm rel} + 1\text{ atm} = 5\text{ ATAs}$$

$$PpO_2 = 21\% \text{ da mistura} = 21\% \text{ de } 5\text{ ATAs} = 1,05\text{ ATAs}$$

#### 2.5.2.5 Lei de Henry

Ao observarmos uma garrafa de refrigerante ou Champagne ser aberta, podemos notar que o surgimento de bolhas é imediato, principalmente quando quente, mas se a temperatura do refrigerante estiver baixa,





uma quantidade menor de bolhas surgirá, indicando que grande parte do gás encontra-se dissolvido em seu conteúdo. Isto se dá como manifestação da lei de Henry.

A lei de Henry diz que os gases dissolvem-se nos líquidos de forma diretamente proporcional à pressão e cada gás apresenta um determinado coeficiente de solubilidade em um líquido específico. No exemplo do refrigerante, o gás (CO<sub>2</sub>) dissolvido no líquido, se mantém lá enquanto a garrafa estiver fechada. Retirada a tampa há uma queda da pressão exercida sobre o líquido e o excesso de pressão do gás dissolvido causa a formação de bolhas. Se a pressão no interior for reduzida lentamente, o excesso de gás se difundirá gradualmente para fora do refrigerante e não haverá a formação de bolhas.

Analogamente, o mergulhador deverá subir liberando o nitrogênio (N<sub>2</sub>) que está dissolvido em seu sangue, gradativamente, através das trocas gasosas normais da respiração. Mais adiante este processo será exemplificado com mais perfeição através do uso de tabelas e medidas de segurança.

## 2.6 FLUTUABILIDADE

É fácil observar que alguns objetos afundam e outros não. Quando derramamos óleo de cozinha, ou jogamos um pedaço de isopor dentro d'água, eles flutuam, ou se jogarmos um pedaço de chumbo ou de ferro eles irão para o fundo.

Isso se dá devido à massa específica e densidade desses materiais e do líquido, que está relacionado diretamente ao princípio de Arquimedes.

### 2.6.1 Massa específica e densidade

A massa específica ( $\mu$ ) de uma substância é a razão entre a massa (m) de uma quantidade da substância e o volume (V) correspondente. É também denominada de densidade:

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Quando dizemos que uma determinada substância é mais pesada que a outra, melhor dizermos que é mais densa que a outra. Na realidade o determinado volume de uma substância é mais pesado, ou menos pesado que um igual volume da outra substância. Damos esta denominação de densidade.



Na tabela abaixo são indicadas as densidades de algumas substâncias:

Substância	$\mu(\text{g}/\text{cm}^3)$	$\mu(\text{kg}/\text{m}^3)$
Água	1,0	1.000
Gelo	0,92	920
Álcool	0,79	790
Ferro	7,8	7.800
Chumbo	11,2	11.200
Mercúrio	13,6	13.600

## 2.6.2 Empuxo

Um corpo completamente submerso desloca um volume de fluido, no qual está submerso, igual ao seu próprio volume. Se estiver parcialmente submerso deslocará um volume de fluido igual ao volume da sua parte submersa. O empuxo é uma força igual ao peso do fluido deslocado.

## 2.6.3 Princípio de Arquimedes

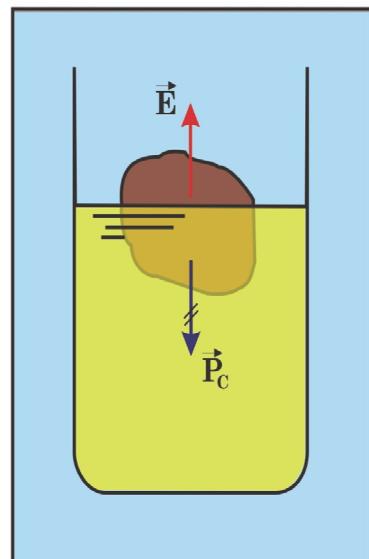
Arquimedes foi um matemático grego que viveu entre 287 a 212 a.C. O Princípio de Arquimedes deve ser considerado uma importante descoberta, pois determinou grande avanço no estudo das ciências físicas que produziram resultados bastante interessantes. O seu princípio é hoje utilizado nas ciências naturais, farmácia e no nosso cotidiano, especialmente quando tomamos banhos de imersão.

Podemos enunciar este princípio em duas partes:

1 - *Todo o corpo submerso em qualquer líquido desloca desse líquido uma quantidade determinada, cujo volume é exatamente igual ao volume do corpo submerso.*

2 - *O corpo submerso no líquido “perde” de seu peso uma quantidade igual ao peso do volume de líquido igual ao volume submerso do corpo.*

Dessa forma, conclui-se que:





- 
- P > Q Flutuabilidade negativa
  - P < Q Flutuabilidade positiva
  - P = Q Flutuabilidade neutra
  - P = peso
  - Q = quantidade de água deslocada

## CAPITULO 3

# Fisiologia e Medicina do Mergulho



## CAPÍTULO 3 - FISIOLOGIA E MEDICINA DO MERGULHO

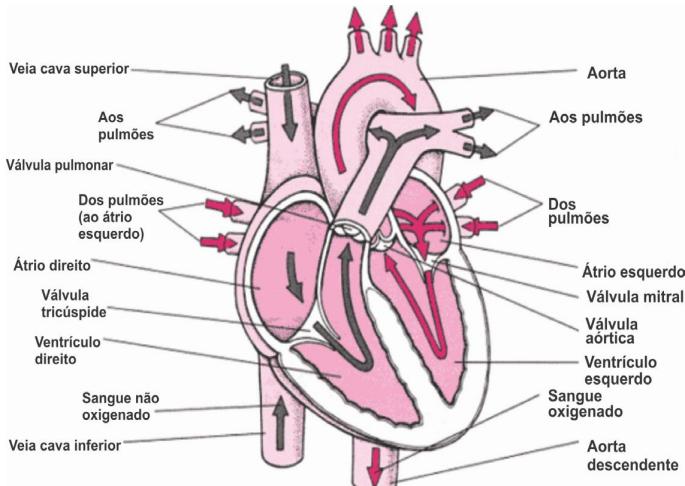
### 3.1 O APARELHO CIRCULATÓRIO

O aparelho circulatório é o sistema de transporte interno do organismo, tendo como objetivo levar elementos nutritivos e oxigênio a todos os tecidos do organismo. O aparelho circulatório compreende: coração, vasos sanguíneos, vasos linfáticos, sangue, linfa, líquido cefalorraquidiano e líquido intercelular. Ainda através do processo circulatório, o sangue retira das células o gás carbônico resultante da queima do oxigênio e o conduz aos pulmões onde é eliminado.

Seu funcionamento assemelha-se a um circuito fechado, formado pelo coração, capilares, artérias e veias.

#### 3.1.1 O coração

O coração é um órgão oco que se contrai ritmicamente, impulsionando sangue para todo o corpo. Situado dentro do tórax, num espaço chamado de mediastino que fica entre os dois pulmões (limites laterais), por cima do diafragma (limite inferior), na frente da coluna vertebral, em sua porção torácica, e por trás do osso esterno. O coração é formado por três camadas que são de fora para dentro, pericárdio, miocárdio e endocárdio.



#### 3.1.2 Os vasos sanguíneos

Os vasos sanguíneos são condutos de vários diâmetros que conduzem o sangue por todo nosso corpo. São divididos em artérias, veias e capilares. Resumidamente, as artérias são os vasos por onde o sangue sai do coração para os tecidos e as veias por onde ele volta para o coração.



As artérias e veias ramificam-se à semelhança dos galhos de uma árvore. Os troncos mais próximos ao coração possuem aproximadamente o diâmetro de um dedo polegar. À medida que se ramificam em direção aos tecidos, as artérias e veias menores podem ser tão pequenas que só podem ser vistas ao microscópio.

- *Artérias*: vasos que levam o sangue do coração para todos os órgãos;
- *Veias*: vasos que trazem o sangue de todos os órgãos para o coração;
- *Capilares*: vasos sanguíneos muito finos ramificados das artérias e veias.

### 3.1.3 O sangue

O sangue humano é mais denso e viscoso do que a água; sua coloração é vermelha opaca e sua quantidade varia de acordo com a idade, sexo, peso e a constituição do corpo entre outros fatores, mas a média aproximada é de 5 litros para os adultos.

#### Composição:

Enquanto que nos animais mais simples o sangue é formado basicamente por água e sais minerais, no homem esse tecido apresenta dois componentes fundamentais: o plasma (composto principalmente de água) e os elementos figurados (hemácias, leucócitos e plaquetas).

O plasma, em essência, é uma solução aquosa com aproximadamente 91 a 92% de água e diversos outros nutrientes (glicose, gordura, aminoácidos, hormônios etc). Dentre os elementos figurados, os glóbulos vermelhos ou hemácias, são pequeninas células em forma de discos e, são também, as responsáveis principais pelo transporte do oxigênio e do gás carbônico. Sua coloração vermelha deve-se a uma substância chamada hemoglobina.

A figura a seguir demonstra claramente o caminho percorrido pelo sangue no sistema circulatório:

### 3.1.4 Alterações Circulatórias

São respostas cardiovasculares durante a imersão. No que diz respeito às respostas cardiocirculatórias à imersão, temos duas situações diferentes a considerar:

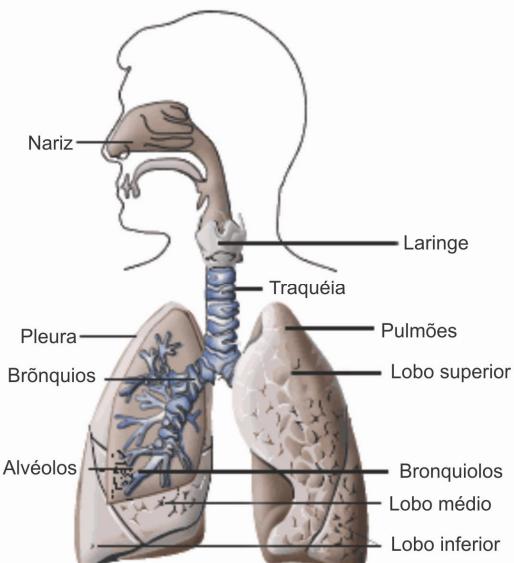
1- Como vários autores já demonstraram, imediatamente após a imersão, como consequência da ação da pressão hidrostática, 700 ml de sangue

são deslocados dos membros inferiores para região do tórax, causando um aumento no retorno venolinfático, e ocasionando um aumento de 60,0 % do volume central. A pressão intratorácica aumenta de 0,4 mmHg para 3,4 mmHg e a pressão no átrio direito aumenta de 14,0 mmHg para 18,0 mmHg. A pressão venosa central aumenta de 2,0 a 4,0 mmHg para 3,0 a 16,0mmHg, sendo que a pressão arterial pulmonar aumenta de 5,0 mmHg no solo para 22,0 mmHg em imersão. O débito cardíaco (volume sanguíneo  $\times$  a frequência cardíaca) aumenta de 30,0 a 32,0% associados a uma diminuição de aproximadamente 10 batimentos por minuto ou de 4,0 a 5,0 % da frequência cardíaca em bipedestação no solo (DENISON et al., 1972; HALL et al., 1990; GREENLEAF, 1984, BOOKSPAN, 2000; BECKER & COLE, 1997).

**2-** Parte das alterações cardiocirculatórias decorrentes da imersão são atribuídas ao reflexo de mergulho, que inclui bradicardia, vasoconstrição periférica e desvio de sangue para órgãos vitais. O reflexo de mergulho ocorre em situações significativamente diferentes como, molhar a face, imergir o corpo com a cabeça fora da água e imersão total com apneia. Nos homens é consequência da interação e competição de vários fatores mecânicos e neurais (RUOTTI et al., 1997).

### 3.2 O APARELHO RESPIRATÓRIO

Denomina-se aparelho ou sistema respiratório o conjunto de órgãos que têm como função principal captar oxigênio e eliminar o gás carbônico (dióxido de carbono). O sistema envolve o funcionamento de narinas (nariz), traqueia, laringe, pulmões e diafragma. São formados pelas vias respiratórias, que conduzem o ar aos pulmões e o trazem de volta ao meio ambiente e pelos pulmões, órgãos essenciais para as trocas gasosas.





As trocas gasosas ( $O_2$  do ar com o  $CO_2$  do sangue) efetuam-se nos pulmões. O sangue, oxigenado nos pulmões no nível dos vasos capilares, efetua trocas gasosas com os tecidos e, por conseguinte, com as células. As trocas gasosas que se verificam nos pulmões constituem o que se denomina respiração externa; as que se processam na intimidade dos tecidos constituem a chamada respiração interna.

Esta respiração é o processo fisiológico pelo qual os organismos vivos inalam oxigênio do meio circundante e soltam dióxido de carbono. O termo respiração é utilizado também para nomear o processo pelo qual as células liberam energia, procedente da combustão de moléculas como os carboidratos e as gorduras.

O dióxido de carbono e a água são os produtos que resultam deste processo, chamado respiração celular, para distingui-lo do processo fisiológico global da respiração.

### 3.2.1 Dinâmica da Ventilação Pulmonar

A inspiração é um movimento ativo que se faz pela ação direta dos músculos inspiratórios, dilatando a caixa torácica. O diafragma, principal músculo da respiração, age intervindo diretamente, cerca de 75% no movimento respiratório. O restante é realizado com o auxílio de outros grupos musculares acessórios, tais como, o escaleno, os abdominais, o esternocleidomastóideo etc.

A dilatação da caixa torácica leva ao aumento da pressão negativa intrapleural e intrapulmonar. Segundo a lei de Boyle, o ar é admitido nos pulmões através da inspiração. Ao cessar o estímulo inspiratório o diafragma se relaxa, retraindo elasticamente os pulmões. Esse fenômeno produz uma redução da pressão negativa intrapleural, desencadeando a expiração, sendo essa, portanto, um movimento passivo.

### 3.2.2 Terminologia e definições do aparelho respiratório

Com o propósito de discutir o processo respiratório e certos aspectos da dinâmica desse importante movimento para o mergulho, daremos a seguir as definições para alguns termos.

**Resistências:** São constituídas pela resistência elástica dos pulmões, a resistência mecânica provocada pelo atrito dos tecidos e a resistência canalicular ao fluxo aéreo. O aumento da pressão negativa transpulmonar da inspiração precisa vencer a resistência elástica e a resistência mecânica. Em condições normais a pressão intra é subatmosférica, pouco menor do que 760mmHg, em redor de 4 a 5cm de água menor do que a pressão atmosférica.



**Resistência Canalicular:** É a resistência oferecida pelas vias aéreas ao fluxo de ar, dependendo da velocidade da ventilação. Conforme a natureza da corrente, laminar ou turbulenta, as pressões são sujeitas a diferentes variáveis: na primeira, a resistência é função do fluxo volumétrico e da viscosidade do gás, na segunda, ao quadrado do fluxo volumétrico e à densidade do referido gás.

**Complacência ou Adaptabilidade:** É a alteração voluntária em litros, que o pulmão sofre na inspiração, causada pela variação de um centímetro de água de pressão transpulmonar. Seu valor normal varia de 0,10 a 0,30 L / cm água / resistência elástica. Quanto maior a resistência elástica, menor será a complacência. Quando a adaptabilidade diminui, os tecidos estão mais rígidos, menos distensíveis, como ocorre em diversas patologias pulmonares como fibroses, obstruções aéreas, edemas e doenças granulomatosas pulmonares. O aumento da adaptabilidade pode ocorrer nos enfisematosos.

**Difusão:** É a fase da respiração que abrange a passagem dos gases do sangue para os alvéolos e vice-versa. Essas trocas ocorrem devido às diferenças de pressão parcial desses gases no ar alveolar, do sangue arterial e sangue venoso, criando-se um verdadeiro gradiente, responsável pela movimentação constante desses gases.

**Ciclo respiratório:** Envolve uma inspiração, uma expiração e a pausa entre esses dois movimentos.

**Frequência respiratória:** Número de ciclos respiratórios por minuto. Em repouso um adulto normal tem uma frequência de 10 a 20 ciclos por minuto.

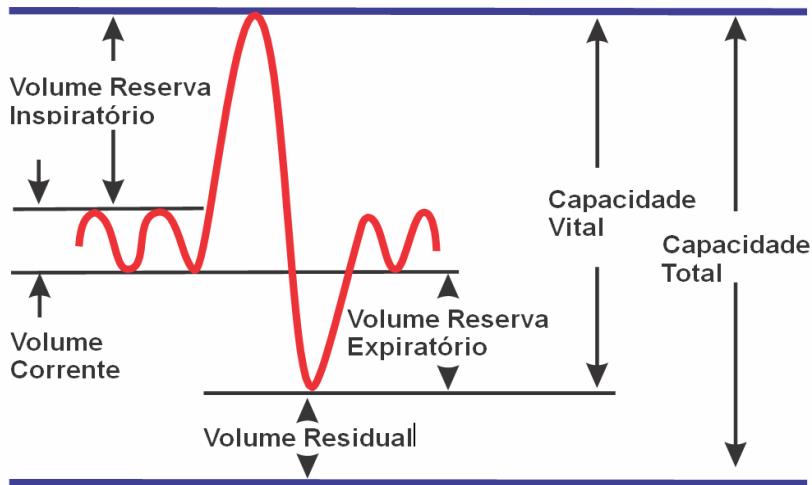
**Capacidade total – CT:** É o maior volume de ar que o pulmão pode conter, quando completamente cheio (5 a 6 litros para um adulto).

**Capacidade vital – CV:** É o maior volume de ar que um homem pode expelir de seus pulmões após uma inspiração forçada (4 a 5 litros);

**Volume corrente – VC:** É a quantidade de ar movimentada para dentro e para fora dos pulmões durante um ciclo respiratório normal. Esse volume não pode, naturalmente, exceder a capacidade vital.



**Volume residual - VR:** É a quantidade de ar deixada nos pulmões, depois de uma expiração forçada. Seu volume está entre 1 a 1,5 litros. Note que a soma da capacidade vital com o volume residual é igual à capacidade total dos pulmões.



$$CV + VR = CT$$

**Volume minuto respiratório - VMR:** É a quantidade total de ar movimentada para dentro e para fora dos pulmões em um minuto. Multiplicando-se o volume corrente pela frequência respiratória, encontra-se o volume minuto, que varia muito com a atividade do organismo, sendo cerca de 6 litros em repouso, mas podendo atingir 100 litros durante um trabalho muito pesado;

**Espaço morto respiratório:** É parte do aparelho respiratório, onde pouca ou nenhuma troca gasosa se verifica. Esse espaço morto pode aumentar pelo acréscimo de peças do equipamento, como a máscara facial, por exemplo, (em média 300cc de ar).

### 3.2.3 Controle da respiração

A respiração é controlada por elementos sensíveis que fazem parte do sistema nervoso e por outros mecanismos. Esses elementos sensíveis chamados de quimiorreceptores se localizam nas principais artérias. Os mais importantes são os corpúsculos carotídeos (localizados no pescoço) e os corpúsculos aórticos (perto do coração). Basicamente, esses elementos são sensíveis à baixa tensão de oxigênio no sangue, e quando ela atinge níveis



críticos, os quimiorreceptores enviam impulsos aos centros, que aceleram a respiração.

O centro respiratório, localizado no bulbo (porção posterior inferior da cabeça), encarregado de manter o ritmo respiratório, sofre a ação do CO<sub>2</sub>, através de outros receptores (osmóticos). Eles reagem às variações provocadas pelo aumento ou redução do índice de CO<sub>2</sub> no sangue. Quando esse índice está muito alto, o centro respiratório é estimulado aumentando a frequência da respiração, até que o nível normal seja reestabelecido.

Fatores como o esforço físico, influencia a respiração de uma forma ainda não completamente esclarecida pelos mecanismos citados. Outros mecanismos pouco conhecidos ajudam a regular a respiração, contudo ainda não foram suficientemente estudados.

### **3.2.4 Alterações respiratórias**

Durante o mergulho ocorrem importantes alterações da função respiratória. Passamos a estudá-las:

#### **3.2.4.1 Aumento do espaço morto**

O espaço morto anatômico aumenta pelo acréscimo de peças do equipamento, como a máscara facial, que introduz um aumento de até 250cc, pela distensão dos alvéolos pulmonares e bronquíolos e pelas condições hiperbáricas. Por outro lado, há um colapso da circulação pulmonar provocado pela redução relativa da pressão na artéria pulmonar diante de uma pressão pulmonar aumentada. Surgirão assim, novas áreas alveolares ventiladas e não perfundidas, aumentando o espaço morto fisiológico.

#### **3.2.4.2 Aumento da resistência respiratória**

O aumento da pressão pulmonar e da pressão ambiente leva a uma redução da complacência pulmonar. Por outro lado, a pressão hidrostática a ser vencida é relativamente maior. O movimento do ar passa a ser turbilhonar e a resistência oferecida é proporcional à densidade da mistura, aumentada pelas condições hiperbáricas. O aumento da resistência respiratória leva a um aumento consequente do trabalho respiratório.

#### **3.2.4.3 Redução da ventilação alveolar:**

Essa redução se dá pelo aumento do espaço morto, já citado e por uma redução do volume minuto, consequente por sua vez a uma redução da frequência respiratória e do volume corrente pulmonar. Importante também o colabamento dos bronquíolos menos calibrosos que vai intensificando a

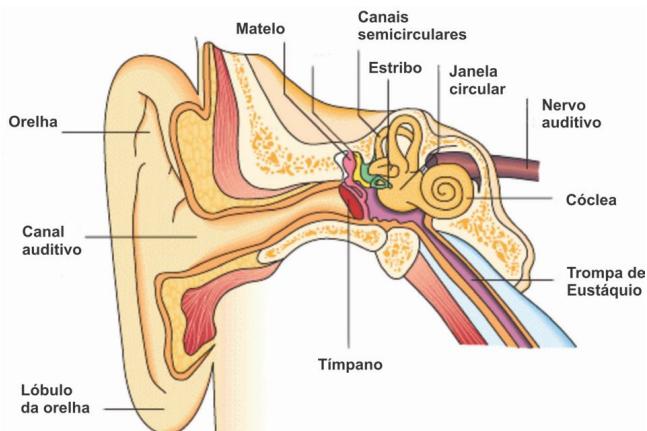
medida que aumenta a profundidade. Além de certo limite, a redução de ventilação é tão considerável que a respiração não satisfaz às necessidades de oxigenação e eliminação do gás carbônico, impedindo o prosseguimento do mergulho.

### 3.2.4.4 Elevação do teor de gás carbônico:

Pelo aumento do espaço morto e do trabalho respiratório, com uma produção maior de gás carbônico, o teor deste gás vai se elevando no sangue e nos tecidos, provocando por sua vez uma vasoconstrição pulmonar.

## 3.3 O OUVIDO

O ouvido, órgão responsável pela audição e pela manutenção do equilíbrio, é composto por diferentes estruturas sensoriais, que identificam os sons e emitem impulsos, os quais alcançam os centros cerebrais receptores através do nervo auditivo.



No homem, o ouvido divide-se em três partes: ouvido externo, médio e interno.

### 3.3.1 O Ouvido externo

O ouvido externo consiste na orelha e um canal auditivo, delimitado internamente por uma membrana fibrocartilaginosa chamada de membrana timpânica. A orelha serve para proteger o ouvido médio, prevenir danos à membrana timpânica e canalizar as ondas que alcançam o ouvido para o canal auditivo. Apresenta pêlos e glândulas ceruminosas que protegem o acesso ao ouvido médio.



### 3.3.2 O Ouvido médio

Várias cavidades ligadas entre si, constituem a denominada caixa do tímpano e, o conjunto, forma o ouvido médio. Este se encontra limitado exteriormente pelo tímpano que transmite as vibrações sonoras aos ossos do ouvido, entre eles: o martelo, a bigorna e o estribo. Essa estrutura é fundamental para que as ondas sonoras, que se propagam no meio aéreo, possam passar ao meio líquido do ouvido interno.

### 3.3.3 O Ouvido interno

Consiste de uma cóclea, canais semicirculares, e do nervo auditivo. A cóclea e os canais semicirculares são cheios de um líquido. O líquido e as células nervosas dos canais semi-circulares não têm função na audição; eles simplesmente servem como acelerômetros para detectar movimentos acelerados e na manutenção do equilíbrio do corpo. A cóclea é um órgão em forma de um caramujo que pode esticar até 3 cm.

### 3.3.4 Tuba Auditiva ou Trompa de Eustáquio

Outra estrutura importante no ouvido é a chamada Tuba Auditiva ou Trompa de Eustáquio. A pressão do ar sobre ambos os lados do tímpano deve ser equivalente à atmosférica. Esse equilíbrio é alcançado pela Tuba, que é um canal que comunica o ouvido médio à garganta. A pressão exterior exercida na membrana timpânica tem de ser equilibrada pelo aumento da pressão do ar proveniente da garganta, através da Trompa de Eustáquio, na altura do ouvido médio, por meio de manobras, que possibilitam este equilíbrio. Dentre essas manobras, podemos citar:

#### 3.3.4.1 Manobra de Compensação “Técnica simples”

As mais simples técnicas são aquelas de bocejar, engolir em seco, mover a mandíbula e balançar a cabeça. Embora muito eficientes para um mergulhador com trompas de Eustáquio livres e desimpedidas e sem problemas de equalização, são ineficazes para aquele que tenha mesmo uma obstrução leve. Assim, devem ser utilizadas em combinação com alguma das outras técnicas.

#### 3.3.4.2 Manobra de Frenzel

Consiste em fechar as cordas vocais por meio do pinçamento das narinas e fazer um som de “k” ou “guh” para comprimir ar no fundo da garganta. Pode ser feita em qualquer ponto do ciclo respiratório, não inibe o retorno do sangue venoso ao coração. É rápida e pode ser repetida várias vezes em intervalos curtos.



### 3.3.4.3 Manobra de Valsalva

Com as narinas pinçadas, aumente a pressão soprando contra as narinas e mantendo os músculos da bochecha contraídos, sem inflá-las. Algum cuidado é requerido, pois esforço demais e prolongado pode fazer com que os tecidos à volta das trompas inchem, dificultando a equalização, bem como pode causar diminuição no retorno do sangue venoso ao coração, baixando a pressão sanguínea.

### 3.3.4.4 Manobra de Toynbee

Com as narinas pinçadas, engula em seco, fazendo com que as trompas se abram. Não recomendada para descidas rápidas.

### 3.3.4.5 Manobra BTV (Beance Tubaire Volontaire)

É uma técnica difícil de ser ensinada e difícil de ser treinada, consistindo em contrair os músculos do palato ao mesmo tempo em que os músculos superiores da garganta abrem os tubos de Eustáquio.

### 3.3.4.6 Manobra de Roydhouse

Similar à BTV, com a diferença de que não se contraem os músculos do palato. Também apresenta elevado grau de dificuldade na sua aprendizagem e utilização.

### 3.3.4.7 Técnica de Edmonds

Essa técnica combina a manobra de Valsalva ou a manobra de Frenzel com movimentação da mandíbula e inclinação de cabeça para os lados.

### 3.3.4.8 Técnica de Lowry

Combinação de pressurização (Valsalva ou Frenzel) com engolir em seco. Prática e coordenação são requeridas para pinçar as narinas, aumentar a pressão (soprar) e engolir, mas é uma técnica muito efetiva.

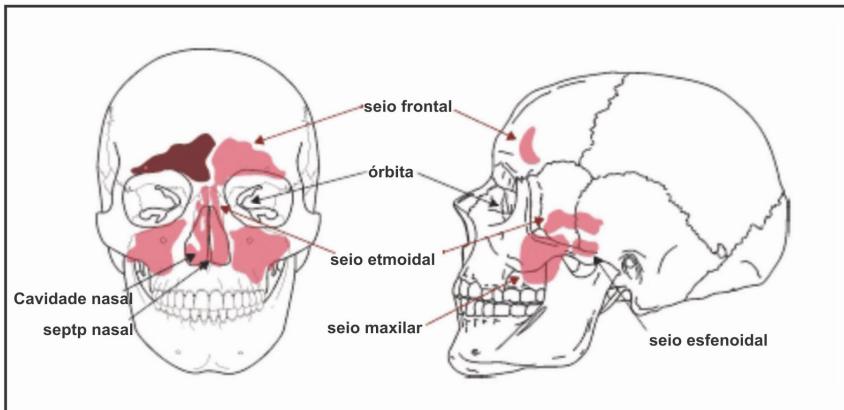
### 3.3.4.9 Manobra "twitch"

Usando a Valsalva ou a Frenzel, entortar bruscamente a cabeça para os lados

## 3.4 CAVIDADES NASAIS E SEIOS DA FACE

As cavidades nasais e os seios da face são espaços ocos localizados no crânio, parte anterior da face. As cavidades nasais são duplas e simétricas, separadas pelo septo nasal e os seios da face são em número de oito, quatro de cada lado:

Tem-se então:



- etmoidais direito e esquerdo;
- maxilares direito e esquerdo;
- esfenoidais direito e esquerdo;
- frontais direito e esquerdo.

Os seios da face são cavidades aeradas no interior dos ossos que se localizam ao lado do nariz ou nas maçãs do rosto. Entre suas funções destacam-se a fonotória, a de armazenamento de ar e a influência na evolução do tamanho do crânio. Os seios faciais são forrados por uma mucosa semelhante à nasal, estão cheios de ar e comunicam-se com as cavidades nasais através de estreitos orifícios chamados de óstios sinusais. Já as fossas nasais se comunicam com a nasofaringe através de dois orifícios (um para cada fossa) denominados coanas.

### **3.5 EFEITOS DA PRESSÃO EM AMBIENTES SUBAQUÁTICOS**

O ser humano vive, por assim dizer, no fundo de um mar gasoso e na superfície de um mar líquido, a uma pressão atmosférica de  $1,033 \text{ Kg/cm}^2$  de acordo com as Condições Normais de Temperatura e Pressão - CNTP e a cada 10 metros de profundidade no meio líquido, acrescenta-se outra pressão atmosférica às preexistentes.

O homem possui 5 sentidos: Visão, Olfato, Paladar, Tato e Audição, e ao se aventurar nas incursões subaquáticas, enfrentará condições adversas, para as quais, sua fisiologia não está preparada e será restringido a somente dois destes sentidos, com certa deficiência. Entretanto, sua inteligência o possibilita superá-las pelo uso de equipamentos por ele construídos. Alguns destes o mantém, mesmo nas profundidades oceânicas, outros preparam-no para adaptar-se a reagir favoravelmente a grandes aumentos de pressão. Mesmo assim o ser humano não fica imune aos problemas que a pressão pode causar.



Os efeitos da pressão no ser humano podem ser diretos ou indiretos. Os efeitos diretos são aqueles resultantes da ação mecânica da pressão sobre as células e espaços corporais. Suas consequências são o Barotrauma e a Embolia Traumática Pelo Ar.

Os efeitos indiretos ou secundários são assim chamados, devido às alterações fisiológicas produzidas em decorrência das pressões parciais dos gases absorvidos pelo organismo, que são os Bioquímicos e os Biofísicos.

- *Bioquímicos*: Narcose, Intoxicação pelo Oxigênio, Intoxicação pelo Gás Carbônico, Intoxicação por outros gases e o Apagamento;

- *Biofísicos*: Doença Descompressiva. Podemos resumir na sequência abaixo:

EFEITOS DA PRESSÃO NO ORGANISMO HUMANO	
DIRETOS	INDIRETOS
BAROTRAUMAS	BIOQUÍMICOS
- Barotrauma de ouvido médio	- Narcose pelo nitrogênio
- Barotrauma de ouvido externo	- Intoxicação pelo oxigênio
- Barotrauma dos seios da face	- Intoxicação pelo gás carbônico
- Barotrauma dos pulmões	- Intoxicação por outros gases
- Barotrauma de facial ou de máscara	- Apagamento
- Barotrauma de roupa	
- Barotrauma dental	
- Barotrauma total	BIOFÍSICOS
- Bloqueio reverso	
EMBOLIA TRAUMÁTICA PELO AR	- Doença descompressiva

### 3.5.1 Efeitos diretos

#### 3.5.1.1 Barotraumas

Barotraumas são lesões causadas pela pressão, devido à incapacidade do mergulhador de equilibrar as pressões entre um espaço aéreo e a pressão do meio ambiente. No mergulho autônomo são denominados em função do modo como ocorrem. Assim, são eles:

- a) Barotrauma do ouvido médio;
- b) Barotrauma do ouvido externo;
- c) Barotrauma dos seios faciais;
- d) Barotrauma dos pulmões;
- e) Barotrauma total;
- f) Barotrauma facial ou de máscara;



- g) Barotrauma da roupa;
- h) Barotrauma dental;
- i) Bloqueio reverso.

### 3.5.1.1.1 Barotrauma do ouvido médio

#### **Causa:**

Barotrauma do Ouvido Médio é a incapacidade do mergulhador de compensar e equilibrar a pressão externa com a interna. Ocorre sempre na fase de descida do mergulhador e pode ocorrer no ouvido médio que está separado do ouvido externo pelo tímpano. À medida que aumenta a pressão exterior durante a descida, a membrana do tímpano sofre o efeito direto desse aumento, abaulando-se para dentro, podendo inclusive romper-se, caso algum tipo de infecção ou obstrução da Trompa de Eustáquio impeça o ar de chegar a esta área. Neste caso a água fria atinge os canais semicirculares causando irritação, náuseas, vômitos e desorientação espacial. Esse episódio tem curta duração e termina quando a temperatura da água, no interior do ouvido, se iguala ao do corpo. Em alguns casos causa pânico, provocando a morte por afogamento.

A qualquer sinal de dor o mergulho deve ser interrompido e nunca deve-se mergulhar quando estiver resfriado ou com problemas das vias aéreas superiores.

#### **Sintomas:**

Dor no ouvido durante a descida, que normalmente cessa se o mergulho é interrompido e a pressão aliviada. Nos casos graves, quando há o rompimento da membrana timpânica, pode ocorrer hemorragias, náuseas, vômitos e tonteiras.

#### **Tratamento:**

Parar de mergulhar; curativos secos; analgésicos, se necessário; encaminhar a vítima a um médico logo que possível; e cirurgia nos casos graves.

#### **Profilaxia:**

Não mergulhar resfriado ou sem ter sido aprovado em exame de saúde específico para a atividade. Não esperar sinais de dor para tentar equilibrar as pressões, o que é conseguido através de manobras especiais para equalização de pressões.

Em hipótese alguma, tentar prosseguir descendo sem equalizar as



pressões. Caso haja extrema necessidade de realizar o mergulho, usar um descongestionante.

### ***Tímpano rompido:***

A ruptura da membrana timpânica requer tratamento médico especializado. Na grande maioria dos casos, o médico toma cuidados gerais para evitar uma infecção e assegurar a permeabilidade das trompas, e apenas observa a cicatrização espontânea que se dá, normalmente, dentro de uma a três semanas. Caso contrário torna-se necessária a intervenção cirúrgica chamada de timpanoplastia. Esse acidente pode não deixar sequelas, mas pode também causar diminuição da audição para determinadas frequências, devido à cicatriz que se forma no tímpano.

A seguir são apresentadas três gravuras. As duas primeiras indicam a sequência do barotrauma de ouvido médio e a última mostra a manobra de "Valsalva"



#### **3.5.1.1.2 Barotrauma de ouvido externo**

##### ***Causa:***

Barotrauma do Ouvido Externo pode ser causado pelo uso de tampões nos ouvidos, excesso de cerúmen ou o uso de toca de neoprene muito justa. Nesse caso a membrana timpânica abaúla-se para fora, surgindo edemas e lesões hemorrágicas no conduto auditivo. Esse acidente tanto pode ocorrer na descida do mergulhador, como também na subida.

##### ***Sintomas:***



Dor no ouvido durante a descida, que normalmente cessa se o mergulho é interrompido e a pressão aliviada. Nos casos graves, quando há o rompimento da membrana timpânica, pode ocorrer hemorragias, náuseas, vômitos e tonteiras.

**Tratamento:**

Parar de mergulhar; curativos secos; analgésicos, se necessário; encaminhar a vítima a um médico logo que possível; e cirurgia nos casos graves.

**Profilaxia:**

Não utilizar tampões ou capuz apertado e manter limpos os condutos auditivos. Não é recomendado a utilização constante de cotonetes ou outro artefato de limpeza, pois podem causar irritações e infecções no ouvido.

### 3.5.1.1.3 Barotrauma dos seios da face

**Causa:**

O Barotrauma Sinusal ou dos Seios da Face, se dá pela obstrução da comunicação destes com a faringe pelos óstios sinusais, causando edema e congestão da mucosa sinusal. A dor, sensação de peso nas regiões e sangramento são os sintomas para interromper o mergulho imediatamente.

Como os seios faciais se comunicam com a faringe por estreitas passagens, a obstrução de um desses circuitos por um processo inflamatório qualquer ou má formação anatômica, impede o equilíbrio das pressões, criando uma região de baixa pressão no interior das cavidades oca, produzindo uma sucção nas mucosas que as revestem.

**Sintomas:**

Dor de intensidade crescente na face durante a descida, com alívio imediato se o mergulho é interrompido. Saída de secreção nasal com sangue. Áreas sinusais dolorosas ao toque.

**Tratamento:**

Não voltar a mergulhar até que o problema esteja resolvido. Utilização de medicamentos descongestionantes e analgésicos, sob orientação médica.

**Profilaxia:**

Evite mergulhar com infecção das vias aéreas. Inspeção médica, pois a repetição desse acidente pode transformar-se em sinusite crônica.



### 3.5.1.1.4 Barotrauma pulmonar ou torácico

#### **Causa:**

O Barotrauma Pulmonar ou Torácico é causado pela interrupção do suprimento de ar. O fato de prender a respiração durante a descida, faz com que a pressão externa seja maior que a dos pulmões. Conforme a Lei de Boyle, a pressão e o volume são valores inversamente proporcionais, isto é, quando um aumenta o outro diminui. Dessa forma, à medida que o mergulhador vai descendo, a pressão aumenta consideravelmente e, por consequência, os pulmões vão-se comprimindo, reduzindo seu volume. A partir de um determinado ponto (quando se atinge o limite do volume residual), a flexibilidade da caixa torácica impede, aos pulmões, de continuarem reduzindo seu volume e se o mergulhador prosseguir, haverá uma congestão e passagem de transudato (líquido que extravasa de uma membrana ou vaso sanguíneo) para o interior dos alvéolos e finalmente causando um edema agudo de pulmão.

Manifesta-se com uma sensação de opressão e dor torácica de intensidade crescente durante a descida. Mesmo que uma forma leve deste Barotrauma, o mergulhador deve encerrar as atividades por um período de 24 hs.

#### **Sintomas:**

Sensação de opressão ou dor no tórax durante a descida. Falta de ar ou tosse no retorno à superfície. Secreção muco sanguinolenta. Acidente mais comum na prática do mergulho livre.

#### **Tratamento:**

Trazer o mergulhador à superfície, interrompendo a atividade. Adotar uma posição que facilite a saída de secreções. Ministrar oxigênio. Aplicar respiração artificial, se necessário.

#### **Profilaxia:**

Conhecer a mecânica que o desencadeia e estar atento para seu limite individual no mergulho livre.

### 3.5.1.1.5 Barotrauma de máscara

#### **Causa:**

O Barotrauma Facial ou de Máscara é a falta de capacidade do



mergulhador em equilibrar a pressão na máscara transformando-a em uma verdadeira ventosa, que sugará os tecidos moles da face e olhos podendo causar lesões graves. Se a pressão não for equilibrada o mergulhador deverá subir imediatamente, pois se tentar retirar a máscara ou inundá-la, a força sugadora criada pelo vácuo dentro da máscara, puxará os olhos para fora do globo ocular.

**Sintomas:**

O mergulhador acusa a sensação de succção durante o mergulho. Na superfície geralmente são constatados edemas, equimoses faciais, sangramento pelo nariz, hemorragia do globo ocular (casos graves) e nas conjuntivas.

**Tratamento:**

Compressas geladas, sedativos e analgésicos. Se houver sangramento nos olhos, procurar um médico especialista.

**Profilaxia:**

Adicionar ar na máscara através do nariz, equalizar sempre.

### 3.5.1.1.6 Barotrauma de roupa

**Causa:**

O Barotrauma Cutâneo ou de Roupa é causado por roupas mal ajustadas ou em tamanho inadequado. Poderão ser formados espaços aéreos entre a roupa e a pele que funcionarão como câmara de ar isolada que não serão equilibradas na descida. Quando retornam a superfície, o mergulhador notará manchas equimóticas nas áreas comprometidas, geralmente não necessitam de tratamento.

**Sintomas:**

Equimoses localizadas.

**Tratamento:**

Encaminhar a vítima ao profissional competente.

**Profilaxia:**

Escolher a roupa no tamanho ideal e ajustar a roupa de forma correta.

### 3.5.1.1.7 Barotrauma dental

**Causa:**

O Barotrauma Dental ocorre quando, na descida do mergulhador, uma forte odontalgia, obriga a subir precipitadamente, com graves consequências, acredita-se que bolhas no interior da polpa dentária ou em tecidos moles adjacentes e sem comunicação com o ambiente apresentam uma pressão negativa causando a dor, tais como obturações mal feitas, sem o devido preenchimento total do canal. O problema só será resolvido após consulta a um especialista.

**Sintomas:**

Dor forte (odontalgia) no dente problemático.

**Tratamento:**

Parar de mergulhar e realizar tratamento dentário (obturação do dente cariado).

**Profilaxia:**

Manter os dentes sempre em ótimo estado de higienização, evitando cáries; visitar um odontólogo periodicamente.

### 3.5.1.1.8 Barotrauma total

Só ocorre quando são utilizados equipamentos dependentes, rígidos e que formam espaços preenchidos com ar. Se a pressão no interior da roupa cair bruscamente (aumento brusco da profundidade ou interrupção no fornecimento de ar) a pressão exterior aumentada atua no corpo do mergulhador, podendo em casos extremos, comprimi-lo em direção aos espaços internos do equipamento.

### 3.5.1.1.9 Bloqueio reverso

Embora não conste da tabela anteriormente apresentada, o bloqueio reverso é também considerado um tipo de barotrauma de ouvido médio. Ocorre na subida do mergulhador e é provocado pelo uso de descongestionantes, cujo efeito venha a terminar, gradativamente, durante o mergulho. Nesse caso a redução da pressão que ocorre à medida da subida do mergulhador não pode ser equalizada devido à obstruções do conduto auditivo, por secreções, provocando o abaulamento do tímpano para fora.

**Sintomas:**

Dor no ouvido durante a subida. Nos casos graves, quando há o rompimento da membrana timpânica pode ocorrer hemorragias, náuseas,



vômitos e tonteiras.

### **Tratamento:**

Se isso acontecer, desça alguns metros e retorne a subida lentamente fazendo movimentos laterais com o pescoço.

### **Profilaxia:**

Descarte o uso de descongestionantes antes do mergulho.

## **3.5.1.1.10 Embolia Traumática Pelo Ar (E.T.A.)**

### **Causa:**

Ocorre quando o mergulhador tendo inspirado ar de um equipamento qualquer no fundo, volta à superfície sem exalar. Pela lei de Boyle, à medida que a pressão externa diminui, o volume do ar no interior dos pulmões aumenta e, como os pulmões têm uma elasticidade limitada, acabarão por romper-se. Bolhas de ar penetrarão na corrente sanguínea, interrompendo a irrigação de pontos importantes do organismo.

Assim como todos os tipos de barotraumas, a ETA pode ocorrer com uma variação pequena de pressão (baixas profundidades), principalmente se estivermos próximos da superfície, havendo registros desse tipo de acidente com variações de menos de 3 metros. É de evolução rápida e deve ser atendido prontamente.

### **Sintomas:**

- *Forma Leve*: tonteira e mal-estar após a subida;

- *Forma Moderada*: tonteira, desorientação, mal-estar; náuseas, vômito; tosse, dispneia e dor torácica; distúrbios neurológicos discretos, tais como parestesias (formigamento) e paresias (paralisia incompleta, parcial).

- *Forma Grave*: dispneia acentuada; Cianose; quadro neurológico grave com estrabismo, paralisia, convulsão e midríase (dilatação da pupila); espuma sanguinolenta pela boca; parada cardiorrespiratória e MORTE.

### **Tratamento:**

É feito por meio de recompressão da vítima, de modo a fazer com que as bolhas de ar reduzam seus volumes, desobstruindo os vasos onde estejam localizadas. Isso é conseguido pelo cumprimento de tabelas especiais de tratamento hiperbárico em câmaras de recompressão.

Durante o transporte, manter a vítima deitada parcialmente em decúbito lateral esquerdo, tendo a cabeça em posição mais baixa, para dificultar



o acesso de bolhas de ar no cérebro e no coração. Aplicar oxigênio puro sempre que possível. Poderão ser utilizados estimulantes cardiorrespiratórios e evitar o estado de choque.

### **Profilaxia:**

Não exceder a velocidade de subida de 1 pé por segundo. Selecionar os candidatos visando evitar indivíduos emocionalmente instáveis ou com histórico de comprometimento pulmonar que venha a facilitar o acidente. Durante a formação dos mergulhadores, devem ser programados exercícios para enfatizar a necessidade de liberar o ar na subida, manter a calma e frieza durante a atividade, a fim de eliminar candidatos com tendência ao pânico diante de situações difíceis.

**IMPORTANTE:** Se um mergulhador chega à superfície inconsciente ou perde a consciência logo em seguida, parte-se do princípio de que se trata de ETA e todas as providências devem ser tomadas com urgência.

## **3.5.2 Efeitos indiretos**

### **3.5.2.1 Bioquímicos**

#### **3.5.2.1.1 Narcose pelo nitrogênio**

Durante o mergulho, a pressão total do gás respirado aumenta em proporção direta com a profundidade do mergulho. Da mesma forma, a pressão parcial de cada gás na mistura respiratória aumenta e, aos 10m, a pressão parcial do nitrogênio (e dos demais gases) corresponde a duas vezes o valor do nível do mar. Com cada 10m adicionais, a pressão parcial do nitrogênio aumenta cerca de 600 mmHg - a uma profundidade de 60m, a Pressão do N<sub>2</sub> inspirado é de aproximadamente 4.200 mmHg. Portanto para cada profundidade sucessiva existe um gradiente para o fluxo de nitrogênio através da membrana alveolar para dentro do sangue e, finalmente, para dentro dos líquidos teciduais para instalar-se um equilíbrio. Por exemplo, aos 20m todos os tecidos acabarão contendo cerca de três vezes mais nitrogênio que antes do mergulho. Certos fatores, tais como perfusão tecidual, coeficiente de solubilidade no tecido, composição corporal e temperatura, influenciam todos à captação de nitrogênio ao nível tecidual.

Um aumento na pressão e na quantidade de nitrogênio dissolvido causa reações físicas e mentais caracterizadas por um estado geral de euforia semelhante à intoxicação alcoólica, que recebeu a designação de porre das profundezas. A uma profundidade de 30m esse efeito é semelhante às



sensações experimentadas frequentemente após consumir álcool com o estômago vazio; aos 60m, as sensações são semelhantes a dois ou três Martines.

Finalmente, os altos níveis de nitrogênio produzem um efeito de entorpecimento ou anestésico sobre o sistema nervoso central, cujos sintomas são denominados coletivamente de narcose pelo nitrogênio, pois moléculas desse gás se alojam entre os neurônios dificultando os impulsos elétricos. Nos casos extremos, os processos mentais são afetados até o ponto de um mergulhador achar que o equipamento autônomo é desnecessário e pode, em verdade, removê-lo e nadar mais profundamente, em vez de retornar a superfície.

Como o nitrogênio se difunde mais lentamente para dentro dos tecidos corporais, o efeito de narcose depende não apenas da profundidade, mas também da duração do mergulho. Existe uma grande variação individual nessa sensibilidade, porém uma narcose leve costuma acontecer após uma hora ou mais a uma profundidade de 30 a 40 metros. Habitualmente, essa é a variação máxima de profundidade recomendada para os mergulhadores recreativos.

### **Efeitos:**

Não há uma reação bioquímica com os tecidos. O nitrogênio atua com maior suscetibilidade no tecido gorduroso. Está comprovado que ele se dissolve 5 vezes mais na gordura do que na água, sendo assim, pode-se dizer que quanto maior e mais espessa a camada gordurosa, maior a suscetibilidade do tecido em absorvê-lo.

Por ser uma síndrome de manifestações difusas do sistema nervoso central, ou seja, sem sinais de localização, varia muito em função dos seguintes fatores:

- profundidade;
- suscetibilidade individual;
- tipo de atividade física e mistura gasosa empregada;
- velocidade de descida;

### **Sintomas:**

As manifestações são divididas em: psíquicas, sensoriais e motoras.

#### *1. Psíquicas:*

- euforia;
- sensação de bem estar;
- alteração do temperamento;



- alongamento do tempo de reação;
- dificuldade em cumprir ordens;
- indiferença ao meio ambiente etc.

### *2. Sensoriais:*

- alteração na discriminação auditiva;
- alterações visuais no contraste de fundo;
- sensação (falsa) de aumento da acuidade visual e auditiva;
- redução da capacidade visual e auditiva.

### *3. Motoras:*

- alteração na destreza manual;
- deterioração dos movimentos coordenados;
- pequena paralisia da musculatura facial;
- hiperatividade;
- perda do tônus muscular.

De modo geral, os sintomas começam a aparecer após os 30 metros de profundidade e agravam-se à medida que a pressão aumenta, conforme demonstra o quadro abaixo:

<b>PROFOUNDIDADE (METROS)</b>	<b>SINAIS E SINTOMAS</b>
30 a 60	Alterações da destreza manual, euforia, cabeça leve.
60 a 90	Reflexos diminuídos, alterações na associação de idéias e na discriminação auditiva.
90 a 120	Progressiva depressão do sensório, com alucinações visuais e auditivas, estado depressivo, perda da memória.
Acima dos 120	Inconsciência.

### ***Tratamento:***

A remoção do mergulhador da profundidade em questão afasta rapidamente os sintomas. Raramente permanece alguma consequência mais duradoura que justifique cuidados especializados.



### **Profilaxia:**

Podemos destacar as seguintes medidas para se evitar a ocorrência desse mal:

- Seleção criteriosa dos mergulhadores não suscetíveis aos efeitos do nitrogênio sob pressão;
- Treinamento adequado, objetivando o reconhecimento precoce e os procedimentos corretivos, caso venha a se manifestar;
- Rigoroso planejamento dos mergulhos, respeitando os limites de profundidade e equipamentos;
- Evitar o uso de medicamentos que possam potencializar os efeitos narcóticos do N<sub>2</sub>, como por ex.: remédios contra o enjoo, tranquilizantes ou antialérgicos, álcool, etc.

#### **3.5.2.1.2 Intoxicação pelo Oxigênio**

O oxigênio se respirado em elevadas pressões parciais, afeta o Sistema Nervoso Central - SNC e o aparelho respiratório. O primeiro efeito conduz a uma série de desordens neurológicas e é função principalmente da pressão parcial. O segundo, uma espécie de queimadura química dos alvéolos pulmonares, depende também e muito do tempo de exposição.

### **Causas:**

- pressão parcial elevada do oxigênio;
- tempo de exposição;
- individualidade fisiológica.

### **Sintomas:**

Podemos dividir esse item nos dois níveis de manifestação do problema. No SNC e no aparelho respiratório;

#### *No Sistema Nervoso Central*

- **Visão:** distúrbios conhecidos como visão de túnel;
- **Audição:** zumbidos e surdez progressiva;
- **Náuseas**
- **Tonteiras:** sensação de cabeça vazia, oca;
- **Irritabilidade:** demonstra irritação anormal;
- **Tremores musculares:** abalos iniciando nas pálpebras e face, estendendo para todo o corpo.

#### *No aparelho respiratório*

- Tosse descontrolada;



- Sensação de falta de ar;
- Ardência ou queimação no peito;
- Escarros sanguinolentos;
- Parada respiratória, em casos extremos.

### ***Tratamento:***

A redução da pressão parcial do oxigênio afasta rapidamente os sintomas. Isso pode ser conseguido trazendo o mergulhador para profundidades menores, ou mudando a mistura respiratória, nos mergulhos dependentes.

Na persistência dos sintomas, a assistência médica deve ser procurada.

### ***Profilaxia:***

- Teste de tolerância ao oxigênio, aplicado a candidatos aos cursos de mergulho e mesmo para mergulhadores em atividade;
- Respeitar os limites da utilização do oxigênio nas misturas gasosas.

#### **3.5.2.1.3 Intoxicação pelo Gás Carbônico**

O gás carbônico, CO<sub>2</sub> ou Dióxido de Carbono está presente no ar atmosférico na porcentagem de 0,04%. No processo respiratório do homem, é resultado da metabolização do oxigênio nos tecidos, e pode aparecer ainda em porcentagens maiores, como elemento adicional presente na mistura gasosa.

Através do processo respiratório, os tecidos são supridos do oxigênio que necessitam e o gás carbônico é eliminado para o ar atmosférico. Na realidade esses dois gases estão em constante equilíbrio, isto é, ora um aumenta e o outro diminui e vice e versa. Esse mecanismo funciona simplificadamente da seguinte maneira: quando o teor de CO<sub>2</sub> se eleva no sangue, este se torna ácido e atua no centro respiratório existente no bulbo (na base do cérebro), que provocará uma necessidade de respirar, restabelecendo os valores adequados.

### ***Sintomas:***

Quando por qualquer motivo a taxa de CO<sub>2</sub> aumentar, podem ocorrer graves consequências para o mergulhador, conforme representado abaixo:

1. aumento até 2%: os sintomas são mínimos ou imperceptíveis;
2. de 2 a 5 %: o mergulhador sente “sede de ar” e respiração cansativa;
3. de 5 a 10%: perda da consciência, e risco de afogamento;
4. de 10 a 15%: espasmos musculares, convulsões e morte.



Ora, se essas porcentagens correspondem a determinadas pressões parciais, porcentagens menores representarão o mesmo perigo para o mergulhador, dependendo da sua profundidade. Note-se que, para advir a intoxicação, não é necessário que a mistura esteja contaminada, basta, por qualquer razão, como por exemplo um esforço físico maior, a taxa de gás carbônico se eleve no sangue.

De modo geral a intoxicação pelo CO<sub>2</sub> apresentam:

- Dor de cabeça;
- Secura na boca;
- Falta de ar;
- Tontura;
- Sudorese abundante;
- Dor epigástrica;
- Sensação de frio ou de calor;
- Desorientação espacial;
- Dificuldade na percepção das cores;
- Aumento no tempo de reação;
- Cianose; e
- Contrações musculares involuntárias.

#### **Tratamento:**

Por serem os efeitos do CO<sub>2</sub> proporcionais à pressão parcial, ao aparecerem os primeiros sintomas, o mergulhador deve ser trazido à superfície e exposto ao ar fresco. Em quase 100% dos casos não há sequelas. Pode persistir uma dor de cabeça incômoda, que cede em poucas horas.

#### **Profilaxia:**

- Recomenda-se sempre checar o local e a forma como são recarregados os cilindros de ar. A qualidade da mistura gasosa é fundamental para evitar esse problema;
- Adequar a atividade a ser executada dentro da sua capacidade física;
- Se o mergulhador for pouco experiente, evitar mergulhos profundos ou com tempo de fundo superior a 15 minutos;
- Dar preferência aos equipamentos que possuam pequeno espaço morto.

#### **3.5.2.1.4 Intoxicação por outros gases**

Alguns gases têm efeito tóxico sobre o organismo. Para o mergulhador, os mais prováveis seriam o Monóxido de Carbono (CO) e o



Gás Sulfídrico ( $H_2S$ ). Nas porcentagens certas não precisamos nos preocupar muito com eles, pois já estudamos os efeitos do nitrogênio, do oxigênio e do gás carbônico. A ressalva a ser feita diz respeito às condições anormais de recargas de cilindros, onde por diversas razões, a mistura gasosa acaba tornando-se contaminada.

### **3.5.2.1.4.1 Monóxido de carbono (CO)**

Esse gás é o resultado da combustão incompleta e pode aparecer facilmente na mistura respiratória devido à falta de cuidado na recarga dos cilindros ou operações com compressores.

Ele é incolor, inodoro e reage com a hemoglobina do sangue, impedindo-o de cumprir sua função normal de carregar o oxigênio para os tecidos.

***Sintomas:***

- Tonteiras e dor de cabeça;
- Sensação de pressão interna no crânio;
- Têmporas latejando;
- Pele, unhas e os lábios tenderão a apresentar tonalidade avermelhada.

***Tratamento:***

Trazer o mergulhador à superfície e ministrar oxigênio a 100%. Em casos graves, conduzi-lo a um hospital.

***Profilaxia:***

Cuidar para que não haja contaminação da mistura respiratória fornecida ao mergulhador. Ao carregar um cilindro, cuidado com descargas dos motores á combustão ou com matéria orgânica em decomposição.

### **3.5.2.1.4.2 Gás sulfídrico ( $H_2S$ )**

Resultado de forte atuação de bactérias anaeróbicas (decomposição orgânica). Em baixas concentrações cheira a ovo podre, mas em concentrações maiores, é inodoro e incolor. Assim como o CO, também reage com a hemoglobina do sangue. É encontrado em compartimentos fechados de naufrágios, ou qualquer bolsão com ar represado e não renovado, como cavernas subaquáticas.

***Sintomas:***

Os mesmos do monóxido de carbono.

**Tratamento:**

O mesmo adotado para o monóxido de carbono.

**Profilaxia:**

A mesma adotada para o monóxido de carbono.

### 3.5.2.1.5 Apagamento

É provavelmente a causa mais frequente de acidentes fatais entre os mergulhadores adeptos do mergulho em apneia (mergulho livre). Quando praticamos a apneia, isto é, a suspensão voluntária da respiração, o organismo vai consumindo o oxigênio e produzindo CO<sub>2</sub>. O desequilíbrio dos dois gases acaba por estimular o centro respiratório que nos fará sentir o desejo de respirar antes que a falta de oxigênio venha a causar um desmaio. Tal fato ocorre na superfície. Se considerarmos o homem em mergulho livre, veremos que as coisas se processam de maneira diferente. Ao descer, ocorrerá um aumento de pressão do ambiente e, em consequência, a pressão parcial do oxigênio nos pulmões crescerá também, causando uma sensação de bem-estar. Quando a pressão parcial CO<sub>2</sub> tiver aumentado até o ponto de estimular o centro respiratório, pode ser que o oxigênio já tenha sido consumido em grande quantidade. Assim, ao iniciar a subida, o mergulhador retornará à pressão ambiente mais baixa, o que acarretará uma brusca redução na pressão parcial do oxigênio, causando assim o desmaio. A morte por afogamento é então iminente.

A situação se torna ainda mais perigosa devido à prática da hiperventilação, que é erroneamente chamada de "oxigenação". Através dessa prática, que consiste em respirar de forma acelerada e intensamente até sentir uma discreta tonteira, o mergulhador faz baixar drasticamente a taxa de CO<sub>2</sub> nos seus tecidos, embora praticamente não consiga elevar a de oxigênio, uma vez que o sangue normalmente se satura desse gás, sem artifícios. Com isso, ele retarda o estímulo ao centro bulbar que é ativado pela concentração alta do CO<sub>2</sub>, aumentando a sensação de bem-estar no fundo e permitindo que o mergulhador consuma mais ainda seu oxigênio. Nessa situação, se chegar a sentir o estímulo, seu oxigênio já estará baixo e ele corre grande risco de apagar na subida.

Ao recobrar a consciência, o mergulhador apagado, ainda submerso, irá reiniciar seu processo respiratório inspirando água, o que causará a morte por afogamento.

**Tratamento:**

Semelhante ao quadro do afogado, com as manobras de RCP,



oxigenioterapia de emergência na superfície. Permitir que as vias respiratórias estejam fora da água quando o mergulhador reiniciar o processo respiratório.

### **Profilaxia:**

- perfeito adestramento, tendo perfeita noção de seu tempo médio de apneia;
- não efetuar a hiperventilação, ou fazê-la com moderação, no máximo de 3 a 5 respirações profundas;
- evitar o excesso de lastro;
- nunca mergulhar sem apoio de pessoal capaz de atuar em caso de emergências.

## **3.5.2.2 Biofísicos**

### **3.5.2.2.1 Doença Descompressiva**

A Doença Descompressiva, chamada "Mal dos Caixões de Bends", foi o primeiro problema fisiológico encontrado. Ataca com mais frequência as juntas dos joelhos, cotovelos etc. É um dano que acontece quando um mergulhador sobe muito depressa, ou mergulha muito fundo por muito tempo.

Ao longo de um mergulho, o corpo absorve nitrogênio (um elemento do ar) do ar comprimido. Quanto mais profundo um mergulhador desce, mais denso é o ar que é respirado e maior a quantidade do nitrogênio absorvido. Este nitrogênio forma bolhas minúsculas nos tecidos do corpo e circulação sanguínea. Caso seja grande o bastante, a bolha pode bloquear o fluxo de sangue para o cérebro e ser fatal. Casos severos de Doença Descompressiva podem ser fatais. Para evitar estes danos, os mergulhadores devem subir na velocidade adequada, calcular quanto tempo é seguro ficar a certas profundidades e quanto tempo eles devem gastar na superfície antes de mergulhar novamente.

Mergulhadores que suspeitam que estão sofrendo de alguma consequência de descompressão devem buscar um médico imediatamente. Mergulhadores também tem que esperar pelo menos 12 horas, e às vezes 24 horas, depois de um mergulho antes de poder voar em um avião. Voando muito cedo depois do mergulho, pode resultar na Doença Descompressiva. Outro detalhe que deve ser observado é quanto a mergulhos em locais com altitudes muito superiores a 100 metros acima do nível do mar, onde as tabelas de descompressão devem ser ajustadas para esta condição, evitando a Doença Descompressiva.

Conhecida desde o meio do século passado, a Doença Descompressiva



ganhou fama aterrorizante e uma série de apelidos entre os mergulhadores.

Os primeiros relatos da enfermidade surgiram por volta de 1870, atingindo trabalhadores de minas que utilizavam caixas pressurizadas para permitir que trabalhassem secos em leitos de rios, tanto é que ela foi chamada por algum tempo, como Mal dos Caixões.

Já no início do século 20, o fisiologista escocês, Dr. John Scott Haldane criava as primeiras tabelas de mergulho, permitindo que integrantes da marinha inglesa fizessem incursões de até 60 metros de profundidade sem consequências descompressivas.

Por definição, Doença Descompressiva ou DD é um quadro de múltiplas manifestações, devido à formação de bolhas no sistema circulatório e em alguns tecidos, ocasionado pela descompressão após a exposição a pressões barométricas acima do normal.

Pelo enunciado da Lei de Henry, a quantidade de um gás que se dissolve em um líquido a determinada temperatura, é proporcional a pressão parcial do gás; dessa forma, quando um mergulhador se submete a um ambiente em que a pressão é superior à atmosférica, a quantidade de gás (principalmente nitrogênio) dissolvida nos seus tecidos aumenta na mesma proporção. Quando começamos a subir de retorno à superfície, a pressão diminui e o gás vai ficando menos solúvel podendo haver a formação de bolhas.

Assim, se há dissolvido em nossos tecidos e no sangue cerca de 1 litro de nitrogênio na pressão atmosférica podemos esperar uma dissolução de cerca de 5 litros quando a pressão for cinco vezes maior. Quanto mais descemos, mais gás sob pressão respiramos. O nitrogênio é absorvido pela respiração, daí para os alvéolos, para o sangue e para os tecidos.

A forma com que o nitrogênio é distribuído pelo corpo envolve três fatores: difusão, perfusão e afinidade.

### **1. Difusão:**

É a tendência de um gás passar de uma área de maior concentração para uma área de menor concentração, em razão de uma diferença de pressão.

Em outras palavras, se um mergulhador ficar muito tempo numa profundidade determinada, seu corpo irá se saturar de nitrogênio.

### **2. Perfusão:**

No nosso corpo, alguns tecidos recebem muito sangue enquanto outros recebem pouco. Isso é uma característica de cada tecido. Na medida em que o nitrogênio está dissolvido no sangue, cada tecido vai receber uma carga de N<sub>2</sub> trazida pelo próprio sangue. Por exemplo: tecidos mais perfundidos, como os tecidos nervosos, recebem mais nitrogênio do que tecidos menos



perfundidos como os ossos.

### **3. Afinidade:**

É a qualidade que certos tecidos possuem de absorver o nitrogênio com menor ou maior facilidade. Isto é basicamente dado pela quantidade de gordura e água nos tecidos. Não conclua daí que a obesidade, por si só, é um fator de risco para a DD.

### **Fatores predisponentes:**

Podemos dividir os fatores predisponentes para a ocorrência da DD, naqueles relacionados com a saúde e estado físico do mergulhador, e nos proporcionados por condutas inadequadas ou má utilização de equipamentos.

1. Relacionados com a saúde e estado físico do mergulhador:

- trauma ou contusão anterior ao mergulho;
- estado de sonolência;
- fadiga ou tensão exagerada;
- estado gripal infeccioso ou convalescência dele;
- má hidratação, anterior e posterior ao mergulho.

2. Condutas inadequadas do mergulhador:

- ressaca alcoólica;
- mergulhos executados nos limites das tabelas;
- velocidade de subida exagerada;
- desrespeito às regras de voos após os mergulhos;
- alimentação gordurosa antes do mergulho

Considerado por alguns pesquisadores como fator predisponente, a obesidade não aumenta o risco de DD, mas, potencialmente, pode influenciar de modo negativo o aparecimento de manifestações mais graves da doença, quando atinge o sistema nervoso central.

Outros fatores a serem considerados:

- na medida em que envelhecemos, nossa circulação e hidratação dos tecidos é menor, bem como o aumento da proporção de gordura na coluna vertebral;
- o tabagismo deve ser evitado, pois eleva o nível de gorduras do sangue;
- o frio durante o mergulho além de torná-lo desconfortável, causa uma vasoconstrição na pele, diminuindo a circulação nesta área, o que irá

retardar a eliminação do nitrogênio; e

- drogas e medicamentos que alteram a função respiratória/circulatória devem ser evitados.

Metade dos casos de DD manifestam-se dentro dos primeiros 30 minutos após o término do mergulho; 80% dos casos, na primeira hora; e 95% dentro das primeiras 6 horas, já terá apresentado algum sintoma da doença.

O quadro clínico pode ser agrupado de acordo com as manifestações abaixo:

- cutâneas;
- articulares (bends);
- cardiorrespiratórias (chokes);
- neurológicas.

### ***Gravidade e sintomas:***

Quanto à gravidade pode ser classificada em:

- ***Tipo I (DD I):*** Chamada também de leve ou bends, a DD I é caracterizada basicamente por dores (articulares e/ou musculares), por prurido ou sensação “estranha” na pele e por inchaço de gânglio linfático;

- ***Tipo II (DD II):*** Mais grave que o anterior, frequentemente produz sequelas. Pode ser subdividida em dois ramos:

***1. Cardiorrespiratórios:*** devido à embolia gasosa da artéria pulmonar, se manifestam por uma sensação aguda de sufocação (chokes), falta de ar, dificuldade inspiratória, sudorese abundante, respiração superficial, dor torácica, “batedeira” no peito, e com a evolução do quadro, cianose, arritmia cardíaca e choque;

***2. Neurológicos:*** decorrem do comprometimento do sistema nervoso central, a nível cerebral e/ou espinhal. Manifestam-se por formigamento, perda da sensibilidade, impotência funcional de extremidades, perda da força muscular, paralisia de membros inferiores, ou sensação “estranha de moleza nas pernas”. Quando atinge o nível cerebral podem se manifestar como dor de cabeça, tonturas, alterações do comportamento, convulsões e perda da consciência. As vertigens podem ser acompanhadas de vômitos, zumbidos e dores provocadas por sons comuns.

### ***Tratamento:***



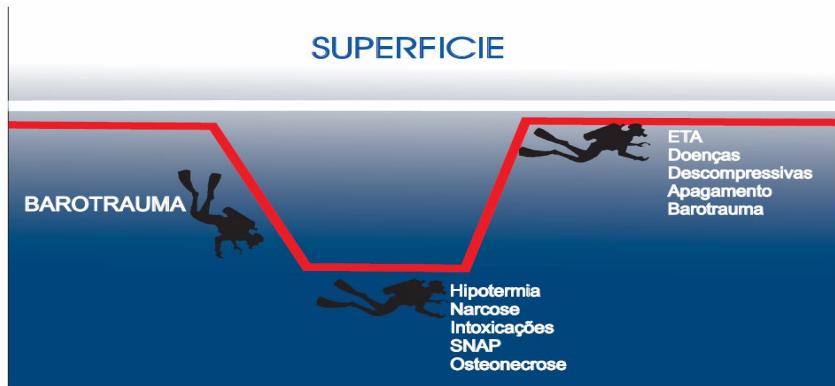
O tratamento clínico da DD baseia-se no Manual da Marinha Americana, que determina que para qualquer forma de manifestação, a DD deve ser tratada com recompressão em câmaras hiperbáricas.

O tratamento emergencial da DD inclui uma série de procedimentos:

- forneça oxigênio;
- mantenha a vítima deitada na posição de coma;
- mantenha a vítima o mais confortável possível;
- se a vítima estiver consciente e sem problemas urinários, ofereça líquidos isotônicos;
- transporte a vítima para um hospital que possua recursos de medicina hiperbárica.

**Observação:** Estudos apontam que 65% das vítimas de DD que receberam oxigênio no atendimento emergencial acabavam sem sintomas e muitas vezes sem tratamento em câmara hiperbárica.

**IMPORTANTE:** Nunca tente recomprimir a vítima na água. Além de extremamente penoso para o acidentado, poderá agravar a situação.

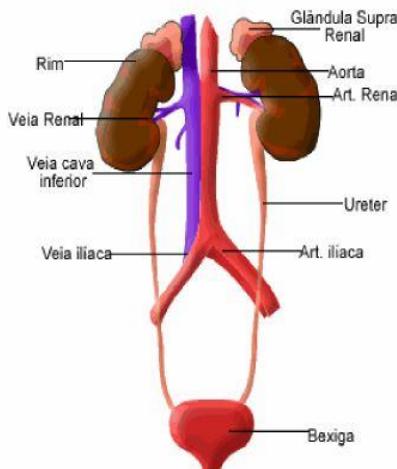


### 3.6 OUTRAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS NO MERGULHO

Embora a termo-regulação orgânica e o sistema excretor não tenham sido estudados detalhadamente nos tópicos anteriores; além das alterações circulatórias, respiratórias e dos efeitos que a pressão podem exercer sobre o mergulhador, existem outras alterações da fisiologia humana que podem ocorrer durante o mergulho, dentre as quais merecem destaque:

#### 3.6.1 Alterações urinárias

A resposta renal à imersão inclui o débito urinário aumentado (diurese) com perda de volume plasmático, sódio (natriurese), perda de potássio (potassiuressa) e supressão de vasopressina, renina e aldosterona plasmática.



(potassiuressa) e supressão de vasopressina, renina e aldosterona plasmática.

A imersão em água fria potencializa esta resposta. O papel da diurese de imersão é usualmente explicado como um forte mecanismo compensador homeostático para contrabalançar a distensão sofrida pelos receptores pressóricos cardíacos (BOOKSPAN, 2000). A atividade simpática renal diminui devido a uma resposta vagal causada pela distensão atrial que, por sua vez, aumenta o transporte tubular de sódio, com diminuição de aproximadamente um terço da resistência vascular renal. A excreção de sódio aumenta, acompanhada de água livre causando o efeito diurético da imersão. A função renal é largamente controlada pelos hormônios renina, aldosterona e hormônio antidiurético. A aldosterona controla a reabsorção de sódio nos túbulos distais, atingindo um máximo após três horas de imersão. Outro fator importante é a regulação do peptídeo atrial natriurético (ANP) que é suprimida em 50% de sua função no solo, após a imersão. Acompanhando as alterações no controle renal ocorrem alterações em alguns neurotransmissores do sistema nervoso autônomo – catecolaminas (sendo as mais importantes, nesse caso, a epinefrina, a norepinefrina e a dopamina) – que agem regulando a resistência vascular, a frequência cardíaca e a força de contração cardíaca e são ativadas logo após a imersão (BOOKSPAN, 2000; BECKER & COLE, 1997).

Esses mecanismos são amenizados com o tempo de imersão, mas em situação terapêutica, de aproximadamente uma hora de imersão, os efeitos persistem após várias horas após a imersão (BOOKSPAN, 2000).

## 3.6.2 Alterações térmicas

### 3.6.2.1 Hipotermia

É a condição em que a temperatura do corpo de um indivíduo cai além dos limites normais, devido à exposições, sem proteção adequada à água ou a mistura respiratória muito frias. Além de se constituir em um dos fatores mais limitantes das operações de mergulho, a hipotermia, responde também por um considerável número de problemas no mergulho.

Para funcionar, o organismo queima as calorias com o auxilio do oxigênio provido pela respiração. Esta reação química produz energia que é parte dissipada como calor. A produção de calor não pode ser controlada e corresponde à velocidade do metabolismo, sendo sua intensidade relacionada com o consumo de oxigênio. Perde-se calor das seguintes formas: pelo sistema respiratório; pela evaporação do suor na pele; pelo sistema circulatório que bombeia sangue quente para a periferia do corpo; pelas excreções; e por condução ou irradiação.



Para evitar a perda de temperatura, além do uso de agasalhos, roupas com aquecimento e assumindo posturas adequadas que são ações intencionais produzidas pelo mergulhador, o próprio organismo reage promovendo vasoconstricção periférica ou fazendo os músculos se movimentarem (tremores) gerando mais calor, porém, isto é contraproducente na água, pois aumenta as trocas com o líquido.

A hipotermia pode ocorrer mais ou menos rápida, dependendo da severidade do ambiente. Repetidas exposições ao frio podem progressivamente baixar a temperatura do corpo, não permitindo que o organismo produza calor suficiente para manter o equilíbrio. A inalação de gás frio tende a aumentar o grau de resfriamento do corpo, devido a grande superfície de troca gasosa dos pulmões. Esse tipo é particularmente perigoso porque pode não ser percebido pelo mergulhador, uma vez que os termosensores de frio estão localizados na pele.

Respirar mistura de hélio-oxigênio(heliox) fria, antes mesmo de baixar a temperatura corporal, provoca também secreções traqueobrônquicas dificultando a respiração. Dor torácica, cefaleia e intensos tremores podem



surgir após o início do mergulho.

**Sintomas:** Uma falência na manutenção do balanço térmico pode resultar numa queda de temperatura corporal. Se esta queda for pequena, 1 a 2 graus, o mergulhador sente frio, apresenta diminuição do tato afetando diretamente habilidades manuais. Uma perda continuada de calor promove quedas mais acentuadas da temperatura corporal, exacerbando os sintomas acima, podendo levar à incapacidade total de movimento (rigidez) e por fim, parada cardíaca. Também, é importante lembrarmos que hipotermia predispõe o mergulhador à doença descompressiva.

**Tratamento:** O único tratamento para a hipotermia até a chegada do médico é o reaquecimento lento e progressivo do mergulhador. Esse aquecimento, contudo, tem que ser conduzido com prudência, uma vez que a vasoconstrição tem o efeito de diminuir a circulação periférica de sangue, e um aquecimento rápido pode bloquear a vasoconstrição e liberar grande volume de sangue frio na circulação, resultando numa maior queda da temperatura corporal. Há, além disso, o risco de queimaduras, pois a diminuição do tato impede o mergulhador de avaliar a temperatura. Por esta razão, não devemos reaquecer agressivamente o paciente através de banho quente, fricção ou mesmo usando a roupa de água quente.

Na recuperação de um mergulhador hipotérmico devemos seguir as seguintes linhas básicas: tire o mergulhador da água; evite movimentos bruscos, que podem causar parada cardíaca em casos extremos; se houver respiração espontânea e batimentos cardíacos não há pressa no reaquecimento; deite ou encoste o paciente em lugar seco; remova seu equipamento, mas não tire suas roupas; isole o mergulhador do ambiente, cobrindo seu corpo, inclusive a cabeça com cobertores, roupas de mergulho, toalhas, sem esquecer de isolá-lo do chão; forneça o ar morno, exalado pelo socorrista ao paciente, observando o movimento respiratório; aplique o método de respiração boca-a-boca somente após ter a certeza de que o paciente não está respirando espontaneamente; se houver respiração espontânea, mesmo lenta, não faça respiração artificial; restabeleça a temperatura da câmara ou do sino.

Até que a situação passe ao controle de um médico, o tratamento deve ser conduzido como a seguir: com a temperatura ambiente normal, enrole o mergulhador em cobertores, principalmente, o tronco e a cabeça; se o mergulhador estiver consciente, mantenha-o respirando através da máscara, com aquecimento; não esfregue a pele do paciente ou estimule-o a fazer exercícios; se o mergulhador estiver acordado, dê bebidas quentes, tipo chá. Nunca dê bebidas estimulantes, como café ou álcool; em caso de parada



cardíaca, só deve ser abandonada a tentativa de recuperação da temperatura da vítima.

**Profilaxia:** O uso de roupas apropriadas (secas ou com aquecimento) é indispensável para a realização de mergulhos em águas frias e a falha no aquecimento deve determinar o retorno imediato do mergulhador a superfície. É importante estar atento e adotar logo as providências necessárias já que a queda da temperatura cerebral afeta o julgamento e o senso do mergulhador sem quer este perceba.

### 3.6.2.2 Hipertermia

**Causas:** Mergulhadores utilizando roupas de neoprene podem ficar expostos a hipertermia, ou seja, a falha do mecanismo de compensação do calor e aumento da temperatura do corpo. Durante a imersão, enquanto a água estiver mais quente do que a pele, a perda de calor por transpiração não é possível. Outras causas de Hipertermia incluem a compressão rápida e a falha no sistema de controle ambiental, especialmente em regiões quentes e tropicais. O acúmulo deve ser evitado devido aos seus efeitos no comportamento, diminuição da concentração, redução da habilidade sensoriomotora, irritabilidade e efeitos no sistema cardiovascular.

A frequência cardíaca aumenta em face da aceleração do metabolismo e para compensar a queda de pressão arterial devido à vasodilatação. A queda da pressão arterial pode causar também dificuldades na irrigação sanguínea do cérebro, situação que pode ser agravada quando o mergulhador coloca a cabeça fora da água.

**Sintomas:** A hipertermia pode se manifestar com o aparecimento de cãimbras durante o mergulho e após terminá-lo. O mergulhador apresenta muita sede, urina pouco e se sente muito cansado, mesmo não tendo realizado trabalho pesado. Com esses sintomas, suspeita-se que tenha sido aquecido demasiadamente durante o mergulho. Este procedimento sendo repetido por dias seguidos de trabalho, pode levar o mergulhador a um elevado grau de desidratação, já que pode perder até 6 litros diários de água, com consequente perda de sais minerais, especialmente, o sódio.

Os sintomas são a perda da capacidade de trabalho, desmaios, cãimbras, boca seca, irritabilidade, depressão e perda da confiança.

**Tratamento:** O tratamento local de um mergulhador hipertérmico inclui: mantê-lo deitado; remover a sua roupa para permitir uma melhor



troca de calor; borifar água fria no seu corpo; se possível, usar compressa de gelo na cabeça e, evitar qualquer movimento ou esforço.

**Profilaxia:** A vigilância da temperatura da água, do gás de respiração e somente vestir a roupa de mergulho minutos antes, são a única forma de se evitar a hipertermia.

### 3.7 MEDICINA HIPERBÁRICA

O termo hiperbárico significa “relacionado com, produzir, operar, ou ocorrer a pressões superiores à pressão atmosférica normal”.

A medicina hiperbárica dedica-se ao estudo e tratamento das doenças susceptíveis de regredirem ou de melhorarem com a exposição dos seus portadores a elevadas pressões, ambiente e de oxigénio molecular, por meio da inalação deste gás, de ar, ou de outras misturas gasosas respiráveis, no interior de compartimentos estanques hiperpressurizados (câmaras hiperbáricas).

A medicina hiperbárica engloba a terapêutica hiperbárica e a oxigenioterapia hiperbárica.

A terapêutica hiperbárica inclui a inalação de ar e de misturas gasosas respiráveis hiperoxigenadas a uma pressão ambiente superior à pressão atmosférica medida ao nível do mar, e foi precedida pela aeroterapia hiperbárica (inalação de ar atmosférico a pressões variáveis), introduzida em 1662 por Henshaw, físico e membro do clérigo inglês.

A terapêutica hiperbárica mantém pertinência, na atualidade, relativamente ao tratamento das afecções causadas por êmbolos gasosos, como é o caso de certas formas de doença de descompressão e das embolias gasosas vasculares.

Para se atingirem tais propósitos, as sessões de OTHB são realizadas no interior de câmaras hiperbáricas, que são compartimentos estanques, habitualmente cilíndricos (para uma mais uniforme distribuição das pressões sobre a sua superfície interna), construídos com materiais resistentes a elevadas pressões, classificadas como dispositivos médicos tipo IIB (directiva 93/42 CCE de 14 de Junho de 1993, relativa a dispositivos médicos), destinados ao tratamento e atenuação de doenças e investigação.

#### 3.7.1 Oxigenioterapia Hiperbárica

A Oxigenioterapia Hiperbárica ( $O_2HB$ ) é uma modalidade de tratamento médico, do âmbito da Medicina Hiperbárica, na qual o paciente ventila (“respira”) oxigénio puro (à 100%) à uma pressão ambiente maior que a pressão atmosférica normal, para a supressão ou controle de condições patológicas específicas.



Este procedimento é realizado em um equipamento especial chamado câmara hiperbárica.

### 3.7.2 Câmaras Hiperbáricas

Os sistemas de oxigenoterapia hiperbárica podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Sistema Monopaciente
- Sistema Multipacientes

#### 3.7.2.1 Sistema Monopaciente

São sistemas baseados em câmaras hiperbáricas com capacidade para apenas um paciente.

Normalmente essas câmaras têm seu corpo cilíndrico, fabricado em acrílico transparente para permitir ao paciente uma visão desimpedida do exterior que reduz uma possível ansiedade motivada pelo confinamento em espaço totalmente fechado.

Além disso, as câmaras possuem um sistema de comunicação que contribui para dar ao paciente sensação de segurança, possibilidade de ouvir



música, assistir televisão ou simplesmente conversar durante o seu tratamento.

#### 3.7.2.2 Sistema Multipacientes

São sistemas em que as câmaras hiperbáricas têm capacidade para o tratamento de diversos pacientes simultaneamente e adicionalmente permitem que o pessoal médico esteja presente dentro da câmara. Por terem dois compartimentos, essas câmaras tornam possível entrada e saída de pessoal

adicional sem que seja necessário a interrupção do tratamento.

Estas câmaras são fabricadas em aço carbono, com vigias de observação de acrílico e portas de acesso aos diversos compartimentos. A porta externa do compartimento principal, utilizada para entrada e saída de pacientes, pode ter uma configuração retangular para permitir a passagem de macas ou cadeiras



de rodas.

As câmaras são equipadas ainda com um sistema de controle ambiental que possibilita acompanhamento preciso da temperatura e umidade internas, para um maior conforto de seus ocupantes, principalmente durante a pressurização e a despressurização.

Os sistemas multipacientes utilizam ar comprimido para a pressurização. Para a administração de oxigênio são utilizadas máscaras individuais ou capacetes plásticos chamados "hoods".

### **3.8 A MULHER NO MERGULHO**

Para este grupo existe uma série de perguntas específicas relacionada à condição de mulher e suas características como mergulhadoras.

Abordaremos 5 temas de relevância entre as questões sobre a mulher e o mergulho: menstruação durante o mergulho, anticoncepção, tensão pré-menstrual, gravidez e implantes mamários.

#### **3.8.1 Menstruação durante o mergulho**

Existem achados sugestivos de que a mulher teria maior risco de apresentar doença descompressiva quando mergulhasse durante a primeira semana do ciclo menstrual, ou seja, durante a semana de menstruação. A explicação para uma maior predisposição estaria relacionada com as mudanças

fisiológicas que ocorrem durante a fase menstrual do ciclo, tais como: alterações hormonais, eletrolíticas, reatividade vasomotora e vasoconstrição periférica. Tais mudanças fariam com que as mulheres manejassem diferentemente a saturação de gases no corpo em mergulhos que necessitassem descompressão.

Um fato a ser considerado como fator de risco para doença descompressiva é o uso de anticoncepcionais orais. Num estudo foi observado que 38 % das mulheres que apresentaram um episódio de doença descompressiva também estavam menstruando. Também foi visto que 85 % delas faziam uso de anticoncepcional oral. Esta observação sugere, mas não comprova que os anticoncepcionais orais aumentam o risco de doença descompressiva durante a menstruação. Desta maneira devemos sugerir que mulheres menstruando e que usam anticoncepcional oral devem mergulhar de maneira mais conservadora, ou seja, que reduzam o risco diminuindo a exposição à profundidade, ao tempo de fundo e ao número de mergulhos por dia.

Em relação ao ciclo menstrual, pode-se dizer que, se a mulher não apresenta sintomas ou desconfortos que afetem a sua saúde, não há motivo para deixar de mergulhar durante a menstruação. Algumas considerações em relação ao fluxo menstrual devem ser feitas. Grandes fluxos menstruais podem acarretar problemas em relação à higiene e privacidade. Algumas mulheres com fluxos menstruais intensos preferem não mergulhar nesses dias. Fluxos intensos acompanhados de anemia podem prejudicar a dinâmica circulatória e estar correlacionados com mais cansaço durante o mergulho.

### 3.8.2 Anticoncepção e mergulho

Durante o início do uso de anticoncepcionais a mulher pode experimentar alguns sintomas como náusea, vômito, inchaço, tonturas e dor de cabeça.

Ao uso de anticoncepcional oral também estão associados elevação da tensão arterial e risco aumentado de acidentes tromboembólicos como, por exemplo, trombose venosa profunda. Durante o seu uso podem ocorrer mais eventos trombóticos espontâneos não fatais do que na população que não usa. Logo, considerando o risco aumentado de trombose, os pesquisadores em medicina hiperbárica especulam que seu uso pode aumentar o risco de doença descompressiva ou a extensão e severidade





do dano tecidual ocorrido num acidente. No entanto nenhum estudo animal apoiou esta hipótese, ao contrário.

Os anticoncepcionais orais podem aumentar à suscetibilidade a doença descompressiva durante a menstruação. Provavelmente isso se deva às alterações hormonais que provocam. Eles produzem redução do tônus venoso e retenção de água, aumentando o volume de distribuição do nitrogênio pelo corpo e interferindo com a velocidade de eliminação do mesmo.

Existem doenças herdadas da coagulação sanguínea relacionadas a fatores da coagulação que têm sido implicadas nas complicações vasculares associadas ao uso de anticoncepcionais orais. Há registros na literatura ginecológica de que 50% dos episódios tromboembólicos decorrentes do uso de anticoncepcionais viriam de interações entre eles e a desordem de fator de coagulação herdada. Desta maneira, mulheres que têm esta associação identificada devem receber orientação médica específica relacionada à prática do mergulho autônomo amador.

Especula-se que a progesterona de ação longa, em altas doses, seja o anticoncepcional de escolha para a mergulhadora. É o caso da depo-provera e dos implantes de depósito. Esta hipótese baseia-se no fato de que as progestinas agem limitando a inflamação. Desta forma, poderiam limitar o dano causado pelo processo inflamatório que segue a hipóxia tecidual em acidentes com gases.

### 3.8.3 Síndrome de tensão pré-menstrual

Por volta de uma semana antes do surgimento do fluxo menstrual, ou seja, ao final do ciclo, um número considerável de mulheres apresenta uma série de sintomas psicofisiológicos cujas causas são pouco conhecidas. É a chamada síndrome da tensão pré-menstrual ou como comumente é conhecida, TPM.

Os sintomas incluem alterações do humor, irritabilidade, tensão, diminuição da atenção, fadiga, depressão, dor de cabeça, sensibilidade nas mamas, dores articulares e outros sintomas próprios a cada mulher. A síndrome de tensão pré-menstrual pode exacerbar distúrbios emocionais ou estar associada à doença psiquiátrica. Atualmente não há um tratamento consistente apesar de comumente se usar a progesterona.

Pesquisas demonstraram que os acidentes em geral são mais frequentes em mulheres com TPM. Especificamente no mergulho, é prudente que as mulheres com esses sintomas mergulhem de maneira mais conservadora, diminuindo com isso os riscos. Não há evidência científica de associação entre TPM e acidentes em mergulho ou com a doença descompressiva.

Mulheres com comportamento antisocial e depressão devem ser bem

avaliadas quanto à possibilidade de as alterações psicofisiológicas imporem riscos de segurança a si e aos companheiros de mergulho tanto na embarcação como durante o mergulho.

### 3.8.4 Implantes mamários

Implantes mamários são utilizados tanto na cirurgia plástica reconstrutiva quanto na estética. Vários são os tipos de materiais utilizados na sua confecção. Não se pode mergulhar até completa cicatrização da cirurgia e liberação pelo cirurgião. Devem-se rever os tirantes de coletes equilibradores e o formato das roupas para evitar a pressão indesejada e desconfortável sobre o implante. Os implantes de silicone são mais pesados que a água e podem alterar a flutuabilidade e a posição da mergulhadora durante o mergulho. Isto é particularmente válido nos implantes volumosos. Os implantes de salina são neutros e não acarretam maiores problemas.



Foi realizado um estudo experimental em que vários tipos de implantes foram colocados em câmara hiperbárica e submetidos a vários perfis de mergulho. Observou-se que há uma diferença de solubilidade do nitrogênio em função da composição do implante. Houve um aumento do tamanho das bolhas das várias próteses que dependeu da profundidade e de tempo de mergulho a que foram submetidas. Esse aumento foi maior nas próteses de silicone e salina juntas.

### 3.8.5 O Mergulho e a Gravidez

As mulheres grávidas têm maior risco teórico de apresentar doença descompressiva. Este risco decorre das alterações fisiológicas da gravidez. Durante a gravidez a mulher retém líquido, cuja redistribuição, nos vários compartimentos, está alterada. Esse fenômeno, diminui a retirada de gases dissolvidos na circulação central, favorecendo a embolia gasosa.



O volume de distribuição passa a ser maior e passando a ser um local de retenção de nitrogênio. Logo, aumenta a potencialidade para a ocorrência de doença descompressiva. A retenção de líquidos na gravidez também pode ocasionar o inchume do



nariz, ouvidos e garganta, ou seja, das vias aéreas. O que aumenta, pelo menos teoricamente, o risco de barotrauma nos ouvidos e seios da face. Outro problema é a ocorrência de náuseas e vômitos durante a gravidez. Isto favorece ao enjojo na embarcação e pode levar à fadiga por desidratação e perdas de sais (eletrólitos). Além disso, o cansaço e o estresse relacionados a essa situação durante a navegação favorecem as reações de pânico.

É uma constatação fisiológica que os fetos não têm a proteção dos pulmões para filtrar e eliminar as bolhas gasosas na corrente sanguínea como os adultos. Estudos laboratoriais são restritos a animais. O modelo animal correspondente ao humano é a ovelha pelo fato da sua placenta ser muito semelhante à humana. Estudos de doença descompressiva nesses animais mostraram altas taxas de mortalidade fetal provavelmente pela passagem de bolhas à circulação arterial através de forames ovais patentes. Outros estudos animais de doença descompressiva durante a gravidez revelaram um maior índice de malformações cardíacas.

Existem relatos de casos de tratamentos de mulheres grávidas com intoxicação por monóxido de carbono em câmaras hiperbáricas, sem documentação de efeitos adversos sobre os fetos. Na medicina russa há relato do uso de oxigenoterapia hiperbárica para tratamento de gravidez de alto risco. Foi relatado em 54 casos sobre 700 gestações de doença pulmonar em fetos de mulheres submetidas a oxigenoterapia hiperbárica. No entanto o estudo não era controlado. Algumas séries observadas não constataram riscos aumentados. Outras, que evidenciaram lesões em fetos, quando comparadas com a população gestante em geral, não apresentaram diferenças significativas. Há um relato de caso (Caso Turner) evidenciando lesões severas no feto de uma mergulhadora, no entanto, cabe lembrar que um único caso não cria uma doença.

A verdade é que não existem estudos bem delineados que provem que mergulhar durante a gravidez não é seguro. No entanto os riscos existem e devem ser alertados. Quem gostaria de participar de um estudo controlado com este tipo de risco? Dificilmente ele seria liberado por alguma comissão de ética em pesquisa. Como o mergulho é uma atividade eletiva e, via de regra, de lazer, para as mulheres mergulhadoras grávidas não há sentido em mergulhar já que existe um risco teórico. Atualmente as unidades de tratamento com oxigenoterapia em câmaras hiperbáricas não permitem que auxiliares ou técnicos do sexo feminino, que estejam grávidas, trabalhem nesses locais. Pela limitação de informação e importante risco teórico levantado, conclui-se que o mergulho pode aumentar o risco de lesão durante a gravidez para a mãe e o feto.



### 3.8.5.1 Mergulho em início de gravidez

Se uma mulher mergulhou sem saber que estava no início da gestação, não há dados que justifiquem a indicação de abortamento. A tese que justifica a ocorrência de mal formações associadas ao mergulho baseia-se na possibilidade de transferência de bolhas intravasculares da mãe ao feto. Como não há uma circulação efetiva no início da gestação, o risco inexiste. O embrião não se gruda realmente à parede do útero na primeira semana. Nesse período, recebe sua nutrição por embebiamento de fluidos secretados pela trompa de falópio e o útero. A formação de uma circulação sanguínea materno-placentária efetiva é mais tardia, em torno de 7 a 10 dias. Muitas mulheres devem ter mergulhado sem saber que estavam grávidas e no início da gestação. No entanto, não há relatos relacionando abortos ou outros problemas na gravidez em mulheres que mergulharam no início da concepção.

### 3.8.5.2 Retorno ao mergulho após a gravidez

O reassumir das atividades físicas depende de vários fatores. Entre eles incluem-se o nível prévio de condicionamento físico e a continuidade da prática de exercícios durante a gravidez. Gravidez complicada por doenças subjacentes, nascimentos múltiplos, partos e cesáreas complicadas podem postergar a recuperação, e a resposta sobre a questão do retorno ao mergulho deve ser individualizada. Internações prolongadas com repouso no leito levam à perda da condição física e da capacidade aeróbica que são importantes na prática do mergulho autônomo.

Não se deve esquecer que a mergulhadora durante a gravidez perde muito da sua condição de tolerância prévia ao exercício e que o equipamento é pesado e exige um esforço físico adicional. Após o parto, os cuidados com o bebê podem limitar o tempo disponível da mulher para se dedicar à recuperação da condição física prévia. Além disso, a fadiga decorrente do pouco sono devido aos cuidados com o bebê e amamentação pode retardar o início das atividades de mergulho ou potencializar a fadiga durante o mergulho e até mesmo facilitar o pânico. O sentido da maternidade pode adiar o reinício das atividades de mergulho por motivos psicológicos.

## 3.8.6 Parto

A mergulhadora poderá retornar ao mergulho após seu útero e tornar ao tamanho normal, quando não houver secreção vaginal ou estiver liberada para manter relações sexuais. Esse período é variável e deverá ser individualizado. Geralmente é de 4 a 6 semanas após o parto. Habitualmente o colo uterino volta ao normal em 21 dias. O tônus da musculatura perineal retorna ao



normal em torno da quarta semana, dependendo do grau de atividade física prévia da mulher. Por essa época também já deverá estar bem cicatrizada a episiotomia.

### **3.8.6.1 Cesárea**

A cesárea é uma cirurgia. Além dos fatores mencionados anteriormente deve-se considerar a completa cicatrização da ferida operatória e a reabilitação física da paciente. Deve-se também considerar a doença subjacente que indicou a cesárea. Geralmente, em partos cesáreos uma anemia mais intensa é mais frequente. Um período de 8 semanas parece razoável, se não ocorreram complicações cirúrgicas, para o retorno completo às atividades normais, incluindo o mergulho.

### **3.8.7 Amamentação e o mergulho**

Há quem pergunte se é seguro mergulhar durante o período da amamentação. Quantidades insignificantes de nitrogênio podem estar presentes no leite materno após o mergulho. Entretanto não existe risco de a criança acumular esse nitrogênio. Em relação à mãe, não existe um bom motivo para não mergulhar a menos que haja alguma condição clínica relevante, como uma infecção da mama(mastite) com inflamação intensa e febre, ou até mesmo um abscesso, que comprometa o estado de saúde da mergulhadora e a impeça de mergulhar.



# CAPITULO 4

# Tabelas de Mergulho





## CAPÍTULO 4 – TABELAS DE MERGULHO

### 4.1 TEORIA DA DESCOMPRESSÃO

#### 4.1.1 História

A primeira descrição de problemas relacionados com a pressão em seres humanos foi realizada por Triger, em 1841.

Túneis e Caixas de Construção Subaquáticas eram pressurizados, com ar, para manter fora a água e a lama. Durante o trabalho a profundidade aumentava e com isso os trabalhadores respiravam ar a pressões maiores, retornando à superfície com dores e em algumas vezes, com paralisia. Diversos pesquisadores tentaram explicar tal fenômeno até que o Fisiologista Paul Bert estabelecesse a relação existente entre os "Bends" e as bolhas de Nitrogênio demonstrando que a dor poderia ser revertida através de uma recompressão.

Em 1908 a Marinha Real Inglesa (Royal Navy), preocupada em diminuir os problemas de descompressão em seus mergulhadores, publicou três jogos de tabelas de tempo e profundidade, adaptadas para as Marinhas Inglesas e Americana.

Para os realizadores das tabelas, John Scott Haldane, Arthur E. Boycott e Guybon C. Damant, diferentes áreas do corpo absorvem e liberam Nitrogênio em ritmos diferentes; as quantidades de absorção e eliminação podem ser estimadas utilizando-se uma simples equação matemática; um mergulhador poderia ascender sem problemas de descompressão, desde que a redução da pressão não fosse mais do que a metade.

A maioria das tabelas de mergulho e computadores atualmente em uso são baseadas nos conceitos iniciados por Haldane e desenvolvidos pelos pesquisadores que se seguiram, normalmente com os mesmos 4 conceitos:

1- Estima a pressão parcial do gás inerte, normalmente Nitrogênio, que irá se acumular nas diferentes partes do corpo, chamados de "Compartimentos"

2- Comparam avaliações das pressões parciais internas de Nitrogênio para suas supostas pressões máximas toleráveis, normalmente chamadas de "Valores-M" (M-Values)

3- Estabelecem limites de profundidade e tempo na subida, para que não se ultrapasse os máximos permitidos por qualquer um dos



compartimentos.

4- Caso os compartimentos ultrapassem os seus “Valores-M” durante a subida, as tabelas avisam o mergulhador a fazer uma parada de descompressão, fazendo com que os compartimentos liberem o excesso até que estejam abaixo de “M”, antes de continuar a subida.

Alguns modelos de descompressão entendem o transporte gasoso ou a formação de bolhas diferentemente do modelo Haldaniano.

#### **4.1.2 Fundamentos Básicos da Teoria da Descompressão**

Existem achados da dinâmica do movimento dos gases desde a sua entrada pelos pulmões do mergulhador até sua chegada aos tecidos e se encontrarem num estado de saturação que devem ser entendidos. A teoria da descompressão nos moldes atuais é uma leitura matemática da fisiopatologia da doença descompressiva. O conhecimento da teoria da descompressão facilita o entendimento das propostas relacionadas aos modelos algoritmos criados.

#### **4.1.3 Características dos Gases e Descompressão**

Os gases da mistura gasosa respirada se dissolvem do alvéolo aos tecidos por difusão, seguindo um gradiente de pressão das áreas de maior pressão para as de menor pressão. Os gases inertes usados nas misturas gasosas têm diferentes propriedades de solubilidade e difusibilidade. Essas propriedades interferem na sua taxa de absorção. Essas características também afetam a velocidade de eliminação e consequentemente a descompressão.

O hélio, por exemplo, é menos solúvel nos tecidos que o nitrogênio, porém tem maior velocidade de difusão. A solubilidade menor do hélio diminui a quantidade total incorporada desse gás pelos tecidos e reduz o tempo de descompressão após longos mergulhos profundos. No entanto, a maior difusibilidade faz com que sejam necessárias paradas descompressivas mais profundas para mantê-lo fora de solução durante o procedimento de subida. Esses fatos são considerados na criação de um algoritmo computacional de descompressão para cada gás.

##### **4.1.3.1 Pressão Parcial**

*Pressão Parcial:* É a parte da pressão total, exercida por apenas um gás, em uma mescla de vários gases. Todas as pressões parciais juntas formam a pressão total. A pressão de um gás é a pressão total multiplicada pela fração (porcentagem) daquele gás. A pressão parcial determina o gás inerte que você recebe e elimina.

*“Entender a pressão parcial é muito importante para se entender a descompressão”*



Na superfície, o peso da coluna de ar acima de você, o pressiona. O nitrogênio compõe cerca de 78% do ar, sendo assim, o nitrogênio exerce uma pressão de cerca de 78%.

Por isso é chamado de pressão parcial. O outros 21% da pressão, sobre você, vêm do oxigênio. A soma de todas as pressões parciais iguala a pressão total. É a Lei de Dalton. O Argon tem cerca de 1% de pressão e geralmente se liga ao nitrogênio, a uma pequena quantidade de hélio, ao xenon e outros, perfazendo, no total, 79% de gases inertes, para os cálculos descompressivos. A pressão parcial do nitrogênio é normalmente abreviada pela sigla PN2. Algumas vezes PPN2 é usada, particularmente em engenharia. FO2 é da sigla pressão parcial do oxigênio.

Você pode às vezes ver a expressão FIO2, ao invés de apenas FO2. A FIO2 significa a fração de oxigênio inspirado, que é diferente do oxigênio expirado, escrito como FEO2. Normalmente se deduz ser FIO2 mesmo quando se lê FO2. A pressão parcial do nitrogênio, na mescla respiratória, determina quanto nitrogênio você recebe e elimina. Como a PPN2, do ar que você respira, aumenta com a profundidade, a absorção de nitrogênio aumenta. Quando você reduz a pressão ao seu redor ao ascender, a pressão do nitrogênio que cresceu no seu corpo, excede a PPN2 da água a seu redor. Você está eliminando o nitrogênio. Existem diversas unidades para medir a pressão parcial.

#### **4.1.3.2 Tensão do Gás Inerte Tecidual e Descompressão**

Durante o mergulho, gases são absorvidos pelos tecidos dos mergulhadores. A tensão do gás inerte tecidual, mensurada em unidade de pressão, é a medida do quanto o mergulhador absorve desse gás.

A pressão parcial dos gases da mistura gasosa nos pulmões do mergulhador direciona a absorção dos gases teciduais. À medida que o mergulhador submerge, há um aumento da pressão ambiente. A mistura de gás respirado durante o mergulho tem a mesma pressão. No entanto, demora um tempo para que ocorra aumento da tensão tecidual e ela alcance o valor de pressão dos gases respirados.

Maiores tempos de fundo aumentam a tensão tecidual de gases inertes. Maiores intervalos de superfície diminuem esses valores.

#### **4.1.3.3 Compartimentos**

Em anatomia, tecidos são áreas do corpo, estruturalmente e celularmente similares como, por exemplo, o tecido dos músculos. Na Descompressão, compartimentos são áreas similares na quantidade de gás inerte adquirido. Eles são algumas vezes chamados de "tecidos", mas compartimento é preferido por não se tratar de uma entidade anatômica específica. Todo o nosso corpo absorve nitrogênio sob pressão, mas algumas



áreas do corpo absorvem o gás mais rapidamente do que outras como, por exemplo, os compartimentos de 5 a 10 minutos, comparados com os de 60 a 120 minutos (Maiores explicações na seção meio-tempo).

Pesquisadores contemporâneos preferem usar o termo compartimento e não tecido, isto porque inúmeros mergulhadores e pesquisadores usam o termo tecido e isso pode gerar alguma confusão. Anatomicamente, existem apenas quatro tecidos no corpo humano: muscular, conjuntivo, epitelial e nervoso. Tudo em nosso corpo é feito pela combinação destes quatro tecidos. Para trabalhos de descompressão, o corpo é dividido computadorizadamente em qualquer número de compartimentos. A quantidade depende do modelo.

Apesar do fluxo de sangue poder variar com a atividade ou outros eventos no corpo, e com isso mudar a velocidade anatômica do tecido, os modelos descompressivos, o são para muitos compartimentos, abrangendo assim a maioria das possibilidades. Até agora, pelo menos um fabricante de computadores, lançou uma unidade com a finalidade de lidar com as mudanças no fluxo sanguíneo, motivadas por exercícios ou pelo frio.

#### **4.1.3.4 “Tecidos Rápidos” e “Tecidos Lentos”**

Um tecido rápido absorve e elimina gases de forma rápida e apresenta meios-tempos curtos. Em comparação com os tecidos lentos, eles apresentam tensões de gases mais altas após um mergulho. Como os tecidos rápidos geralmente também apresentam rápida eliminação de gás inerte acumulado, ocorre que eles se beneficiam com as paradas de segurança. As paradas de segurança diminuem de modo significativo as tensões desses gases. Além disso, maiores intervalos de superfície facilitam a eliminação de gases inertes desses tecidos.

Os tecidos de meios-tempos mais curtos são importantes na ocorrência de doença descompressiva, principalmente, porque eles são o modelo de comportamento da cinética dos gases inertes no sistema nervoso central.

Já os tecidos ditos lentos são aqueles que absorvem e eliminam gases em meios-tempos longos. Esses tecidos não têm tempo suficiente de eliminar gás inerte antes do mergulho seguinte, ou seja, o mergulho seguinte de uma sequência de mergulhos sucessivos já ocorre a partir de uma tensão tecidual de gás inerte naquele tecido que ficou do mergulho anterior.

Um tecido é mais rápido que outro em relação à capacidade de eliminação de gás inerte em função da sua vascularização (perfusão) e da afinidade ou capacidade de incorporar o gás em questão. Tecidos com maior conteúdo de gorduras têm maior capacidade de incorporar gases do que os com maior conteúdo aquoso. O mesmo é válido para os mais ricamente vascularizados em relação aos menos.

Portanto, tecidos lentos são o tecido adiposo, o osso, as cartilagens pouco vascularizadas, os líquidos da sinovia e articulações e as cicatrizes. Neles, pela grande distância entre a massa total e os vasos capilares, a difusão é



um fator mais importante que a vascularização na incorporação e eliminação de gases. O meio-tempo desses tecidos acaba limitado pela difusibilidade e a massa total de tecido. Neles, são necessários grandes gradientes de pressão para eliminação do gás inerte. Na descompressão acabam tendo maiores tensões de gás que os tecidos mais vascularizados. Acabam desempenhando o papel de reservatórios de gás, que podem contribuir para o crescimento de bolhas ao fim do mergulho e mesmo na superfície.

Os compartimentos de meios-tempos maiores são importantes no cálculo da formação de bolhas quando se realiza mais de um mergulho no dia, durante vários dias ou se pretende voar após o mergulho. A utilização no cálculo de descompressão de compartimentos de meios-tempos maiores permite definir a eliminação total de uma carga presumida de gás inerte num período mais estendido.

Enquanto a massa de tecido no mergulho pouco varia, o mesmo não se pode dizer em relação à perfusão. Ela varia com o exercício, temperatura, condição física do mergulhador, estado nutricional e velocidade de descida no mergulho. Nos músculos, o exercício causa vasodilatação e aumenta o fluxo sanguíneo, elevando a incorporação muscular de gás inerte. Já na pele e vísceras, o exercício provoca vasoconstrição e diminui o fluxo sanguíneo. Se, por um lado, nessas estruturas diminui a entrada de gás, por outro, decresce a saída do mesmo. Portanto, algumas vezes, deve-se considerar em que parte do mergulho o exercício ocorreu para prevenir o impacto sobre a cinética do gás e produção de bolhas.

Outros fatores também podem entrar na constituição de uma equação matemática. Com o aumento da pressão parcial do oxigênio que ocorre com a elevação da profundidade, há vasoconstrição, na maioria dos tecidos, diminuindo sua perfusão. O frio produz vasoconstrição periférica reduzindo a perfusão na pele. Uma velocidade de descida rápida pode provocar uma redução da perfusão nos ossos e tecidos periféricos. Fumo, desidratação e alguns medicamentos de uso comum, como os descongestionantes nasais, podem alterar a perfusão tecidual. As variáveis que alteram a entrada e saída de gases inertes dos tecidos são muitas e influenciam, de forma negativa, o cálculo da descompressão e não são incorporadas aos algoritmos habituais.

#### **4.1.3.5 Valores-M (M-VALUES)**

Os Valores-M são as tensões máximas de nitrogênio ou outro gás inerte que os diversos compartimentos provavelmente podem tolerar, antes que a Supersaturação produza uma quantidade prejudicial de bolhas. Essas tensões máximas são chamadas de Valores-M (M-Values) onde "M" significa, "Máximo". Os Valores-M existem para qualquer gás inerte usado.

Os Valores-M são pressões e, portanto, as unidades são de pressão. Cada compartimento tem diferentes Valores-M, para diferentes



profundidades.

Os Valores-M em superfície são escritos como "M0" e pronunciados como "M sub zero". Caso os compartimentos ultrapassem "M0", deve-se fazer uma parada de descompressão para que os compartimentos desçam até valores abaixo de "M0".

"M10" é a tensão máxima que pode ser criada ao chegar a 3 metros da superfície, com um risco aceitável.

Os Valores-M permitem que as tabelas e computadores de mergulho determinem os limites de profundidade e tempo para os diferentes compartimentos e assim basear o limite de todo o corpo no compartimento que primeiro atingir o seu máximo, sendo chamado de "Compartimento de Controle".

#### **4.1.3.6 Meios-Tempos (Half-Times)**

Nas equações de descompressão, os Meios-Tempos descrevem a quantidade de nitrogênio ou outro gás inerte, que transita para dentro e para fora do corpo.

Um compartimento com Meio-Tempo de 5 minutos, completa com gás inerte a metade do máximo da sua capacidade, em 5 minutos. O compartimento de 10 minutos completa a sua metade em 10 minutos, o de 20 minutos leva 20 minutos para completar a sua metade, e assim por diante.

A seguir é mostrado o funcionamento dos Meios-Tempos :

Os compartimentos atingem 50% da sua capacidade (equilíbrio) após 1 Meio-Tempo, 75% após 2 Meios-Tempos, 87,5% após 3 Meios-Tempos, 93,75% após 4 Meios-Tempos, e 96,87% após 5 Meios-Tempos. Por convenção, após 6 Meios-Tempos os compartimentos são considerados completamente equilibrados ou "cheios" com a pressão na profundidade.

O modelo Haldaniano coloca no mesmo Meio-Tempo e com a mesma velocidade, a eliminação (offgassing) e a absorção (ongassing), apesar de diversos fatores atrasarem a eliminação do nitrogênio pelo corpo.

Os compartimentos mais rápidos, obviamente, realizam essa tarefa mais rápidos do que os mais lentos.

As partes do nosso corpo absorvem nitrogênio através de Meios-Tempos, variando de segundos até horas, e não através de tempos específicos, tipo 5 ou 10 minutos.

Uma quantidade maior de compartimentos não faz com que os modelos se tornem mais precisos.

Como exemplos temos as seguintes tabelas:

- Ar padrão da US Navy: 5, 10, 20, 40, 80 e 120
- Orca Edge : 5, 11, 17, 24, 37, 61, 87, 125, 197, 271, 392, 480
- Dacor Micro Brain : 4, 11, 31, 86, 238, 396
- Beuchat Aladdin : 4, 12, 26, 54, 108, 304



- Buhlmann ZHL-16 : 4, 7.94, 12.2, 18.5, 26.5, 37, 53, 79, 114, 146, 185, 238, 304, 397, 503, 635

- Compartimentos rápidos e lentos
- Os compartimentos rápidos absorvem e eliminam o gás inerte rapidamente.

- Já os compartimentos lentos absorvem e eliminam o gás lentamente.

Nos tecidos anatômicos, a quantidade depende do fluxo sanguíneo e solubilidade do gás naquela área. Nos modelos de descompressão Haldanianos o fluxo sanguíneo é o principal fator para se estabelecer a velocidade do compartimento.

O Nitrogênio é mais solúvel em tecidos gordurosos do que aquosos. Nos tecidos gordurosos o nitrogênio leva mais tempo para entrar e sair.

O coração, por exemplo, provavelmente possui diversas áreas que absorvem e eliminam o nitrogênio, todas com diferentes velocidades.

Os compartimentos lentos podem receber gás, durante a subida, no mesmo momento em que os compartimentos rápidos estão eliminando o próprio nitrogênio.

#### **4.1.3.7 Saturação e Dessaturação**

O termo saturação significa o corpo conter o máximo de nitrogênio ou outro gás inerte, em determinada profundidade. Ocorre quando os compartimentos têm tempo suficiente para se igualar com a pressão parcial do gás inerte inspirado.

As pessoas estão saturadas de nitrogênio em superfície, ou seja, elas estão equilibradas com a pressão ambiente.

Os compartimentos só estarão completamente saturados ou insaturados após 6 Meios-Tempos, isto quer dizer que o compartimento de 60 minutos, independente da profundidade, será considerado saturado em 6 horas ( $6 \text{ Meios-Tempos} \times 60 \text{ minutos} = 360 \text{ minutos ou 6 horas}$ ). Já o compartimento mais lento de 120 minutos, levará 12 horas ( $6 \text{ Meios-Tempos} \times 120 \text{ minutos} = 720 \text{ minutos ou 12 horas}$ ).

Na dessaturação diversos fatores complexos entram em cena, mas a maioria dos modelos Haldanianos considera o mesmo ritmo de Meio-Tempo, para absorção e eliminação.

Quando as tensões nos compartimentos excedem a pressão ambiente, o compartimento tem mais nitrogênio que pode conter, em equilíbrio. Ocorre quando a pressão cai durante o Ascenso e ao se passar o "Ponto", chamado de Supersaturação Crítica, as bolhas se formam. Alguns pesquisadores acham que, em qualquer grau de Supersaturação, há a criação de bolhas.

Um Ascenso rápido fará com que o nitrogênio saia muito rápido da solução, formando bolhas e problemas descompressivos.



#### 4.1.3.8 Supersaturação

Supersaturação é o estado que ocorre quando um tecido apresenta uma tensão de gás maior do que a que ele pode conter em equilíbrio. Supersaturação ocorre quando a pressão ambiente diminui e temporariamente a tensão do gás em questão excede o equilíbrio de saturação alcançado na profundidade de saturação. Cada tecido orgânico específico pode tolerar uma quantidade de saturação antes de o gás entrar em estado de fase e bolhas começarem a aparecer. As taxas de supersaturação diminuem com a pressão ambiente.

Descompressão segura ocorre quando se pode diminuir a pressão ambiente e mantendo a supersaturação suficientemente alta, de forma que não produza estado de fase gasosa e, ao mesmo tempo, o gás possa ser eliminado.

As mudanças de estado dos gases ocorrem num espectro que passa pelo estado de fase gasosa. Sempre que existe supersaturação, a fase gasosa pode evoluir em micronúcleos e bolhas.

No mergulho seguro, o mergulhador deve poder subir de determinada profundidade até a superfície sem que seja necessário cálculo de descompressão. Um mergulho também é considerado seguro quando a taxa de supersaturação na superfície fica abaixo dos limites aceitáveis que não provoquem a formação de uma quantidade de bolhas que venham a ter expressão clínica na forma de doença descompressiva.

Inicialmente se pensou que a taxa de tensão tecidual em relação à pressão ambiente poderia ser de 2:1 sem produzir bolhas. Um dos primeiros dados experimentais importantes foi à observação de que um organismo pode ser descomprimido à metade da pressão de saturação sem desenvolver doença descompressiva. Experimentos posteriores concluíram que esse princípio de taxa fixa de descompressão é muito conservador para mergulhos rasos e, em contrapartida, não é para mergulhos profundos. Acredita-se que isso ocorre em função de haver múltiplos compartimentos com diferentes taxas de troca gasosa e tolerâncias à supersaturação.

Hoje sabemos que os tecidos rápidos toleram níveis de supersaturação maiores que os lentos apesar de terem meios-tempos menores. Os tecidos rápidos podem continuamente sobrecarregar os lentos durante a eliminação de gases. Os tecidos rápidos, por sua vez, são os responsáveis pelos sintomas mais graves da doença descompressiva. Atualmente constatou-se que isso é um dos problemas de descompressão mesmo quando o mergulhador se encontra nos limites de tempo por profundidade das tabelas. Isso também pode servir de base para se acentuar a necessidade de controle da velocidade de subida.

#### 4.1.3.9 Bolhas

Os gases inertes se difundem também em microbolhas que são



transportadas pela circulação. Quando o mergulhador volta à superfície, alguma parcela do gás entra em fase na circulação sanguínea, que é o compartimento de menor meio-tempo. Chegando aos vasos capilares dos pulmões, essas bolhas ficam presas no filtro pulmonar. Como essas bolhas não são numerosas e apresenta um volume compatível com a sua eliminação, os pulmões acabam eliminando-as de modo que não há doença descompressiva. Os gases das microbolhas observadas acabam deixando o corpo do mergulhador através da ventilação normal. Quando há um excesso de bolhas em relação à capacidade do organismo de eliminar, ocorre doença descompressiva. Quando mergulhamos, podemos estar no limiar entre a formação de bolhas e a manifestação de uma doença.

Bolhas de gás na circulação produzem alterações acústicas que são facilmente detectáveis. Desde que os estudos com Eco-Doppler evidenciaram que a grande maioria dos mergulhadores apresentou bolhas no sistema venoso após o mergulho, elas passaram a ser o foco das atenções dos pesquisadores. A constatação da presença de bolhas na circulação do mergulhador tem permitido um melhor entendimento da doença descompressiva.

Bolhas podem crescer a partir de núcleos pré-existentes. Podemos observar núcleos pré-formados em qualquer substância aquosa conhecida. Acredita-se também que bolhas se formam diretamente num tecido supersaturado assim que a pressão a sua volta diminui. Caso o mergulhador apresente muito gás inerte dissolvido ou suba muito rapidamente, bolhas poderão formar-se a partir de micronúcleos pré-formados.

As bolhas extravasculares podem formar-se tanto na fração aquosa como na gordurosa (de lipídios) dos vários tecidos. Tecidos gordurosos atuam como reservatórios para a maioria das bolhas de gás inerte. Bolhas extravasculares podem ficar num lugar e, por difusão, incorporar mais gás de tecidos adjacentes supersaturados, aumentando de tamanho. Crescendo, essas bolhas podem ter efeito de massa e comprimir estruturas, provocando mais dano tecidual. Bolhas intrateciduais podem acabar entrando na circulação e se tornar bolhas intravasculares.

As bolhas podem formar-se no sangue, ou seja, no espaço intravascular, ou fora dele, em vários tecidos do corpo e são as extravasculares. As pequenas bolhas que se formam na circulação, mas não produzem sintomas, são chamadas de bolhas silenciosas. Uma bolha intravascular pode deixar o sistema circulatório e ficar num tecido.

Em relação às bolhas intravasculares, podemos dizer que elas são mais frequentes no sistema venoso. Há a suspeita de que bolhas venosas se formam primeiramente em tecidos com alto teor de lipídios. Estes, atuando como reservatórios, quando supersaturados, acabariam drenando-as para o sistema venoso. Os vasos venosos, ou seja, as veias e vênulas seriam mais finos que as artérias e, portanto, seriam mais susceptíveis à penetração de gás extravascular.



As bolhas podem crescer e alongar-se, podem juntar-se em grandes bolhas. Uma quantidade muito grande de bolhas pode exceder a capacidade de eliminação pelos pulmões e permanecer na circulação. Bolhas presas pré-formadas em tecidos podem atrair gás inerte que está saindo deles ou de outros tecidos durante o processo normal de eliminação e gerar bolhas extravasculares. Entretanto, não necessariamente bolhas sintomáticas ocorrem a cada mergulho, caracterizando uma doença descompressiva. Frequentemente o mergulhador fica no limiar entre apresentar ou não uma doença descompressiva.

As bolhas têm uma grande relação com as manifestações da doença descompressiva. Bolhas nos ligamentos e tendões podem estimular terminações nervosas e provocar a dor característica da doença descompressiva clássica. No sistema circulatório, as bolhas podem desencadear a cascata da coagulação sanguínea e as suas complicações embólicas. Nos vasos sanguíneos, podem obstruir e produzir isquemia a partir do ponto de obstrução. Elas também podem produzir uma deformação mecânica de um nervo ou estrutura nervosa e causar um dano neurológico.

Bolhas sintomáticas ocorrem em mergulhadores que ficaram muito tempo na profundidade ou subiram muito rapidamente. Outros mergulhadores acabam tendo doença descompressiva por uma razão mais sutil da sua própria fisiologia ou fatores de riscos individuais. Definitivamente ela é um fenômeno biológico que ocorre num determinado indivíduo.

O Eco-Doppler foi um importante instrumento para a identificação das bolhas e sua relação com as manifestações da doença. Ele também possibilita que se revise o grau de exposição ao mergulho e que se definam os limites sem paradas descompressivas das tabelas e algoritmos computacionais em termos de limites aceitáveis ou toleráveis em relação à formação de bolhas. Seu uso acaba sendo um instrumento de validação de tabelas e algoritmos.

#### **4.1.3.10 Algoritmos de Descompressão**

Os computadores de descompressão utilizam algoritmos, que são modelos matemáticos cuja hipótese operacional se baseia em vários exponenciais de absorção ou eliminação de gases respirados sob pressão enquanto se mergulha. Os algoritmos apresentam uma série de equações delineadas para simular o movimento de entrada e saída dos gases inertes no nosso corpo durante a sua compressão e descompressão. Os algoritmos utilizam conceitos e equações básicas de cada modelo de teoria de descompressão. Os mais atuais incluem a questão da formação de bolhas e seu comportamento em termos de volume crítico.

Eles também se utilizam de modelos biofísicos de transporte de gás inerte dissolvido e de formação de bolhas nos vários espaços do corpo humano para prevenir um fenômeno biológico que é a doença descompressiva. Este modelo matemático aceita a informação de variáveis



que, colocadas numa fórmula matematicamente escrita, acabam gerando um resultado em conformidade com os perfis de mergulho em que a experiência prática prévia não evidenciou doença descompressiva. Isso diz que ele foi validado.

Ele serve, em última análise, para predizer esquemas de tempo a determinada profundidade que serão necessários para que o gás inerte incorporado nos vários compartimentos do corpo humano representados pela circulação sanguínea e tecidos seja eliminado através da ventilação realizada pelos pulmões. O resultado final do cálculo são os limites de tempo ou as necessidades de descompressão para que não se apresente doença descompressiva com um risco presumido. Dessa forma, o mesmo modelo é usado para a confecção de tabelas de descompressão no mergulho.

Modelos matemáticos de descompressão vêm sendo desenvolvidos desde o início do século passado e diferem entre si em relação a muitas questões básicas ainda não resolvidas. O padrão de descompressão seguro combina as equações relacionadas às trocas de gases que ocorrem no corpo do mergulhador com os dados experimentais de tensões de gases toleradas sem desencadear doença descompressiva.

Nos últimos 20 anos, podemos observar uma grande variedade de algoritmos computacionais de programas de descompressão. Mais recentemente, pesquisas, inicialmente realizadas na Universidade do Havaí, acabaram incluindo outras variáveis relacionadas à interação dos gases com o corpo humano, sendo disponibilizados novos algoritmos. Parece que as dúvidas relacionadas à doença descompressiva e os algoritmos utilizados em tabelas ou computadores de mergulho encabeçam a lista de prioridades na prevenção de doenças no mergulho recreativo. A concepção e validação de novas tabelas requerem tempo e volumosos investimentos.

## 4.2 SITUAÇÕES ESPECIAIS NO MERGULHO

### 4.2.1 Mergulho Multinível

O mergulho multinível tem sua justificativa lógica baseada no fato de saber que a maioria dos mergulhadores não passa todo o tempo à profundidade máxima. Ele considera as diferenças nos vários seguimentos do mergulho, calculando um perfil revisado da quantidade teórica de nitrogênio absorvida a cada profundidade. Para se realizar um mergulho em níveis diferentes de profundidade de forma segura é necessário que a parte mais profunda do mergulho seja realizada em primeiro lugar. Atualmente a análise dos dados estatísticos permite concluir que o perfil de mergulho quadrado possibilita uma ocorrência maior de doença descompressiva quando comparado ao mergulho multinível, desde que iniciado na parte mais funda, seguindo para o raso. Essa conclusão talvez tenha sido tirada da constatação de



que, na prática, no mergulho multinível realizam-se mergulhos, com menor tempo no fundo, na profundidade máxima e de que se adiciona uma velocidade de subida mais lenta.

O mergulho multinível levado no sentido contrário é mais perigoso, pois qualquer bolha formada irá expandir-se mais rapidamente quando o mergulhador retornar à superfície como resultado de um maior gradiente de pressão entre os tecidos e as bolhas. Cabe salientar que mergulhos sucessivos combinados com mergulho multinível são muito complicados no ponto de vista matemático.

Os computadores de mergulho tornaram possível o mergulho Multinível, pois apresentam capacidade de calcular os meios-tempos relacionados à absorção e liberação do nitrogênio baseados na profundidade e tempo em cada segmento do mergulho.

#### **4.2.2 Mergulho Repetitivo**

Pela definição, o mergulho repetitivo é aquele realizado dentro do intervalo de superfície maior que 10 minutos e menor que 12 horas. Esse limite de 12 horas é o tempo que o organismo humano leva para eliminar totalmente o nitrogênio dissolvido no sangue, mesmo após o mergulhador ter cumprido todas as paradas de descompressão no mergulho anterior ou ter feito uso da Tabela de Limite Sem Descompressão.

Para um melhor entendimento, no mergulho repetitivo, o mergulhador sempre iniciará o segundo mergulho com um “acréscimo” de nitrogênio proporcionado pelo mergulho anterior. Esse dado é obtido consultando-se nas tabelas apropriadas, tendo como parâmetros o tempo do intervalo de superfície entre os mergulhos e o Grupo Sucessivo do primeiro mergulho.

Nos intervalos de superfície inferiores a 10 minutos, some o tempo do intervalo ao tempo de fundo do mergulho anterior e calcule o novo esquema de descompressão, levando em conta o tempo total de permanência no fundo, o intervalo de superfície e os tempos gastos na subida do primeiro mergulho e na descida do mergulho subsequente.

#### **4.2.3 O Mergulho em Altitude**

A pressão atmosférica ao nível do mar é maior do que nas grandes altitudes, pois o ar “pesa” e está apoiado em tudo o que existe. Em outras palavras, a pressão atmosférica diminui na proporção em que a altitude aumenta. Este fato é muito relevante, principalmente na atividade profissional do Corpo de Bombeiros, pois um grande número de mergulhos realiza-se em localidades cuja altitude está acima do nível do mar. Mergulhos realizados sob essas condições necessitam, então, que sejam feitas as devidas conversões da profundidade atingida para a sua equivalente ao nível do mar. O método de ajuste empírico, adota fatores de correção fixos para quatro faixas de altitude. Basta determinar o fator adequado para a altitude e multiplicá-lo pela



profundidade real do mergulho para obter a profundidade fictícia a ser usada nas tabelas. Este método é baseado no mesmo princípio que o método de

Altitude (m)	Fator de Correção
0 a 100	1.00
100 a 300	1.25
300 a 2.000	1.33
2.000 a 3.000	1.50

Cross, mas é mais simples para aplicação em campo e mais conservador. A tabela abaixo apresenta os fatores de correção para cada faixa de altitude.

Muitas das tabelas mais recentes apresentam seus próprios métodos de correção. A maior vantagem destas tabelas com relação ao método de Cross é que as compensações para altitude foram estudadas desde o início como parte integrante das tabelas, o que faz com que, mesmo que não testadas de forma abrangente, estas correções sejam compatíveis com os modelos matemáticos ou estatísticos utilizados na elaboração das tabelas.

### 4.3 PROCEDIMENTOS ESPECIAIS

Algumas variáveis ou fatores adversos surgem no decorrer do mergulho ou logo após a idealização do prévio esquema de descompressão, alterando as condições e exigindo um novo esquema. São essas as situações:

1. Atrasos na subida;
2. Velocidade de subida maior do que 18m/min;
3. Esforço excessivo ou frio exagerado;
4. Descompressão omitida.

#### 4.3.1 Atrasos na subida

São considerados atrasos na subida do mergulhador, todo evento que implica na redução da velocidade de subida de 18m/min.

Esses atrasos podem ocorrer em duas situações:

##### **1º) O atraso ocorre em profundidade maior que 15m ou 50 pés:**

Nessa situação, deve-se somar o tempo correspondente ao atraso ao tempo de fundo do mergulho executado e calcula-se a descompressão para esse novo valor de tempo.



## **2<sup>a</sup>) O atraso ocorre em profundidade menor que 15m ou 50 pés:**

Nessa situação, o tempo de atraso será somado ao tempo da primeira parada.

### **4.3.2 Velocidade de subida superior a 18m/min**

Quando o mergulhador ultrapassa a velocidade padrão de subida de

1 pé/seg (velocidade da bolha de ar), está sujeito a outras duas situações:

**1<sup>a</sup>) Mergulhos sem descompressão:** Nesse caso o mergulhador deverá parar aos 3m (10 pés) e permanecer pelo tempo ganho na subida.

**2<sup>a</sup>) Mergulhos com descompressão:** Nesse caso ele deverá parar 3m abaixo da primeira parada pelo tempo ganho na subida.

### **4.3.3 Esforço excessivo ou frio exagerado**

Durante a execução do mergulho, se o mergulhador perceber que a temperatura da água está demasiadamente fria, ou se for submetido a um grande esforço físico, o consumo de ar se acentua, bem como haverá uma predisposição do organismo a incorporar mais nitrogênio nos tecidos. Dessa forma, temos que corrigir nosso esquema de descompressão para o tempo imediatamente superior na tabela de mergulho.

### **4.3.4 Descompressão omitida**

Se as tabelas forem desrespeitadas em todo ou em parte, o mergulhador estará correndo sério risco de ser acometido de DD.

## **4.4 TABELAS DE MERGULHO**

Todo mergulho com ar requer descompressão. Nos últimos 20 anos, podemos observar uma grande variedade de algoritmos computacionais de programas de descompressão. Inicialmente eles se baseavam no modelo de descompressão proposto por Haldane. Pesquisas inicialmente realizadas na Universidade do Havaí, que incluem outras variáveis relacionadas à interação dos gases com o corpo humano, disponibilizaram novos algoritmos. Em resumo, os cálculos realizados propunham mergulhos com primeiras paradas mais profundas, mas com duração não muito diferente das tabelas convencionais para o mergulho profundo.

Outras mudanças ocorreram desde os experimentos iniciais de Haldane, principalmente relacionadas à velocidade de subida. Haldane usou uma taxa de subida de 9 metros por minuto, que era lenta o suficiente para evitar a formação de bolhas e compatível com o tipo de equipamento usado, que eram os escafandros. Como o mergulho autônomo permite uma liberdade de subida maior, as taxas de velocidade de subida aumentaram. Após um período de



tempo considerável durante o qual se preconizava a velocidade de subida de 18 metros/minuto (Marinha Norte-Americana, 1956), ela acabou diminuindo para 12 metros/minuto (Hills, 1966-76), depois indo para 10 metros/minuto (Buhlmann, 1975), finalmente até os 9 metros/minuto, preconizados pela maioria das entidades relacionadas à prática do mergulho recreacional seguro.

As vantagens de diminuir a velocidade de subida vão além da simples oportunidade de eliminação do gás acumulado durante o mergulho. Elas incluem a diminuição da produção de êmbolos gasosos venosos, menos obstrução do filtro pulmonar e menos chance de barotrauma pulmonar.

São muitos os problemas existentes no desenvolvimento de um modelo matemático ideal para prevenir a doença descompressiva. As dificuldades não recaem somente sobre a escolha de beneficiar os tecidos lentos ou rápidos e a sua correlação com mergulhos profundos e rápidos ou demorados. As dificuldades se concentram no fato de não existir um conhecimento claro que defina a escolha a ser seguida, ou seja, por se seguirem argumentos ainda não bem esclarecidos relacionados à difusão ou à perfusão de gás nos vários tecidos. Em geral, o que podemos observar é que as tabelas atuais são mais efetivas em reduzir a doença descompressiva em tecidos de meios-tempos mais lentos do que nos rápidos como o sistema nervoso central.

#### **4.4.1 Tabelas Utilizadas no Corpo de Bombeiros**

As tabelas de descompressão para mergulhos a ar são: Tabela de Limite Sem Descompressão – TLSD; Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual – TNR; Tabela Padrão de Descompressão a Ar – TPD;

##### **4.4.1.1 Nomenclatura básica**

Alguns conceitos e definições são fundamentais para o perfeito entendimento e desenvolvimento desse capítulo. São eles:

**Grupo de Repetição** - indicado por uma letra, relaciona-se com a quantidade de nitrogênio residual no organismo de um mergulhador após um dado mergulho.

**Intervalo de Superfície** (IS)- tempo que um mergulhador passa na superfície entre dois mergulhos. Começa a ser contado quando ele chega à superfície (CS) e termina quando ele a deixa, para um segundo mergulho (DS).

**Mergulho de Repetição ou Sucessivo** - qualquer mergulho realizado após um intervalo de superfície (IS) menor que 12 horas.

**Mergulho Simples** - qualquer mergulho realizado após um período maior que 12 horas na superfície.

**Nitrogênio Residual** - nitrogênio ainda dissolvido nos tecidos do mergulhador após sua chegada à superfície e que, ainda, leva certo tempo para



ser eliminado.

**Profundidade:** usada para demarcar os limites alcançados durante um mergulho; indica a profundidade máxima alcançada no mergulho, medida em metros ou pés;

**Tempo de Fundo:** é o tempo total decorrido desde o momento que o mergulhador deixa a superfície (DS) até o instante em que ele deixa o fundo (DF), iniciando a subida. É medido em minutos;

**Tempo de Nitrogênio Residual** - Abreviação: TNR. É um tempo, medido em minutos, que deve ser adicionado ao tempo de fundo de um mergulho sucessivo, de modo a compensar o nitrogênio residual proveniente de um mergulho anterior.

**Mergulho excepcional** - é um mergulho cujo fator tempo de fundo/profundidade não permite a realização de qualquer outro mergulho antes de decorridas 12 (doze) horas após o mesmo.

**Mergulho repetitivo simples** - é um mergulho no qual o tempo de fundo usado para selecionar a tabela de descompressão é a soma do tempo de nitrogênio residual mais o tempo de fundo do mergulho posterior

#### 4.4.1.2 Tabela de Limite Sem Descompressão

Permite mergulhos sem paradas para descompressão; fornece a letra designativa do grupo sucessivo. É a tabela recomendada para ser utilizada nas operações de mergulho feitas com equipamento autônomo.

##### **Argumentos de entrada**

- Profundidade próxima maior;
- Tempo de fundo próximo maior.

##### **Dados obtidos**

- Máximo tempo de fundo sem descompressão para a profundidade desejada;
- Letra do grupo sucessivo para os próximos mergulhos sem descompressão.

##### **Velocidade de subida**

- 18m/min – (60 pés/min) ou 1pé/segundo.



## TABELA DE LIMITE SEM DESCOMPRESSÃO

PROF	LSD	GRUPO DE REPETIÇÃO																	
		M	PÉS	MIN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3	10		60	120	210	300													
4,5	15		35	70	110	160	225	350											
6	20		25	50	75	100	135	180	240	235									
7,5	25		20	35	55	75	100	125	160	195	245	315							
10	30		15	30	45	60	75	95	120	145	170	205	250	310					
10,5	35		310	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160	190	220	270	310	
12	40		200	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130	150	170	200		
15	50		100		10	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100				
18	60		60		10	15	20	25	30	40	50	55	80						
21	70		50		5	10	18	20	30	35	40	45	50						
24	80		40		5	10	15	20	25	30	35	40							
27	90		30		5	10	12	15	20	25	30								
30	100		25		5	7	10	15	20	22	25								
33	110		20		5	10	13	15	20										
36	120		15		5	10	12	15											
39	130		10		5	8	10												
42	140		10		5	7	10												
45	150		5		5	5													
48	160		5			5													
51	170		5			5													
54	180		5			5													
57	190		5			5													

### 4.4.1.3 Tabela de Tempo de Nitrogênio Residual

Permite o cálculo e determinação do TNR em mergulhos sucessivos. Fornece os grupos sucessivos para intervalos de superfície maiores que 10 minutos e menores que 12 horas.

#### Primeira Etapa:

##### **Argumentos de entrada**

- Grupo sucessivo do mergulho anterior;
- Intervalo de superfície.

##### **Dados obtidos**

- Novo grupo sucessivo.

#### Segunda etapa:

##### **Argumentos de entrada**

- Novo grupo sucessivo;
- Profundidade do novo mergulho.



## Dados obtidos

- Tempo de nitrogênio residual a ser somado ao tempo de fundo do próximo mergulho.

## TABELA DE TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

NOVO GRUPO *																
Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
0:10 O:22 O:23	0:23 0:48 0:36	0:35 0:48 0:51	0:29 1:02 1:07	1:03 1:18 1:24	1:19 1:36 1:43	1:37 1:55 2:17	1:56 1:44 2:04	2:18 2:05 2:29	2:43 2:30 2:59	3:11 3:00 3:33	3:46 3:23 3:47	4:30 4:29 4:17	5:27 5:17 5:16	5:28 5:17 5:16	6:57 6:45 6:44	1000 1005 1200
	0:10 O:24 O:23	0:37 0:52 0:54	0:52 1:08 1:11	1:08 1:24 1:30	1:25 1:43 1:53	1:44 2:04 2:18	2:05 2:29 2:47	2:30 2:59 3:22	3:00 3:33 4:05	3:34 3:23 4:05	4:18 4:05 4:04	4:29 4:17 4:03	5:17 5:16 5:03	6:45 6:44 6:32	9:55 9:34 9:43	1200
N M	0:10 0:24	0:25 0:39	0:40 0:54	0:55 1:11	1:12 1:30	1:31 1:53	1:54 2:18	2:19 2:47	2:48 3:22	3:23 4:04	4:05 4:03	4:05 4:03	5:04 5:03	6:33 6:32	9:44 9:43	1200
	0:10 0:25	0:26 0:42	0:43 0:59	1:00 1:39	1:19 1:39	1:40 2:05	2:06 2:34	2:35 3:08	3:09 3:52	3:53 4:49	4:50 4:49	4:50 4:49	6:19 6:18	9:29 9:28	1200	
L K	0:10 0:28	0:27 0:49	0:48 1:11	1:05 1:35	1:26 1:49	1:26 1:49	1:50 2:19	2:20 2:53	2:20 3:36	2:24 3:36	2:54 3:45	3:37 3:36	4:36 4:35	6:03 6:02	9:13 9:12	1200
	0:10 0:28	0:29 0:49	0:50 1:11	1:12 1:35	1:36 2:03	1:36 2:38	2:04 3:21	2:04 4:19	2:04 5:48	2:39 3:19	3:22 4:19	3:22 4:19	4:20 5:48	5:49 8:58	8:59 1200	
J I	0:10 0:31	0:32 0:54	0:55 1:19	1:20 1:47	1:48 2:20	1:48 2:20	2:21 2:44	2:21 3:04	3:05 4:02	4:21 4:43	4:21 4:43	4:21 4:43	5:41 5:40	8:41 8:40	1200	
	0:10 0:33	0:34 0:59	1:00 1:29	1:80 2:02	2:44 2:44	2:44 2:44	2:45 3:43	2:45 3:43	2:45 3:43	3:45 5:12	3:45 5:12	3:45 5:12	5:13 8:21	8:22 1200		
H G	0:10 0:40	0:37 1:06	1:07 1:41	1:42 2:23	1:42 3:20	1:42 3:20	2:24 3:20	2:24 4:49	3:21 7:59	3:21 7:59	4:50 7:59	4:50 7:59	4:50 7:59	8:00 7:59	1200	
	0:10 0:40	0:41 1:15	1:16 1:59	1:16 2:58	1:16 2:58	1:16 2:58	2:00 2:45	2:00 4:25	2:59 7:35	2:59 7:35	4:26 7:35	4:26 7:35	4:26 7:35	7:36 7:35	1200	
F E	0:10 0:54	0:46 1:29	1:30 2:28	2:29 3:57	2:29 3:57	2:29 3:57	3:58 7:05	3:58 7:05	3:58 7:05	3:58 7:05	5:49 7:05	5:49 7:05	5:49 7:05	7:06 7:05	1200	
	0:10 0:54	0:55 1:57	1:58 3:22	3:23 6:32	3:23 6:32	3:23 6:32	6:33 1200									
D C	0:10 0:10	1:10 2:38	2:39 5:48	2:39 5:48	2:39 5:48	2:39 5:48	5:49 1200									
	0:10 0:10	1:40 2:49	2:50 5:48													
B A	0:10 0:10	2:10 2:10	2:11 2:11													
	0:10 0:10	2:10 2:10	2:11 2:11													

LETRA DO GRUPO REPETITIVO

\* O Novo Grupo deve ser aplicado na próxima Tabela, para cálculo do Tempo de Nitrogênio Residual

## TEMPO DE NITROGÊNIO RESIDUAL

PROFOUNDIDADE DO MERGULHO DE REPETIÇÃO (PÉS)																
GR *	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
A	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
B	17	15	11	9	8	7	7	6	6	6	5	5	4	4	4	4
C	25	21	17	15	13	11	10	10	9	8	7	7	6	6	6	6
D	37	29	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8
E	49	38	30	26	23	20	18	16	15	13	12	12	11	10	10	10
F	61	47	36	31	28	24	22	20	18	16	15	14	13	13	12	11
G	73	56	44	37	32	29	26	24	21	19	18	17	16	15	14	13
H	87	66	52	43	38	33	30	27	25	22	20	19	18	17	16	15
I	101	76	61	50	43	38	34	31	28	25	23	22	20	19	18	17
J	116	87	70	57	48	43	38	34	32	28	26	24	23	22	20	19
K	138	99	79	64	54	47	43	38	35	31	29	27	26	24	22	21
L	161	111	88	72	61	53	48	42	39	35	32	30	28	26	25	24
M	187	124	97	80	68	58	52	47	43	38	35	32	31	29	27	26
N	213	142	107	87	73	64	57	51	46	40	38	35	33	31	29	28
O	241	160	117	96	80	70	62	55	50	44	40	38	36	34	31	30
Z	257	169	122	100	84	73	64	57	56	46	42	40	37	35	32	31

\* O Grupo Repetitivo (GR) é obtido na tabela anterior.



#### 4.4.1.4 Tabela Padrão de Descompressão a Ar

Permite a descompressão na água; apresenta esquemas para tempos normais e excepcionais de exposição (tempos de fundo exagerados), sendo também usada para calcular a descompressão dos mergulhos sucessivos.

##### Argumentos de entrada

- Profundidade – a próxima maior existente na tabela;
- Tempo de fundo – o próximo maior existente na tabela.

##### Dados obtidos

- Profundidade das paradas para descompressão;
- Tempo para chegar na primeira parada;
- Tempo em cada parada;
- Letra designativa do grupo sucessivo.

##### Velocidade de subida:

- 18m/min - (60pés/min) ou 1 pé/segundo.

**TABELA PADRÃO DE DESCOMPRESSÃO A AR**

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
40 (12m)	200	-						0	0:40	*
	210	0:30						2	2:40	N
	230	0:30						7	7:40	N
	250	0:30						11	11:40	O
	270	0:30						15	15:40	G
	300	0:30						19	15:40	Z
	360	0:30						23	23:40	**
	480	0:30						41	41:40	
	720	0:30						69	69:40	**



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
50 (15m)	100	-						0	0:50	*
	110	0:40						3	3:50	L
	120	0:40						5	5:50	M
	140	0:40						10	10:50	M
	160	0:40						21	21:50	N
	180	0:40						29	29:50	O
	200	0:40						35	35:50	O
	220	0:40						40	40:50	Z
	240	0:40						47	47:50	Z

\* Veja tabela de limite sem descompressão

\*\* Indica que o mergulho é de exposição excepcional, ou seja o tempo de fundo e a descompressão são demasiadamente longos, fugindo do objeto de estudo deste Manual.

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
60 (18m)	60	-						0	1:00	*
	70	0:50						2	3:00	K
	80	0:50						7	8:00	L
	100	0:50						14	15:00	M
	120	0:50						26	27:00	N
	140	0:50						39	40:00	O
	160	0:50						48	49:00	Z
	180	0:50						56	57:00	Z
	200	0:40					1	69	71:00	Z
	240	0:40					2	79	82:00	**
	360	0:40					20	119	140:00	**
	480	0:40					44	148	193:00	**
	720	0:40					78	187	266:00	**



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
70 (21m)	50	-						0	1:10	*
	60	1:00						8	9:10	K
	70	1:00						14	15:10	L
	80	1:00						18	19:10	M
	90	1:00						23	24:10	N
	100	1:00						33	34:10	N
	110	0:50					2	41	44:10	O
	120	0:50					4	47	52:10	O
	130	0:50					6	52	59:10	O
	140	0:50					8	56	65:10	Z
	150	0:50					9	61	71:10	Z
	160	0:50					13	72	86:10	Z
	170	0:50					19	79	99:00	Z

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
80 (24m)	40	-						0	1:20	*
	50	1:10						10	11:20	K
	60	1:10						17	18:20	L
	70	1:10						23	24:20	M
	80	1:00					2	31	34:20	N
	90	1:00					7	39	47:20	N
	100	1:00					11	46	58:20	O
	110	1:00					13	53	67:20	O
	120	1:00					17	56	74:20	Z
	130	1:00					19	63	83:20	Z
	140	1:00					26	69	96:20	Z
	150	1:00					32	77	110:20	Z
	180	1:00					35	85	121:20	**
	240	0:50				6	52	120	179:20	**
	360	0:50				29	90	160	280:20	**
	480	0:50				59	107	187	354:20	**
	720	0:40			17	108	142	187	455:20	**

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
90 (27m)	30	-						0	1:30	*
	40	1:20						7	8:30	J
	50	1:20						18	19:30	L
	60	1:10						25	26:30	M
	70	1:10					7	30	38:30	N
	80	1:10					13	40	54:30	N
	90	1:10					18	48	67:30	O
	100	1:10					21	54	76:30	Z
	110	1:10					24	61	86:30	Z
	120	1:10					32	68	101:30	Z
	130	1:00				5	38	74	118:30	Z

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
100 (30m)	25	-						0	1:40	*
	30	1:30						3	4:40	I
	40	1:30						15	16:40	K
	50	1:20					2	24	27:40	L
	60	1:20					9	28	38:40	N
	70	1:20					17	39	57:40	O
	80	1:20					23	48	72:40	O
	90	1:10				3	23	57	84:40	Z
	100	1:10			7	23	66	97:40	Z	
	110	1:10			10	34	72	117:40	Z	
	120	1:10			12	41	78	132:40	Z	
	180	1:00		1	29	53	118	202:40	**	
	240	1:00		14	42	84	142	283:40	**	
	360	0:50	2	42	73	111	187	416:40	**	
	480	0:50	21	61	91	142	187	503:40	**	
	720	0:50	55	106	122	142	187	613:40	**	



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS						TTD Min	GR
			M PÉS	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
110 (33m)	20	-						0	1:50	*
	25	1:40						3	4:50	H
	30	1:40						7	8:50	J
	40	1:30					2	21	24:50	L
	50	1:30					8	26	35:50	M
	60	1:30					18	36	55:50	N
	70	1:20				1	23	48	73:50	O
	80	1:20				7	23	57	68:50	Z
	90	1:20				12	30	84	107:50	Z
	100	1:20				15	37	72	125:50	Z

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS								TTD Min	GR
			M PÉS	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
120 (36m)	15	-								0	2:00	*
	20	1:50								2	4:00	H
	25	1:50								6	8:00	I
	30	1:50								14	16:00	J
	40	1:40							5	25	32:00	L
	50	1:40							15	31	48:00	N
	60	1:30						2	22	45	71:00	O
	70	1:30						9	23	55	89:00	O
	80	1:30						15	27	63	107:00	Z
	90	1:30						19	37	74	132:00	Z
	100	1:30						23	45	80	150:00	Z
	120	1:20				10	19	47	98		176:00	**
	180	1:10			5	27	37	76	137		284:00	**
	240	1:10			23	35	60	97	179		396:00	**
	360	1:00		18	45	64	93	142	187		551:00	**
	480	0:50	3	41	64	93	122	142	187		654:00	**
	720	0:50	32	74	100	114	122	142	187		773:00	**

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS								TTD Min	GR
			M PÉS	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
130 (39m)	10	-								0	2:10	*
	15	2:00								1	3:10	F
	20	2:00								4	6:10	H
	25	2:00								10	12:10	J
	30	1:50							3	18	23:10	M
	40	1:50							10	25	37:10	N
	50	1:40						3	21	37	63:10	O
	60	1:40						9	23	52	86:10	Z
	70	1:40						16	24	61	103:10	Z
	80	1:30					3	19	35	72	131:10	Z
	90	1:30						8	19	45	80	154:10

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS										TTD Min	GR				
			M PÉS	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10						
140 (42m)	0	-											0	2:20	*			
	15	2:10											2	4:20	G			
	20	2:10											6	8:20	I			
	25	2:00											2	14	J			
	30	2:00											5	21	K			
	40	1:50									2	16	26	46:20	N			
	50	1:50									6	24	44	76:20	O			
	60	1:50									16	23	56	97:20	Z			
	70	1:40									4	19	32	68	125:20	Z		
	80	1:40									10	23	41	79	155:20	Z		
	90	1:30									2	14	18	42	88	166:20	**	
	120	1:30									12	14	36	56	120	240:20	**	
	180	1:20									10	28	32	54	94	168	385:20	**
	240	1:10					8	28	34	50	78	124	187	511:20	**			
	380	1:00			9	32	42	64	84	122	142	187	684:20	**				
	480	1:00			31	44	59	100	114	122	142	187	801:20	**				
	720	0:50			18	58	88	97	100	114	122	142	187	924:20	**			



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS										TTD Min	GR	
			M PÉS	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
150 (45m)	5	-											0	2:30	C
	10	2:20											1	3:30	E
	15	2:20											3	5:30	G
	20	2:10									2	7	11:30	H	
	25	2:10									4	17	23:30	K	
	30	2:10									8	24	34:30	L	
	40	2:00								5	19	33	59:30	N	
	50	2:00								12	23	51	88:30	O	
	60	1:50							3	19	26	62	112:30	Z	
	70	1:50							11	19	39	75	146:30	Z	
	80	1:40							1	17	19	50	173:30	Z	

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS										TTD Min	GR	
			M PÉS	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
160 (48m)	5	-											0	2:40	D
	10	2:30											1	3:40	F
	15	2:20										1	4	7:40	H
	20	2:20										3	11	16:40	J
	25	2:20									7	20	29:40	K	
	30	2:10								2	11	25	40:40	M	
	40	2:10								7	23	39	71:40	N	
	50	2:00							2	16	23	55	98:40	Z	
	60	2:00							9	19	33	69	132:40	Z	
	70	1:50							1	17	22	44	166:40	Z	



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min	GR										
			M PÉS	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3												
170 (51m)	5	-													0	2:50	D									
	10	2:40													2	4:50	F									
	15	2:30													2	5	9:50	H								
	20	2:30													4	15	21:50	J								
	25	2:20													2	7	34:50	L								
	30	2:20													4	13	45:50	M								
	40	2:10													1	10	81:50	O								
	50	2:10													5	18	23	61	109:50	Z						
	60	2:00													2	15	22	37	74	152:50	Z					
	70	2:00													8	17	19	51	86	183:50	Z					
	90	1:50													2	12	14	34	52	120	246:50	**				
	120	1:30													2	10	12	18	32	42	82	156	356:50	**		
	180	1:20													4	10	22	28	34	50	78	120	187	535:50	**	
	240	1:20													18	24	30	42	50	70	116	142	187	681:50	**	
	360	1:10													22	34	40	52	60	98	114	122	142	187	873:50	**
	480	1:00													14	40	42	56	91	97	100	114	122	142	187	1007:50

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min	GR					
			M PÉS	27	24	21	18	15	12	9	6	3									
180 (54m)	5	-													0	3:00	D				
	10	2:50													3	6:00	F				
	15	2:40													3	6	12:00	I			
	20	2:30													1	5	17	26:00	K		
	25	2:30													3	10	24	40:00	L		
	30	2:30													6	17	27	53:00	N		
	40	2:20													3	14	23	50	93:00	O	
	50	2:10													2	9	19	30	65	128:00	Z
	60	2:10													5	16	19	44	81	168:00	Z



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS											TTD Min	GR
			M PÉS	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10			
190 (57m)	5	-											0	3:10	D
	10	2:50										1	3	6:00	G
	15	2:50									4	7	14:10	I	
	20	2:40								2	6	20	31:10	K	
	25	2:40								5	11	25	44:10	M	
	30	2:30							1	8	19	43	63:10	N	
	40	2:30							8	14	23	55	103:10	O	
	50	2:20						4	13	22	33	72	147:10	Z	
	60	2:20						10	17	19	50	84	183:10	Z	

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS													TTD Min
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10	
200 (60m)	5	3:10													1	4:20
	10	3:00												1	4	8:20
	15	2:50											1	4	10	18:20
	20	2:50											3	7	27	40:20
	25	2:50											7	14	25	49:20
	30	2:40										2	122	22	37	73:20
	40	2:30										2	8	17	23	59
	50	2:30									6	16	22	39	75	161:20
	60	2:20								2	13	17	24	51	89	199:20
	90	1:50					1	10	10	12	12	30	38	74	134	324:20
	120	1:40			6	10	10	10	24	28	40	64	98	180	473:20	
	180	1:20	1	10	10	18	24	24	42	48	70	106	142	187	685:20	
	240	1:20	6	20	24	24	36	42	54	68	114	122	142	187	842:20	
	360	1:10	12	22	36	40	44	56	82	98	100	114	122	142	187	1058:20

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS													TTD Min					
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10						
210 (63m)	5	3:20														1	4:30				
	10	3:10														2	4	9:30			
	15	3:00														1	5	13	22:30		
	20	3:00														4	10	23	40:30		
	25	2:50														2	7	17	56:30		
	30	2:50														4	9	24	41	81:30	
	40	2:40														4	9	19	26	63	124:30
	50	2:30											1	9	17	19	45	80	174:30		

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS													TTD Min					
			39 130	36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10						
220 (66m)	5	3:30														2	5:40				
	10	3:20														2	5	10:40			
	15	3:10														2	5	16	26:40		
	20	3:00														1	3	11	24	42:40	
	25	3:00														3	8	19	33	66:40	
	30	2:50														1	7	10	23	47	91:40
	40	2:50														6	12	22	29	68	140:40
	50	2:40														3	12	17	18	51	86

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS													TTD Min						
			36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10								
230 (69m)	5	3:40														2	5:50					
	10	3:20														1	2	6	12:50			
	15	3:20														3	6	18	30:50			
	20	3:10														2	5	12	26	48:50		
	25	3:10														4	8	22	37	74:50		
	30	3:00														2	8	12	23	51	99:50	
	40	2:50														1	7	15	22	34	74	156:50
	50	2:50														5	14	16	24	51	89	202:50



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min	
			36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
240 (72m)	5	3:50													2	6:00
	10	3:30										1	3	6	14:00	
	15	3:30										4	6	21	35:00	
	20	3:20									3	6	15	25	53:00	
	25	3:10								1	4	9	24	40	82:00	
	30	3:10								4	8	15	22	56	109:00	
	40	3:00							3	7	17	22	39	75	167:00	
	50	2:50						1	8	15	16	29	51	94	218:00	

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min	
			36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
250 (75m)	5	3:50													2	7:10
	10	3:40										1	2	7	16:10	
	15	3:30										1	4	7	22	38:10
	20	3:30										4	7	17	27	59:10
	25	3:20								2	7	10	24	45	92:10	
	30	3:20								6	7	17	23	59	116:10	
	40	3:10								5	9	17	19	45	79	178:10
	60	2:40				4	10	10	10	12	22	36	64	126	298:10	
	90	2:10	8	10	10	10	10	10	28	28	44	68	98	186	514:10	

PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min
			36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10	
260 (78m)	5	4:00											1	2	7:20
	10	3:50										2	4	9	19:20
	15	3:40									2	4	10	22	42:20
	20	3:30								1	4	7	20	31	67:20
	25	3:30								3	8	11	23	50	99:20
	30	3:20							2	6	8	19	26	61	126:20
	40	3:10						1	6	11	16	19	49	84	190:20



PROF Pés	TTF Min	TPP Min	PARADAS												TTD Min	
			36 120	33 110	30 100	27 90	24 80	21 70	18 60	15 50	12 40	9 30	6 20	3 10		
270 (81m)	5	4:10													3	8:30
	10	4:00												2	11	22:30
	15	3:50											3	4	24	46:30
	20	3:40									2	3	9	35	74:30	
	25	3:30								2	3	8	13	53	106:30	
	30	3:30							3	6	12	22	64		138:30	
	40	3:20							5	6	11	17	22	88	204:30	

#### 4.4.2 Outras Tabelas de Mergulho

##### 4.4.2.1 Tabela Descompressiva do Royal Naval Phy-Siological Laboratory / British Sub-Aqua Club

Inicialmente esta tabela utilizava o modelo de descompressão de um único tecido. Usava conceitos diametralmente opostos ao de Haldane, que são os seguintes: somente um tecido estaria envolvido na gênese da doença descompressiva tipo I; a taxa de absorção de gás é limitada pela perfusão; a taxa de absorção é maior do que a de eliminação, pois bolas silenciosas se formam no tecido e interferem com a eliminação máxima do gás em qualquer mergulho; um volume crítico de gás pode ser tolerado sem sintomas e a difusão de gás é análoga à situação do tecido afetado adjacente ao fluxo arterial.

Ela acabava resultando em descompressões longas e primeiras paradas profundas. Era comparável à tabela da Marinha Norte-Americana em termos de segurança, pelo menos no que se refere às profundidades de limite do mergulho recreacional. Como existem vários mecanismos envolvidos nos vários tipos de doença descompressiva, a exclusão de um tecido lento não garante proteção para outros, como é o caso das manifestações neurológicas da doença. Isso era mais provável de ocorrer, se estas tabelas fossem utilizadas a grandes profundidades.

A tabela básica sofreu várias modificações (1968 e 1972), ora ficando muito conservadora, ora muito liberal. Em 1988, ela foi novamente modificada para calcular mergulhos repetitivos e o conceito de "linha limitante" foi abandonado. Portanto, ela acabou apresentando-se mais conservadora em termos de limites sem paradas descompressivas, limitando a 6 metros a profundidade segura sem descompressão (comparada com os 9 anteriores). Atualmente ela presume que a taxa de eliminação de gás seja



menor em termos de mergulho repetitivo, sendo que cada mergulho repetitivo requer uma descompressão mais conservadora que a anterior.

Ela se apresenta como um conjunto de 7 tabelas. A primeira é usada no primeiro mergulho e as outras são determinadas em função do nitrogênio presumidamente acumulado durante esse mergulho e que vai ser levado durante o intervalo de superfície ao próximo mergulho. Elas são comparáveis à atual tabela Buhlmann e do Defence and Civil Institute Of Environmental Medicine (DCIEM) do Canadá para mergulho não-descompressivo. Para mergulhos que requerem paradas descompressivas, elas são geralmente, mas nem sempre, mais conservadoras que a da Marinha Norte-Americana, porém geralmente menos conservadoras que a Buhlmann ou DCIEM.



DIVE SAFETY THROUGH EDUCATION

**WARNING:** EVEN STRICT COMPLIANCE WITH  
THESE TABLES WILL NOT GUARANTEE AVOIDANCE  
OF DECOMPRESSION SICKNESS. CONSERVATIVE  
USAGE IS STRONGLY RECOMMENDED.

**RNT** RESIDUAL NITROGEN TIME

**+ADT** ACTUAL DIVE TIME

**TNT** TOTAL NITROGEN TIME

(USE THIS FIGURE TO  
DETERMINE  
END-OF-DIVE  
LETTER GROUP)

M.	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	NEW GROUP
FT.	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3	A
	123	74	50	41	31	22	19	12	9	5	
	17	13	11	9	8	7	7	6	6	6	B
	113	67	44	36	27	18	15	9	6		
	25	21	17	15	13	11	10	10	9	8	C
	105	59	38	30	22	14	12	5			
	37	29	24	20	18	16	14	13	12	11	D
	93	51	31	25	17	9	8				
	49	38	30	26	23	20	18	16	15	13	E
	81	42	25	19	12	5	4				
	61	47	36	31	28	24	22	20	18	16	F
	69	33	19	14	7						
	73	56	44	37	32	29	26	24	21	19	G
	57	24	11	8							
	87	66	52	43	38	33	30	27	25	22	H
	43	14									
	101	76	61	50	43	38	34	31	28	25	I
	29	4									
	116	87	70	57	48	43	38				J
	14										
	138	99	79	64	54	47					K
	161	111	88	72	61	53					L

TABLE 3 - REPETITIVE DIVE TIMETABLE

**00** LIGHT FACE NUMBERS ARE RESIDUAL NITROGEN TIMES (RNT)

**00** BOLD FACE NUMBERS ARE ADJUSTED MAXIMUM DIVE TIMES (AMDT)

## DIVE TABLES

TABLE 1 - END-OF-DIVE LETTER GROUP

START DEPTH M FEET	00	MAXIMUM DIVE TIME (MDT) 00	DIVE TIME REQUIRING DECOMPRESSION NO. MINUTES REQUIRED AT 15' STOP (5M)
12	40►	5 15 25 30 40 50 70 80 100 110 130	150 5 160 5
15	50►	10 15 25 30 40 50 60 70 80	80 5 170 7
18	60►	10 15 20 25 30 40 50 55	60 5 150 70
21	70►	5 10 15 20 30 35 40 45	50 5 80 14
24	80►	5 10 15 20 25 30 35	40 5 100 17
27	90►	5 10 12 15 20 25	30 5 40 18
30	100►	5 7 10 15 20 22	40 5 15 15
33	110►	5 10 13 15	30 5 7 7
36	120►	5 10 12 15	30 6 14
39	130►	5 8 10	25 5 10

A    B    C    D    E    F    G    H    I    J    K    L

↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓    ↓

24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00 24:00

0:10 3:21 4:50 5:49 6:35 7:06 7:36 8:00 8:22 8:51 8:59 9:13

→ 3:20 4:49 5:48 6:34 7:05 7:35 7:59 8:21 8:50 8:58 9:12

→ 0:10 1:40 2:39 3:25 3:58 4:26 4:50 5:13 5:41 5:49 6:03

→ 1:39 2:38 3:24 3:57 4:25 4:48 5:12 5:40 5:48 6:02

→ 0:10 1:10 1:58 2:29 2:59 3:21 3:44 4:03 4:20 4:36

→ 1:09 1:57 2:26 2:58 3:20 3:43 4:02 4:19 4:35

→ 0:10 0:55 1:30 2:00 2:24 2:45 3:05 3:22 3:37

→ 0:54 1:29 1:59 2:23 2:44 3:04 3:21 3:36

→ 0:10 0:46 1:16 1:42 2:03 2:21 2:39 2:54

→ 0:45 1:15 1:41 2:02 2:20 2:38 2:53

→ 0:10 0:41 1:07 1:30 1:48 2:04 2:20

→ 0:40 1:06 1:29 1:47 2:03 2:19

→ 0:10 0:37 1:00 1:20 1:36 1:50

→ 0:36 0:59 1:19 1:35 1:49

→ 0:10 0:34 0:55 1:12 1:26

→ 0:33 0:54 1:11 1:25

→ 0:10 0:32 0:50 1:05

→ 0:31 0:49 1:04

→ 0:10 0:29 0:46

→ 0:28 0:45

→ 0:10 0:27

→ 0:26 0:10

TABLE 2 - SURFACE INTERVAL TIME (SIT) TABLE

TIME RANGES IN HOURS : MINUTES

© 1989 NAUI  
#30033/Rev. 1/87



#### 4.4.2.2 Tabelas DCIEM

As tabelas do Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (DCIEM) usam um modelo diferente baseado na ideias de compartimentos organizados em série e não em paralelo como o da Marinha Norte-Americana. Os tempos de mergulho não-descompressivos e a maioria dos mergulhos repetitivos são mais conservadores do que os da tabela da Marinha Norte-Americana. É uma tabela baseada num modelo teórico que foi modificado após muitos estudos experimentais humanos monitorados por Doppler. Esses testes foram realizados em condições adversas como em água fria e com esforço intenso.

Cabe salientar que o DCIEM é um dos maiores estabelecimentos de pesquisa do Canadá cujo propósito é garantir a segurança no mergulho. Para tanto a pesquisa relacionada à confecção das tabelas DCIEM envolveu desde a revisão de todo o conhecimento adquirido dos efeitos da pressão sobre a fisiologia humana até a construção de laboratórios próprios para validar hipóteses operacionais. O trabalho do DCIEM culminou com o reconhecimento internacional da qualidade das suas pesquisas nas áreas aeroespaciais e do mergulho. Atualmente estas tabelas são utilizadas no ensino do mergulho recreacional pela Professional Diving Instructors Corporation (PDIC), National Association of Scuba Diving Schools (NAS-DS), National Association of Underwater Instructors (NAUI) e United States Underwater Federation (USFS, equivalente à CBPDS).

#### 4.4.2.3 Tabelas Buhlmann

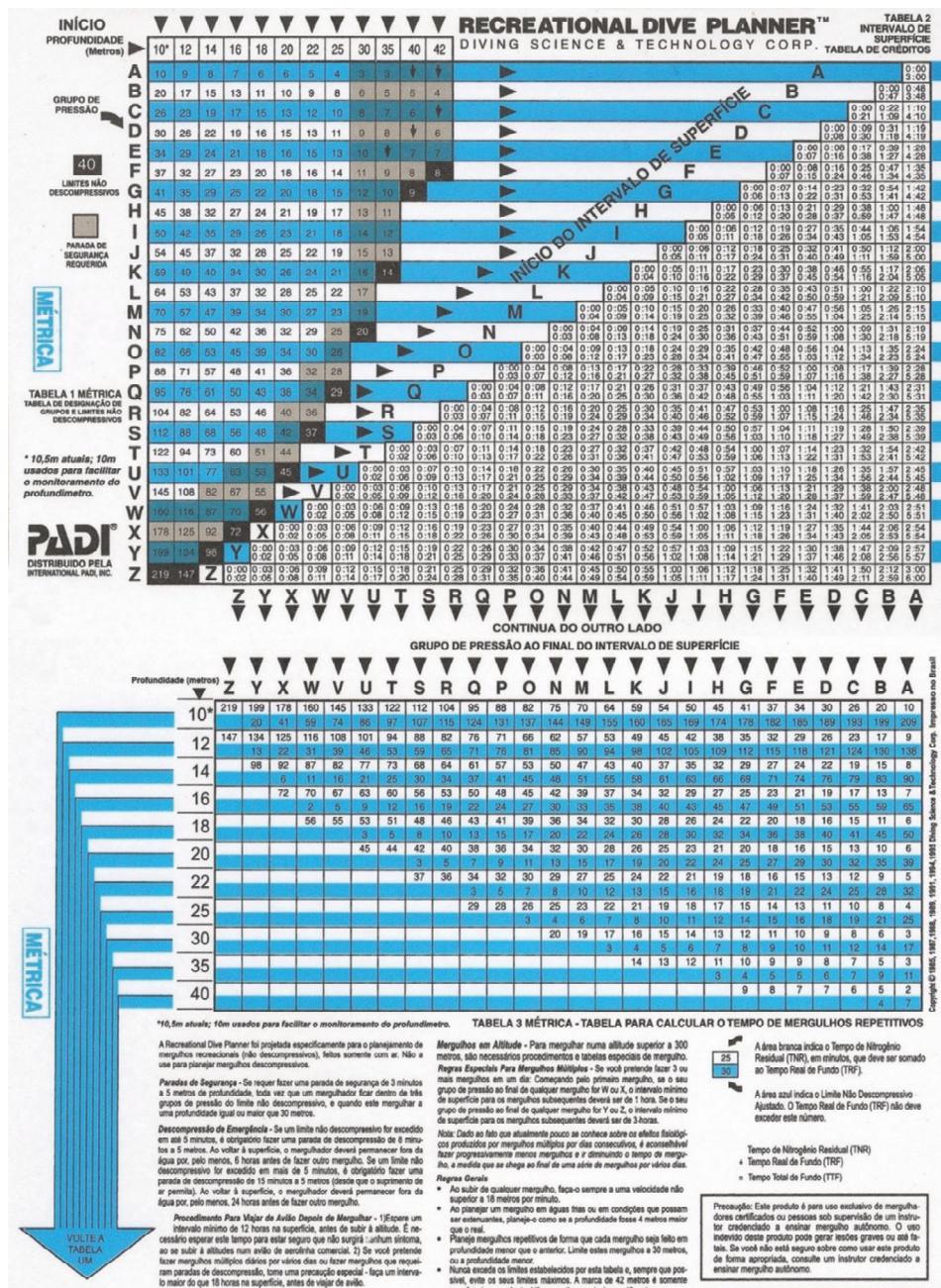
A tabela idealizada pelo cientista Buhlmann utiliza um modelo com compartimentos de 16 tecidos com meios-tempos que variam de 4 a 635 minutos. Ela reduz a taxa de subida para 10 metros por minuto e a duração das paradas profundas permitidas excede a encontrada na tabela da Marinha Norte-Americana. Todo mergulho não-descompressivo requer uma parada de 1 minuto aos três metros. Nela também é considerado que os mergulhos iniciais curtos minimizam a formação de bolhas no primeiro mergulho e que melhora a eliminação de gás na subida, o que permite maiores tempos para os mergulhos sucessivos. Foi a tabela mais cuidadosamente testada em altitude.

#### 4.4.2.4 Tabelas PADI

O “Planejador de Mergulho Recreativo PADI” inclui um sistema repetitivo baseado em meios-tempos de compartimentos teciduais de 40 e 60 minutos em vez de 120 da tabela da Marinha Norte-Americana. O resultado final é que essa definição operacional permite mergulhos repetitivos mais longos após intervalos de superfície mais curtos. Na literatura é comentado que uma quantidade pequena de testes, que foram seletivos e que, em termos de



delineamento de pesquisa, foram considerados restritos, com Doppler foi realizada para validá-la.





#### 4.4.2.5 Tabelas Basset

Com o propósito de planejar voos após o mergulho, o Dr. Bruce Basset foi contratado pela Força Aérea Norte-Americana. Com a informação de que, quando usada no limite, a tabela da Marinha Norte-Americana tinha uma incidência de 6% de doença descompressiva e bolhas eram detectadas em 30% dos mergulhos observados, ele reduziu os limites não-descompressivos dessa mesma tabela. Ele reduziu a supersaturação permitida em vários meios-tempos teciduais. Este pesquisador recomendou para mergulhos curtos não-descompressivos uma velocidade de subida de 10 metros por minuto, com uma parada de segurança de 3 a 5 minutos entre 3 e 5 metros, para todos os mergulhos mais profundos do que 9 metros. Além disso, ele preconizou a utilização do tempo total submerso, mais do que o tempo na profundidade máxima, para calcular o grupo repetitivo após o mergulho.

#### 4.4.3 Computadores para Descompressão

Os computadores de mergulho são instrumentos que estão sendo amplamente utilizados desde a década de sessenta do século passado. Nenhum deles foi aprovado por organizações oficiais representativas dos países que apresentam legislação relacionada à prática segura do mergulho autônomo recreacional.

Estes computadores são dispositivos eletrônicos que utilizam teorias de descompressão nas quais as diferentes tabelas são originariamente baseadas e as integram com a teoria do mergulho multinível. Geralmente usam a tabela da Marinha Norte-Americana ou a Buhlmann. Os modelos computacionais na forma em que foram idealizados acabam permitindo muito mais exposição sob a água com menos descompressão. Tentando reduzir o inevitável perigo de doença descompressiva, muitos modelos incluíram limites não-descompressivos menores, assim como menores taxas de velocidade de subida. Todavia os mergulhos permitidos por eles foram avaliados como perigosos, tendo sido corroborados por observações clínicas. Em 1994, Acott relatou no South Pacific Underwater Medicine Society Journal, uma taxa maior de doença descompressiva em usuários de computador quando comparados com mergulhadores que usaram tabelas, principalmente em mergulhos de 30 metros ou mais.

Os computadores comunicam aos mergulhadores o tempo de mergulho e o tempo que falta para chegar ao final do limite não-descompressivo. Eles também registram, de maneira acurada, a profundidade e a duração total do mergulho. Além disso, eles têm monitores de velocidade de subida e um alarme auditivo dispara quando essa taxa excede o limite. Alguns também mostram, através da pressão de ar do cilindro de mergulho, a quantidade de ar disponível para o mergulho e também o tempo remanescente



de mergulho baseado no consumo prévio e profundidade de então.

Apesar de todos esses dispositivos, eles não são à prova de falha. O mergulhador deve ter a consciência de que está sendo assistido pelo computador e de que quem governa o mergulho, é ele próprio e não é proibido o uso redundante das tabelas de mergulho. Estas, na minha opinião, devem estar sempre no bolso do colete equilibrador. É difícil conceder plena confiança a um equipamento que utiliza um modelo matemático, enquanto a doença descompressiva é um fenômeno biológico, mesmo sabendo que é uma excelente tabela dinâmica de mergulho, com capacidade de manter o mergulhador constantemente informado sobre parâmetros diretos e indiretos relacionados à absorção do nitrogênio e que tem capacidade de informar a necessidade de paradas descompressivas à medida que o mergulho acontece. Não devemos esquecer também que uma parada obrigatória para descompressão tira a possibilidade de emergência direta em caso de emergência.

Ao iniciar uma operação de mergulho com equipamento autônomo, três etapas devem ser verificadas: adequado abastecimento de ar no cilindro, verificação de todo equipamento e a preparação do mergulhador, incluindo o planejamento da atividade a ser desempenhada.

## CAPITULO 5

# Equipamentos de Mergulho



## CAPITÚLO 5 - EQUIPAMENTOS DE MERGULHO

### 5.1 EQUIPAMENTO BÁSICO

Quando falamos em equipamento básico, falamos sobre máscara, snorkel, nadadeiras e cinto de lastro. Esses equipamentos podem variar muito em formas, modelos e, sobretudo em função do tipo de mergulho a ser executado. A seguir serão apresentados os equipamentos básicos para o mergulho livre.

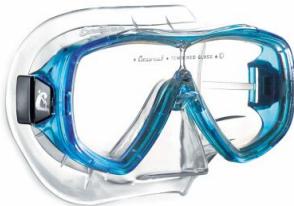
#### 5.1.1 Máscara

A máscara é o equipamento mais importante, pois é através dela que conseguimos visualizar o ambiente aquático. Ela deve possuir um bom ângulo de visão e boa fixação ao rosto do mergulhador, para que se obtenha uma perfeita vedação. No passado, as máscaras eram fabricadas em borracha, e nos dias atuais, em silicone, devido à durabilidade e ao ajuste melhor ao rosto do mergulhador.

Existem dezenas de modelos no mercado, e a preferência é por um modelo que não tenha um grande volume interno, ou seja, um grande espaço de ar em seu interior. Grandes máscaras são desaconselháveis, pois exigirão maior exalação de ar no interior da máscara para manter equilíbrio da pressão interna com a externa, para que não ocorra o chamado barotrauma facial.

Uma boa máscara deve possuir fácil regulagem de tira, para que o mergulhador possa ajustá-la tanto fora, quanto dentro d'água, uma boa vedação, colocando a máscara no rosto e sem passar a tira por trás da cabeça, puxe o ar pelo nariz e vire-a para baixo, pondo uma das mãos abaixo de sua visão, para o caso dela cair. Permanecendo no rosto por alguns instantes, a sua vedação está perfeita e o mergulhador poderá utilizá-la sem problemas. Se ela cair, é porque está havendo passagem de ar e durante o mergulho haverá entrada de água no interior da mesma.

Para quem possui problemas visuais, as máscaras com duas lentes podem ter suas lentes trocadas por lentes de correção visual, o que ajuda muito a visão do mergulhador.



#### Características



Ao adquirir ou utilizar uma máscara deve-se observar as características mínimas a seguir:

- perfeita vedação, propiciando boa aderência ao rosto;
- bom campo visual;
- pequeno volume interno;
- possibilitar a manobra de compensação com facilidade;
- vidro temperado como medida de segurança;
- tiras e presilhas de fácil regulagem.

Temos ainda máscaras com válvulas de esgotamento ou exaustão localizadas à frente ou abaixo da bolsa do nariz, e também abaixo da lente, cuja finalidade é permitir ao mergulhador expulsar a água que porventura se acumular em seu interior.

### **Antes de usar**

No processo de confecção de algumas máscaras formam-se resíduos oleosos protetores para o silicone ou restos de silicone, que ficam impregnados nas lentes causando assim um embaçamento persistente. Antes do uso de uma máscara nova deve-se com um pano macio ou algodão aplicar uma camada mínima de creme dental não gelatinoso ou produto de limpeza a base de amoníaco, nas superfícies interna e externa do vidro; em seguida lavá-la com água e quantidade mínima de detergente ou sabão neutro.

Para evitar o embaçamento durante o mergulho, antes de entrar na água, ainda com a máscara seca podem-se aplicar produtos anti-embaçantes vendidos em lojas especializadas de mergulho ou natação; pasta de dente, ou até batata; ou mesmo a própria saliva do mergulhador, depois é só colocar pouquíssima quantidade de água em seu interior e esfregar bem.

### **Lentes corretivas**

Para aqueles que necessitam de lentes corretivas para uma perfeita visão há duas opções:

- há modelos que permitem acoplar lentes corretivas à máscara, sobre as lentes normais possuindo uma variação já confeccionada em fábrica de -1 a -10º de correção negativa e de + 1,5 a + 3,0º de correção positiva, ambos variando a cada 0,5 º;
- mandar confeccionar as lentes sob medida e substituir os visores originais da máscara em lojas especializadas.

### **Cuidados após o uso**



Após utilizar o equipamento devemos adotar os seguintes procedimentos:

- lavar com água doce corrente;
  - havendo muita sujeira ou sal pode-se deixar de molho com um pouco de detergente na água, em seguida escovar para remover os resíduos e lavar com água;
  - secar à sombra;
  - acondicionar em embalagem apropriada em local fresco e arejado.
- A borda de selagem do rosto não deve ficar para baixo, pois irá deformar a máscara com o tempo. Devemos guardá-la apoiada sobre a armação das lentes ou de pé com a lente para a frente em posição perpendicular ao plano apoiado.

### 5.1.2 Respirador (Snorkel)

Este equipamento tem a simples função de permitir que o mergulhador respire enquanto estiver na superfície e com a cabeça para baixo, possibilitando-lhe olhar para o fundo, com a cabeça descansada e respirando o ar externo normalmente. Alguns modelos de snorkel possuem uma válvula de exaustão, o que facilita a expulsão da água pelo mergulhador ao retornar do mergulho em apnéia, por exemplo.





## Características

O tubo geralmente é de plástico ou termoplástico, enquanto que o bocal pode ser de borracha ou de silicone. Podem ter cores variadas com os bocais transparentes. As presilhas ou tiras de fixação à máscara são de plástico, termoplástico, neoprene, ou borracha.

Ao adquirir um snorkel deve-se observar que o equipamento não atrapalhe a respiração; seu diâmetro, comprimento e formato, não criem resistência respiratória nem ao movimento de deslocamento na superfície ou submerso.

Portanto deve ter as seguintes características:

- diâmetro do tubo deve ser aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de polegadas (18 milímetros);
- tamanho máximo de 40 centímetros (um snorkel de 1 metro não permite ao mergulhador respirar, quando submerso, pois os músculos do tórax e diafragma não são capazes de superar a pressão hidrostática e levar o ar aos pulmões);
- possuir curvas suaves e arredondadas. Quanto menor os ângulos das curvas e mais rugosidades houver, maior será a resistência respiratória.

## Após o uso

Valem os mesmos cuidados com a máscara, devendo ser acondicionado em posição deitada. Não colocar peso sobre o bocal, pois ficará deformado com o tempo.

### 5.1.3 Nadadeiras

As nadadeiras são equipamentos em forma de barbatanas que os nadadores ou mergulhadores adaptam aos pés para auxiliar o movimento sobre a superfície da água ou embaixo dela. Na realidade, elas aumentam artificialmente a área do pé, permitindo que este impulsione uma quantidade maior de água para trás.

## Aplicação

A utilização da nadadeira visa proporcionar o máximo de rendimento com o mínimo de esforço. Para tanto, o mergulhador, estando em deslocamento na superfície, deverá evitar que as nadadeiras saiam fora d'água, pois assim estará prejudicando o rendimento.

Toda nadadeira possui duas partes: bolsa ou calçado para os pés, e palma ou lâmina. A bolsa deve ser um pouco maior que os pés permitindo ao mergulhador usar uma meia de algodão ou neoprene, diminuindo assim o

atraito direto com o pé. Não deve ser muito maior para não causar abrasão nos pés ou mesmo perdê-la; nem tão justa que cause câimbras nos pés e pernas.

A palma deve ter rigidez suficiente permitindo retornar à posição original toda vez que for impulsionada. As nadadeiras curtas com palmas largas têm a função de tração, sendo ideal para tarefas em que o mergulhador não necessite realizar grandes deslocamentos. As nadadeiras longas com palmas estreitas por sua vez, destinam-se a dar velocidade ao mergulhador.

## Tipos

Basicamente há três tipos:

- com calcanhar (pé fechado);



- sem calcanhar (pé aberto, ou de tiras, ou ajustável);
- modelos de pala longa

## Características



Podem ser totalmente de borracha ou feitas de materiais compostos (borracha macia usada nos sapatos e tiras, e borracha termoplástica na palma e bordas do calçado; há ainda tecnopolímero flexível para a palma, e rígido para as bordas da palma).

A palma tem alguns itens que variam conforme o modelo:



- estabilizadores verticais, ou costelas: instalados perpendicularmente à palma e dispostos paralelamente em sua superfície. Conferem mais rigidez à palma;
- turbos: são aberturas localizadas na palma próximo ao calçado ou bolsa, servem para diminuir a resistência e aumentar a eficiência nos movimentos;
  - canaletas: servem para direcionar o fluxo d'água;
  - barras plásticas de regulagem: possibilitam alterar a curvatura da palma de acordo com as necessidades e capacidade física do usuário

## Seleção

São fatores determinantes para a escolha da nadadeira:

- tamanho do usuário;
- seu condicionamento físico;
- tipo de trabalho a ser realizado, necessidade ou não de deslocamentos.

• nadadeiras com calcanhar são indicadas para mergulhadores recreacionais e que pouco mergulham, pois a propulsão fornecida é inferior aos modelos sem calcanhar. Seu custo é inferior aos demais modelos.

• nadadeiras sem calcanhar dão maior propulsão e são mais fáceis de serem calçadas. O mergulhador deve atentar para o tipo de tira que segura a nadadeira em suas pés, pois é fundamental que esta tenha boa qualidade para que não tenha a surpresa dela arrebentar no momento em que estiver mergulhando ou preparando-se para mergulhar. Alguns modelos possuem um tipo de trava para que a tira não se solte, mas isso é desnecessário além de aumentar muito o custo.

• Já os modelos de pala longa, não são aconselháveis para o mergulho autônomo, pois levantam muita suspensão, além do espaço necessário para transportá-las e de deixarem o mergulhador totalmente desajeitado.

## Após o uso

A limpeza das nadadeiras é simples e segue o ensinado para a máscara e o respirador. Lavá-las com água doce, escovando-as se necessário.

**IMPORTANTE** - Nunca deixe os equipamentos secando ao sol e não lave ou pelo menos, evite lavar os equipamentos em um local com água já utilizada. Ao invés de estar lavando seus equipamentos, você poderá estar piorando a situação.



### 5.1.4 Cinto de lastro

O cinto tem a função de ajudar no equilíbrio da flutuabilidade do corpo humano e da roupa de mergulho. Ele pode ser fabricado em nylon ou borracha, sendo mais indicado o primeiro modelo.

O uso de lastros, dimensionados para a flutuabilidade de todo o conjunto (mergulhador e equipamentos), é, então, condição essencial para execução racional do mergulho. O lastreamento deve ser graduado de maneira a tornar o mergulhador com uma leve flutuação positiva para garantir que, estando o corpo abandonado (sem movimento) na profundidade de trabalho, suba lentamente à superfície.

Normalmente a fivela é feita em aço inox (mais resistente e confiável), também podendo ser de plástico.

Procure por um modelo que tenha o pino soldado. Evite cintos que utilizem lastros com sistemas de engate rápido. Não são confiáveis e em alguns casos, o mergulhador pode vir a perder parte de seu lastro.



Quanto aos "pesos" de chumbo, dê preferência aos modelos embrorrhachados, que nada mais são, do que o próprio chumbo envolvido com uma camada de uma borracha protetora. Além de protegerem as pedras de chumbo contra impactos, não machuca o mergulhador, por não estar em contato direto com o chumbo, e facilita a sua visualização no barco, devido a possibilidade de escolher a pintura da borracha que envolve o lastro.

### 5.1.5 Faca de mergulho

Apesar da simples aparência, a faca de mergulho é de extrema importância, pois num momento de perigo, como ficar enroscado em um cabo, por exemplo, ela poderá livrá-lo mais facilmente.

Os fabricantes de mergulho investiram bastante no desenvolvimento das facas para mergulho, tanto em qualidade quanto em durabilidade, de modo que este equipamento possa ser utilizado em várias situações.

#### Características

Uma faca adequada ao mergulhador, deve possuir tamanho e formato adequado a atividade a ser realizada. Existem diferentes modelos de lâminas,



variando na espessura e no tipo de fio. Boas facas possuem na mesma lâmina, dois formatos de fio, sendo um para cortes mais finos e o outro para ser utilizado em objetos de maior rigidez.

### Observações importantes

- Evite facas muito pequenas, a não ser que você já esteja utilizando uma outra maior.
- Antes de adquirir uma, veja a qualidade da lâmina e do fio.
- Repare na bainha. Esta deve possuir um encaixe rápido e fácil, provendo facilidade ao mergulhador quando precisar utilizar a faca.
- Para bainha de engate rápido, veja se a trava é bem resistente. Há alguns modelos que não possuem trava confiável e resistente, facilitando a sua perda.



### Emprego

Como instrumento de uso geral, podemos destacar os seguintes empregos:

- cavar;
- cortar;
- alavancar;
- bater;
- medir; etc.

### Local de fixação

Por se tratar de um instrumento destinado a safar-se de situações difíceis, o local de fixação da faca deve ser o mais cômodo possível ao mergulhador e que possibilite o acesso fácil durante o mergulho. Recomenda-se sua fixação no lado interno da perna, de modo a evitar que se enrosque em cabos, algas ou outros objetos. Alguns mergulhadores preferem portá-la presa junto ao cinto de lastro. O importante é que o mergulhador determine um lugar e acostume-se a ele.

### 5.1.6 Roupas de mergulho

As roupas isotérmicas tem a função principal de reduzir a perda de calor corporal para a água. Secundariamente, acabam também protegendo o



mergulhador, contra ferimentos leves como arranhões e arestas de pedras, cracas ou corais.

Existem 4 tipos de roupas:

#### **5.1.6.1 Molhada**

É o modelo mais comum entre os mergulhadores. Ela pode ter várias espessuras, 2, 3, 4.5, 5, 6.5 e 7mm. Ela é fabricada com um material chamado neoprene, e normalmente é importado, possuindo um custo e eficiência menor que os demais tipos.

Quando um mergulhador pula na água, esta por sua vez, entra na roupa e se transforma em uma camada entre o mergulhador e a roupa. A partir daí, o corpo do mergulhador entra em contato direto com a água que entrou, e automaticamente, passará o calor corpóreo para esta. A água que entrou, contribui para a diminuição da circulação de água para o interior da roupa, e sendo assim, diminui-se o contato com a água externa mais fria.



#### **5.1.6.2 Semi-Seca**

Este tipo tem um custo mais elevado e é indicada para temperaturas variando entre 14° aos 23°. Normalmente tem espessura entre 6 e 7mm e apesar de ser fabricada em neoprene, dois fatores diferem do modelo tradicional: o zíper e o nylon 1 em suas extremidades. Evite roupas semi-secas com zíper nas extremidades, pois eles facilitam a colocação e retirada da roupa, mas ajudam a ter mais circulação de água justamente quando não é para se ter.

Por ser uma peça inteira, ela só possui um zíper apenas, normalmente fabricado de um tipo específico de metal e como o encaixe dos dentes se fecham por completo, não permitem que a água entre por ali.

Já nas suas extremidades como nos pulsos, tornozelos e pescoço, há um contato direto da pele com o neoprene como se fosse um selo, vedando o interior da roupa da água externa. Apesar de a água entrar pela roupa no momento em que se pula a circulação é bem inferior à roupa tradicional.

Em algumas ocasiões, justamente por diminuir a saída de ar residual em seu interior, o mergulhador deve puxar a gola por alguns instantes para deixar entrar um pouco d'água para que parte do ar que ainda permaneceu em seu interior possa sair e não provocar algum edema na pele do mergulhador.



### 5.1.6.3 Seca

Normalmente utilizada por mergulhadores com mais experiência e em mergulho técnico, ela isola totalmente o mergulhador da água externa. Além disso, o mergulhador utiliza *under garment*, como se fosse um conjunto de moletom, variando de espessura, para ajudar a aquecer ainda mais o mergulhador. Em mergulhos em águas extremamente frias, como mergulhos no gelo, por exemplo, é essencial o uso desta roupa.

Para compensar o volume do ar no interior da roupa, é conectada uma mangueira que pode vir do cilindro principal ou de um pequeno cilindro chamado "pony bottle". Em algumas ocasiões, quando são utilizados um cilindro pony, este é recarregado com o gás argônio, pois este é um gás mais quente que os demais e ajuda no aquecimento do corpo do mergulhador.

Existem diversos modelos de roupa seca, como as trilaminadas e as de um tipo específico de neoprene. Para o uso desta roupa, é essencial que o mergulhador realize um curso de Dry Suit (Roupa Seca) e treine bastante antes de realizar um mergulho técnico, pois o mergulhador tem que ter a prática no controle de flutuabilidade da mesma.



### 5.1.6.4 Para Água Quente

Utilizada em mergulho profissional apenas e normalmente em plataformas. Ela isola totalmente o mergulhador da água e há uma mangueira por onde entra a água quente para aquecer o mergulhador.

## Observações importantes

### Zíper Seco

Veja a qualidade do zíper quanto à resistência. Note se ele fecha facilmente e se o encaixe dos dentes é perfeito. No caso de uma roupa Semi-Seca, um bom zíper é fabricado em metal, e apesar de ser mais caro, é mais resistente.

**Capuz** - Uma boa roupa sempre tem capuz, pois ele irá proteger contra possíveis impactos em pedras e contra uma "cabeçada" no casco de naufrágio por exemplo.

**Nylon 2 ou Plush** - Atualmente quase todas as roupas são fabricadas com nylon do tipo plush, também conhecido como "atoalhado". Olhando o interior da roupa, a camada que entra em contato direto com a pele, tem uma



forma como se fosse uma toalha com nós. As roupas de nylon 2, tem a camada de nylon idêntica à camada de nylon externa. A roupa com plush é mais confortável e melhor de vestir que a de nylon 2.

**Costura** - Verifique se não existem fios abertos. Uma boa roupa possui costura resistente e os fios não abrem facilmente. Uma roupa com proteção de borracha nos joelhos e cotovelo dá maior proteção.

Ao terminar o mergulho, lavar a roupa com água doce deixando-a secando à sombra.

Após sua lavagem, deixe-a pendurada para que a água escorra. Se for uma roupa semi-seca, quando ela já estiver seca, lubrifique seu zíper de metal para evitar o desgaste comum neste tipo de zíper. Um bom protetor de zíper é passar parafina nos dentes. A parafina pode ser encontrada facilmente em casas

TEMPERATURA DA ÁGUA	ROUPA APROPRIADA
0° a 10° C	Roupa seca
10° a 15° C	Neoprene de 5 a 7 mm
15° a 22° C	Neoprene de 3 a 5 mm
22° a 25° C	Roupa de lycra ou de surfe
Acima de 25° C	Desnecessário o uso de roupa

de tintas.

Escolha da roupa adequada em função da temperatura da água.

## 5.2 EQUIPAMENTO AUTÔNOMO

É chamado de autônomo porque permite ao mergulhador, transportar em cilindros ou ampolas, todo o suprimento da mistura gasosa que será utilizada na sua respiração, enquanto permanecer submerso.

Dentro da classificação dos equipamentos de mergulho autônomo, segundo o princípio de funcionamento, há três categorias:

- Circuito fechado;
- Circuito semifechado;
- Circuito aberto.

### Considerações técnicas do equipamento autônomo

De forma geral, todos os equipamentos autônomos possuem uma série de características que lhes proporcionam vantagens e desvantagens quando comparados a equipamentos dependentes. Neste particular o "aqualung",



apesar da extrema facilidade de operação, não se presta a todo tipo de trabalho submerso, mas é convenientemente adequado para pequenas tarefas como procura, reparos leves, vistorias e inspeções, realizados à pouca profundidade. Compare na tabela abaixo a performance do equipamento autônomo na atividade profissional.

EQUIPAMENTOS AUTÔNOMOS	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Tempo reduzido na preparação	Suprimento limitado de ar
Excelente mobilidade	Límite de profundidade
Pequena estrutura de apoio	Pouca proteção física ao mergulhador
Bom para penetração em locais confinados	Não é adequado para trabalhos penosos
Permite o deslocamento pela superfície	Limitado à correnteza máxima de 1 nó
Fácil transporte	Oferece certa resistência à respiração

### 5.2.1 Circuito fechado e semifechado

Muito utilizados em operações militares por excelência, onde os requisitos de discrição, tamanho reduzido e razão de profundidade aliada à duração do mergulho, são essenciais. Esses equipamentos apresentam como característica principal utilizarem misturas respiratórias artificiais, como oxigênio a 100% ou nitrogênio/oxigênio em proporções diferentes das do ar.

No circuito fechado a mistura gasosa circula continuadamente entre o mergulhador e o equipamento, não havendo qualquer descarga de gases para o ambiente. No circuito semifechado, parte da mistura respiratória circula e parte é descarregada.

São conhecidos desde o final do século XIX, mas foi recentemente que evoluíram muito, existindo até equipamentos fechados e semifechados que utilizam misturas de hélio/oxigênio próprios para mergulhos profundos. Em razão de sua complexidade e necessidade de estudo e habilitação específica, não serão objetos de abordagem deste Manual.

### 5.2.2 Circuito aberto

Por concepção, é aquele que o ar exalado pelo mergulhador é liberado para o ambiente. Também chamado por "aqualung", foi desenvolvido no início da década de 40 pelo oceanólogo Jacques Ives Cousteau e pouco mudou desde então, sendo basicamente um reservatório de ar à alta pressão, ligado ao mergulhador por meio de uma válvula redutora de pressão e reguladora de demanda.

O conjunto dos equipamentos autônomos de circuito aberto abrange os itens já citados no Capítulo relativo ao mergulho livre, acrescido dos específicos. São esses:



- Cilindro de ar comprimido;
- Válvula reguladora;
- Colete equilibrador;
- Suporte anatômico (Back-Pack);
- Medidores de informação.

### 5.2.2.1 Cilindro de ar comprimido

É fundamental no rol dos equipamentos autônomos, formando, juntamente com a válvula reguladora, o conjunto de respiração. É conhecido também por outras denominações como garrafa, tanque, ampola de mergulho etc. O nome técnico, contudo, aprovado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é *"cilindro para gases a alta pressão"*.



#### Normatização

Como a pressão de trabalho normal desses cilindros pode variar de 150 a 210 ATM, sua fabricação e uso exigem cuidados rigorosos. Assim, no Brasil, a fabricação é controlada pela norma EB-160. Há outra norma muito utilizada que é a DOT (Department Of Transportation) de origem norte americana.

#### Fabricação

Os cilindros são fabricados em ligas de metais, normalmente de aço-carbono ou aço-liga, o que os obriga a receberem um tratamento anti-corrosivo e, assim, é cada vez maior o número de cilindros feitos em alumínio. De qualquer forma não devem possuir costuras ou emendas e seguir as normas vigentes.

Ainda dentro do processo de fabricação, os cilindros passam por um tratamento térmico adequado que os capacitará às variações constantes de pressão, por essa razão, as ampolas de mergulho, sejam de aço ou de alumínio, jamais devem ser expostas à alta temperatura, o que contribuiria para reduzir a resistência do material e comprometer sua durabilidade e segurança.

Após o tratamento térmico, os cilindros são submetidos a um teste hidrostático, que tem por finalidade registrar as medidas de deformações, quando submetidos a uma pressão de 150% da pressão de trabalho. Essas medidas, por norma, não podem ultrapassar 10%.

#### Marcação do cilindro



Após os testes, o cilindro recebe uma marcação, gravada na parte superior, em volta do gargalo, que deverá conter, segundo a ABNT, o seguinte:

- o símbolo da norma;
- a classe;
- a pressão de trabalho;
- o tratamento térmico;
- a identidade do cilindro e do fabricante;
- a capacidade nominal;
- a tara;
- o órgão de inspeção ou inspetor;
- e as datas da fabricação e do teste hidrostático.

Exemplo:

EB – 926 – 200 NB

FAB – 1273 18 L

TARA 20 Kg

INS – 08/99

Significado:

- Especificação Brasileira: 926 – Pressão de Trabalho: 200 Kgf/cm<sup>2</sup>
- Aço normalizado e bujonado (com rosca)
- Fabricante: (marca) – nº de série – volume interno: 18 litros
- Peso vazio: 20 Kg
- Inspetor: (nome) – Data: agosto de 1999.

**Torneiras e registros:** Destinadas a manter o ar comprimido no interior do cilindro, as torneiras ou registros são apresentados em dois tipos: O tipo "K" e o tipo "J".

As do tipo K compõem-se simplesmente de um mecanismo de abre e fecha normalmente confeccionada em liga de latão ou outro metal não ferroso. As do tipo J são dotadas de uma alavanca destinada a reserva de ar. Esse tipo de torneira, em função de um grande número de ocorrências e incidentes, até por descuido e mau uso do mergulhador, já não é encontrada com a mesma frequência e esta sendo, gradativamente, substituída pelas do tipo K.

*Torneira do tipo K**Torneira do tipo J*

### **Cuidados com o cilindro**

A corrosão é o maior problema que afeta os cilindros, sejam de aço ou de alumínio. O ferro combinado com o oxigênio resulta numa substância avermelhada chamada óxido de ferro (ferrugem). O alumínio, por sua vez, também reage com o oxigênio formando um pó esbranquiçado, o óxido de alumínio. A oxidação, portanto, é um processo progressivo e responsável pela redução das paredes do cilindro ao longo do tempo.

Alguns fatores podem acelerar ainda mais esse processo, tais como a formação de partículas de água na parede do cilindro devido a um rápido esvaziamento ou mesmo a entrada de água ou maresia proporcionada por mergulhadores descuidados. Por essa razão, não é recomendável esvaziá-lo totalmente e ter o cuidado de sempre manter a torneira fechada.

O uso de telas de nylon ou tecido emborrachado, bem como suportes de borracha (bota) são bastante eficazes na proteção dos cilindros contribuindo para a durabilidade do material, evitando que a camada externa de agentes protetores (galvanização e tinta) seja atingida.



#### **5.2.2.2 Válvula reguladora**

Também chamado de regulador de demanda ou simplesmente por regulador de ar, tem a finalidade de reduzir a pressão do ar que sai do cilindro e

conduzi-lo ao mergulhador para ser respirado na pressão adequada à profundidade do mergulho.

## Tipos de regulador

Podemos dizer que existem dois tipos de reguladores: os de *mangueira única* e os de *mangueira dupla* ou de *traqueias*. Os reguladores de mangueira dupla foram muito utilizados até a década de 70, ocasião em que começou a fabricação dos modelos de mangueira única.

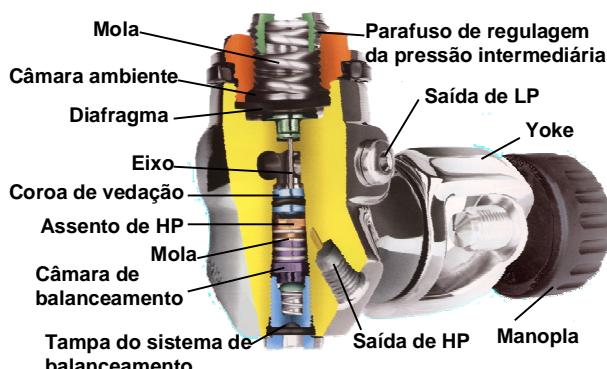
Por razões específicas, os reguladores de traqueias ainda são utilizados por alguns mergulhadores. A condição de não soltar bolhas, à frente do rosto, tem contribuído para a sua escolha por fotógrafos submarinos, por exemplo, contudo esse regulador está em franco processo de desuso, sendo cada vez mais difícil de ser encontrado.

## O regulador de mangueira única

Também chamado de regulador de dois estágios, é assim conhecido porque é formado basicamente por duas peças interligadas por uma mangueira. A primeira peça ou primeiro estágio vai acoplado ao cilindro e a outra ou segundo estágio, presa à boca do mergulhador. No primeiro estágio ocorre a redução da alta pressão do cilindro para algo em torno de 10 ATM. No segundo estágio essa pressão é novamente reduzida e fornecida ao mergulhador para a respiração de acordo com a profundidade em que se encontra.

### 5.2.2.2.1º Estágio

Existem dois tipos básicos de mecanismos de funcionamento para o 1º estágio: os de diafragma e os de pistão (simples e balanceado).





- Diafragma: o sistema de diafragma é formado por duas membranas flexíveis de borracha, opostas entre si, e interligadas através de uma mola, regulada com uma tensão de aproximadamente 10 ATM. Apresenta como vantagem a possibilidade de se poder ajustá-lo com bastante precisão, mas a desvantagem são as várias peças que o formam e requerem muita manutenção.
- Pistão simples: como o nome diz, é constituído por mecanismo simples composto por quatro ou cinco peças. Apresenta manutenção fácil e barata, sendo o indicado para o mergulho a pequena profundidade. Sua característica principal é apresentar a entrada de ar alinhada com o corpo além de o esforço de respiração variar conforme a pressão interna do cilindro e a profundidade, ou seja, será maior quanto mais profundo for o mergulho e, também, à medida que o ar for sendo consumido.
- Pistão balanceado: a principal característica é seu formato em "L" com a entrada do ar perpendicular ao corpo do equipamento, proporcionando um girador infinito onde são acopladas as mangueiras. Permite mergulhos mais seguros, em profundidades maiores e o uso de outros equipamentos como: mangueira, reserva alternativa de ar, manômetro, etc.

## PROBLEMAS MAIS COMUNS COM O 1º ESTÁGIO

SINTOMAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Assento de HP trocado e pressão ainda alta no regulador de diafragma.	O`ring da Câmara de平衡amento danificado O`ring da coroa de vedação danificado	Substitua o o`ring
Respiração difícil (pesada).	Filtro do 1º estágio entupido	Substitua o filtro
	Diafragma compactado	Substitua o diafragma
	Pressão intermediária menor que 125 PSI	Regular a pressão

### 5.2.2.2 2º Estágio

É a peça que tem contato com a boca do mergulhador, é responsável pela redução final do ar de 10 ATM para a pressão apropriada durante o mergulho. Seu funcionamento é bastante simples: quando o mergulhador inala, cria-se uma área de baixa pressão dentro do bocal e a pressão da água puxa o diafragma que aciona uma alavancas, abrindo a válvula de entrada do ar. Quando exala, forma-se uma pressão de dentro para





fora contra o diafragma que aciona a alavanca de admissão de ar, fechando-a. Ao mesmo tempo abrem-se as válvulas de descarga e o ar escapa para o ambiente.

Toda vez que o segundo estágio é solto na água, ela penetra no seu interior, alagando-o. Para desalagá-lo basta soprar no bocal ou apertar o botão de purga.

O segundo estágio é, sem dúvida, o item mais afetado do conjunto respirador. Pancadas, batidas e pelo fato de estar em contato constante com a água, provocam desgastes às peças metálicas e atacam também as partes de borrachas. Em geral, prefira os reguladores que possuam um número pequeno de componentes e aqueles feitos em material sintético como silicone.

Após o uso, o 2º estágio deve ser sempre criteriosamente lavado, e, vez por outra, aberto e inspecionado peça por peça.

## PROBLEMAS MAIS COMUNS COM O 2º ESTÁGIO

PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Respiração difícil	Alavanca muito baixa	Regule a alavanca
Entra água no 2º estágio	Diafragma da válvula de purga danificado	Substitua diafragma
	Diafragma do 2º estágio danificado	Substitua diafragma
	Diafragma mal colocado	Ajuste diafragma
Botão de purga não dispara	Alavanca muito baixa	Regule a alavanca
	Mola do botão mal colocada	Ajuste a mola
	Areia no sistema de purga	Limpe o sistema

### 5.2.2.3 Medidores de informações

Os mergulhadores têm numerosos medidores que fornecem informações. Normalmente, eles carregam um medidor que informa a pressão do ar no cilindro, um medidor que os informa a profundidade e uma para navegação.

Esses medidores costuma ser organizados em um único console, preso ao BCD. Além disso, alguns mergulhadores também podem carregar um computador de mergulho no pulso





para controlar a profundidade e os tempos permitidos para permanecer no fundo.

O computador de mergulho consiste em um microprocessador que funciona à <http://www.hsw.com.br/baterias.htm> bateria e que é programado de acordo com o plano de mergulho. O computador controla a profundidade e o tempo e calcula o tempo permitido para o mergulhador ficar no fundo cerca de 200 vezes por segundo.

#### **5.2.2.4 Colete equilibrador**

Equipamento de segurança, o colete equilibrador é necessário para manter uma flutuabilidade perfeita do mergulhador. É formado por um colete com bolsas que se inflam de ar na medida em que o mergulhador aciona um botão próprio (*power*), ligado a uma mangueira de baixa pressão ao cilindro.

Inflando o colete, naturalmente em razão do ar nas bolsas, tenderá a flutuar, e torna-se equipamento de segurança para a flutuação do mergulhador na superfície. Da mesma maneira, o próprio mergulhador pode *desinflar* o colete, apertando outro botão de comando.

Com tal manobra, deixa-se o ar escapar, diminuindo-se a capacidade de flutuação, afundando por consequência.

Uma perfeita regulagem pelo mergulhador torna o mergulho além de seguro, extremamente confortável.



#### **5.2.2.5 Suporte anatômico**

Também conhecido como arreio ou “back pack” (do termo inglês – mochila). Destina-se a prender o cilindro ao corpo do mergulhador. É encontrado sob diversas formas desde simples selins de plástico com tirantes, até os que são acoplados aos coletes equilibradores tipo “jacket”.



## 5.2.2.6 Acessórios

São equipamentos que, embora não sejam essenciais, tornam a atividade de mergulho mais segura, facilitando determinadas tarefas. A seguir apresentaremos alguns:

### 5.2.2.6.1 Luva de mergulho

Existem atualmente diversos tipos de luva, algumas fabricadas somente em nylon, outras de neoprene e alguns modelos em neoprene com a parte inferior em couro. Luvas fabricadas totalmente em neoprene devem ter espessura de 2 ou 3mm no máximo. Luvas de 5mm só devem ser utilizadas em águas muito frias pois o mergulhador fica praticamente sem sensibilidade.

### 5.2.2.6.2 Capuz de neoprene

Complementam a roupa, ampliando a proteção ao mergulhador, pois ele irá proteger contra possíveis impactos em pedras e contra uma "cabeçada" no casco de naufrágio por exemplo.

### 5.2.2.6.3 Bota/meia de mergulho

As botas são utilizadas em nadadeiras sem calcanhar, oferecendo mais proteção ao pé do mergulhador e é mais cômodo utilizá-la, pois ao término do mergulho, o solado fabricado em material sintético ou de uma borracha mais dura, permite o mergulhador caminhar livremente sem se preocupar com possíveis objetos cortantes em barcos ou em pedras. As meias são pouco utilizadas atualmente, pois não oferecem tanta proteção quanto as botas. Tanto as botas quanto as meias são fabricadas com espessura de 3 e 5mm, sendo mais aconselhável adquirir a de 5mm, pela proteção e durabilidade superior.



### 5.2.2.6.4 Lanterna de Mergulho

Utilizada para mergulhar em águas com baixa visibilidade.



### **Características importantes**

**Botões liga-desliga** - pode ter um simples contato metálico ou de um componente eletrônico chamado Read Switch, que é um pequeno tubo fechado à vácuo, onde os terminais fecham o contato estando totalmente isolado da parte externa. Lanternas com este tipo de chave, são mais confiáveis, pois caso a lanterna inunde, o contato elétrico ainda permanece mantendo a lanterna acesa.

**Empunhadura** - sendo a parte da lanterna onde o mergulhador a segura, tem que ser de fácil acesso e que não canse a mão.

**Refletores** - veja como é o refletor. Quanto mais embaçado, tende a ter um foco mais aberto e uma luz dispersa. Quanto muito espelhado tende a ter um foco concentrado e normalmente alcançam mais alguns metros à frente do mergulhador.

**Quantidade e tipo de pilhas** - quanto maior for o número e tamanho das pilhas, mais tempo de luz você terá, comparando-se um determinado tipo de lâmpada de mesma potência.

**Engate / Amarração** - verifique se é possível amarrar alguma pulseira ou um pequeno cabo com mosquetão, para que em um determinado momento você possa prendê-la em seu colete equilibrador. Às vezes necessitamos estar com as mãos livres.

**Tipos diferentes** - existem alguns tipos diferentes de lanternas, algumas que se prendem à cabeça do mergulhador e outras em formato de caneta.

#### **5.2.2.6.5 Sacola molhada ou de coleta**

Destina-se à guarda e transporte dos equipamentos de mergulho, deve ser construída de material resistente e grande o suficiente para acomodar todo o material.



#### 5.2.2.6.6 Prancheta

Contém folhas em PVC e lapiseira em grafite acoplada às folhas. Muito utilizada também em ambientes úmidos tais como barco, piscina, praia, dentre outros.



## CAPITULO 6

# Mergulho Prático



## 6.1 PREPARAÇÃO PARA O MERGULHO

Ao iniciar uma operação de mergulho com equipamento autônomo, três etapas devem ser verificadas: adequado abastecimento de ar no cilindro, verificação de todo equipamento e a preparação do mergulhador, incluindo o planejamento da atividade a ser desempenhada.

### 6.1.1 Recarga do cilindro

O ar a ser armazenado no cilindro que será fornecido aos mergulhadores deverá atender a algumas normas de pureza. Os valores máximos de impureza são:

- Gás Carbônico - 500 PPM Monóxido de Carbono - 10 PPM
- Óleo - 1 mg/m<sup>3</sup>
- Água - 500 mg/m<sup>3</sup>

O ar deverá estar livre de qualquer odor ou contaminação por poeira ou partículas metálicas. Também não deverá conter qualquer substância tóxica ou irritante, para isso, a recarga deverá ser realizada em local livre de agentes poluentes, tipo: fumaça, escape de gases, etc.

O equipamento autônomo pode ser carregado de duas maneiras:

- por cascata; ou
- diretamente de um compressor.

Em qualquer situação, deverão ser tomadas providências para evitar o superaquecimento e, em hipótese alguma, deverá ser ultrapassada a pressão de carga do cilindro. A área de recarga deverá possuir um tanque de resfriamento para o cilindro, que tem a função adicional de atuar como proteção em caso de explosão.

Os seguintes pontos deverão ser observados durante a recarga do cilindro:

- nunca abra uma válvula até você ter verificado que as demais



válvulas encontram-se em suas posições corretas;

- sempre abra as válvulas vagarosamente;
- nunca deixe uma válvula totalmente aberta, após abri-la totalmente,
- gire no sentido oposto um quarto de volta;
- nunca dê partida em um compressor sob carga, verificando se a válvula de descarga está aberta antes de dar partida;
- verifique se o ar a ser fornecido pelo compressor está com pressão maior que a do cilindro, antes de abrir a válvula de interceptação. Não permita que ocorra o contrário;
- o cilindro que é recarregado rapidamente se aquece em demasia, e, ao voltar à temperatura normal, provavelmente necessitará de uma continuidade na recarga.

Para recarregar o cilindro pelo sistema de cascata, deverá ser obedecida a seguinte sequência:

- ligue o rabicho ao cilindro;
- feche o dreno do rabicho;
- abaixe a válvula de reserva;
- abra a válvula de interceptação do cilindro completamente e retorno um quarto de volta;
- abra lentamente o registro da torneira, iniciando a recarga, não podendo a pressão do cilindro exceder a de carga;
- se as pressões se igualarem, repita a operação com o segundo cilindro;
- atingida a pressão desejada, feche o registro da torneira, feche a válvula de interceptação do cilindro, abra o dreno do rabicho e levante a haste da válvula de reserva.

**Observação:** A velocidade de carga do cilindro não deverá ultrapassar a 27 bar por minuto, 400 psi por minuto ou 27 Kgf/cm<sup>2</sup> por minuto.

## 6.2 PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Antes de qualquer mergulho, todo o equipamento deverá ser cuidadosamente inspecionado, verificando-se, sinais de deterioração, dano, corrosão e perfeito funcionamento.

Todo mergulhador deverá inspecionar o seu próprio equipamento e nunca assumirá que qualquer peça do equipamento está pronta para uso, a menos que ele próprio o tenha feito, mesmo que outra pessoa tenha sido



designada para fazê-lo.

O equipamento deverá ser inspecionado, como descrito a seguir:

### **6.2.1 Cilindros**

- Inspeção visual com atenção à ferrugem, rachaduras, válvulas empenadas e tirantes partidos ou deteriorados;
- Verifique se o teste hidrostático está dentro da validade;
- Verifique o O-ring da torneira do cilindro;
- Aferir a pressão do cilindro.

### **6.2.2 Back-pack**

- Verifique sinais de corrosão e apodrecimento;
- Ajuste os tirantes;
- Teste o mecanismo de soltura rápida dos tirantes do back-pack.
- Verifique as condições do back-pack.

### **6.2.3 Válvula reguladora**

- Adapte o 1º estágio à torneira do cilindro.
- Verifique se o O-ring está corretamente posicionado.
- Abra totalmente o registro da torneira do cilindro e retorne 1/4 de volta.
- Verifique se há vazamentos no registro da torneira ouvindo o escape de fluxo de ar. Se houver suspeita de vazamentos, determine a sua exata localização mergulhando a válvula em um tanque com água, observando o surgimento de bolhas. Se o vazamento ocorrer no O-ring, retire a válvula da torneira e a reinstale ou troque o O-ring. Inspire e exale várias vezes através da válvula, verificando o bom funcionamento da mesma. Pressione o botão de purga e verifique o seu funcionamento.

### **6.2.4 Colete equilibrador**

- Verifique se a mangueira do colete está conectada corretamente;
- Infle-o e verifique a existência de vazamentos;
- A quantidade remanescente de ar deverá ser retirada quando o mergulhador estiver na água, mergulhando um pouco abaixo da superfície, mantendo a traqueia do colete acima da superfície e apertando o botão existente para este fim;
- Verifique o estado dos tirantes, ajustando-os em seguida;
- Após a inspeção, o colete deverá ser separado dos demais equipamentos e guardado em local onde não possa ser danificado ou



misturado com outros coletes não testados.

#### 6.2.5 Máscara

- Verifique a vedação e tirante;
- Verifique se a lente está arranhada ou quebrada.

#### 6.2.6 Faca de mergulho

- Verifique se está afiada e segura na bainha;
- Verifique se ela pode ser desembainhada com facilidade.

#### 6.2.7 Respirador (Snorkel)

- Verifique se há alguma obstrução e as condições do bocal.

#### 6.2.8 Cinto de lastro

- Verifique se o cinto está em boas condições e com um número adequado de pesos corretamente posicionados;
- Verifique se a fivela de soltura rápida está funcionando corretamente.

#### 6.2.9 Medidores de informações

- Verifique o seu funcionamento;
- Inspecione a pulseira e pinos.

#### Observações

Inspecione todos os demais equipamentos que serão usados no mergulho, assim como os sobressalentes, ferramentas, cabos, poitas, etc.

### 6.3 PREPARO DO MERGULHADOR

Após os mergulhadores inspecionarem e testarem os seus equipamentos, eles deverão dar o “pronto” ao Comandante da Guarda Náutica, que então dará as instruções finais para a operação de mergulho. Estas instruções são fundamentais para o sucesso e segurança da operação e abordarão somente o mergulho que está por iniciar. Todo pessoal diretamente envolvido deverá participar e entender cada detalhe do planejamento traçado para a operação.

Deverá ser dada especial atenção aos seguintes pontos:

- trabalho a realizar;
- limites de tempo do mergulho;



- dificuldades esperadas;
- participação de outros mergulhadores;
- fases do mergulho;
- sinais combinados;
- procedimentos de emergência, ação em caso de separação;
- condições ambientais; e
- perigos existentes no local.

Quando a equipe de mergulho estiver ciente de cada detalhe da operação, os mergulhadores estarão prontos para iniciar o mergulho, equipando-se na sequência abaixo:

- roupa de mergulho;
- botas e capuz;
- cinto de lastro;
- faca;
- medidores de informações, bússola, profundímetro, cilindro acoplado ao colete equilibrador (ou à sela), com auxílio do dupla, ajustando os tirantes e abrindo o registro da torneira;
- nadadeiras;
- máscara.

Após a equipagem, os mergulhadores darão um novo “pronto” ao Comandante da Guarda Náutica, que os inspecionará visualmente e verificará se o conjunto de respiração está funcionando adequadamente, e:

- assegurará que os mergulhadores estão em boas condições físicas e mentais para o mergulho;
- verificará se os mergulhadores estão portando o equipamento mínimo para o mergulho com o equipamento autônomo;
- verificará se cada dupla possui medidores de informações;
- verificará se a pressão do cilindro foi aferida e se ela possui um volume de ar suficiente para duração planejada do mergulho;
- assegurará que a fivela do cinto de lastro pode ser alcançada por ambas as mãos do mergulhador e que o cinto está corretamente afivelado, e fora de todos os tirantes do colete equilibrador ou do back pack;
- verificará se o colete equilibrador está livre para expandir-se e que todo ar do seu interior foi retirado;

- verificará a posição da faca e se certificará que ela será mantida com o mergulhador e que ela possa ser alcançada por ambas as mãos;
- assegurará que o registro da torneira do cilindro tenha sido totalmente aberta e retornado de um quarto de volta; e
- verificará se as mangueiras do equipamento estão safas.

Os mergulhadores estarão então prontos para entrar na água, onde os equipamentos serão novamente testados e inspecionados, com ajuda do dupla antes do mergulho.

### **6.3.1 Entrada na água**

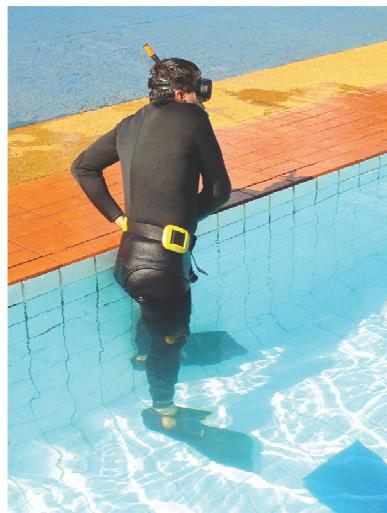
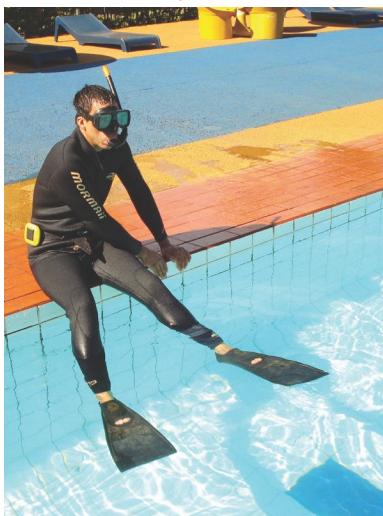
A maneira de entrar na água dependerá naturalmente do local. De qualquer modo, deve-se ter atenção para os seguintes pontos:

- a máscara deverá ser mantida em posição e o cilindro seguro para que não bata na cabeça, no caso de saltar para a água;
- as nadadeiras atrapalham o andar e, na entrada, a partir de uma praia, deve-se fazê-lo de costas e deitando-se tão logo a profundidade o permitir.

#### **6.3.1.1 Tipos de entrada na água**

##### **6.3.1.1.1 Sentado de frente para a água**

Utilizada para entrar em piscinas ou, a partir do deck de



emb  
arca  
ções  
que  
poss  
uem  
cost  
ado  
baix  
o ou  
plata

forma de mergulho nos espelhos de pop a. Deve-se partir da posição sentado na borda, apoiar as duas mãos em sua lateral, erguendo o corpo com os braços e girando-o de forma que as costas e o cilindro fiquem voltados para fora e longe da borda, evitando o seu contato físico e ficando em pé na água de frente para borda.

#### **6.3.1.1.2 Sentado de costas ou rolamento de costas**

Método utilizado principalmente em plataformas instáveis, embarcações miúdas ou com o bordo baixo. Efetua-se a cambalhota de costa, a partir da posição de sentado na borda, caindo sobre as costas.



#### **6.3.1.1.3 Passo de Gigante**

Partindo da posição ereta, de frente para a água, o mergulhador salta com as pernas afastadas uma da outra, como numa grande passada. Ao cair na água é recomendado efetuar uma pernada contrária, tipo tesoura, invertendo a posição das pernas, evitando-se afundar em demasia. Este método

é utilizado em locais que não se sabe a profundidade ou quando não interessa submergir muito na queda.



Deve-se observar ainda os seguintes pontos:

- com uma das mãos o mergulhador segura a válvula e a máscara, simultaneamente;
- com outra mão segura o colete e o cilindro junto às costas, evitando que no momento do impacto com a água o mesmo venha a subir e bater o 1º estágio do regulador na nuca.

### **Observação**

Seja qual for o método de entrada utilizado, é preciso sempre manter o máximo de controle possível, e, assim que voltar à superfície ajuste o equipamento e sinalize sobre suas condições ao companheiro ou a quem estiver monitorando seu mergulho.

## **6.3.2 Procedimentos na água**

### **6.3.2.1 Na superfície**

Uma vez na água, os mergulhadores deverão fazer um novo teste em seu equipamento. Durante o salto, peças poderão ter saído de posição ou mesmo ter caído. Vazamentos se tornarão evidentes, válvulas poderão disparar e máscaras alagarem.

Por ocasião do teste, os mergulhadores deverão:

- testar o conjunto de respiração, respirando lentamente através da válvula reguladora. Eles deverão respirar com facilidade e sem



resistência. Não deverá haver vazamento;

- verificar se há vazamentos no equipamento do dupla, principalmente junto às conexões (1º estágio com a torneira do cilindro, mangueira com as válvulas e 2º estágio);
- verificar o posicionamento do equipamento e tirantes do dupla;
- verificar se a máscara facial está convenientemente adaptada ao rosto, desalagando-a se necessário;
- se estiver usando roupa seca, verificar se há vazamento e inflar ou esfogar a roupa para obter flutuabilidade adequada;
- esgotar totalmente o colete equilibrador.

Após a realização do teste, os mergulhadores deverão orientar-se com a ajuda da bússola ou através de pontos naturais como o sol, lua, pedras, correnteza ou pontos de terra. Em seguida, darão o “pronto” para o Comandante da Guarnição Náutica, através de sinal manual, e este ordenará que deixem à superfície. Ao iniciar o mergulho sempre descerão seguindo por um cabo guia.

### **6.3.2.2 Descendo**

Com o tempo de fundo iniciado, os mergulhadores sinalizarão um para o outro e juntos, iniciarão a descida. De qualquer modo, a velocidade de descida não deve exceder 18 metros (60 pés) por minuto. Em locais de baixa visibilidade, os mergulhadores deverão manter um braço estendido a sua frente para evitar qualquer choque com a cabeça.

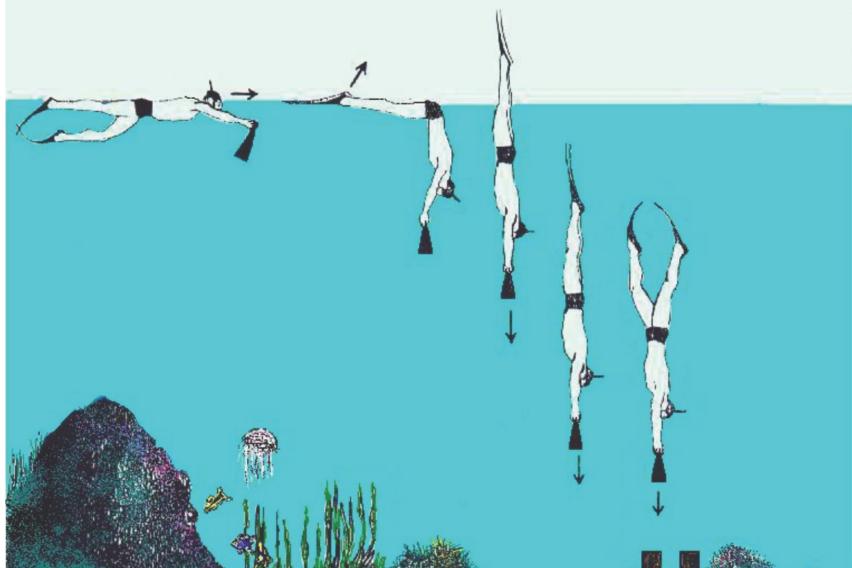
Ao alcançarem o local do mergulho, os mergulhadores deverão se orientar e verificar as condições do local, e se estas forem radicalmente diferentes das previstas ou parecerem perigosas, o mergulho deverá ser abortado e o Comandante da Guarnição informado do que está ocorrendo. O mesmo procedimento deverá ser cumprido se houver necessidade de um novo planejamento para a realização do mergulho. Os mergulhadores deverão retornar à superfície e discutir a situação com o Comandante da Guarnição, obtendo autorização para modificar o planejamento.

#### **6.3.2.2.1 Descida em pé**

O mergulhador fixará um ponto de referência (árvores, pedras, embarcações, etc.) e descerá na posição vertical, com os pés voltados para baixo, segurando o cabo guia até tocar o fundo.

#### **6.3.2.2.2 Descida em três tempos (canivete)**

O mergulhador procederá conforme figura ilustrativa.



### 6.3.2.3 No fundo

Ao iniciar o trabalho no fundo, os mergulhadores deverão ter em mente suas próprias limitações, bem como as do equipamento. Assim, deverão lembrar o tempo máximo que dispõe pela duração do seu suprimento de ar, a inconveniência de fazer parada de descompressão, etc. Deverão limitar o esforço físico, de modo a não superar a capacidade de fornecimento de ar do seu equipamento e manter um ritmo respiratório calmo, não pensando jamais em reduzir propositadamente o ritmo respiratório para prolongar o mergulho, situação que poderá conduzir à intoxicação por CO<sub>2</sub> com todas as suas consequências. As partes mais pesadas do trabalho deverão ser realizadas no início do mergulho, quando o suprimento de ar é grande e o homem está descansado.

#### 6.3.2.3.1 Mergulho em dupla

É o responsável pelo grande fator de segurança existente no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, em operações de mergulho com equipamento autônomo. Mergulhadores operando em dupla são responsáveis pelo cumprimento da tarefa designada e pela segurança do companheiro.

As regras básicas do mergulho em dupla são:

- jamais perder o contato visual ou físico com o dupla. Com boa visibilidade, mantê-lo sob contato visual. Em baixa visibilidade,



utilizar o cabo de ligação;

- conhecer o significado de todos os Sinais Manuais e Sinais Padrão de Mergulho;
- se algum sinal for dado, ele deverá ser imediatamente entendido e devolvido. Deverá ser considerada uma emergência, o fato do dupla não responder o sinal;
- monitorar as ações e as condições físicas do dupla. Conhecer os sintomas de doença descompressiva, narcose e intoxicações. Se o dupla estiver em perigo ou apresentar um comportamento anormal, a causa deverá ser imediatamente determinada e o apropriado procedimento de emergência cumprido;
- Nunca deixe o dupla sozinho, a menos que ele esteja enroscado e não possa ser socorrido sem uma ajuda adicional. Se o mergulhador reserva ou outro mergulhador não puder ser alcançado imediatamente, marque a localização do acidentado com um cabo ou boia;
- Estabelecer um plano de busca para encontrar um mergulhador perdido. Se o contato com o dupla for quebrado, o plano de busca deverá ser cumprido imediatamente;
- Se um dos mergulhadores abortarem o mergulho por qualquer motivo, o dupla também deverá fazê-lo, retornando ambos à superfície;
- Conhecer e estar pronto para realizar troca de bocal.

#### **6.3.2.3.2.2 Troca de bocal**

Se houver perda do suprimento de ar ou mal funcionamento do conjunto de respiração, o mergulhador, cujo o suprimento de ar está deficiente, deverá proceder como listado abaixo:

- manter a calma e sinalizar o problema para o dupla apontando para o bocal;
- não tomar o bocal da válvula reguladora do dupla. O mergulhador deverá colocar uma das mãos sobre a mão com a qual o dupla está segurando a sua válvula;
- os mergulhadores se apoiarão mutuamente, segurando um dos braços ou tirantes, com a outra mão;
- o dupla após duas inspirações, oferecerá o seu bocal ao companheiro, que pegando a mão (não o bocal), desalagará o equipamento, comprimindo o botão de purga do 2º estágio. Antes de respirar, fará uma ligeira expiração para confirmar o



desalagamento e inspirará;

- cada mergulhador deverá respirar duas vezes e passar o bocal ao companheiro. Após estabelecer um calmo regime de trocas, deverá ser iniciada a subida.
- A troca de bocal é um procedimento de emergência que deverá ser praticado e todo mergulhador deverá estar familiarizado com ele.

#### **6.3.2.4 Voltando à superfície**

Quando chegar o momento de retornar a superfície, ambos os mergulhadores sinalizarão o fim do mergulho. Quando o sinal tiver sido compreendido, eles iniciarão juntos a subida.

O fim do mergulho poderá ser caracterizado por duas situações: um retorno normal à superfície ou uma subida de emergência. O primeiro caso deverá ser conduzido numa razão de subida de 18 metros (60 pés) por minuto. Para melhor controle, deverá ser realizada a subida ao longo de um cabo de fundo graduado e os mergulhadores deverão estar cientes de suas eventuais paradas, embora, como já foi dito mergulho com descompressão deverá ser evitado.

Quando estiverem subindo, os mergulhadores deverão manter um braço esticado verticalmente para evitar colisão com qualquer objeto e observar os objetos nas redondezas, particularmente os flutuantes na superfície.

Uma infinidade de situações poderá determinar uma subida em emergência. Uma falha inesperada do equipamento, um mergulhador com problemas de saúde, uma intoxicação, um ferimento, variações severas nas condições ambientais, são exemplos desses determinantes. No caso do suprimento de ar continuar normal, o problema é minorado, devendo a dupla iniciar a subida na razão citada. Uma cuidadosa avaliação deverá preceder a decisão de um mergulhador diante de um companheiro com distúrbios respiratórios ou inconsciente.

#### **6.3.2.5 Chegando à superfície**

Chegando à superfície, os mergulhadores deverão estar certos de que não estão sob o casco da embarcação de apoio ou sob outros objetos. Eles deverão prestar atenção ao som de propulsores (hélices em movimento, motores) de embarcações e atrasar a chegada até estarem certos de que não correm perigo.

Na superfície deverão procurar em todas as direções e localizar seu ponto de apoio, outros mergulhadores e qualquer embarcação que estiver aproximando-se. Eles também deverão inflar o colete equilibrador e descansar



enquanto aguardam o socorro.

### 6.3.2.6 Após o mergulho

Alguns problemas fisiológicos não serão detectados de imediato. O comandante da guarnição náutica e os demais membros da equipe deverão estar permanentemente alertas quanto a esta possibilidade. Por esta razão, os mergulhadores deverão ser mantidos em observação o maior tempo possível.

Se as suas condições físicas forem satisfatórias, a primeira tarefa dos mergulhadores após o mergulho será inspecionar o seu equipamento.

## 6.4 COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO DO MERGULHO

A comunicação durante as operações de mergulho é fator preponderante na segurança. Ela é feita entre os mergulhadores, entre o mergulhador e a equipe de superfície e vice e versa. Pode ser feita em viva voz com equipamentos que possuem esse recurso ou através de sinais previamente estabelecidos.

### 6.4.1 Comunicação entre mergulhador e a equipe de superfície

Quando a comunicação é feita entre o mergulhador e a equipe de superfície, são empregados sinais (puxões) na linha de vida.

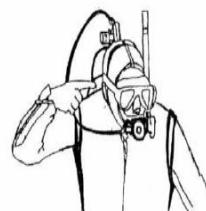
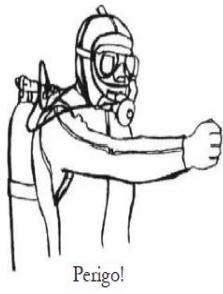
Os sinais para o mergulho autônomo devem ser adaptados e treinados entre os membros da equipe de mergulho antes do mergulho propriamente dito de forma clara e precisa.

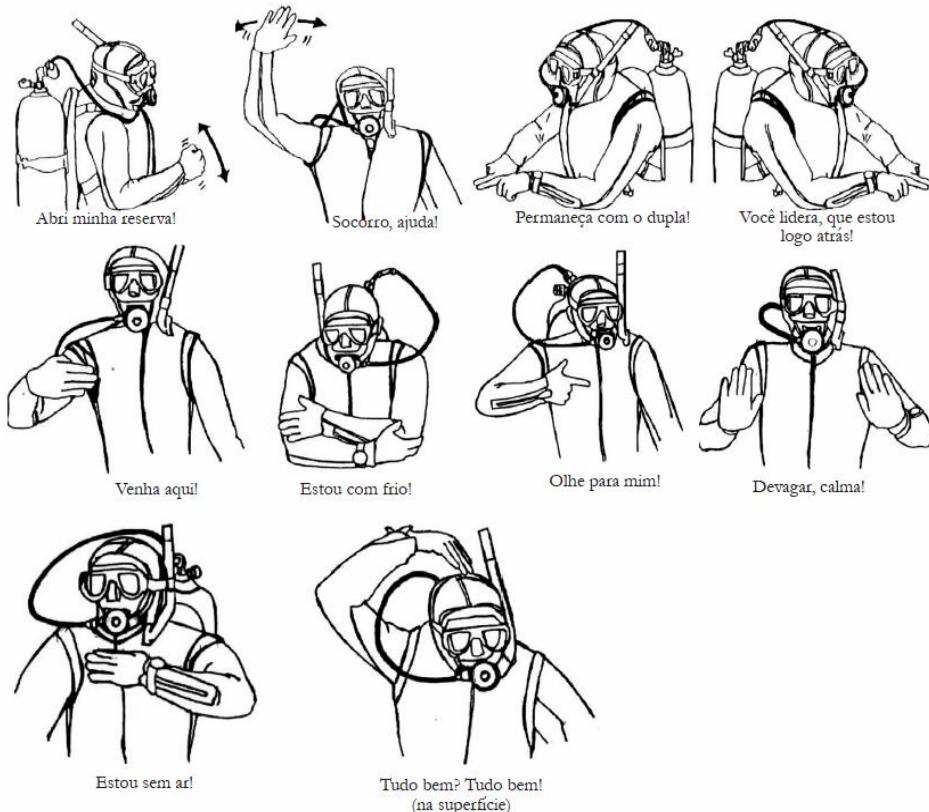
Lembrete: todos os sinais emitidos devem ser respondidos. Essa é a forma utilizada para confirmar seu entendimento.

### 6.4.2 Sinais manuais entre mergulhadores submersos

Nos casos em que a comunicação é feita entre mergulhadores submersos, empregam-se sinais, internacionalmente aceitos, feitos com as mãos e braços. Esses sinais são padronizados, mas isso não impede que sejam estabelecidos outros, entre os mergulhadores envolvidos. O importante é que eles sejam claros e exagerados o bastante para facilitar o entendimento.

A seguir estão alguns sinais manuais de mergulho, largamente conhecidos, e seus significados.





#### 6.4.3 Comunicação oral

Para a Mascara "Full Face" tem-se:

- Possui um regulador integrado (balanceado);
- Volume interno reduzido;
- Melhor campo de visão
- Permite a comunicação entre mergulhadores embaixo d'água.
- Com o radio transmissor digital de superfície, permite comunicação entre mergulhador e superfície



*Adaptabilidade:*

- Saia moldada em "Silicone Premium" 30-45mm (o dobro de uma



máscara convencional)

*Campo de visão:*

- O design, mais largo e próximo à face, maximiza o campo de visão periférica.
- Maior resistência a riscos devido à camada de resina "siloxane" aplicada dos 2 lados.

*Válvula de ar de superfície integrada:*

- Permite ao mergulhador respirar ar ambiente enquanto estiver na superfície.

*Sistema de equalização 3D patenteado:*

- Permite equalização, tornando o mergulho mais confortável e inibindo qualquer pressão indesejada durante o mergulho.
- Pode ser usada com uma unidade de comunicação e acessórios
- Permite comunicação com outros mergulhadores e com a superfície através das últimas inovações de rádio comunicação ultrassônica subaquática.
- Obedece as regras/requisitos de Certificação da CE (Comunidade Europeia):
  - De acordo com as diretrizes 89/689/EEC,
  - Sob as regras Standard UNI EN250 para atividades subaquáticas,
  - inclui baixas temperaturas < 50° F

#### 6.4.4 As Bandeiras de Mergulho

Durante a atividade de mergulho, é necessário informar às embarcações vizinhas essa situação, de forma a evitar que ocorram acidentes e que o trabalho dos mergulhadores não seja molestado, já que a eventual passagem de barcos constitui um dos mais sérios perigos ao mergulhador quando de seu regresso à superfície. Para isso usam-se bandeiras padronizadas e reconhecidas internacionalmente.

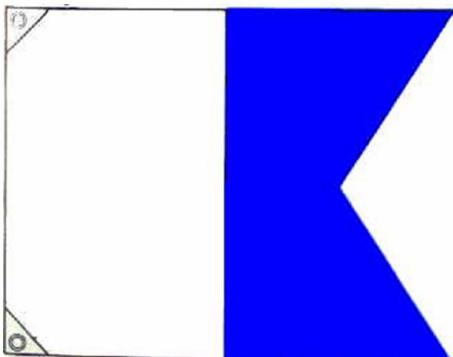
A presença das bandeiras é uma obrigação formal, regulamentada na legislação do tráfego marítimo. O seu desrespeito acarreta sanções jurídicas ao supervisor do mergulho e ao comandante da embarcação.

A partir de 1957, nos Estados Unidos, adotou-se a bandeira vermelha cruzada por uma diagonal branca e no mesmo ano, na Europa, usava-se a mesma bandeira só que com duas faixas diagonais. Como o significado de



ambas era desconhecido pela maioria dos navegantes, o "International Maritime Organization" determinou que a bandeira "Alpha" do Código

Bandeira Alpha (cores: branca e azul)



Bandeira tradicional (cores: branca e vermelha)



Internacional de Sinais Marítimos, (bandeira branca com mosca azul) tivesse a seguinte interpretação: "Temos mergulhadores sob a água. Mantenha-se à distância ou com o motor em marcha lenta".

Atualmente as duas bandeiras são aceitas para sinalizar a presença de mergulhadores na água. Uma porque consta da regulamentação oficial do tráfego marítimo (Bandeira Alpha) e a outra porque em razão dos seus 30 anos de divulgação internacional, já se tornou reconhecida como um símbolo da própria atividade.

## 6.5 BUSCAS SUBAQUÁTICAS

A localização de objetos sob a superfície das águas representa muitas vezes a parte mais difícil de uma operação de mergulho. Muitas das vezes os objetos a serem localizados passam desapercebidos pelos mergulhadores, uma vez que a visibilidade e as condições do meio líquido não apresentam fatores que facilitam tal operação.

### 6.5.1 Fatores Condicionantes

Uma série de fatores influem no grau de dificuldade de uma busca subaquática. Vejamos alguns deles:

#### 6.5.1.1 Dimensões do Alvo

Quanto maior o alvo, mais fácil será sua localização. Objetos de grandes dimensões permitem o emprego de diversos meios para localizá-lo, como sonares, detectores magnéticos aerotransportados, garateias etc.

Pequenos objetos implicam normalmente em indicações muito precisas.



### 6.5.1.2 Mobilidade do Alvo

Ser o alvo estático ou móvel influí muito no planejamento da busca. Um alvo estático terá sua busca centrada em um ponto, em torno do qual irá sendo expandida.

Para alvos móveis é preciso estabelecer um "datum". O datum é a posição mais provável do alvo no momento em que se iniciar a busca. Para isso, recomenda-se determinar as características de movimento das águas e seu efeito sob um objeto semelhante ao alvo. Para objetos derivantes, é muitas vezes preferível estabelecer uma barreira a jusante, inclusive usando redes de pesca ou similar.

### 6.5.1.3 Correnteza

Além de influir no comportamento de objetos móveis, influí também sobre o mergulhador. Poderá facilitar uma busca, reduzindo o esforço ou dificultá-lo criando suspensão ou enterrando o alvo.

A visão é o sentido mais eficiente em uma busca subaquática, já que permite classificar qualquer contato, isto é, permite uma identificação positiva do alvo (obviamente, para que tal aconteça, é preciso que a água seja suficientemente transparente).

Em águas de boa transparência, a procura pode ser realizada da superfície ou até por aeronaves, varrendo-se grandes áreas em pouco tempo.

Os fatores que afetam a visibilidade subaquática são as partículas em suspensão e a intensidade da luz. Eventualmente pode-se corrigir a falta de luz com o auxílio de iluminação artificial, mas a suspensão é difícil de ser eliminada.

Em uma busca visual, deve-se estabelecer a visibilidade em termos de distância e, assim, determinar a largura de varredura, que nada mais é do que a distância que a vista alcança para os dois lados do observador.

### 6.5.1.4 Extensão da área de busca

Quanto maior a área de busca, maior quantidade de recursos terá que ser empregada e/ou maior velocidade de procura deverá ser imprimida.

### 6.5.1.5 Profundidade do local

A profundidade influí no tempo disponível para a busca com mergulhadores, na visibilidade, na precisão do centro de busca, etc.

### 6.5.1.6 Natureza do fundo

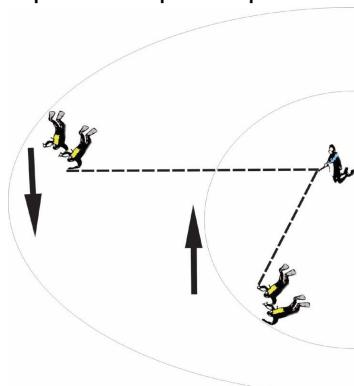
A natureza e o relevo do fundo afetam a visibilidade, seja por oferecer maior contraste com o alvo, seja por cobri-lo com facilidade, seja por favorecer

a suspensão de partículas.

## 6.5.2 Métodos de busca

### 6.5.2.1 Leque crescente

Técnica utilizada tanto nas margens como em pontos pré-estabelecidos dentro do ambiente aquático. É recomendada principalmente para represas e lagos, sendo porém utilizada em rios com pouca correnteza ou onde são formados remansos. São necessários para o emprego desta, no mínimo três componentes, sendo uma dupla de mergulhadores e um guia.



**Emprego da técnica** – Quando a técnica é aplicada a partir das margens, o guia permanece em um local fixo em terra ou na rasura onde tem a posse do cabo guia. Este cabo deve conter em sua extremidade o nó chamado azelha, para que seja o ponto fixo para os mergulhadores. Os mergulhadores durante a busca devem se atentar de deixar o cabo guia sempre esticado. O deslocamento do mergulhador com o cabo esticado lembra o desenho de um leque, o guia é encarregado de avisar o momento para mudança da direção, dando toques (puxões) no cabo. Neste momento, o guia libera mais cabo (dois ou 3 metros) e o mergulhador que segura o azelha, avisa seu parceiro da mudança de direção, troca o azelha de mão e volta a esticar o cabo, assim, aumentando a área de busca (aumenta o leque).

**Observação:** É uma técnica bastante utilizada pela facilidade do emprego desta, e pela eficácia, pois o guia mantém o controle de toda a área de busca.

### 6.5.2.2 Arrasto

Técnica utilizada em rios e córregos com correnteza, independendo do tipo de relevo subaquático. São necessários para este evento três componentes, sendo a dupla de mergulhadores e um guia, também chamado de "homem poita".

**Emprego da técnica** – desloca-se com a embarcação para o ponto escolhido pro inicio do mergulho. Neste momento é lançada a ancora com o intuito de parar a embarcação. A partir da embarcação ancorada, os mergulhadores submergem pelo





cabo guia se posicionando no fundo um ao lado do outro com a face voltada para a correnteza e o corpo na horizontal ou na vertical, pois se houver algum obstáculo ou enroscos os pés são os primeiros a ter contato. Ao chegar até a poita cada mergulhador a segura com uma das mãos e a levantam (arrastam) fazendo com que a correnteza os desloque. Com isso possibilita utilizarem o braço livre para a realização da busca pelo tato. O homem poita se encarrega da direção dos mergulhadores, avisando-os através de toques (puxões) no cabo guia evitando locais perigosos e também, se atenta a prováveis problemas que os mergulhadores possam ter observando as bolhas exaladas e inércia da embarcação (diferença de profundidade ou enroscos).

**Observação:** É a técnica mais utilizada em rios e córregos com correnteza, percorrendo grandes espaços em pouco tempo.

#### 6.5.2.3 Livre

Os mergulhadores submergirão ligados ao cabo da vida e farão a busca livre esta técnica é utilizada geralmente onde o mergulhador tenha certeza que não encontrará adversidades (galhadas ou correnteza)

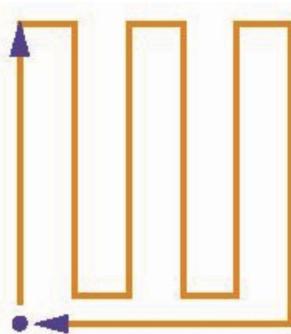
#### 6.5.2.4 Técnica em linha ou em “U”

Técnica utilizada em rios e córregos estreitos em relação às margens, de pouca profundidade e velocidade de correnteza. São necessários para sua realização quatro componentes, sendo uma dupla de mergulhadores e outra de guias.

**Emprego da técnica** – cada guia se posiciona dentro da água e de lados contrários nas margens do rio. Os dois estarão de porte do cabo guia cada qual sendo segurado pelas extremidades. Os guias deverão deixar o cabo esticado e, dentro do possível totalmente submerso. Os mergulhadores deverão estar unidos por meio de um cabo de menor diâmetro ligado ao cabo guia. As buscas começam em um dos lados do rio e prossegue em estilo de “ida e volta” ao longo do cabo. À medida que os mergulhadores chegam a uma extremidade deve ser dados “toques” no cabo mostrando sua posição.

O guia correspondente se encarrega de movimentar-se ao longo da margem assim, fazendo a varredura em toda a área planejada.

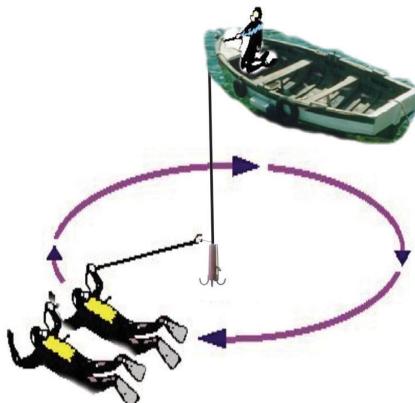
**Observação:** É uma técnica utilizada principalmente, quando a guarnição não possui embarcação e ou motor de popa.



### 6.5.2.5 Técnica do “Espiral”

Técnica utilizada principalmente em ambientes com água parada ou com correnteza fraca. São necessários para o emprego da mesma, no mínimo três componentes sendo a dupla de mergulhadores e um guia.

**Emprego da técnica** – a partir de uma embarcação ancorada a dupla de mergulhadores submergem pelo cabo da âncora (poita) com a posse de um cabo auxiliar conectado ao cabo guia, através de azelha e ou mosquetão. No fundo os mergulhadores utilizam a extensão do cabo auxiliar, deixando-o mais curto ou mais longo, tesa o cabo e inicia o deslocamento fazendo um movimento circular (espiral) de 360°. O guia tem a função de se atentar com a poita, mantendo-a no fundo assim, evitando que a embarcação fique a deriva o que pode ser perigoso principalmente para os mergulhadores. A mudança da área de busca se faz de duas formas: a primeira os mergulhadores emergem, o guia desancara a embarcação e a muda de local. A segunda opção é feita pelos próprios mergulhadores que mudam a poita de local de acordo com o necessário. Esta técnica também é utilizada para fazer buscas em galhadas, neste caso não são feitos movimentos circulares e sim deslocamentos únicos sobre toda a extensão do cabo auxiliar, chamado de “tiros”. Ao final do cabo retorna pelo mesmo e muda a direção do “tiro”, assim sucessivamente.



**Observação:** Ao encontrar o que se busca, deve ser utilizado o cabo auxiliar para a amarração do objeto ou pessoa, para que o mesmo não mude de posição. Os mergulhadores deste modo voltam até o cabo guia e emergem avisando o restante da guarnição. A técnica é bastante utilizada, pois é fácil de executar e tem grande abrangência da área de busca.

## 6.6 IÇAMENTO DE OBJETOS SUBMERSOS

### 6.6.1 Procedimentos Padrões

#### 6.6.1.1 Coletar dados

##### 6.6.1.1.1 Dados gerais

São aqueles que fazem parte de qualquer mergulho:

- A profundidade, que influenciará no tempo de fundo, tabela de mergulho utilizada pelo mergulhador e volume de ar para inflar as bombonas.

É medida com o uso de:

- ✓ corda lastreada marcada de metro em metro,
- ✓ corda lastreada e com um profundímetro,
- ✓ ecobatímetro eletrônico (figura ao lado).



- A existência de correnteza no fundo, que influi ou impede os trabalhos submersos.
- A existência de correnteza na superfície, que influi na chegada e deslocamento do sistema refluído.
- A visibilidade, que influencia nos trabalhos submersos podendo ser melhorada com o uso de lanternas, comunicação, e treinamento constante.
- A temperatura da água, que influi no conforto do mergulhador, pode ser resolvido, com o uso de roupa seca.

#### 6.6.1.1.2 Dados específicos

São aqueles ligados à atividade de reflução:

- Se a água é doce ou salgada; a densidade da água influi no cálculo do EMPUXO.
- A densidade da água doce =  $1000 \text{ Kg/m}^3$  ou  $1\text{Kg/litro}$
- A densidade da água salgada =  $1026 \text{ Kg/m}^3$  ou  $1,026 \text{ Kg/litro}$
- O volume do objeto, que também influi no cálculo do EMPUXO depende de:
  - ✓ De que material é feito o objeto?
  - ✓ O peso do objeto, que influi no cálculo da Força de Flutuação.
  - ✓ O motivo que levou o objeto a afundar ajuda, a saber, sobre a integridade ou não do mesmo.



### 6.6.1.3 Mergulho de reconhecimento

Serve para confirmar ou alterar os dados disponíveis, e complementar com outros colhidos no próprio local. Deve ser verificado:

- A profundidade em que se encontra o objeto, com tal informação devemos determinar que tabela de mergulho será usada, quantidade de ar para mergulho e reflutuação, e quantidade de mergulhadores necessária.
- Os pontos de maior e menor resistência do objeto que determinará onde serão fixados às bombonas,
- Se a estrutura do objeto está intacta ou avariada, pois as vezes poderá ser necessário repará-la ou reforçar, para que aguente a reflutuação.
- Qual o tipo de fundo onde está depositado o objeto; se for argiloso com partículas finas tende a levantar suspensão durante os trabalhos, turvando a água.
- Se o objeto está depositado no fundo, enterrado, obstruído, ou preso, que poderá envolver o uso de sucção, jato d'água, ou corte de estruturas.
- Se há espaço para realizar a reflutuação, pois o sistema poderá ao subir prender-se ou causar acidentes no percurso e na superfície.

### 6.6.2 Analisar a Situação

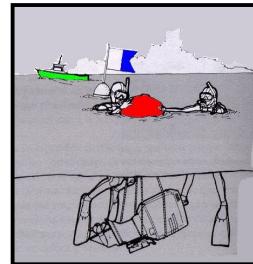
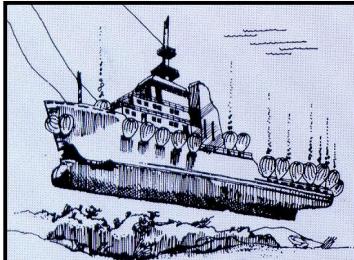
Confrontar dados com a equipe e equipamentos disponíveis. O Supervisor do mergulho deverá discutir detalhadamente com sua equipe sobre os dados obtidos, equipe e equipamentos disponíveis, que método usará, e como fazer.

Após a discussão deve ser tomada a decisão sobre a realização da operação, assim, deve ser definido se a reflutuação preenche os três requisitos para sua execução: se é possível; se é viável ou se é necessário. Poderá existir uma missão possível de ser executada, mas que não seja viável nem necessário a reflutuação. Pode ocorrer uma missão que seja possível e viável executar, mas que não seja necessário realizar a reflutuação, por exemplo, o objeto poderia ser içado.

### 6.6.3 Planejamento

- Neste caso deve ser selecionado o tipo e quantidade de bombonas a ser utilizados para o trabalho.
- Determinar o empuxo, através do cálculo do volume e densidade do objeto.

- A força de flutuação, através do cálculo da força de empuxo e peso do objeto.
- A capacidade de flutuação é o resultado do cálculo da capacidade de flutuação para saber quanto peso, as bombonas poderão realmente refluir.
- A distribuição das bombonas deve ser ao longo do objeto, buscando o equilíbrio durante a ascensão.



- A sinalização do local serve para deixá-lo seguro e isolado indicando a realização de uma operação de mergulho.
- A velocidade de subida do sistema é um item de extrema importância, pois se o sistema subir muito rápido poderá ocorrer:

- ✓ perda do equilíbrio.
- ✓ rompimento dos LPS.
- ✓ movimentação dos LPS na superfície liberando o ar.
- ✓ quebra da estrutura do objeto devido a força de resistência provocada pela água.
- ✓ enroscar-se ao mergulhador deixando-o em situação arriscada.
- ✓ A velocidade de subida deve se possível, ser próxima à velocidade de subida do mergulhador, daí a importância de não inflar excessivamente e muito rápido as bombonas.
- É de importância vital a manutenção do centro de flutuabilidade acima do Centro de Gravidade – CG. O centro de gravidade é o ponto no qual o objeto fica em equilíbrio e onde todo o peso se concentrará. Um objeto suspenso no ar sempre se moverá de tal forma que o CG fique abaixo do ponto de içamento. Um objeto suspenso debaixo d'água será sempre influenciado pelo centro de flutuabilidade o qual afetará sua estabilidade.



- Segurança geral do mergulho, onde todos os aspectos possíveis devem ser verificados, como a segurança do mergulhador, da equipe, do sistema, de toda a área onde transcorrem os trabalhos.
- O destino para o objeto reflutuando, pois não basta trazer o objeto à superfície deve-se previamente discutir e determinar para onde o mesmo será conduzido, após sua ascensão.

#### 6.6.4 Execução do Trabalho

O material a ser usado, deve ser levado ao fundo pelo mergulhador, conduzindo todos os equipamentos. Caso haja grande quantidade de materiais, poderá ser auxiliado por outros mergulhadores ou equipe de superfície, através de um sistema de cordas, ou cabos de aço, ou até mesmo guincho.

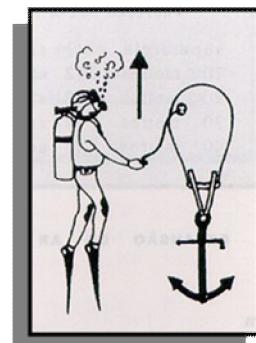
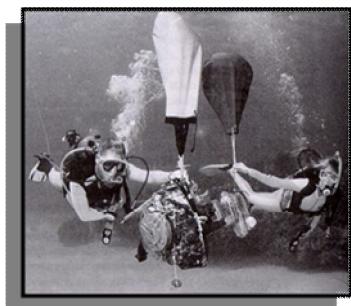
Providenciar a fixação ao objeto, se possível usar ligas, cintas ou fitas tubulares, unidos por manilhas, pois na água fria perde-se a sensibilidade para realizar nós.

Injetar pouco ar nas bombonas, apenas para mantê-las positivas. Após as bombonas estarem fixadas, deve-se adicionar pouco ar e não inflá-las totalmente, pois poderá causar desequilíbrio ou ascensão brusca. O sistema deve manter-se equilibrado, caso contrário os LPS deverão ser repositionados.

Cuidar para que nenhum equipamento do mergulhador fique preso ao sistema. Antes de iniciar a ascensão verificar se as fitas, ligas, cabos ou tirantes de fixação estão livres.

Manter distância segura do sistema durante a elevação. Não posicionar-se abaixo, nem acima do sistema, manter-se de frente para o mesmo e com a correnteza pelas costas. Manter a área de elevação livre até a superfície.

Quando o objeto subir, a área da superfície deve estar livre, evitando acidentes e permitindo a equipe de superfície resgatá-lo com segurança.



#### 6.6.5 Acondicionamento de Materiais

Também na superfície deve-se desmontar todo o sistema deixando o local seguro. Todo equipamento deve ser verificado, separando o que estiver danificado e exigir reparos, finalizando a operação de mergulho.

#### 6.6.6 Equipamentos

Os materiais que podem ser utilizados em uma operação de reflutuação são infinitos, citamos alguns deles que serão indispensáveis à missão.

#### 6.6.6.1 Cordas

Confeccionadas em nylon ou polipropileno



São utilizadas nas seguintes situações:

- ancoragem e/ou tração do objeto, reboque do objeto
- ligação do objeto à superfície ou boia de sinalização
- possuem comprimentos variados

#### 6.6.6.2 Cabo da Vida

Corda de nylon ou polipropileno usado para ancorar o objeto às boias

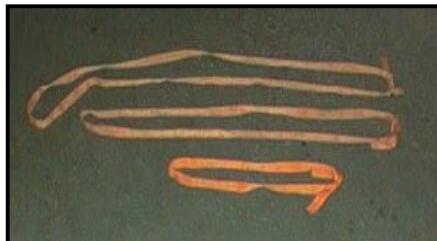
bom  
bona  
s,  
com  
com  
prim  
ento



de 6 metros.

### 6.6.6.3 Fita tubular

Confeccionada em nylon trançada com dupla camada, formando um tubo, é utilizada para ancorar objetos leves às bombonas. O comprimento é de acordo com a necessidade, podem ser montadas previamente fitas já amarradas com 1m, 2m, 3m e 4m (ficando com menos da metade do comprimento após a amarração).



### 6.6.6.4 Mosquetão

Confeccionado em alumínio ou aço inox para uso na água. É utilizado para unir a ancoragem de objetos leves à bombona.



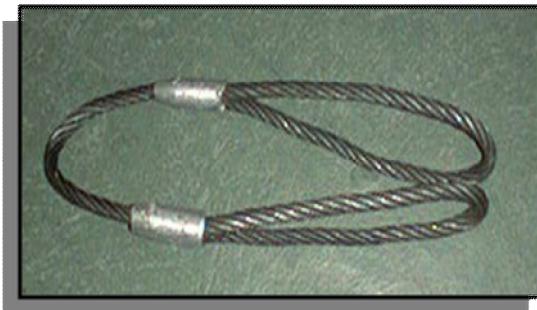
### 6.6.6.5 Manilha de Aço

Confeccionado em aço é utilizado para unir a ancoragem de objetos às bombonas, ou sistema de guincho.



#### 6.6.6.6 Linga de cabo de aço

Por trabalhar em água deve ser galvanizada (zincada) e possuir terminais em olhal, travado por presilha. Serve para ancorar o objeto ao guincho.



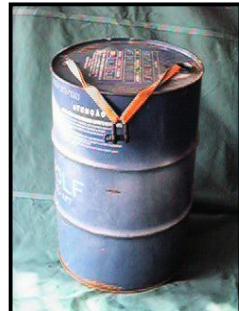
#### 6.6.6.7 LPS (Levantador de Peso Submerso) ou Bombonas

É o objeto ou acessório usado para ser adicionado ar aumentando a reserva de flutuabilidade e auxiliar na elevação do objeto submerso. Podem ser industrializados ou feitos de improviso tais como:



#### 6.6.6.8 Tambor de aço

Poder ser usado o tambor com volume de 200 litros.



#### 6.6.6.9 Câmara de Ar

De carro, caminhão, trator e outros, com abertura circular na base da face externa.



#### 6.6.6.10 Saco de Lona

Costurado com alças para ancoragem. Seu volume poderá ser variado.



#### 6.6.6.11 Lift Bags (bolsas elevatórias)

Confeccionadas em PVC, tem volume e capacidade elevatória variados, é importante possuir dreno ou válvula de exaustão e tirantes para ancoragem.



#### 6.6.6.12 Bico Inflador (rabicho)

Bico com gatilho para insuflar ar no interior dos LPS, é ligado a uma mangueira que conduzirá o ar do cilindro ou reservatório até o bico.



#### 6.6.6.13 Reservatório de ar

Utilizado para suprir o ar que irá encher o LPS. Podendo ser um cilindro de mergulho, bateria de cilindros, ou reservatório de volume constante; no caso dos cilindros de mergulho ou bateria deve possuir uma válvula



redutora de pressão.

#### 6.6.6.14 Boia Sinalizadora



Usada para sinalizar o local onde está o objeto e as proximidades do mesmo.



### 6.6.7 Fatores a Serem Observados na Escolha de um LPS

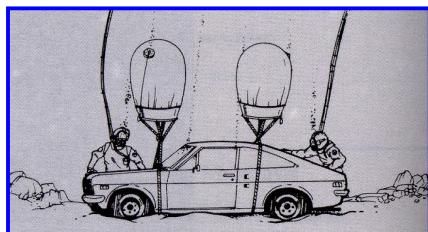
Há fatores que devem ser considerados na escolha de um LPS, é essencial saber escolher o modelo e tamanho correto para cada uso individual e obter sucesso no uso. Deve-se considerar:

- flutuabilidade requerida.
- içamento vertical ou flutuabilidade estática.
- profundidade da operação.
- grau de controle necessário.

### 6.6.8 Métodos de Ascenção

Um objeto submerso pode ser levantado por vários métodos, depende em grande parte do tamanho e peso, da integridade estrutural e da capacidade de flutuação. Os métodos comuns são:

- por suspensão com guindaste de içamento, ou balsa equipada com guincho. Este método requer pontos de ancoragem e amarração para aguentar o objeto.
- por colocação de LPS ancorados a pontos do objeto. Uma variação é colocar bolsas de ar em estruturas seguras do objeto e injetar ou bombear ar para a reflutuação.
- por fechamento dos compartimentos principais, vedando-os e injetando ar, gás, ou líquido mais leve que a água.
- não sendo possível vedar os compartimentos, como a alternativa 3, pode-se bombeiar materiais de baixa densidade para o interior do objeto, tais como espuma sintética de estireno, ou esferas ocas de fibra epoxy.



## CAPITULO 7

# Tipos de mergulho

## CAPÍTULO 7 - TIPOS DE MERGULHO

### 7.1 MERGULHO EM CORRENTEZAS

#### 7.1.1 Introdução

O mergulho em rios com correnteza exige cuidados adicionais, já que a corrente pode jogar o mergulhador contra obstáculos submersos ou leva-lo para uma posição onde a saída da água seja difícil ou até mesmo impossível. Muitas vezes não é possível conduzir o mergulho contra a correnteza e é preciso planejar um local de saída diferente do de entrada.



Em geral, as correntes são mais fortes na superfície e no centro dos rios, sendo mais fracas no fundo e junto às margens. Caso o mergulhador seja apanhado em uma corrente, o importante é não perder a calma e nadar em direção à margem buscando um ponto de saída, já que normalmente é impossível nadar contra a corrente.

Antes e durante o mergulho é importante sempre identificar e avaliar o efeito das correntes, evitando, por exemplo, o inicio de um mergulho em local tranquilo e no final, o mergulhador veja-se, com pouco ar, cansado e forçado a vencer uma corrente contrária a natação. Uma corrente de intensidade média, além de outras alterações podem facilmente quadruplicar o consumo de ar, comprometendo o trabalho, aumentando o tempo de permanência no local, e alterando totalmente o planejamento. Erros são evitados no procedimento de mergulho, mantendo-se atento ao sentido e intensidade da corrente.

Quando se mergulha a partir de uma embarcação, sua posição depois de ancorada é a melhor indicação de como está a corrente; pois excetuando-se um vento forte, ela se posicionará ao longo da corrente. É importante observar os procedimentos como facilidade de ancoragem, para ter ideia de como está o movimento da água, principalmente no fundo. É comum em determinadas partes do mergulho, ou mesmo durante toda uma imersão, ter de enfrentar uma corrente contrária. Nestas ocasiões o domínio das técnicas é fundamental para tornar o mergulho mais confortável, seguro e objetivo.

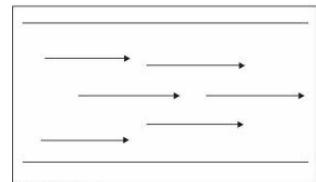
Uma corrente de mais de um nó (uma milha por hora) se contrária ao movimento, já torna a natação e o trabalho cansativo, enquanto se ela for favorável poderá levar o mergulhador distraído a uma distância maior do que a desejada, se chocar com pedras e galhos submersos ou até mesmo entrar em ambientes de complicada saída, como exemplo frestas, galhadas e cavernas.

## 7.1.2 Tipos de Correntes

Dentro de um rio encontramos diversos tipos de correntes que podem ser descendentes (no sentido do rio), contrárias e até indefinidas, tudo dependendo da formação do leito e das margens. Já a turbulência, acontece quando a corrente principal, em desnível, encontra obstáculos e passa por eles. De acordo com as características das margens e da ondulação, pode-se avaliar o tipo de formação do fundo e o movimento da corrente. Esta análise deve sempre ser feita para melhor entender a hidrodinâmica do rio, e melhor traçar um plano de descida.

### 7.1.2.1 Corrente laminar:

É a corrente suave e sem obstáculos. A água se movimenta mais rápido no centro do que no fundo e nas margens.



### 7.1.2.2 Turbulências:

As turbulências são divididas em diversos tipos:

**Remansos:** podem tanto aparecer no meio do rio, atrás de pedras, de refluxos ou em regiões de transição de corrente, como nas margens do rio. São regiões onde a água pode estar parada, agitada ou até em direção contrária ao rio. Veja um exemplo de formações de remanso na figura ao lado.



A linha de remanso: divide as regiões entre a corrente e o remanso. Muitas vezes a linha de remanso é muito forte, indefinida e turbulenta.

**Ondas estacionárias:** As ondas estacionárias formam-se por diversos fatores:

1. Depois de uma pedra, próxima da superfície. Quanto mais próxima da superfície a pedra se encontra, mais agitadas se tornam as ondas;
2. Quando o rio se afunila, aumentando a velocidade da água e quando a corrente, após um desnível perde velocidade;
3. Quando a corrente principal encontra uma corrente mais lenta nas margens;
4. Quando duas correntes se encontram.

**Refluxos:** Os rios de grande desnível em geral apresentam muitos. Nesta formação a água passa sobre uma pedra ou um ponto de desnível e cai em um buraco, ou em um platô, provocando movimentos de turbulência no sentido contrário à corrente.

Os Refluxos podem ser de quatrotipos:

**ABERTOS:** são os menos perigosos, pois a formação em "U" possibilita alcançar correntes no sentido do rio e se desprender ou ainda sair pelas laterais.

**RETOS:** formam-se normalmente depois de barragens e em formações "perfeitas". Alguns podem ser difíceis de transpor pelo centro, mas sempre é possível buscar as laterais para sair. É necessário alertar sobre os refluxos após represas, pois eles representam um dos maiores perigos dos esportes de águas brancas, devido a formação perfeita dos movimentos rotatórios da água que não abre brecha para uma escapatória. Sendo assim, eles são evitados e não devem ser transpostos.

**FECHADOS:** com formação em "V", representam um perigo maior, pois a tendência é sempre voltar para o centro, restando apenas escapar pelo centro o que é bem difícil.

**DIAGONAL:** formam-se na diagonal do rio e são fáceis de sair.

**Observações:** Os refluxos retos e os fechados são muito perigosos. Uma das técnicas para se sair de um refluxo é nadar para o fundo, pois a corrente no fundo do rio leva para fora do refluxo.

**Correntes helicoidais:** estas são formadas quando a corrente segue da margem até se chocar com a corrente principal e retorna por baixo. Algumas vezes os últimos metros antes da margem são mais difíceis de nadar por causa desta corrente.

**Caos:** como o nome já diz é quando não há nenhum padrão de correnteza.

### 7.1.3 Equipamentos

Para reduzir o efeito da resistência da água sobre o corpo, alguns cuidados devem ser tomados:

- o equipamento não deve ser volumoso;





- o lastro correto, para uma flutuabilidade adequada, e com colete, o mínimo de ar possível;
- acessórios de mão, como máquinas fotográficas e bolsas de coleta, também aumentam sua superfície de contato, devendo ser evitados;
- lanternas deverão ser utilizadas somente se necessário;
- máscara de pequeno volume é recomendável, pois oferece menos resistência a corrente, permanece com melhor aderência ao rosto, e possui grande facilidade para ser desalagada;
- devido ao esforço necessário na natação, as nadadeiras devem estar bem ajustadas aos pés. Quando estão frouxas ou muito apertadas, além de machucarem, diminuem o rendimento da propulsão;
- um bom regulador devidamente manutenido, que forneça ar suficiente ao esforço durante a natação contra a corrente, é muito importante para evitar uma intoxicação por CO<sub>2</sub>;
- o manômetro e "octopus" devem estar presos ao colete ou instalados de forma a serem alcançados facilmente;
- o mergulhador deve contar com uma faca e luvas resistentes, já que é muito comum ter que se apoiar em rochas e galhadas mantendo-se firme, enquanto observa o ambiente ou se desprende de armadilhas, como exemplo, anzóis e redes.

#### **7.1.4 Técnicas Utilizadas**

Na presença de correntes podemos adotar basicamente duas técnicas: mergulhar a partir de um ponto, com percurso de ida e volta, ou executar um mergulho à deriva.

Pode acontecer, que por um breve tempo, devido a um acidente topográfico ou para atingir áreas de remanso você seja obrigado a enfrentar uma corrente mais forte. Neste caso, deve-se ressaltar:

- sempre realizar, um ligeiro alongamento e aquecimento antes da entrada na água, preparando os músculos para o esforço da natação, evitando deste modo cãibras;
- jamais tente economizar o ar durante o mergulho. Respiração inadequada, aliada a esforço muscular, podem causar fadiga, cãibras, tonturas e cefaleia o que seria pior e mais perigoso que alguns minutos a menos de mergulho;
- aproveite-se do relevo nadando junto ao fundo, onde a corrente é turbinhonar e por isso tem efeito menor;
- use rochas maiores como anteparo entre você e a corrente;



- procure tanto no fundo como na superfície alternar os estilos de natação, utilizando grupos musculares diferentes, deste modo pode ser evitado a fadiga das pernas;
- alterne o uso das pernas, com o apoio das mãos no fundo, desde que isso não provoque contusões ou prejuízo para a fauna bentônica;
- quando a corrente é superior a 2 nós, já é recomendável a execução de um mergulho à deriva, onde se é transportado sem gasto de energia pela corrente, atentando principalmente para os obstáculos.

Nas alterações causadas pelas correntes tem-se:

- Mais água penetra e circula na roupa aumentando o frio;
- Dificuldade de permanecer parado;
- Mais esforço para a natação - fadiga e cãibras;
- Consumo de ar aumenta - furo no planejamento menor tempo;
- Respiração inadequada - intoxicação por gás carbônico;
- Pré-disposição à doença descompressiva;
- Deriva para longe do barco.

## 7.2 MERGULHO NOTURNO

### 7.2.1 Introdução

Apesar das luzes das lanternas facilitarem muito a atividade, à noite o raio de visão é limitado. Por isso, uma série de técnicas e cuidados especiais devem ser adotados para equacionar as pequenas dificuldades que o ambiente noturno impõe. Antes de começar a mergulhar à noite o mergulhador deve conhecer todas as técnicas e se sentir confortável nos mergulhos convencionais.

O planejamento deve ser cuidadoso, evitando-se que outros fatores, além da escuridão e de uma leve desorientação causem stress, fator que encerraria qualquer possibilidade de um bom encerramento da missão. A visualização numa superfície agitada e escura é precária, neste modo é importante um planejamento adequado, além do excelente preparo dos mergulhadores. Um local já conhecido dos participantes é





recomendável, pois, além de facilitar a orientação subaquática, ele apresenta-se de forma diferente devido aos organismos noturnos e visualização precária. Antes de iniciar o mergulho, cheque todos os equipamentos, certificando-se do bom ajuste, pois um pequeno problema na água escura pode tornar-se perigoso e difícil de ser solucionado. Aproveite alguma luz forte a bordo da embarcação para expor, por alguns instantes, relógio, manômetro e outros equipamentos aumentando sua fosforescência, o que facilitará a leitura debaixo d'água.

### 7.2.2 Técnicas

Visto que no mergulho noturno a lanterna é peça fundamental, o primeiro cuidado é evitar impactos contra a superfície, que possam danificar este equipamento. As entradas na água devem ser de modo que, além de proteger o equipamento, reduza desorientação inicial, comum quando se passa da superfície para a escuridão da água, além de evitar possíveis impactos em pedras e ou galhos. Se necessário, ilumine o ponto de entrada, procurando algum obstáculo que porventura venha a ter logo no início da descida.

Para diminuir o stress ilumine o local para onde se dirige e mantenha a proximidade com o canga. Como a visão periférica é prejudicada pela escuridão, a natação deve ser realizada com cuidado, evitando choques com pedras e galhos, ou com o fundo. À noite, a separação entre a dupla é sempre evitada, no entanto caso isso ocorra, cubra a luz de sua lanterna, o que será suficiente para, no escuro, revelar a posição de seu companheiro. Uma pequena lanterna de sinalização ou uma luz química presa no primeiro estágio facilita sua detecção mesmo quando a lanterna está apagada.

Ao restabelecer o contato certifique-se de que seu companheiro ainda tem condições de continuar o mergulho. Monitore frequentemente o relógio, profundímetro/computador, pois em mergulhos noturnos, o consumo de ar costuma ser maior pelo maior nível de stress, e a noção de profundidade é perdida. Evite penetrar em locais como grutas e cavernas, pois sem a claridade da superfície, não há contraste entre o interior e o exterior das cavidades, dificultando a localização da saída.

### 7.2.3 Equipamentos

#### 7.2.3.1 Lanternas

É extremamente recomendável que cada mergulhador utilize ao menos duas lanternas, prevenindo-se de uma possível queima.

Durante o mergulho nota-se que um dos maiores inconvenientes é o ofuscamento, devido à forte luz da lanterna nos olhos adaptados ao escuro. Para evitar este tipo de problema a lanterna não deve ser nunca apontada



diretamente para o rosto de outro mergulhador. Caso precise olhá-lo frente a frente dirija o facho de luz para os pés ou cintura do companheiro de forma que a cabeça fique na área de penumbra da lanterna.

Não tente chamar a atenção de seu companheiro iluminando seu rosto, agitando a lanterna ou piscando a luz. Para isso, existem sinais especiais para a comunicação submarina noturna. Além destes, qualquer sinal convencional pode ser utilizado, bastando que se tenha o cuidado de iluminar a mão durante a execução.

As boas lanternas de mergulho são construídas de material resistente, geralmente em plástico tipo ABS. Os melhores modelos possuem empunhadura do tipo alça ou pistola e devem possuir uma correia para prendê-las ao pulso permitindo sua soltura temporária.

A lanterna principal deve ter baterias (recarregáveis ou descartáveis), com autonomia mínima para 2 horas, fornecendo pelo menos uma potência de 4,5 watts; caso contrário, não apresentarão intensidade de luz suficiente para um mergulho confortável e seguro. Convém que seu campo de iluminação seja vasto, com um centro fortemente iluminado e uma área de penumbra ampla, que favoreça o controle do ambiente à sua volta.

Sua opção deve recair nos modelos que possuam lâmpadas alógenas. Gases como o xenônio e criptônio fornecem luz mais clara e eficiente. Por fim, uma boa lanterna deve possuir uma trava no botão de contato, evitando seu acionamento acidental.

Antes mesmo de embarcar verifique o funcionamento da lanterna, checando a carga das baterias e a integridade dos o'rings de vedação. Procure controlar o tempo de vida útil da lâmpada, substituindo-a antes da queima.

Considere este gasto como pequeno investimento, pois, uma volta ao barco para substituir uma lâmpada queimada durante a imersão, pode significar o encerramento do mergulho, com um prejuízo maior que o preço de uma simples lâmpada.

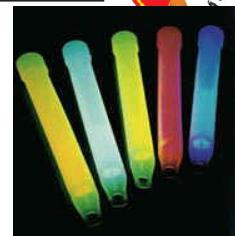
Acender e apagar repetidamente a lanterna dentro ou fora d'água, além de gastar as baterias, aumenta as chances de queima da lâmpada. Deste modo, a partir do momento que ligá-la, não mais a apague até o final do mergulho.





### 7.2.3.2 Cyalumes e Luzes de Sinalização

Em relação aos cyalumes, que nada mais são do que pequenos bastões com dois elementos químicos líquidos que ao entrar em contato entre si, geram uma luz na cor esverdeada, facilitam a visualização tanto em cima quanto embaixo d'água.



Os strobos são pequenos compartimentos em plástico resistente à água, que utilizando lâmpada xenon, emitem uma forte luz piscante a cada 2 segundos, iguais às luzes de sinalização dos aviões.

Embaixo d'água, sua luz chega a ultrapassar facilmente os 100m de distância. Algumas embarcações de mergulho no exterior costumam colocar um strobo embaixo d'água, para que os mergulhadores saibam a direção em que está a embarcação.



### 7.2.3.3 Carretilha

Infelizmente são pouco utilizadas pelos mergulhadores recreacionais, porém uma carretilha é sempre bem vinda. Quando mergulhamos em um local desabrigado e com a possibilidade de correntes repentinas, uma carretilha pode fazer diferença num retorno seguro ao barco, pois você poderá nadar exatamente pelo caminho inverso por onde você iniciou o mergulho. Lembrando sempre, de não amarrar o cabo da carretilha no cabo da poita do barco, pois este poderá sair de sua posição para um reposicionamento e consequentemente subirá a poita, levando junto, a sua carretilha.



### 7.2.3.4 Bússola

Este sim é um equipamento imprescindível, pois é a garantia de nadar na direção correta. Salvo, se você estiver próximo a um naufrágio, pois o campo magnético poderá afetar sua bússola e consequentemente alterar os resultados exibidos por ela. Uma bússola poderá ajudar em mergulhos com visibilidade reduzida ou quando estamos mergulhando em um local onde não tenha um paredão de uma ilha, por exemplo, onde normalmente utilizamos este como referência submarina. Em fundos de areia, facilmente um mergulhador poderá se perder, por não haver





uma boa referência no local, e a bússola é a garantia de saber a direção correta embaixo d'água.

### 7.2.4 Sinais Utilizados no Mergulho Noturno

No final do mergulho, ao iniciar a emersão, direcione o facho da lanterna para a superfície. Além de checar se não existem obstáculos você auxiliará os integrantes da embarcação a localizá-lo. Dispositivos de iluminação como lanternas mais potentes e cilibrins, devem ser ligados periodicamente, pois são excelentes para marcar a posição do barco, facilitando o retorno a ele no final do mergulho. O mergulho noturno oferece condições extremas sendo que os organismos subaquáticos estão frequentemente repousando no fundo. Caso aconteça de se deparar com algum organismo, observe-o sem perturbá-lo excessivamente, pois quando assustados nadam desordenadamente chocando-se contra o fundo em pedras e galhos, ferindo a si mesmo ou ao mergulhador.



Toalhas e agasalhos para depois do mergulho são importantes, já que à noite não existe o sol para aquecer o corpo resfriado pela água.

### Precauções e Dicas

Antes de sair para um mergulho noturno, você deve ter mais atenção em alguns pontos, como correnteza, pois mergulhar em locais com variações repentinas pode ser um problema para os mergulhadores que estiverem na água, visto que, a orientação subaquática noturna requer mais experiência em navegação subaquática. Durante o mergulho, você deve ficar atento ao ambiente como um todo, reparando nas formações submersas. Algumas orientações são importantes, dentre elas podemos citar:

- Embre-se que em mergulhos com correnteza, seu consumo de ar irá aumentar. No caso do frio, sentimos mais a sensação térmica enquanto retornamos até a embarcação, e deve-se ter atenção ao consumo para que ele não ultrapasse a quantidade de gás planejada para o retorno;
- Avendo correnteza, mergulhe contra a mesma para retornar a favor dela. Podendo evitar um mergulho com correntezas, melhor, pois havendo um eventual problema, qualquer atitude a ser tomada à noite é sempre mais complicada;



- vite levar equipamentos em excesso. A noite é mais fácil perdê-los e mais difícil de reencontrá-los;
- você e seu dupla devem conhecer os sinais de comunicação. Isto não só facilita a comunicação embaixo d'água como traz mais segurança ao mergulho;
- erifique o estado das pilhas de suas lanternas para evitar uma possível falta de luz durante o mergulho. Mergulhe sempre com pilhas alcalinas novas para se ter uma luz estável e durável;
- o retornar ao barco, troque rapidamente de roupa para não haver perda de calor e acabar passando frio. Contrário ao que muitos pensam ficar com a roupa de mergulho no barco, contribui muito na perda de calor corporal. Tire a roupa e se enxugue com uma toalha seca, e coloque uma roupa seca logo após. Para diminuir a sensação de frio, leve chocolate para repor as energias e um casaco, independente da temperatura do ar estiver quente ou se for verão, pois nos rios à noite, o ar está sempre mais frio que em terra e sempre aparece um vento.
- ndo mergulhar em um local desconhecido, obtenha o máximo de informações possíveis sobre o local, como profundidade, previsão do tempo, se há a possibilidade de uma corrente repentina, tráfego de barcos e etc. Um mergulho bem planejado nos traz segurança e reduz muito a possibilidade de problemas.
- e resto, é curtir o mergulho noturno que normalmente quase sempre é inesquecível.

## 7.3 MERGULHO EM ÁGUAS POLUÍDAS

### 7.3.1 Introdução

A poluição em rios, lagos e represas é muito mais comum que a poluição do mar, principalmente devido ao menor volume de água.





Infelizmente, diversas indústrias, juntamente com o esgoto doméstico ainda despejam produtos químicos em nossos rios e um mergulho em águas contaminadas pode ser bastante perigoso ou até mesmo fatal sem o equipamento adequado.

Antes de iniciar um mergulho em um local desconhecido, verifique com as autoridades locais o estado da água e se existem na região (ou rio acima) indústrias químicas ou estações de tratamento de esgotos que possam contaminar química ou biologicamente a água. Na dúvida, não mergulhe.

O mergulho em rios, lagos e represas implica em análise ambiental, no mínimo superficial, relacionada à proximidade de cidades com drenagem inadequada de esgotos ou equipamentos industriais presentes nas proximidades. Podem ser encontrados nestes ambientes poluentes biológicos, físicos e químicos.



### 7.3.2 Poluentes Biológicos

#### 7.3.2.1 Bactérias:

Gram negativas; Gram positivas; Oxidase positivas; Coliformes fecais; *Staphylococcus*; *Aeromonas*; *Escherichia coli*; *Streptococcus*; *Pseudomonas*; *Klebsiella*; *Bacillus*; *Vibrio colerae*; *Enterobacter*; *V.parahemolyticus*; *Citrobacter*; *Bacteroides*; *Vibrioanginolyticus*; *Serratia*; *Fusobacterium*; *Proteus*; *Clostridium*.

#### 7.3.2.2 Vírus:

Enteroviroses; Hepatites; Adenoviroses.



#### 7.3.2.3 Protozoários:

*Entoameba coli* Dermatomicoses

#### 7.3.2.4 Fungos:

*Giardia lambliae* Coccidioidomicoses

### 7.3.3 Fatores Físicos

Calor excessivo; Frio excessivo e Elementos Radioativos.



### 7.3.4 Poluentes Químicos

Mercúrio; Chumbo; Cádmio; Enxofre e Agrotóxicos.

### 7.3.5 Roupa Seca

A grande perda de calor no meio aquático, 20 vezes maior que no ar, e os riscos de hipotermia e mergulhos em águas poluídas, tornam as roupas de exposição elemento de grande importância às atividades de mergulho. Em águas de 5° a 21° C pode-se usar roupas úmidas de 5mm, mas para aumentar esta faixa de -1° a 21° C é necessário o uso de roupas secas.

As roupas secas apresentam revestimento a prova de água, ou seja, não há contato de pele com a água o que diminui a perda de calor.

A eficiência deste equipamento aumenta com uso de roupas de baixo isolante, aumentando a camada de ar no interior da roupa e consequentemente seu isolamento. São feitas com neoprene ou de material isolante, devem oferecer boa vedação e têm válvulas de inflagem e desinflagem. O mergulhador deve ter bom controle de flutuabilidade, pois a roupa comprime-se e expande-se conforme a profundidade, cuidando sempre para que não haja congelamento da válvula de ar. As maiorias das roupas vêm com kit de reparos e remendos para eventualidades durante o mergulho.



## 7.4 MERGULHO PROFUNDO

### 7.4.1 Introdução

Entre os anos de 1500 e 1800 o mergulho tomou outra dimensão com a criação dos sinos de mergulho, o que aumentou as profundidades alcançadas e o tempo de fundo. No entanto, hoje se adotam várias classificações aos diversos tipos de mergulhos realizados.

Resumindo, temos o mergulho recreacional com ar comprimido não ultrapassando os trinta metros de profundidade e com apenas uma parada descompressiva. Nível este de extrema segurança, pois se evita longas exposições aos gases e respeitam-se os limites das originalmente conservadoras tabelas diminuindo consequentemente os riscos de saturação.





Existem diversas modalidades de mergulho livre, apneia estática ou dinâmica e lastro constante ou variável. As duas últimas são em profundidades consideráveis.

O recordista mundial Patrick Musinu, recordista no lastro chamado "NO LIMITS" realizado no Egito, chegou em 30 de junho de 2005 aos 209,6 metros com uma inovadora técnica de compensação das cavidades cranianas com a utilização de água para economizar o ar retido em seu pulmão.

## 7.5 MERGULHO TÉCNICO COM MISTURAS

Convencionaram-se os mergulhos com profundidades maiores que trinta metros aproximadamente, de mergulhos técnicos. O mergulho técnico apresenta características diversas, que devem ser conhecidas e compreendidas. São mergulhos que requerem preparo físico maior, alto conhecimento técnico e que só são executados com êxito se planejados com antecedência.

Em grandes profundidades aumentam-se as pressões parciais dos gases ( $P_p$ ), tornando-os mais facilmente absorvíveis pelo organismo o que aumenta os riscos operacionais do mergulho, a exemplo o nitrogênio é depressivo do sistema nervoso central (SNC), sua ação diminui os reflexos e o raciocínio do mergulho por consequência elevam-se os riscos. Outro complicador é o consumo que aumenta em aproximadamente cinco vezes em relação à superfície, a densidade dos gases respiratórios também é elevada tornando a respiração pesada e aumentando o esforço e o risco de acúmulo de dióxido de carbono.

Para a realização do mergulho técnico é necessária a utilização de misturas (NITROX, TRIMIX, HELIOX etc.), que dependerão do mergulho a ser executado. Com a utilização de misturas, pode-se reduzir a densidade dos gases e manter a  $P_pN_2$  e a  $P_pO_2$  em limites aceitáveis.

A intoxicação pelo  $O_2$  ocorre quando a  $P_pO_2$  ultrapassa o limite de 1,6 ata atingindo assim a chamada zona nebulosa, com consequências imprevisíveis.

Necessita-se de stages (cilindros reservas) para a descompressão, longas paradas para descompressão, qualificado suporte de superfície, treinamento constante e direcionado, misturas descompressivas para acelerar a descompressão e facilitar a rápida eliminação dos gases inertes e a identificação dos cilindros para que não ocorra a chamada mistura quente (utilização de misturas em profundidades erradas, causando  $P_pO_2$  acima da máxima permitida de 1,6 ata).





Em geral as misturas baseiam-se na adição de oxigênio ou hélio entre outros, a utilização de roupas secas torna-se então obrigatória para diminuir os riscos de hipotermia, pois o hélio é ótimo condutor de calor corpóreo e as roupas são infladas com argônio que é isolante. O uso de scooters deve ser adotado para facilitar a locomoção no meio aquático, lembrando que todo o equipamento utilizado pesa aproximadamente 70 kg.

### **Observações:**

- O ar comprimido (superfície) apresenta as seguintes concentrações: 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de outros gases.
- A respiração deve ocorrer de forma mais profunda que a normal e em um ritmo mais lento, não realizar respirações superficiais ou pular respirações para eliminar adequadamente o CO<sub>2</sub>.
- mistura (TRIMIX): 13% de oxigênio, 52% hélio e 35% de nitrogênio (diminuição de 55,1% do nitrogênio na mistura).
- PpO<sub>2</sub> de 1,3 ata na profundidade máxima, abaixo do limite de 1,4 ata (recomendado) e bem abaixo do limite máximo de 1,6 ata, o que permite a utilização de misturas descompressivas ricas em O<sub>2</sub> sem a violação do "oxigen clock".
- PpN<sub>2</sub> de 3,5 ata na profundidade máxima, o que nos da uma narcose de 34 metros, uma redução gigantesca.
- o TRIMIX permite que o cérebro funcione como se estivesse mergulhando a 34 metros, pois se reduzindo a PpO<sub>2</sub> aumenta-se a segurança operacional e o conforto.

## **7.5.1 Procedimentos Especiais**

### **7.5.1.1 Atrasos na subida**

A velocidade de subida é de 60 pés/min (18m/min). Uma pequena variação neste valor, entre 50 pés/min e 70 pés/min, é aceitável. Um atraso de até um minuto na chegada à primeira parada para descompressão pode ser ignorado. Atrasos maiores devem ser compensados de acordo com os seguintes procedimentos:

1. Atraso superior a um minuto a uma profundidade maior que 50 pés (15m): Soma-se o tempo do atraso ao tempo de fundo e calcula-se a descompressão para esse valor de tempo. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.
2. Atraso superior a um minuto a uma profundidade menor que 50 pés (15m): Somado ao tempo da primeira parada. Se o atraso



ocorrer entre as paradas para descompressão, este deve ser ignorado. O atraso deve ser sempre aproximado para o próximo minuto inteiro superior.

### 7.5.1.2 Velocidade de subida maior que 60 pés/min (18m/min)

Duas situações podem ocorrer:

- Subida de uma Profundidade Inferior a 20 pés: Não é necessária a recompressão de um mergulhador que tenha subido mais rápido que o previsto de uma profundidade igual ou menor que 20 pés, desde que o mergulho seja sem descompressão. O mergulhador deverá ficar em observação na superfície por no mínimo 1 hora.
- Subida de uma Profundidade Superior a 20 pés (Subida Descontrolada): Em um mergulho cuja profundidade seja superior a 20 pés, a chegada do mergulhador à superfície antes do esperado deve ser tratada como uma subida descontrolada. Caso o mergulho tenha sido sem paradas para descompressão e o mergulhador esteja assintomático, ele deverá ficar em observação na superfície por pelo menos 1 hora, não sendo necessária uma recompressão. Caso contrário deverá ser tratado como descompressão omitida sintomática ou assintomática, conforme o caso.

### 7.5.1.3 Excesso de esforço ou frio exagerado.

No caso de execução de um trabalho que exija um excessivo esforço do mergulhador ou em caso de exposição do mergulhador a um frio exagerado, deve-se sempre considerar a possibilidade de utilização de uma tabela de descompressão na superfície. Nesta situação o esquema de descompressão na água deve ser cumprido normalmente e, na câmara, deverá ser cumprido o esquema de descompressão previsto para o tempo imediatamente maior. Se o mergulho for conduzido usando-se a TPD, um esquema de descompressão com tempo imediatamente maior do que o previsto deve ser utilizado.

## CAPITULO 8

# Segurança no Mergulho



## CAPITULO 8 - SEGURANÇA NO MERGULHO

### 8.1 INTRODUÇÃO

Em toda operação de mergulho não basta a preocupação dos mergulhadores entre si, tem que haver o envolvimento de toda a equipe de mergulho para garantir a segurança e o sucesso da operação, uma vez que, é através desta que o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás garantirá o pleno e efetivo cumprimento das missões náuticas.

A seguir serão citados alguns procedimentos de correção e amenização dos danos possíveis que poderão ser causados devido às condições de insegurança em um ambiente de mergulho.

### 8.2 CONDIÇÕES DE INSEGURANÇA

#### 8.2.1 Perda do fornecimento de ar

Se o mergulhador perder o seu fornecimento de ar, ele deverá informar ao seu dupla da situação de risco e juntos retornarem imediatamente à superfície, efetuando a troca de bocal com o dupla.

O mergulhador familiarizado com a troca de bocal irá superar com facilidade a tendência ao pânico nestas ocasiões. Existirá sempre o risco que a troca de bocal entre os mergulhadores termine em luta pela válvula reguladora.

#### 8.2.2 Perda da máscara facial

Um mergulhador experiente não terá dificuldade em respirar sem a máscara. Em águas frias, ele poderá ter a frequência respiratória aumentada, associada com choque térmico e sofrer fortes dores de cabeça. Se ele puder recuperar a máscara, poderá continuar o mergulho normalmente, mas se não puder fazê-lo ou sentir qualquer dificuldade, deverá retornar à superfície.

#### 8.2.3 Perda da válvula reguladora

Mesmo sendo um mergulhador experiente, nada impede que um objeto do fundo, a correnteza, venha a retirar a válvula reguladora do mergulhador, o impossibilitando de respirar. Imediatamente o mergulhador inclinará seu tronco para a direita e com o braço direito junto à sua coxa, realizará um movimento similar a uma braçada do nado “crawl” e, fazendo uma varredura, recuperará através da mangueira de alta pressão a válvula perdida.

#### 8.2.4 Mergulhador inconsciente

Um mergulhador poderá ficar inconsciente na água por causa da impureza do ar respirado do cilindro, falta de ar no cilindro, crescimento da taxa



de CO<sub>2</sub>, ou afogamento. Ele poderá também ser vítima de ferimentos tais como cortes ou fraturas de ossos.

As situações poderão variar enormemente e somente poderão ser corretamente contornadas se seguirmos os procedimentos abaixo:

- um mergulhador inconsciente estará incapaz de exalar quando for trazido para a superfície, há um risco considerável de Síndrome de Hiperdistensão Pulmonar (SHP), a menos que haja um atraso imprevisto, o mergulhador reserva deverá ser capaz de alcançar o mergulhador acidentado em poucos segundos. Ele deverá segurá-lo pelas costas, tomando o cuidado para apertar o seu peito durante a subida, para que exale o ar respirado;
- o resgate usando somente a linha de vida, sem a ajuda do mergulhador reserva, deverá ser a última medida a ser tomada;
- geralmente será muito difícil determinar se o mergulhador inconsciente está respirando ou não. A respiração boca-a-boca poderá ser iniciada na água se o mergulhador estiver usando equipamento autônomo, desde que esta medida não provoque atraso no resgate;
- normalmente, o mergulhador acidentado poderá ser levado rapidamente para a superfície.
- a manobra de ressuscitação cardiorrespiratória (massagem cardíaca e respiração boca-a-boca) deverá ser iniciada imediatamente, quando o mergulhador estiver no convés.
- a inconsciência é um sintoma de asfixia ou SHP. O mergulhador deverá ser transportado para a câmara de recompressão e se não apresentar sinais de recuperação durante esta fase, deverá ser comprimido a 50 metros (165 pés), de acordo com a tabela de tratamento apropriada;
- a manobra de ressuscitação cardiorrespiratória deverá prosseguir durante o transporte do mergulhador, assim como na câmara. Se possível, realizar respiração boca-a-boca enquanto ele estiver sendo transportado e reiniciar a massagem cardíaca quando estiver deitado na câmara;
- se o mergulhador estiver consciente e respirando, um pequeno atraso é admitido para trazê-lo à superfície a fim de imobilizar um membro quebrado ou estancar um sangramento e removê-lo da água sem agravar o seu estado. Em todos os casos, um médico deverá ser chamado assim que possível.



### 8.2.5 Mergulhador preso no fundo

Haverá sempre o risco de que a natural apreensão do mergulhador cause um aumento de sua frequência respiratória e o correspondente risco de crescimento da taxa de CO<sub>2</sub>.

Ele deverá concentrar-se no controle de sua respiração, avisar a superfície de sua situação e tentar se livrar sozinho. Deverá também evitar movimentos bruscos e excesso de esforço.

A menos que ele possa se soltar rapidamente, o comandante da guarnição náutica deverá providenciar e assegurar o fornecimento de ar para o mergulhador, para depois tentar soltá-lo.

Um mergulhador preso no fundo poderá ficar um tempo excessivo mergulhado, sendo necessário o uso de tabelas de exposições extremas para descompressão.

## 8.3 REGRAS GERAIS DE SEGURANÇA

Além de todos os cuidados específicos para prevenir os acidentes de mergulho, a grande diversidade de equipamentos e sistemas, as características físicas das instalações de mergulho, bem como os diferentes tipos de tarefas executadas pelos mergulhadores, requerem que a atenção e cuidado sejam sempre pontos importantes.

É preciso, portanto, que todos estejam cientes de que deverão ser observadas normas mínimas de segurança para garantir a boa condução de uma operação de mergulho, mesmo por aqueles não envolvidos diretamente na equipe.

As regras gerais de segurança apresentadas a seguir, não abrangem todas as situações possíveis, contudo, representam uma síntese obrigatória a qual toda a equipe de mergulho deverá estar atenta:

- segurança é uma **ATITUDE**. Todos deverão saber e constantemente pensar a respeito da segurança para proteger a si próprio e aos outros. Todos deverão estar todo tempo alertas e prestar atenção ao que fazem;
- os procedimentos de segurança requerem a eliminação de brincadeiras, correrias e outras atividades não produtivas nas proximidades de máquinas e equipamentos de mergulho. Tais procedimentos poderão ser extremamente perigosos e causar sérios acidentes;
- qualquer componente de uma equipe que veja um outro componente deixando de cumprir uma norma de segurança deverá alertá-lo, chamando sua atenção para os riscos e, caso necessário, adotar providências disciplinares cabíveis;



- quaisquer acidentes, ainda que menores e que não tenham causado ferimentos, deverão ser imediatamente comunicados ao comandante da guarnição náutica;
- infecções poderão ocorrer a partir de pequenos ferimentos na pele se não cuidados propriamente;
- cuidado ao descer ou subir escadas, andaimas e plataformas;
- não deixe objetos em escadas, plataformas ou lugares altos dos quais possam cair e causar acidentes;
- não opere nenhum equipamento, máquina, painel, etc., sem autorização. Conheça as normas de operação e segurança para cada um deles. Em caso de dúvida, pergunte;
- qualquer equipamento encontrado avariado ou com mal funcionamento deverá ser reportado ao comandante da guarnição náutica. Esses cuidados também deverão ser observados com relação à segurança das operações;
- evite atitudes ou ações que possam constituir perigo para si mesmo e para os outros;
- tenha sempre sua atenção voltada para o trabalho que estiver executando;
- garanta que o compressor não aspire gases da descarga de motores;
- não substitua o óleo usado nos compressores por outros tipos. A substituição de lubrificantes poderá atender ao equipamento, contudo, poderá trazer sérios problemas ao ar ou gás de mergulho;
- estudos estatísticos provam que a maioria dos acidentes de mergulho são resultados da falta de conhecimento, adestramento ou instruções a respeito da operação. Apenas uma pequena minoria de acidentes pode ser debitada a falhas mecânicas, portanto, é imperativo que todos estejam cientes e bem familiarizados com as instruções do mergulho, da instalação e dos procedimentos a serem adotados;
- nenhum mergulhador com infecção ou inflamação das vias respiratórias e com dificuldades para compensar ouvidos ou seios da face deverá insistir no mergulho. Qualquer medicação anteriormente tomada deve ser comunicada ao comandante da guarnição náutica;
- um mergulhador deverá estar atento para sintomas de acidentes de mergulho por cerca de 12 horas após um mergulho sem descompressão e pelo menos 24 horas após um mergulho com descompressão;



- nenhum mergulhador deverá efetuar viagens aéreas por um período mínimo de 24 horas após um mergulho com descompressão;
- nunca negligencie as regras de segurança, não superestime a sua capacidade de lidar com os problemas e esteja sempre "**VIGILANTE**".

## 8.4 RESPONSABILIDADES DO COMANDANTE

O comandante é o responsável pela operação, detendo a palavra final de todas as decisões. Deve, portanto, estar atento a todas particularidades que envolvem a operação em sua totalidade ou a administração do tratamento hiperbárico, informando ao médico qualquer variação nas condições dos mergulhadores pacientes.

## 8.5 REGISTRO DE MERGULHO

Ao final de cada mergulho, utilizando equipamento autônomo, o mergulhador fará registrar em uma caderneta própria o mergulho realizado por ele. Tal procedimento tem por finalidade registrar todo o histórico de mergulho do profissional e monitorar desempenhos, performances e saúde do mesmo durante sua permanência na atividade de mergulho autônomo no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

## 8.6 VERIFICAÇÃO FINAL

Antes do início das atividades, uma verificação de caráter geral deve ser procedida, de modo a corrigir, em tempo, os lapsos observados.

Como normas, responder aos seguintes quesitos:

1. O propósito da operação está claramente definido, e as autoridades competentes estão cientes e de acordo?
2. Foram coletadas informações em número e teor suficientes?
3. O desenvolvimento da Operação está planejado de maneira ordenada. Há um Plano escrito para as operações?
4. Os equipamentos selecionados ou disponíveis atendem às exigências do serviço?
5. Os recursos adicionais estão catalogados e à disposição?
6. A equipe selecionada está capacitada para o serviço e isenta de qualquer restrição ou impedimento?
7. Foi realizado o chek-list?

## 8.7 NORMA OPERACIONAL 02



Os assuntos abordados nos capítulos anteriores, trazem as orientações necessárias para que os mergulhadores autônomos do CBM-GO desenvolvam as atividades de mergulho inerentes à corporação com total segurança, utilizando sempre técnicas e os equipamentos adequados a cada tipo de mergulho.

Visando garantir a padronização e a regulação das atividades de formação, qualificação e os procedimentos nos serviços náuticos realizados no âmbito do CBM-GO, institui-se a Norma Operacional 02, que regula as ações e estabelece as condutas a serem seguidas pelos mergulhadores autônomos em todo território goiano. Essa Norma Operacional encontra-se no anexo 1.

# Anexo 1



## NORMA OPERACIONAL 02

### Título Único

#### Das Atividades de Mergulho Autônomo

### Capítulo I

#### Das Considerações Gerais

Art. 1º A presente norma visa regular e padronizar a formação, a qualificação e os procedimentos nos serviços náuticos realizados pela Corporação, no intuito de estabelecer as condutas e as atividades pertinentes.

Parágrafo único. Os serviços náuticos realizados pela Corporação serão executados pelos mergulhadores autônomos.

### Capítulo II

#### Dos Conceitos

Art. 2º Para fins desta norma ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I – auxiliar de superfície ou guia do mergulhador autônomo: membro da guarnição de mergulho, mergulhador autônomo ou, em último caso, bombeiro militar incumbido dos trabalhos de apoio na superfície; conduz a poita através do cabo guia sobre a embarcação ou plataforma de mergulho;

II – câmara de superfície para mergulho: câmara hiperbárica especialmente projetada para ser utilizada na descompressão dos mergulhadores autônomos, requerida pela operação ou para tratamento hiperbárico;

III – câmara hiperbárica: vaso de pressão especialmente projetado para ocupação humana, no qual os ocupantes submetem a condições hiperbáricas;



IV – descompressão: procedimento através do qual um mergulhador autônomo elimina do próprio organismo o excesso de gases inertes absorvidos durante determinadas condições hiperbáricas, sendo tais procedimentos absolutamente necessários no retorno à pressão atmosférica para a preservação da integridade física;

V – equipamento autônomo de mergulho: aquele em que o suprimento de mistura respiratório é levado pelo próprio mergulhador autônomo utilizado como única fonte de ar respirável;

VI – guarnição de mergulho: pessoal especializado em mergulho designado para atuar nas operações, devendo nela fazer parte o comandante da guarnição, o supervisor de mergulho, o mergulhador autônomo, o auxiliar de superfície e todo o pessoal necessário a conduzir a operação com segurança;

VII – linha da vida: um cabo manobrado do local de onde é conduzido o mergulho, que, conectado ao mergulhador autônomo, permite recuperá-lo e içá-lo da água com o equipamento;

VIII – linha de companhia ou umbilical: cabo de fibra com um comprimento de 2,5 m que liga 2 mergulhadores autônomos entre si;

IX – linha-guia: cabo de fibra, mangueira para fornecimento de mistura respiratória, cabo de comunicações ou uma combinação dos mesmos com uma resistência que permita recolher e içar o mergulhador autônomo e o equipamento da água;

X – linha-limite: linha convencionada para cada valor de profundidade de uma tabela de descompressão, que separa os tempos de duração do mergulho, abaixo da qual a probabilidade de ocorrência de doença de descompressão aumenta;

XI – livro de registro de mergulho – LRM: documento obrigatório que registra as operações de mergulho realizadas;

XII – mergulhador autônomo: profissional membro da equipe de mergulho, qualificado e legalmente habilitado para os exercícios da atividade de mergulho;

XIII – mergulhador autônomo reserva: mergulhador autônomo da equipe, o qual permanecerá na superfície, preparado para mergulhar em caso de emergência com os mergulhadores submersos;

XIV – mergulho: ato de imergir a uma dada profundidade assistido por um sistema de suporte de vida;

XV – mergulho autônomo: tipo de mergulho em que o mergulhador autônomo transporta o equipamento que lhe fornece a mistura respiratória;

XVI – mergulho de intervenção: tipo de mergulho que, em regra, envolve a utilização de um sino de mergulho, a fim de permitir mergulhos semiautônomos mais profundos, em virtude de possibilitar realizar a descompressão à superfície;



XVII – mergulho de saturação: tipo de mergulho que se baseia no princípio de não dissolver-se mais gás nos tecidos humanos quando o tempo de exposição a um gás inerte a uma dada profundidade iguala o tempo necessário para fazer subir a tensão do gás nos tecidos do corpo ao mesmo nível; assim, o tempo de descompressão é o mesmo, independentemente da duração posterior da exposição; esta técnica envolve a existência de um sistema de suporte de vida com capacidade para garantir a vida do mergulhador autônomo por períodos que podem ir de uma semana a vários meses;

XVIII – mistura respiratória: ar ou qualquer outra mistura de gases compatíveis com a respiração humana, utilizada durante o mergulho e a descompressão;

XIX – ocorrência de mergulho: toda aquela que envolve trabalhos submersos e que se estende desde os procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação;

XX – período de observação: aquele que se inicia no momento em que o mergulhador autônomo deixa de estar submetido à condição hiperbárica;

XXI – plataforma de mergulho: navio, embarcação, balsa, estrutura fixa ou flutuante, estaleiro, cais ou local a partir do qual se realiza o mergulho;

XXII – profundidade: pressão expressa em metros, a que o mergulhador autônomo está sujeito durante a imersão num meio líquido, ou dentro de uma câmara hiperbárica ou de um sinal de mergulho;

XXIII – recompressão: aumento da pressão ambiente a que um ser vivo se encontra, após ter sido sujeito ativo de uma descompressão;

XXIV – regras de segurança: procedimentos básicos que devem ser observados nas operações de mergulho, de forma a garantir a execução em perfeita segurança e a integridade física dos mergulhadores autônomos;

XXV – comandante de mergulho: mergulhador autônomo que planeja, dirige, coordena e controla o mergulho;

XXVI – acidente de mergulho: todo acidente causado ao profissional de mergulho durante os trabalhos submersos.

### Capítulo III

#### Dos Mergulhadores autônomos

##### Seção I



## Da Composição da Guarnição de Mergulho

Art. 3º A guarnição de mergulho será composta da seguinte forma:

I – ampliada: um comandante, dois mergulhadores auxiliares de superfície e uma dupla de mergulhadores;

II – padrão: um comandante, um mergulhador auxiliar de superfície e uma dupla de mergulhadores; e

III – reduzida: um comandante e uma dupla de mergulhadores.

Parágrafo único: Nos itens II e III todos os integrantes deverão ser mergulhadores.

## Seção III

### Das Atribuições dos Mergulhadores autônomos

Art. 4º São atribuições do comandante da guarnição náutica:

I – cumprir as disposições da presente norma;

II – manter a integridade física dos componentes da guarnição;

III – verificar a situação e as condições dos equipamentos e acessórios utilizados pela guarnição de mergulho;

IV – verificar disponibilidade e condições de funcionamento do serviço hiperbárico mais próximo;

V – manter o serviço de urgência, emergência e de saúde da Corporação informado do início, término da operação e sempre que houver qualquer tipo de acidente hiperbárico com o mergulhador, poderá também ser comunicado à DAN (DIVERS ALERT NETWORK) através do telefone: 0800 684 9111;

VI – fiscalizar a manutenção, limpeza e o acondicionamento dos equipamentos de mergulho e acessórios;

VII – preencher o livro de registro das ocorrências de mergulho;

VIII – efetuar os registros na caderneta de mergulho sobre os controles dos mergulhos;

IX – requisitar, caso haja necessidade, a presença do médico de dia no local da



ocorrência;

X – realizar o planejamento dos mergulhos;

XI – verificar se os mergulhadores da guarnição estão habilitados para os serviços que irão realizar;

XII – verificar as ameaças e os riscos que será submetida à guarnição;

XIII – verificar a pressão do cilindro e se o ar dentro dele não está contaminado;

XIV – verificar se o tempo máximo de mergulho planejado não é superior ao da linha-limite;

XV – orientar a guarnição que a prática de descompressão à superfície é somente utilizada em situações de emergência;

XVI – não permitir ou interromper a realização dos mergulhos, quando constatar que os mesmos podem constituir um risco iminente à integridade física dos mergulhadores;

XVII – elaborar a logística da ocorrência;

XVIII – conhecer os sinais, procedimentos, deveres e instruções em vigor na ocorrência de mergulho;

XIX – designar o mergulhador autônomo da guarnição que atuará como guia;

XX – designar o mergulhador autônomo da guarnição ampliada ou padrão que atuará como mergulhador autônomo reserva;

XXI – manter em todas as operações de mergulho o cabo-guia como linha da vida;

XXII- realizar o treinamento antecipadamente à operação de mergulho dos sinais de comunicação entre os mergulhadores e também mergulhadores com a equipe de superfície; e

XXIII- manter controle do tempo de fundo dos mergulhos utilizando as tabelas apropriadas;

Parágrafo único - Nas situações em que o comandante da guarnição não for mergulhador autônomo, este deverá delegar funções para o planejamento do mergulho ao mergulhador mais antigo.

Art. 5º São atribuições dos mergulhadores autônomos e dos auxiliares de superfície:

I – conhecer os sinais, procedimentos, deveres e instruções em vigor na



ocorrência de mergulho;

- II – auxiliar o comandante da guarnição nos serviços que estão sendo realizados;
- III – realizar, quando guia, a comunicação entre os mergulhadores em atividade e a superfície através da linha da vida;
- IV – realizar atividades de mergulho autônomo;
- V – manter-se em dia com as inspeções médicas;
- VI – não mergulhar se tiver ingerido álcool ou feito uso de quaisquer medicamentos que possam reduzir a própria capacidade física e mental;
- VII – verificar as condições de uso do equipamento e respectivos acessórios;
- VIII – permanecer no local da ocorrência após a conclusão de cada operação pelo período de tempo indicado pelo comandante da guarnição;
- IX – evitar deslocar-se por meio de transporte aéreo a uma altitude superior a 600 m durante 24 h após término do mergulho com paradas de descompressão;
- X – portar obrigatoriamente a caderneta de mergulhador autônomo;
- XI – apresentar a caderneta de mergulhador autônomo sempre que solicitado pelo comandante imediato;
- XII – comunicar ao comandante da guarnição as irregularidades observadas durante a ocorrência de mergulho; e
- XIII – apresentar-se para exame médico periodicamente ou quando determinado pelo comandante imediato.

Art. 6º São atribuições dos mergulhadores autônomos reserva:

- I – estar na embarcação ou local de realização do mergulho, acompanhando toda a ocorrência náutica, com um equipamento de mergulho em condições de pronto emprego, devendo este equipamento estar ao respectivo alcance, para no caso de uma emergência ou situação adversa com os mergulhadores que estão executando o mergulho, o mergulhador autônomo reserva deverá intervir imediatamente para auxiliá-los ou prestar o devido socorro se for o caso;
- II – conhecer os sinais, procedimentos, deveres e instruções em vigor na ocorrência de mergulho;
- III – auxiliar o comandante da guarnição nos serviços que estão sendo realizados;
- IV – realizar atividades de mergulho autônomo;



- 
- V – manter-se em dia com as inspeções médicas;
  - VI – não mergulhar se tiver ingerido álcool ou feito uso de quaisquer medicamentos que possam reduzir a respectiva capacidade física e mental;
  - VII – verificar as condições de uso do equipamento e respectivos acessórios;
  - VIII – permanecer no local da ocorrência após a conclusão de cada operação pelo período de tempo indicado pelo comandante da equipe;
  - IX – evitar deslocar-se por meio de transporte aéreo a uma altitude superior a 600 m durante 24 h após término do mergulho com paradas de descompressão;
  - X – portar obrigatoriamente a caderneta de mergulhador autônomo;
  - XI – apresentar a caderneta de mergulhador autônomo sempre que solicitado pelo comandante imediato;
  - XII – comunicar ao comandante da guarnição as irregularidades observadas durante a ocorrência de mergulho; e
  - XIII – apresentar-se para exame médico periodicamente ou quando determinado pelo comandante imediato.

## Capítulo IV

### Da Manutenção e Cuidados com Equipamentos

Art. 7º Deverá ser realizado e conferido o check list de todos os materiais náuticos a serem empregados em operações de mergulho.

Art. 8º Todos os materiais deverão estar manutenidos e em condições de uso após cada operação de mergulho, sendo materiais de pronto emprego.

Art. 9º Registrar o total de horas de funcionamento dos compressores em livro ata, para manutenção de 1º e 2º escalão dos mesmos.

## Capítulo V



## Da Documentação dos Mergulhadores autônomos

### Seção I

#### Da Documentação Pessoal

Art. 10. Os documentos de identificação do mergulhador autônomo são: caderneta de mergulho (documento onde é efetuado o registro de informações pessoais, profissionais, emergenciais, de câmara hiperbárica, controle de mergulhos, datas de aptidão médica e mudanças de informações), conforme modelo do anexo I;

### Seção II

#### Da Documentação Coletiva

Art. 11. A OBM que realiza atividades de mergulho autônomo deverá manter o livro de registro de mergulho.

§ 1º O livro definido no *caput* deste artigo será preenchido pelo oficial ou graduado da equipe de mergulho que estiver coordenando a ocorrência náutica.

§ 2º O livro permanecerá sob a guarda do serviço de dia da OBM.

§ 3º O livro deverá ser assinado pelo comandante da guarnição náutica e pelo comandante imediato deste.

Art. 12. No livro deverão constar as alterações e atividades diárias ocorridas no serviço náutico e ainda os seguintes registros:

- a) datas e períodos de realização do atendimento;
- b) local do atendimento;
- c) nome, posto/graduação dos mergulhadores empenhados;
- d) período de mergulho individual;
- e) equipamentos e acessórios utilizados;
- f) registro sintético das atividades desenvolvidas constando: hora de acionamento, saída, chegada, natureza da ocorrência, horário do término do atendimento e horário de chegada à OBM;



- g) profundidade atingida por cada mergulhador;
- h) tipo de misturas utilizadas;
- i) os acidentes de descompressão ou outras anomalias sofridas por qualquer dos mergulhadores autônomos;
- j) as condições ambientais; e
- p) outros elementos de interesse relativos à segurança e saúde pessoal dos mergulhadores.

## Capítulo VI

### Da Formação e Especialização

#### Seção I

##### Do Estabelecimento de Ensino

Art. 13. Caracteriza-se como escola de formação de mergulhador autônomo o local designado pelo Comando Geral.

Parágrafo único. O corpo docente será constituído mediante proposta do comandante do estabelecimento de ensino ao Comando Geral da Corporação.

#### Seção II

##### Do Ensino e Instrução

Art. 14. O ensino e a instrução dos mergulhadores autônomos têm como objetivo habilitá-los a:

- I- Executar busca e resgate de vítimas e bens;
- II- Efetuar a conservação preventiva dos equipamentos de mergulho, compressores e ferramentas subaquáticas; e
- III- Efetuar trabalhos de prevenção náutica.



### Seção III

#### Dos Cursos

Art. 15. Os cursos de mergulho serão desenvolvidos no intuito de preparar os bombeiros militares a desempenharem atividades relacionadas ao mergulho autônomo:

I – Cursos Técnicos:

- a) Curso de Mergulho em Cavernas;
- b) Curso de Mergulho Noturno;
- c) Curso de Mergulho Profundo – mais de 30 m;
- d) Curso de Mergulho com Misturas Gasosas;
- e) Curso de Mergulho de Navegação; e
- f) Outros cursos técnicos.

§ 1º- O estabelecimento de ensino e instrução da Corporação definirá os critérios e grade curricular para os cursos definidos neste artigo.

§ 2º- Os instrutores dos cursos previstos no inciso I deverão ser credenciados para ministrar os referidos cursos.

§ 3º - Para realização dos mergulhos técnicos, o mergulhador autônomo deverá possuir credenciamento e equipamentos específicos.

### Capítulo VII

#### Da Inscrição e Matrícula

Art. 16. Os requisitos para inscrição no curso de mergulho autônomo:

- I – ter parecer favorável do respectivo comandante;
- II – ser aprovado nos testes de aptidão física;
- III – ser considerado apto pela junta médica da Corporação para fins de curso de mergulho;



IV- ser aprovado em teste de câmara hiperbárica.

Parágrafo único. Apenas serão matriculados no curso os inscritos que preencherem os requisitos exigidos neste artigo.

## Capítulo VIII

### Dos Exames Médicos, Complementares e Periódicos

#### Seção I

##### Dos Exames Médicos

Art. 17. Será obrigatória a realização de exames médicos por parte dos candidatos para matrícula no curso de mergulho autônomo, de acordo com os seguintes exames:

- a) biometria: os candidatos à atividade de mergulho serão selecionados de acordo com o respectivo biotipo e tendência à obesidade futura; poderão ser inabilitados aqueles que apresentarem variações no Índice de Massa Corporal – IMC abaixo 10% e acima de 25% ou de 10 % em peso, das tabelas-padrão de idade, peso e altura, a critério médico;
- b) aparelho circulatório: a integridade do aparelho circulatório será verificada pelo exame clínico, radiológico, eletrocardiográfico, ecocardiográfico, teste de esforço; a pressão arterial sistólica não deverá ser  $>145$  mmHg e a diastólica  $>95$  mmHg, sem nenhuma repercussão hemodinâmica; as perturbações circulatórias venosas periféricas (varizes e hemorroidas) acarretarão a inaptidão;
- c) aparelho respiratório: será verificada a integridade clínica e radiológica do aparelho respiratório, a integridade anatômica da caixa torácica, doenças infectocontagiosas com sequelas ao aparelho respiratório, doença pulmonar ventilatória restritiva e/ou inflamatória crônica e sequela cirúrgica;
- d) Aparelho digestório: será verificada integridade do aparelho digestório e respectivos anexos: os candidatos com distúrbios ácido-pépticos, hemorragias digestórias, doenças inflamatórias e alterações de trânsito intestinal serão inabilitados; os candidatos que apresentarem número insuficiente de dentes, naturais ou artificiais e boa oclusão, que assegurem o uso efetivo do equipamento autônomo (válvula reguladora de segundo estágio/bocal), dentes cariados ou comprometidos por focos de infecção e doenças na cavidade oral serão inabilitados; o uso de próteses preferencialmente deve ser do tipo fixa; as próteses removíveis poderão ser aceitas desde que não interfiram no uso adequado do equipamento, devendo ser orientados a removê-las durante atividades de mergulho;



e) aparelho gentiourinário: as doenças crônicas ou recorrentes, bem como as infectocontagiosas, inabilitam o candidato;

f) aparelho endócrino-metabólico: distúrbios de metabolismo, nutricional e hormonal serão incapacitantes para o candidato;

g) aparelho oftalmológico: será verificada acuidade visual, sendo exigido 20/30 de visão em ambos os olhos corrigíveis para 20/20, devendo ser verificada a ausência de doenças agudas, crônicas e degenerativas em ambos os olhos; o senso cromático será incapacitante com as discromatopsias de grau acentuado;

h) aparelho otorrinolaringológico: a audição deve ser normal em ambos os ouvidos; doenças agudas ou crônicas do conduto auditivo externo, da membrana timpânica, do ouvido médio ou interno, inabilitam o candidato; as trompas de nasofaríngeas devem estar permeáveis e livres para equilíbrio da pressão, durante as variações barométricas nos mergulhos; as obstruções à respiração e a sinusopatia crônica são causas de inabilitação; as amídalas com inflamações crônicas, bem como obstáculos nasofarigeanos que dificultam a ventilação adequada, devem inabilitar o candidato.

i) exame neuropsiquiátrico: será verificada a integridade anatômica e funcional do sistema nervoso; a natureza especial da atividade de mergulho requer avaliação cuidadosa dos ajustamentos nos planos emocional, social e intelectual do candidato; a presença de história pregressa de distúrbios neuropsíquicos ou de moléstia orgânica do sistema nervoso, epilepsia, ou pós-traumática inabilitam o candidato; tendências neuróticas, imaturidade ou instabilidade emocional, manifestações antissociais, desajustamento ou inadaptações inabilitam o candidato;

j) teste de pressão: os candidatos deverão ser submetidos à pressão de 6 ATA na câmara hiperbárica (de recompressão), para verificar a capacidade de equilibrar a pressão no ouvido médio e seios da face; qualquer sinal de claustrofobia, bem como apresentação de suscetibilidade individual à narcose pelo nitrogênio, será motivo de inabilitação do candidato;

k) teste de tolerância ao oxigênio: deverá ser realizado o teste de tolerância ao oxigênio, que consiste em fazer o candidato respirar oxigênio puro (com FiO<sub>2</sub> 100%) sob pressão 2,8 ATA num período de 30 minutos, na câmara de recompressão. Qualquer sinal ou sintoma de intoxicação pelo oxigênio será motivo de inabilitação; e

l) Teste de Ruffier (ou similar): consiste em 30 agachamentos em 45 segundos e tomados de frequência de pulso radial:

P1 – pulso em repouso

P2 – pulso imediatamente após o esforço físico

P3 – pulso após 1 minuto de repouso

Índice de Ruffier = [(P1+P2+P3) – 200]/10



O índice de Ruffier deverá ser abaixo de 10.

## Seção II

### Da Avaliação Médica

Art. 18. O Serviço Médico da Corporação deverá registrar no livro de atendimento ou de atas o resultado da avaliação dos mergulhadores e dos pretensos candidatos à atividade de mergulho autônomo da seguinte forma:

- I – apto para mergulho (integridade física e psíquica);
- II – incapaz temporariamente para mergulho (patologia transitória);
- III – incapaz definitivamente para mergulho (patologia permanente e ou progressiva); e
- IV – apto ou inapto para fins de curso de mergulho autônomo.

## Seção III

### Dos Exames Complementares

Art. 19. Os exames complementares necessários para avaliação pela junta médica da Corporação para fins de cursos e/ou permanência na atividade de mergulho autônomo previstos nesta norma são os seguintes:

- I – radiografia do tórax PA e lateral;
- II – espirometria;
- III – eletrocardiograma 12 derivações;
- IV – ecocardiograma;
- V – teste de esforço;
- VI – eletroencefalograma em repouso;
- VII – imitanciometria/Impedanciometria;



VIII – avaliação oftalmológica; e

IX – radiografia bilateral em AP das articulações escapuloumerais, coxofemorais e joelhos.

#### Seção IV

#### Dos Exames Laboratoriais

Art. 20. Os exames laboratoriais necessários para avaliação pela Junta Médica da Corporação para fins de cursos e/ou permanência na atividade de mergulho autônomo previstos nesta norma são os seguintes:

- I – hemograma completo;
- II – tempo de protrombina e trombina e de sangramento;
- III – grupo sanguíneo ABO com fator Rh;
- IV – enzima eritrocitária/glicose 6 – fosfato desidrogenase;
- V – eletroforese de hemoglobina;
- VI – creatinina, uréia, glicemia de jejum;
- VII – rotina de urina 1<sup>a</sup> amostra da manhã jato intermediário;
- VIII – dosagem de hormônios tireoidianos;
- IX – sorologia para AIDS, hepatite A/B/C e sífilis; e
- X – raios-X periapical dos dentes.

Parágrafo único. Os militares do quadro feminino deverão apresentar ainda o exame Beta HCG sangue (exame de gravidez).

#### Seção V

#### Da Periodicidade dos Exames

Art. 21. Os exames serão realizados de acordo com o período estabelecido neste artigo.



- 
- I – Até 29 anos = a cada 5 anos;
  - II – de 30 a 36 anos = a cada 3 anos;
  - III – de 37 a 41 anos = a cada 2 anos;
  - IV – acima de 42 anos = anualmente; e
  - V – imediatamente, após acidente ocorrido no desempenho de atividade de mergulho ou moléstia grave.

Parágrafo único. Os mergulhadores autônomos que estiverem em escala náuticas diárias deverão fazer teste na câmara hiperbárica, obedecendo aos seguintes critérios:

I – uma vez por ano, quando tiver efetuado mergulho em profundidade superior a 18 m;

II – a cada 2 anos, quando tiver efetuado mergulhos em profundidades menores que 18 m; e

III – imediatamente, após acidente de mergulho em que o mergulhador apresentar sinais e ou sintomas de doença descompressiva.

## Capítulo IX

### Da Preparação e das Regras de Segurança do Mergulho autônomo

#### Seção I

##### Da Segurança do Mergulhador autônomo

Art. 22. Os mergulhadores autônomos deverão seguir as regras de segurança estabelecidas nesta norma e ainda:

I – em todas as ocorrências de mergulho serão utilizados balizamentos e sinalizações adequadas;

II – as linhas da vida sempre serão afixadas em locais adequados que possam suportar o peso do mergulhador autônomo e dos equipamentos;

III – a entrada e saída dos mergulhadores autônomos no meio líquido serão feitas de acordo com as técnicas empregadas durante o curso de mergulho autônomo;

IV – durante o período de observação o comandante deverá verificar a



necessidade para conduzir uma recompressão e não deverá afastar-se do local;

V – O tempo de fundo em mergulhos utilizando ar comprimido deverá respeitar os limites da Tabela de limite sem descompressão:

a) em casos extremos em que seja necessário ultrapassar o tempo limite para a tabela sem descompressão, deverá ser utilizado a Tabela Padrão de Descompressão a ar.

VI – para a própria segurança, o mergulhador autônomo deverá verificar:

a) condições meteorológicas;

b) condições de marolas e correntezas;

c) movimentação de embarcações no local de mergulho;

d) perigos subaquáticos incluindo ralos, bombas de sucção ou locais onde a diferença de pressão hidrostática; possa criar uma situação de perigo para os mergulhadores autônomos;

e) profundidade e tipo de operação a ser executada;

f) adequação dos equipamentos;

g) operações de mergulhos simultâneas; e

h) tabelas de descompressão inclusive as de tratamento e de correção.

## Seção II

### Das Proibições ao Mergulhador autônomo

Art. 23. Durante o período de observação não será permitido aos mergulhadores autônomos:

I – realizar outro mergulho, exceto utilizando as tabelas apropriadas para mergulhos sucessivos;

II – realizar voos a mais de 600 m de altura, durante 24 h após término do mergulho com paradas de descompressão; e

III – realizar esforços físicos excessivos;

IV – afastar-se do local da câmara, caso o mergulho tenha se realizado com a utilização de misturas respiratórias artificiais.



### Seção III

#### Da Segurança dos Equipamentos de Mergulho

Art. 24. Os mergulhadores autônomos deverão observar os seguintes itens de segurança quanto à utilização dos equipamentos de mergulho e respectivos acessórios fornecidos pela Corporação:

I – se os equipamentos de mergulho possuem certificados de aprovação fornecidos ou homologados pela Diretoria de Portos e Costas – DPC – Marinha do Brasil;

II – se os cilindros apresentam caracteres indeléveis e bem visíveis:

- a) limites máximos de trabalho e segurança;
- b) nome da entidade que tenha aprovado;
- c) prazo de validade do certificado; e
- d) data do último teste de ruptura.

III – se o certificado citado no inciso I não sofreu alteração ou se os reparos dos equipamentos sofreram alterações nas características originais;

IV – os períodos conforme quadro a seguir:

EQUIPAMENTOS	TESTES	
	DE VAZAMENTO	DE RUTURA
Câmaras Hiperbáricas	2 anos	5 anos
Reservatório de Gases não Submerso	5 anos	5 anos
Reservatório de Gases Submerso	2 anos	5 anos
Equipamentos com pressão de trabalho superior a 500 mbar	2 anos	2 anos

V – se os equipamentos que funcionam com reciclagem de mistura respiratória estão previamente certificados por uma entidade reconhecida e aprovada pela DPC;

VI – se os compressores de misturas respiratórias, especialmente os de ar, estão instalados de maneira que não exista o risco de que aspirem gases da descarga do próprio motor ou de ambientes, onde exista qualquer possibilidade de contaminação;



VI – se os reservatórios de gases possuem dispositivos de segurança que operem a pressão máxima de trabalho;

VII – se os gases ou misturas respiratórias fornecidos em reservatórios para as operações de mergulho podem ser utilizados, de acordo com as seguintes especificações:

- a) percentual dos elementos constituintes;
- b) grau de pureza;
- c) tipo de análise realizada; e
- d) nome e assinatura do responsável pela análise;

VIII – se as misturas respiratórias artificiais foram analisadas no local das operações quanto aos percentuais dos gases;

IX – se os sistemas e equipamentos estão com manutenção em dia, de forma a manter a segurança e funcionamento; e

X – se os sistemas e equipamentos de mergulho possuem:

- a) umbilical, exceto quando forem utilizadas técnicas de mergulho autônomo; e
- b) linha da vida.

Art. 25. Os equipamentos de uso obrigatório – EUO deverão ser compostos por:

I – roupa apropriada para cada tipo de mergulho;

II - cilindro de ar comprimido;

III- back Pack;

IV- conjunto regulador;

V- máscara de mergulho e nadadeiras;

VI- cinto e lastro para mergulho;

VII – faca de mergulho;

VIII – lanterna, para mergulhos noturnos ou locais escuros;

IX – luvas de proteção, quando possível a utilização;

X - meias de neoprene ou botas de mergulho, quando possível a utilização;



XI - colete equilibrador para mergulho, quando o ambiente de mergulho for favorável;

Art. 26. Os mergulhos realizados com misturas gasosas enriquecidas (Nitrox, Trimix) deverão ser planejados e realizados por mergulhadores certificados para este tipo de mergulho.

Parágrafo Único – O abastecimento dos cilindros próprios para mergulhos com misturas gasosas enriquecidas, somente poderão ser realizados por mergulhadores certificados (Gás Blender).

## Capítulo X

### Da Escala do Mergulhador autônomo

Art. 27. O mergulhador autônomo comporá o serviço operacional de rotina da OBM, conforme RESIOBOM (Regimento dos Serviços Interno e Operacional Bombeiro Militar), devendo ser escalado para compor a guarnição náutica quando necessário.

§1º. Escalas diferenciadas somente poderão ocorrer com autorização dos Comandos Regionais.

§2º. Nos deslocamentos para ocorrências náuticas os mergulhadores poderão efetuar com agasalho desde que esteja de pronto emprego o (5º A e C). O mergulhador deverá permanecer na Unidade com o fardamento correspondente ao serviço operacional, mantendo na unidade o (5º A e C) para ser utilizado como pronto emprego.

§3º. Após ocorrências náuticas superiores a 24 horas, retornando o mergulhador à OBM, este deverá ter um período de folga de no mínimo 24 horas.

Art. 28. O mergulhador ao completar 08 (oito) h de tempo de fundo em mergulhos sucessivos executados e de manutenção em viaturas e equipamentos de mergulho receberá o pagamento pela escala extraordinária referente às 08 horas.

§1º Os mergulhos realizados deverão ser registrados na caderneta de mergulho.

§2º Para a solicitação de pagamento de hora extraordinária deverá ser apresentado a caderneta de mergulho ao comandante da unidade ou seção operacional, devendo ser atestados: o número da ocorrência, número do mergulho, data, e assinatura na caderneta das horas de mergulho a serem pagas;



§ 3º – Para fins de contabilidade do tempo previsto neste artigo, ao término de cada ocorrência que efetuou o mergulho, deverão ser computadas 02 (duas) horas referentes à manutenção e limpeza de equipamentos.

## Capítulo XI

### Das Disposições Finais e Transitórias

Art. 30. O bombeiro militar que concluiu curso de mergulho na Corporação ou em outras instituições militares antes de 2012, será enquadrado como mergulhador autônomo.

Parágrafo único. Não se aplica o *Caput* deste artigo aos mergulhadores intitulados “Nível I”.

Art. 31. Os mergulhos noturnos deverão ser efetuados desde que não haja ameaça à integridade dos mergulhadores.

Art. 32. Os mergulhos em águas insalubres deverão ser efetuados somente com uso de roupa seca, capacete e luvas apropriadas, que isolem o mergulhador de qualquer contato com meio líquido, tendo em vista o alto risco de contaminação;

Art. 33. Quando em uma ocorrência houver necessidade de suspender o mergulho, o comandante da guarnição deverá providenciar outros meios de busca e sob hipótese alguma abandonar o local da ocorrência.

Art. 34. Sempre que o tempo de descompressão planejado de acordo com as tabelas em anexo exceder o tempo limite de mergulho sem descompressão, ou se a operação de mergulho é realizada em até 42 m de profundidade, a atividade de busca e resgate será realizada por uma guarnição ampliada.

Art. 35. Os mergulhadores autônomos que não estão efetivados nas atividades de mergulho deverão cumprir escalas de reforço náutico, os quais deverão permanecer alcançáveis durante o período em que estiverem escalados.

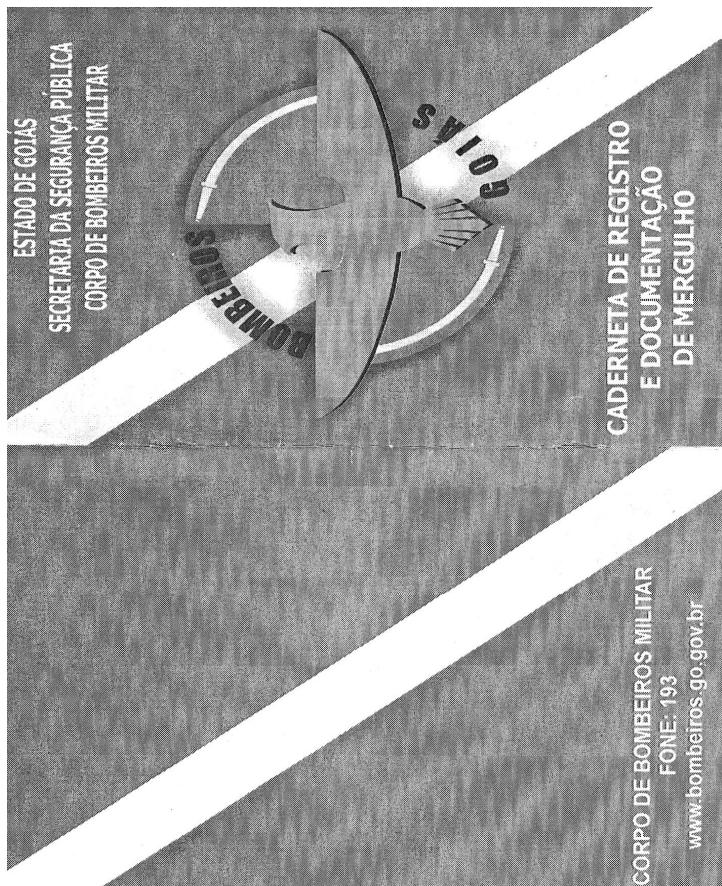


Parágrafo único. A confecção da escala será feita na região metropolitana pelo Comando Regional desta região que disponibilizará uma cópia ao Centro de Operações. No interior a escala será confeccionada pelo comandante da OBM

# Anexo 2



## MODELO DE CADERNETA DE MERGULHADOR AUTÔNOMO (CAPA)



(dimensões do papel A5)

**Observações Diversas**

Este documento é propriedade da organização Diversos Gerais e deve ser devolvido ao final do seu uso.

**Foto 3x4**

Caderneta Número: \_\_\_\_\_

**INFORMAÇÕES PESSOAIS**

Nome: \_\_\_\_\_

Posto / Graduação: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_\_

End:

Bairro: \_\_\_\_\_

Tel:

E-mail: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Cel: \_\_\_\_\_

**INFORMAÇÕES PROFISSIONAIS**

OIM:

End:

Bairro:

Fac:

Tel: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Cel: \_\_\_\_\_

**INFORMAÇÕES DE EMERGÊNCIA**

Tipo Sanguíneo: \_\_\_\_\_

Tel da Diretoria de Saúde: \_\_\_\_\_

Medico de Mergulho: \_\_\_\_\_

Médico de Mergulho: \_\_\_\_\_

**CÂMERAS HÍPERBARICAS PRÓXIMAS**

End:

End:

Tel: \_\_\_\_\_

End:

End:

Tel: \_\_\_\_\_

**INFORMAÇÕES PESSOAIS**



# **CONTROLE DOS MERGULHOS E INFORMAÇÕES PROFISSIONAIS**

MUDANÇAS DE INFORMAÇÕES



## DATAS DE APTIDÕES MÉDICAS

### Controle dos Mergulhos

Nº de Mergulho _____	Data _____	Local _____	Data _____	Local _____
		<b>TÉCNICO DE PUNDO</b> 		
<b>PROFOUNDIDADE (m)</b>		<b>TEMPO DE PUNDO</b>		
<b>Nº de OCORRÊNCIA</b>		<b>ONDE/E C. DO LIVRO DE REGISTRO</b>		
<b>HORAS ENTRADA E RECEBIDA</b>		<b>ATUAL</b> = <b>ACUMULADA</b> <b>ANTERIOR</b> + <b>ATUAL</b> = <b>ACUMULADA</b> <b>(BL/BG Nº _____)</b>		

*Conveniências: local, atividade, embarcação, condições de mergulho, equipamento, temperatura da água, tipo de fundo, sinal do canga, acidente.*

*Dica: Informar após 12 horas de mergulho exercitado para solicitação de horas extra de infusões.*

### Datas de Aptidão Médica:

1- <input type="checkbox"/> Aptô	<input type="checkbox"/> Inapô	Data _____ / _____ / _____	Assinatura do médico (carimbo)
2- <input type="checkbox"/> Aptô	<input type="checkbox"/> Inapô	Data _____ / _____ / _____	Assinatura do médico (carimbo)
3- <input type="checkbox"/> Aptô	<input type="checkbox"/> Inapô	Data _____ / _____ / _____	Assinatura do médico (carimbo)
4- <input type="checkbox"/> Aptô	<input type="checkbox"/> Inapô	Data _____ / _____ / _____	Assinatura do médico (carimbo)
5- <input type="checkbox"/> Aptô	<input type="checkbox"/> Inapô	Data _____ / _____ / _____	Assinatura do médico (carimbo)

*Em caso de emergência, usar parágrafo desse artigo Tratamento Médico e/ou Transporte em ambulância de avião pressurizado.*

**ESTADO DE ORIGEM DO MÉDICO**

**SUPERVISOR DO MÉRGULHO**

# **Referências Bibliográficas**



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SÃO PAULO, Corpo de Bombeiros Militar, Seção de Ensino e Instrução, Manual Básico de Mergulho Autônomo a Ar Comprimido.

BLACKWOOD, Oswald H.; HERRON, Wilmer B.; KELLY, William C. – Física na Escola Secundária

BRACONY, Eduardo Paim, Manual do Mergulhador 2, Editora Minas Ge-rais Ltda.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA – Nova Enciclopédia Balsa

MAGALHÃES Neto, José P. – Boletim Informativo do Grupo de Pesquisas Submarinas – 30 Dias Debaixo da Água – novembro de 1964

MARCANTE, Duilio – Questo è Lo Sport Sub – Mursia, 1978

MARTINS, Vitor – A Aventura do Mergulho – Callis Editora Ltda

BRASIL, Ministério da Marinha, Centro de Instrução Almirante Átila Monteiro Aché, Manual de Mergulho Autônomo – Parte I . Rio de Janeiro, 2000.

NACCARATO, Waldir – Manual de Mergulho Livre – KMK Editora

RESNICK, Robert e HALLIDAY, David – Física parte I

REVISTA MERGULHAR – Editora Mergulhar Ltda – Rio de Janeiro, RJ

REVISTA MERGULHO – GR Um Editora Ltda – São Paulo, SP

REVISTA SCUBA – Atol Editora Ltda – Rio de Janeiro, RJ

## **SITES PESQUISADOS**

Mergulho Autônomo: Disponível Brasil Mergulho (12/05/2007) URL:  
<http://www.brasilmergulho.com.br>

Medicina Hiperbárica: Disponível Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Tratamento de Feridas (15/11/2000) URL: <http://www.feridologo.com.br>

Medicina Hiperbárica: Disponível OHB RIO Medicina Hiperbárica (01/01/1995) URL: <http://www.ohb-rio.med.br>

Fisiologia do Mergulho: Disponível Merck Sharp & Dohme Farmacêutica Ltda (19/02/1998) URL: <http://www.msd-brazil.com>

Equipamentos de Mergulho: Disponível HowStuffWorks (01/01/1998) URL: <http://www.hsw.com.br>

Equipamentos de Mergulho: Disponível Kirby Morgan Dive Systems (01/01/2006) URL:<http://www.divingsystems.com>

