



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE CAPEAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE CONCRETO E ARGAMASSAS: COMPARAÇÃO ENTRE ENXOFRE, PASTA DE CIMENTO E PASTA DE GESSO

Rodrigo Boesing (1); Rogério A. Philippsen (2); Caroline Angulski da Luz(3)

(1) Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: rodrigoboensing@hotmail.com

(2) Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: rogerio.epc@gmail.com

(3) Prof^a. Dr^a. do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: angulski@utfpr.edu.br

RESUMO

Com a busca constante por técnicas que visam à melhoria da qualidade dos serviços prestados pela indústria da construção civil, uma questão que merece destaque nesse contexto, é a qualidade dos materiais empregados, dentre eles o concreto e a argamassa. Na verificação das características físicas de resistência mecânica destes elementos, é comumente utilizado o ensaio de compressão axial. Para a realização desse ensaio, quanto melhor for à planicidade e uniformidade dos topos das amostras, maior será a confiabilidade dos resultados, que por sua vez serão influenciados tanto pela qualidade do concreto, assim como pela qualidade dos capeamentos. Um mau capeamento implica em concentração de carga em determinados pontos, a geração da excentricidade e com isso, um maior coeficiente de variação dos resultados de resistência dos corpos-de-prova, tornando os resultados menos confiáveis. Para avaliar a influência do capeamento na resistência à compressão, no presente estudo, foram moldados corpos-de-prova de concreto e argamassa, capeados com enxofre, pasta de cimento e pasta de gesso. Para as amostras de concreto foram moldados 8 corpos de prova para cada tipo de capeamento, 4 amostras para serem rompidas aos 7 dias e 4 aos 28 dias, já para as argamassas foram moldados 4 corpos de prova para cada tipo de capeamento, que foram rompidos aos 28 dias. Pelos resultados obtidos, para o concreto foi observado que com o capeamento de enxofre resulta em resistências superiores, com relação aos outros dois tipos de capeamento, cerca de 9,0% aos 7 dias e 4,5% aos 28 dias. Em contrapartida, o desvio padrão apresentado pelos capeamentos com pasta de cimento e gesso foi inferior ao apresentado pelo enxofre. Para as pastas de cimento e gesso, o coeficiente de variação de resistência foi de 2,1% aos 7 dias e 9,2% em média aos 28 dias enquanto que para o enxofre, foi de 7,8% aos 7 dias e 16,6% aos 28 dias. Desse modo, percebe-se a influência direta do tipo de capeamento na resistência e confiabilidade dos dados.

Palavras-chave: Capeamento; Concreto; Compressão Axial.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos elementos mais aplicados na indústria da construção civil. Por ser amplamente difundido e possuir função estrutural, o conhecimento de suas características mecânicas se torna uma prática importante para os profissionais de engenharia civil.

Nos últimos anos, é inegável que a construção civil vem assumindo um importante papel na economia nacional. Sendo assim, como forma de se adequar a essa tendência econômica, o aprimoramento das técnicas produtivas, de aplicação e controle tecnológico dos materiais se tornam cada vez mais necessárias, uma vez que as exigências do “mercado consumidor” estão maiores. Tem-se, então, a obrigação de fornecer um produto que atenda os requisitos de segurança, funcionalidade e durabilidade, conforme afirma Duarte (2009).

No caso dos concretos, a resistência à compressão é a característica mais importante a ser considerada, pois é um elemento que trabalha predominantemente à este tipo de solicitação. Ruduit (2006), complementa dizendo que conforme a complexidade e nível de estrutura, se determina o controle a ser aplicado e a quantidade de concreto produzida por lote. Ainda segundo o autor, os lotes são representados pelas amostras de concreto retirados (Corpos-de-Prova) durante a concretagem e suas quantidades mínimas prescritas pela NBR 12655. Posteriormente, a avaliação da qualidade se dá a partir de ensaios de ruptura dos corpos de prova, de modo que se possa conhecer as suas resistências à compressão de tais corpos de prova.

O ensaio de compressão axial pode ser executado em corpos-de-prova cilíndricos (15x30)cm ou (10x20)cm. Para a realização desse ensaio, quanto melhor for a planicidade e uniformidade dos topos das amostras, maior será a confiabilidade dos resultados. Barbosa.(2009) afirmam que pequenas irregularidades já são suficientes para que ocorra a excentricidade ocasionada por uma aplicação de carregamento não uniforme e, por consequência, ocasionando diminuição na resistência mecânica.

Desse modo, conforme Barbosa (2009), para se minimizar a excentricidade e distorções de carregamento nos corpos de prova, são previstos tratamento superficiais de modo que os desvios de planicidade possam ser corrigidos.

O tratamento dos topos dos corpos-de-prova geralmente são feitos por meio de retificação ou capeamento; sendo esta última, a técnica mais empregada atualmente. Como destaca Ruduit (2006), o capeamento é uma técnica em que se usa um material moldável capaz de formar uma camada sem irregularidades nos topos dos corpos de prova, com espessura mínima de 3mm. Para que possa ser empregado no capeamento, esse material deve ter resistência e propriedades elásticas semelhantes às propriedades do concreto ensaiado. Segundo norma DNER-ME 046/98, o material a ser utilizado no capeamento deve ter: aderência ao corpo de prova; compatibilidade química com o concreto; fluidez no momento da aplicação; acabamento liso e plano após o endurecimento;

Atualmente, o material mais empregado no capeamento é o enxofre. Apesar de possuir essas características técnicas favoráveis, o uso do enxofre no capeamento apresenta restrições, pois depende da qualidade inicial nas superfícies dos corpos de prova. No caso de topos convexos, com saliências e outras irregularidades, o capeamento com enxofre se torna pouco eficiente, conforme destaca Ruduit (2006). Assim, outros materiais começam a ser aplicados no capeamento, como é o caso do gesso e da pasta de cimento.

O objetivo deste artigo é avaliar a influência dos capeamentos com enxofre, pasta de cimento e pasta de gesso na resistência e na variabilidade da resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto e de argamassas.

2 METODOLOGIA

Para a realização do estudo foram empregados areia natural, Brita 01 basáltica e cimento CP II Z-32, marca Itambé. A metodologia do estudo seguiu as seguintes etapas:

- a argamassa foi confeccionada com traço 1:3:0,48, (em massa), sendo 4 corpos-prova para cada tipo de capeamento e rompimento aos 28 dias;
- o concreto foi confeccionado com traço 1:5, $\alpha=50\%$ e $H=10\%$, sendo 4 corpos-prova para cada tipo

de capeamento e rompimento aos 7 e 28 dias;

- 24 horas após a moldagem, os corpos de prova foram desmoldados e levados ao tanque de cura a uma temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- para conformação do capeamento com enxofre, foi utilizado molde metálico; no caso da pasta de cimento e pasta de gesso, realizou-se o assentamento dos corpos de prova sobre uma camada destes materiais dispostas em superfície plana; a espessura da camada aplicada nos três tipos de capeamento foi a necessária para eliminar as irregularidades dos topos das amostras (aproximadamente 3 mm);
- para o capeamento de cimento e de gesso a relação água/aglomerante foi respectivamente 0,30 e 0,45;
- para garantir a igualdade de condição de cura, todos os corpos de prova foram retirados do tanque 3 dias antes do rompimento para a realização dos procedimentos de capeamento;

Na Figura 1 estão ilustrados os capeamentos utilizados no presente estudo.



Figura 1- Corpos de prova de argamassa capeadas com enxofre, pasta de gesso e pasta de cimento (da esquerda para a direita).

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Argamassas

Na Tabela 1 seguem expostos os resultados dos ensaios de compressão de argamassas realizados na Prensa EMIC DL30000.

Tabela 1- Valores de resistência mecânica dos corpos-prova de argamassa

| | Enxofre (MPa) | Pasta de cimento (MPa) | Pasta de gesso (MPa) |
|-------------------|---------------|------------------------|----------------------|
| Corpo-de-prova 1 | 24,82 | 34,79 | 33,07 |
| Corpo-de-prova 2 | 28,82 | 35,49 | 33,83 |
| Corpo-de-prova 3 | 21,02 | 32,82 | 33,33 |
| Corpo-de-prova 4 | 29,96 | 35,01 | 32,09 |
| Média | 26,16 | 34,53 | 33,08 |
| Desvio Padrão | 4,07 | 1,18 | 0,73 |
| Coef. de Variação | 15,57% | 3,40% | 2,21% |

Observa-se que apesar de os corpos de prova ser do mesmo traço de argamassa, os resultados apresentaram dispersão. As amostras rompidas com capeamento de enxofre foram as que apresentaram as resistências mais baixas, cerca de 22,6%. Notou-se também que para este tipo de capeamento a variação nos resultados encontrados foi maior, apresentou um coeficiente de variação de 15,57%, e um desvio padrão de 4,07MPa. No caso das amostras rompidas com capeamento de pasta de gesso e pasta de cimento, o coeficiente de variação foi menor, na ordem de 2,21% e 3,40% respectivamente. Além

disto, a resistência alcançada empregando-se estes 2 tipos de capeamento foi maior, conforme mencionado anteriormente.

Fazendo-se uma comparação múltipla de média (Tabela 2), verifica-se que o fator observado (13,00) é maior que o fator crítico (4,26) e que, portanto, pelo menos uma das médias difere das demais com um nível de confiabilidade de 95%.

Tabela 2- Resultados da análise estatística das argamassas - Comparação múltipla de média para fator único

| Fonte de variação | Somatório dos quadrados dos desvios | Graus de liberdade | Médias quadradas | F observado | F crítico. |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------|
| Entre grupos | 160,2 | 2 | 80,1 | 13,00 | 4,26 |
| Dentre grupos | 55,5 | 9 | 6,2 | | |
| Total | 215,7 | 11 | | | |

Através do teste de Duncan (5%), conclui-se que existe diferença significativa entre o grupo do enxofre em relação aos demais, mas não entre o cimento e o gesso, (Figura 2).

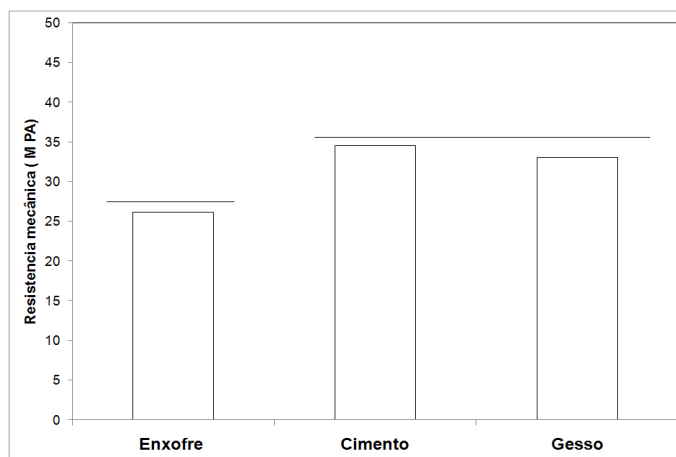


Figura 2- Corpos-de-prova de argamassa- Limite de decisão de 4,14 (Duncan 5%)

3.2 Concreto

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão do concreto realizados na Prensa Manual Giltec 5597 com capacidade de carga de 120tf seguem expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de resistência mecânica dos corpos-prova de concreto

| | Enxofre (MPa) | | Pasta de cimento (MPa) | | Pasta de gesso (MPa) | |
|-----------------------|---------------|-------------|------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | 7 dias | 28 dias | 7 dias | 28 dias | 7 dias | 28 dias |
| Corpo-de-prova 1 | 28,3 | 49,0 | 25,5 | 39,2 | 27,2 | 39,7 |
| Corpo-de-prova 2 | 26,0 | 37,4 | 26,2 | 39,7 | 26,0 | 33,9 |
| Corpo-de-prova 3 | 30,8 | 37,9 | 25,2 | 39,7 | 26,2 | 36,2 |
| Corpo-de-prova 4 | 30,6 | 33,9 | 25,0 | 32,3 | 26,7 | 41,5 |
| Média | 28,9 | 39,6 | 25,5 | 37,8 | 26,5 | 37,8 |
| Desvio Padrão | 2,26 | 6,56 | 0,55 | 3,62 | 0,56 | 3,44 |
| Coef. de Variação (%) | 7,83 | 16,57 | 2,16 | 9,58 | 2,13 | 9,11 |

Ao contrário do observado nas argamassas, para os corpos de prova de concreto capeados com enxofre, a resistência foi superior aos ensaiados com pasta de cimento e pasta de gesso, tanto aos 7 quanto aos 28 dias. Aos 7 dias a resistência dos corpos de prova capeados com as pastas foi menor em cerca de 10% quando comparadas aos capeamentos com enxofre. Já aos 28 dias, tal redução de

resistência foi menos significativa, estabelecendo-se na ordem de 4,5%. Contudo, a variabilidade dos resultados dos corpos de concreto ensaiados com as pastas de cimento e de gesso foi menor aos 7 e aos 28 dias, assim como já observado nos ensaios realizados com argamassa.

A análise estatística exibida na Tabela 4 mostra que para o concreto aos 7 dias existe diferença significativa entre os grupos ($F_{\text{observado}} < F_{\text{crítico}}$) e da mesma forma como foi observado no caso das argamassas, esta diferença ocorre entre o enxofre em relação ao cimento e ao gesso, conforme analisado no teste de Duncan (5%) no gráfico da Figura 3.

Tabela 4- Resultados da análise estatística dos concretos (7d) - Comparação múltipla de média para fator único

| Fonte de variação | Somatório dos quadrados dos desvios | Graus de liberdade | Médias quadradas | F observado | F crítico |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------|
| Entre grupos | 25,0 | 2 | 12,5 | | |
| Dentre grupos | 17,0 | 9 | 1,9 | 6,60 | 4,26 |
| Total | 42,0 | 11 | | | |

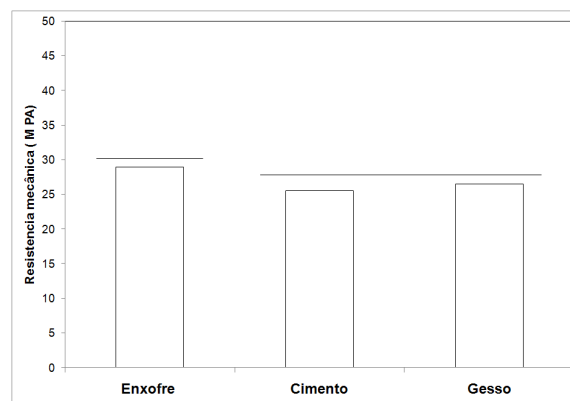


Figura 3: Corpos-de-prova de concreto aos 7 dias- Limite de decisão de 2,29 (Duncan 5%)

Aos 28 dias, apesar do pequeno aumento na resistência quando o capeamento foi feito com enxofre,, a diferença não foi significativa, com 95% de confiança ($F_{\text{observado}} < F_{\text{crítico}}$), conforme exibido na tabela 5.

Tabela 5- Resultados da análise estatística dos concretos (28 d) - Comparação múltipla de média para fator único

| Fonte de variação | Somatório dos quadrados dos desvios | Graus de liberdade | Médias quadradas | F observado | F crítico. |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------|
| Entre grupos | 8,4 | 2 | 4,2 | | |
| Dentre grupos | 203,0 | 9 | 22,6 | 0,20 | 4,26 |
| Total | 211,1 | 11 | | | |

5 CONCLUSÕES

A crescente participação de mercado da indústria da construção fez com que a preocupação por melhores técnicas de produção se tornasse cada vez mais imprescindível. Nesse sentido, a verificação das qualidades técnicas dos materiais empregados na obra e se tais qualidades são condizentes com as especificações de projeto são uma ferramenta importante para otimização dos recursos e aprimoramento das características finais da obra, considerando aspectos financeiros e técnicos.

Os ensaios de laboratório que visam à inspeção das características dos materiais são uma via de garantia e controle tecnológico dos elementos aplicados. Uma das metodologias utilizadas

habitualmente, é o ensaio de compressão axial que visa determinar a resistência de elementos como o concreto e a argamassa. Todavia, para que este ensaio apresente resultados confiáveis e que reflita a realidade, é necessário que a variação dos valores obtidos seja mínima. Sabe-se que tal variação é dependente da distribuição uniforme das cargas nos topos das amostras. Para que se garanta essa distribuição uniforme, é necessário uma superfície plana, obtida pelo capeamento dos corpos de prova. Dessa maneira, neste trabalho foram abordados diferentes tipos de capeamentos que podem ser empregados nos ensaios de compressão, como por exemplo: enxofre, pasta de cimento e pasta de gesso.

Com base nos resultados, viu-se que o valor médio da resistência mecânica variou pouco entre os tipos de capeamento. Para os concretos aos 28 dias, por exemplo, não houve diferença significativa entre as médias.

O capeamento com enxofre implicou resultados ligeiramente maiores para o concreto (aos 7 dias) e menores para as argamassas.

Os resultados obtidos com pasta de cimento e com pasta de gesso ficaram bastante próximos em todas as situações (argamassa e concreto aos 7 e aos 28 dias). Esta semelhança também foi constatada nos valores de coeficiente de variação (bastante próximos e sempre menores do que aqueles observados com enxofre).

Durante a execução dos capeamentos, notou-se que uma das vantagens do capeamento com enxofre e pasta de gesso é a praticidade de aplicação, pois o tempo decorrente entre o capeamento e o rompimento é pequeno, podendo-se retirar os corpos de prova do tanque de cura, poucos minutos antes do ensaio. A mesma praticidade não foi observada na execução do capeamento com pasta de cimento o qual requer um tempo maior de preparação dos topos das amostras em virtude do maior tempo de pega do cimento.

4 REFERÊNCIAS

BARBOSA, F. R., MOTA, J., SILVA, A., OLIVEIRA, R. **Análise da Influência do Capeamento de Corpos-de-Prova Cilíndricos na Resistência à Compressão do Concreto.** Anal do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, DNER. **Concreto: Moldagem e Cura dos Corpos-de-Prova Cilíndricos ou Prismáticos. DNER-ME 046/98.** Norma Técnica. 1998.

DUARTE, J. B., GAGLIARDO, D. P., **Resistência ou Desempenho: Qual aspecto mais relevante para Construções em Concreto?** Notas de Aula. Centro Universitário Adventista de São Paulo. 2009.

RUDUIT, F. R.. **Resistência à Compressão de Amostras de Concreto: Comparação dos Resultados entre a Preparação de Topos com Capeamento de Enxofre e Retificação.** Trabalho de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica