

Análise estatística do concreto empregado na laje de fundo do dique seco do Estaleiro Rio Grande

Patrícia Rackow; Fábio Costa Magalhães; Mauro de V. Real (orientador)

Introdução

O dique seco do Estaleiro Rio Grande, em construção no Super Porto da cidade de Rio Grande-RS, possui 350 metros de comprimento e 133 metros de largura, estando posicionado às margens da Laguna dos Patos, próximo ao encontro entre esta e o Oceano Atlântico. Este dique seco tem por objetivo a construção e reparo de navios e plataformas de petróleo.

Sendo uma construção à beira mar e sujeita a pesados carregamentos, o desempenho do concreto utilizado, tanto em relação à durabilidade, quanto em relação à resistência, torna-se um fator fundamental e exige um rígido controle de qualidade. Este rigoroso controle de qualidade foi utilizado na obra do Estaleiro Rio Grande, onde as estruturas de concreto possuem amostragem de 100 % das amassadas, conforme estabelecido no item 6.2.3.2 da norma brasileira NBR 12655 (ABNT,2006).

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise estatística da resistência à compressão do concreto empregado na construção da laje de fundo do dique seco do Estaleiro Rio Grande.

Metodologia

O concreto empregado na construção da laje de fundo do dique seco possui uma resistência característica à compressão f_{ck} , especificada em projeto, igual a 40 MPa. O concreto foi dividido em lotes de produção referentes aos meses de dezembro de 2008 a abril de 2009, totalizando 2.562 corpos de prova ensaiados. Como as amostras são grandes, uma análise estatística rigorosa pode ser realizada (FUSCO, 1983).

Para cada lote foram determinados: a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação, o histograma e a curva normal de melhor ajuste.

A resistência característica à compressão do concreto f_{ck} é o valor de resistência acima do qual se espera 95% de todos os resultados possíveis de ensaios de amostragem na obra. Admite-se para a resistência a compressão do concreto f_c uma distribuição normal de probabilidade, assim o valor de f_{ck} será, estatisticamente, dado por:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65.s(f_c) \quad (1)$$

onde f_{cm} é a resistência à compressão média do concreto e $s(f_c)$ é o desvio padrão de f_c do lote.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados o número de corpos de prova ensaiados, os valores obtidos para a resistência à compressão média, para o desvio padrão, para o coeficiente de variação e para a resistência característica à compressão do concreto calculada de acordo com a equação (1), para os meses de dezembro de 2008 até abril de 2009.

Tabela 1. Resultados da análise estatística do concreto do dique seco do Estaleiro Rio Grande de dezembro de 2008 a abril de 2009

Estatística	Meses				
	dez/08	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09
n	260	259	324	867	852
fcm	50,6 MPa	52,2 MPa	47,4 MPa	49,4 MPa	48,1 MPa
s(fc)	4,84 MPa	4,97 MPa	5,45 MPa	3,92 MPa	3,69 MPa
coef. de Var.	9,57%	9,52%	11,49%	7,94%	7,67%
fck	42,63 MPa	43,52 MPa	38,44 MPa	42,95 MPa	42,03 MPa

A partir dos dados da Tabela 1 pode-se observar que em todos os meses, exceto em fevereiro, o valor do fck, calculado pela equação (1), foi superior ao valor de fck especificado no projeto, que era de 40 MPa. Além disso, com a exceção de fevereiro, nos demais meses o valor do coeficiente de variação, que é uma medida do grau de dispersão dos resultados dos ensaios, manteve-se abaixo de 10%, o que indica um bom controle de qualidade na produção do concreto.

No mês de fevereiro o fck dado pela equação (1) foi um pouco inferior a 40 MPa, porque o desvio padrão foi mais elevado. Contudo, observou-se que para todos os corpos de prova ensaiados foi obtido um valor de fc superior a 40 MPa.

O item 6.2.3.2 da NBR-12655 (ABNT,2006), alínea b), afirma que para amostragem total, com n maior que 20, o valor de fck estimado será dado por:

$$f_{ck,est} = f_{1i} \quad (2)$$

sendo f_{1i} a resistência do exemplar i , onde $i=0,05.n$. Segundo este critério, resulta, para o mês de fevereiro, um $f_{ck,est}$ igual a 40,8 MPa, que é superior ao valor de 40 MPa especificado no projeto. Portanto, a condição de resistência do concreto foi, na realidade, atingida na obra.

Na Figura 1 são apresentados os histogramas e as curvas normais de melhor ajuste para os lotes de corpos de prova ensaiados nos meses de dezembro de 2008 até abril de 2009.

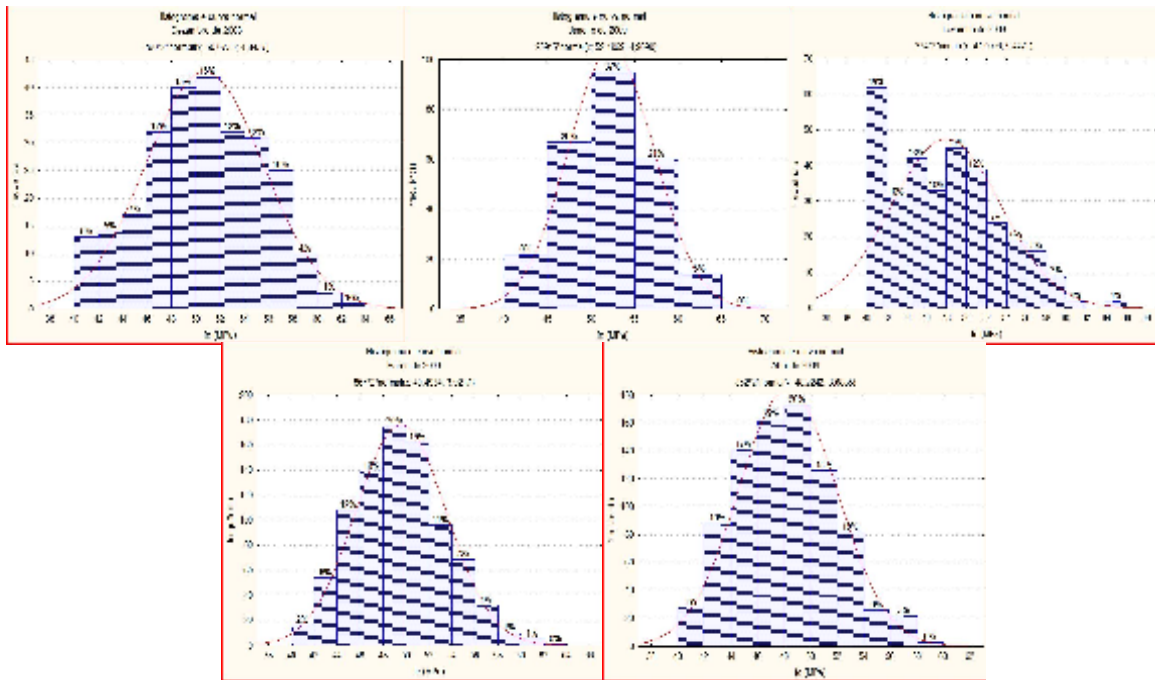


Figura 1 – Histograma dos resultados de ensaios de resistência à compressão do concreto para os meses de dezembro de 2008 a abril de 2009.

Observando-se a Figura 1, nota-se que a distribuição de probabilidade dos resultados dos ensaios dos corpos de prova de concreto para compressão simples pode ser aproximada pela distribuição normal ou distribuição de Gauss, excetuando-se o mês de fevereiro.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2006.

FUSCO, P. B. Estruturas de Concreto - Fundamentos Estatísticos da Segurança das Estruturas. SAO PAULO: EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SAO PAULO E ED.MCGRAW-HILL DO BRASIL, 1977. 274 p.