

CONCRETO PROJETADO PARA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS – ANÁLISE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO E ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Marcos ANJOS (1); Walney SILVA (2); Alexandre PEREIRA (3); Hoffman RODRIGUES (4); Valtencir GOMES (5).

(1) CEFETR/Uned-Mossoró, Raimundo Firmino de Oliveira, nº 400 - Costa e Silva
Mossoró-RN - CEP:59.628-330, telefone: 3315 2760, fax: 3315 2761, e-mail: malyssandro@cefetrn.br

(2) CEFETR/Uned-Mossoró, e-mail: walneygs@terra.com.br

(3) CEFETR/Uned-Mossoró, e-mail: alexandre@cefetrn.br

(4) CEFETR/Uned-Mossoró, e-mail: hoffman_ricardo@terra.com.br

(5) CEFETR/Uned-Mossoró, e-mail: valtencir@cefetrn.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise dos resultados da dosagem experimental de concreto realizada para atender os requisitos do concreto projetado por via seca para recuperação das estruturas de concreto da plataforma da Petrobrás, localizadas no litoral Potiguar. Nesta análise foram avaliadas as resistências à compressão determinadas na dosagem para três traços diferentes comparado com os resultados obtidos com os testemunhos extraídos da estrutura e com os obtidos no ensaio não destrutivo de esclerometria, sendo avaliadas ainda as resistências à tração por aderência do concreto novo com o concreto velho.

Palavras-chave: Concreto projetado, Resistência à compressão, Aderência à tração, Esclerometria, Testemunhos extraídos.

1. INTRODUÇÃO

O concreto projetado é uma mistura de cimento, agregados, aditivos, adições e água, transportado através de tubulações e projetado sob pressão sobre uma superfície, com compactação simultânea. O concreto projetado é bastante utilizado em revestimento de túneis, paredes de contenção, piscinas e em recuperação e reforço estrutural.

Existem dois métodos de emprego do concreto projetado, o processo por via seca, onde os agregados apresentam-se úmidos e a maior parte da água é adicionada no bico de injeção, sendo controlado pelo operador do equipamento, e o processo por via úmida onde todos os materiais incluindo a água são misturados previamente antes de serem introduzidos no equipamento de projeção.

As características dos cimentos, agregados, aditivos e adições utilizadas na produção do concreto interferem fortemente no comportamento do mesmo no estado plástico e posteriormente nas propriedades mecânicas e de durabilidade do mesmo.

Os materiais constituintes do concreto devem ser escolhidos entre os tecnicamente aceitáveis e economicamente viáveis, portanto devem-se analisar os materiais disponíveis e realizar um estudo criterioso para avaliar a adequação dos materiais com as propriedades requeridas.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar as propriedades do concreto projetado aplicado no reforço estrutural das plataformas marítimas de produção de petróleo, situadas na costa do Estado do Rio Grande do Norte. Avalia-se as propriedades de resistência à compressão de corpos de provas extraídos, a resistência à compressão determinada a partir de ensaios de esclerometria e a resistência à tração por aderência, em seguida utiliza-se o método de dosagem do IPT para obter gráficos de dosagens utilizando os materiais disponíveis na região com vistas a melhorar as propriedades do concreto projetado utilizado na obra.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

O concreto projetado é produzido com agregados de dimensão máxima característica menor ou igual a 19,5 mm, transportado através de uma tubulação e projetado sob pressão sobre uma superfície, com compactação simultânea.

O uso inicial do concreto projetado foi para utilização em revestimentos de túneis, em 1920 a Cement Gut Company desenvolveu equipamentos de projeção via seca, já os equipamentos de projeção via úmida só foram difundidos nos anos 60. O principal método de projeto e execução de túnel utilizado no mundo é o método NATM (New Austrian Tunneling Method), que prevê a utilização de concretos projetados com a função de revestimento de maciços rochosos para estabilizar as tensões geradas pelo processo de escavação.

O concreto pode ser projetado por via seca ou úmida, no método de projeção por via seca a mistura do concreto é feita com pouca umidade, onde os principais constituintes são o cimento, areia, pedrisco, aditivo acelerador e eventualmente microssílica, a mistura é transportada até o bico de projeção, onde a água necessária para a mistura é adicionada (figuras 1 e 2).

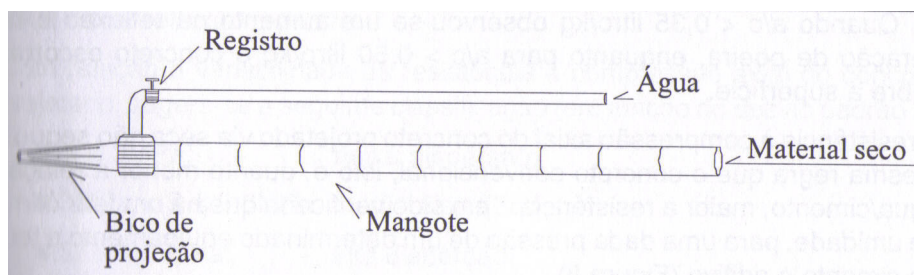


Figura 1. Processo de mistura do concreto via seca (SILVA, 1997).

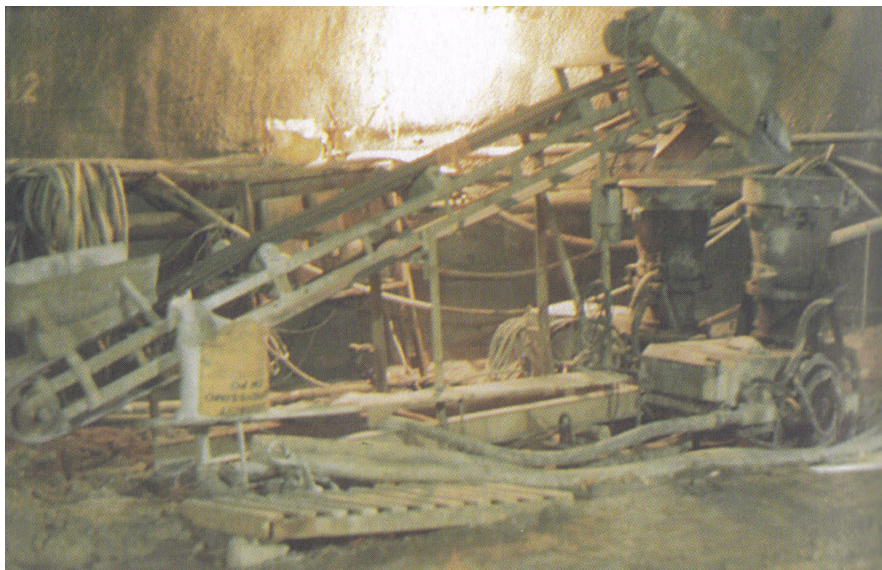


Figura 2. Sistema de transporte e equipamento de projeção (SILVA, 1997).

O método de projeção de concreto por via úmida consiste em efetuar uma mistura plástica de concreto (cimento, agregados, água, aditivos e adições). Neste método normalmente se usa aditivos plastificantes e superplastificantes, além das adições de microssilica e eventualmente fibras, pois o equipamento de projeção (figura 3) permite o lançamento de um concreto plástico.



Figura 3. Equipamento de projeção por via úmida (SILVA, 1997).

Os principais problemas que os concretos projetados apresentam são:

- Reflexão devido ao impacto do concreto projetado com superfícies duras, sendo determinada pelo índice de reflexão (IR);
- Deslocamento devido à falta de aderência entre o concreto projetado e o substrato;
- Sombra, vazios formados atrás das armaduras.

Os problemas encontrados nos concretos projetados estão relacionados com a dimensão máxima característica do agregado, com o tipo de projeção e com a metodologia empregada pelo operador (experiência do mangoteiro).

O tamanho ideal do agregado foi tema de grande discussão, o que culminou em algumas especificações como a do ACI (American Concrete Institute) para faixas granulométricas recomendáveis para concretos projetados, atualmente a máxima dimensão utilizada para agregados graúdos é de 9,5 mm, sabe-se que

quanto maior a dimensão máxima característica do agregado maior a reflexão (PRUDÊNCIO JR & HELENE, 1993; SILVA, 1997).

Existem diversos métodos para realização da dosagem de concreto estrutural, os mais conhecidos são: Método do IPT/EPUSP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo/Escola Politécnica da USP), Método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), Método do ACI, todos estes consagrados por diversas publicações (MEHTA; MONTEIRO, 1994; TERZIAN; HELENE, 1992; TANGO; SAAD, 2001).

Os métodos de dosagens baseiam-se na Lei de Abrams onde a resistência aos esforços mecânicos, bem como as demais propriedades do concreto endurecido variam na relação inversa da relação água/cimento, através da equação 1.

$$f_{cj} = \left(\frac{k_1}{k_2 \frac{a}{c}} \right) \quad [\text{Eq. 01}]$$

Outras características dos materiais, como módulo de finura, tipo e forma dos agregados, tipo de cimento também influenciam nas propriedades mecânicas do concreto. O método de dosagem do IPT/EPUSP preconiza a formulação de curvas de dosagem para traços padrões (1:m) chamados de traço de referência, traço rico e traço pobre, para que as características básicas do concreto sejam atingidas, variando-se o fator água/cimento e o teor de argamassa do traço para se obter um concreto com resistência, textura e consistência adequada a aplicação desejada. A partir das misturas realizadas determinam-se as curvas de dosagens para os materiais empregados, conforme exemplo da figura 4.

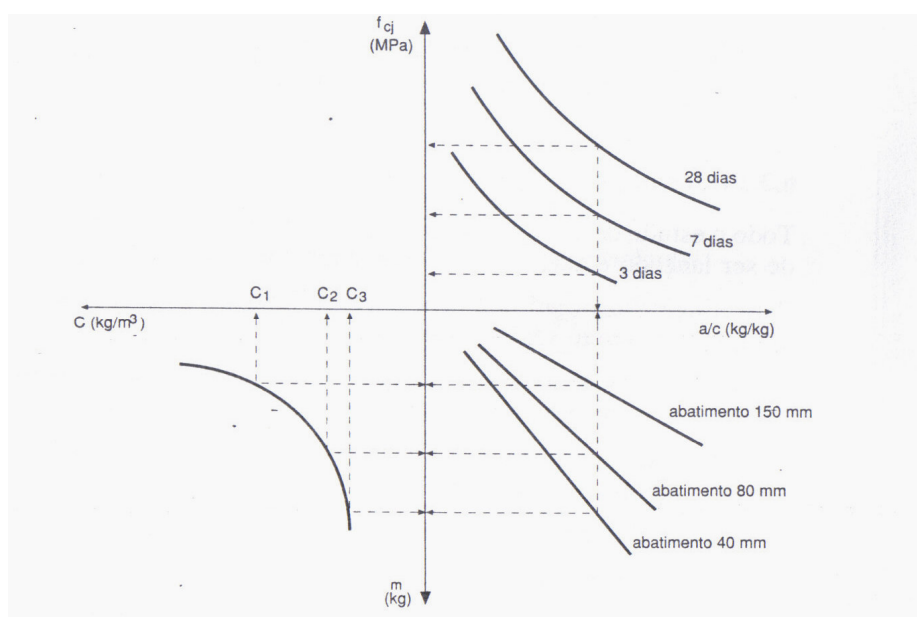


Figura 4. Curvas de dosagem método IPT/EPUSP [2]

3. METODOLOGIA

A dosagem do concreto foi realizada a partir dos requisitos do projeto de recuperação da plataforma da Petrobrás, como resistência à compressão aos 28 dias. A primeira etapa do trabalho foi a avaliação do concreto que estava sendo utilizado na recuperação e posteriormente a utilização do método IPT para determinação de traços alternativos.

Materiais empregados

1. Cimento Portland CP II Z 32 da marca Nassau

2. Microssílica no teor de 7% em relação à massa do cimento
3. Aditivo acelerador de pega da Marca Sigunit no teor de 2% em relação à massa do cimento
4. Agregado miúdo - Areia média lavada de rio

Tabela 1. Caracterização da areia

Massa unitária	1,60 g/cm ³
Massa específica	2,62 g/cm ³
Diâmetro máximo	4,8 mm
Módulo de finura	2,45

5. Agregado graúdo – Pedra britada granítica

Tabela 2. Caracterização da brita

Massa unitária	1,45 g/cm ³
Massa específica	2,65 g/cm ³
Diâmetro máximo	9,5 mm
Classificação	Brita 0

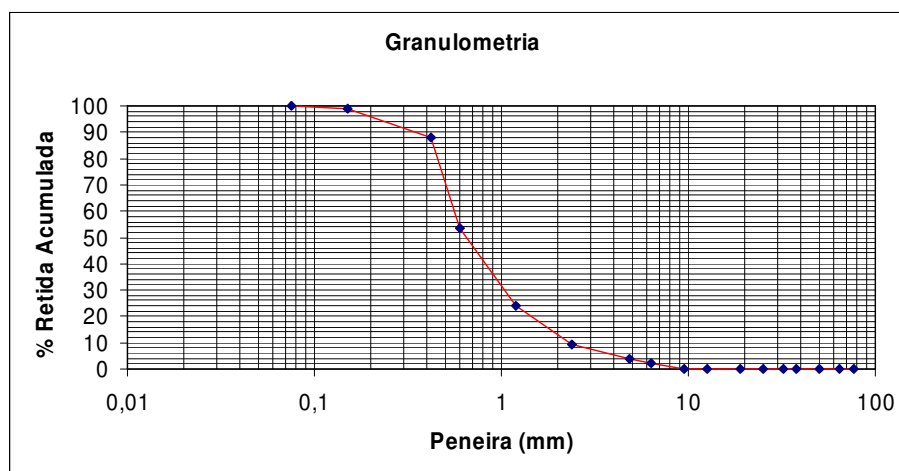


Figura 5. Curva granulométrica da areia

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A primeira etapa da análise das características do concreto projetado na plataforma foi um exame visual do concreto antigo e do reforço realizado, figura 6.



Figura 6. Aspecto do concreto antigo e do reforço com barras adicionais e posterior projeção do concreto

Resistência à tração por aderência

Após a projeção do concreto novo sobre o concreto antigo foram escolhidos pontos para determinação da resistência à tração por aderência, onde foram fixadas as pastilhas de arrancamento, figura 7. Em cada ponto de projeção de concreto novo foram coladas cinco pastilhas com 5 cm de diâmetro para determinação da resistência à tração por aderência, a determinação foi feita utilizando-se um aparelho de medição direta da força de arrancamento, conforme figura 8, os resultados encontrados são apresentados na tabela 3.



Figura 7. Colocação das pastilhas para ensaio de arrancamento



Figura 8. Ensaio de arrancamento

Tabela 3. Resistência à tração por aderência

Pastila N°	Carga (kgf)	Resistência (MPa)
1	128	0,65
2	117	0,60
3	120	0,61
4	105	0,54
5	135	0,69
Média		0,62

Resistência à compressão

Para avaliar a resistência à compressão foi utilizado o método de extração de corpos de provas de concreto projetado sobre um estrado de madeira. A projeção foi realizada em duas camadas de aproximadamente 5 cm cada, utilizando o mesmo traço (1:2:1,5) nas duas camadas, com quantidade de água controlada pelo mangoteiro, conforme figura 9. Os corpos de provas tinham dimensões variadas que são apresentadas na tabela 4, juntamente com suas resistências à compressão.



Figura 9. Caixote para projeção do concreto em duas camadas

Tabela 4. Resistência à compressão de testemunhos extraídos

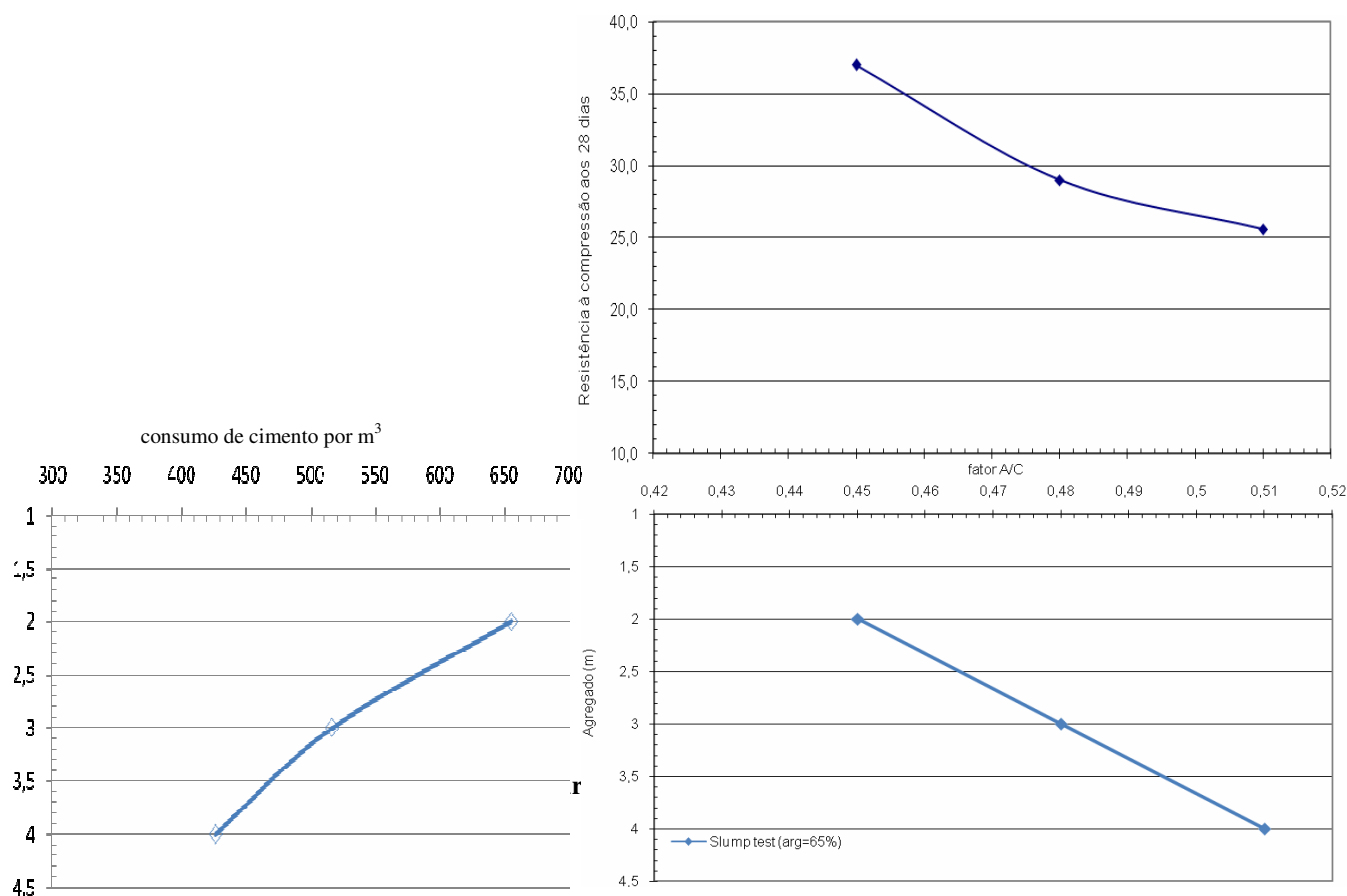
CP	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)	Correção Δ (Mpa)
1	98,8	169,3	18.600	24,2	23,3
2	98,4	166,4	20.600	27,1	25,4
3	98,3	168,5	18.400	24,2	23,1
4	98,3	169,4	20.400	26,8	25,6
5	98,5	168,2	17.800	23,3	22,3
6	98,3	168,0	19.800	26,0	25,0
7	98,8	168,8	19.000	24,7	23,7
8	98,8	168,3	17.600	23,0	22,0
9	98,2	167,6	17.800	23,5	22,5
10	98,3	168,5	18.000	23,7	22,8
11	100,0	200,0	25.700	32,7	32,7
Média					24,4

Após a projeção do concreto foram determinadas as resistências à compressão aos 28 dias a partir dos ensaios de esclerometria, cujos resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de esclerometria no concreto projetado

TESTE	Resistência (MPa)
1	24,4
2	25,0
3	23,7
	24,36

A partir do traço utilizado (1:2:1,5) para o concreto projetado, utilizou-se o método do IPT para obter os gráficos de dosagem empregando o traço 1:3, cimento agregado total (1:m), como referência, o traço 1:4 como traço pobre e o traço 1:2, como traço rico, o teor de argamassa utilizado no estudo de dosagem foi de 65%, com adição de 7% de sílica ativa e 2% de aditivo acelerador de pega, ambos em relação a massa do cimento.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos ensaios de tração por aderência ao arrancamento apresentaram uma boa uniformidade nos valores, com média acima de 0,5 MPa de resistência à tração, valor mínimo requerido para esta propriedade.

A resistência à compressão dos corpos de provas extraídos apresentaram resistência média de 24,4 MPa, compatíveis com os resultados obtidos por esclerometria, no entanto valor abaixo dos obtidos para os corpos de provas moldados durante o processo de dosagem realizado em laboratório para o traço 1:3,5 cujo valor aproximado foi de 27 MPa. Este fato se deve a reflexão obtida durante o processo de projeção do concreto.

Vale salientar ainda que o método de dosagem do IPT se mostra muito eficaz para concretos com consistência mais fluida, o que não é o caso do concreto projetado por via seca, mesmo assim de posse dos gráficos de dosagens pode-se ter um idéia de como a variação do consumo de cimento e do fator água/cimento influenciam na resistência à compressão para uma dada consistência.

6. AGRADECIMENTOS

A construtora PS Construções LTDA responsável pelo reforço estrutural e ao CEFETR/UNED-Mossoró.

REFERÊNCIAS

- MEHTA, K.; MONTEIRO, J. P. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1º Ed. São Paulo, Editora Pini, 1994. 573 p.
- PRUDÊNCIO JR, L. R.; HELENE P. **Concreto Projetado por via seca: Metodologia de dosagem, BT/PCC/118**, São Paulo/SP, 1993.
- SILVA, P. F. A. **Concreto projetado para túneis**. 1º Ed. São Paulo, Editora Pini, 1997. 92 p.

TANGO, C. E. S.; SAAD, V. M. K. **Incrementos no Método de Dosagem IPT para concretos com amplo espectro de desempenho.** 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 2001.

TERZIAN, P.; HELENE, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** 1º Ed. São Paulo, Editora Pini, 1992. 349p.