ESTUDO DE RESISTÊNCIA AXIAL DE SOLO CIMENTO COMPOSTO POR CIMENTO PORTLAND E AREIA DE OSÓRIO

Prof. Dr. Antônio Thomé
Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo
thome@upf.br
Gregório Rigo Garbin
Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo
gregoriogarbin@hotmail.com
Vítor Pereira Faro
Doutorando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
vitorpereirafaro@gmail.com
Mateus Forcelini
Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo
mateusforcelini@yahoo.com.br

Resumo. *O presente trabalho expõe análise feita a partir da mistura de areia, cimento Portland e água. Em suas dadas proporções, essa mistura resulta no chamado solo-cimento, no qual a maior quantidade de areia é reforçada pela aglutinação do cimento, permitindo a otimização de solos expostos a grandes esforços mecânicos. Para esse fim, foram executados ensaios de compressão simples, conforme ABNT/NBR 12025 – "Solo-cimento: Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos", com 3% de cimento da massa total e areia de Osório-RS com teor de umidade ótimo 10%. Para fins conclusivos, foram elaborados três corpos de prova para cada uma das seis configurações das misturas com diferentes valores de índice de vazios- 0,60; 0,66 e 0,72. Conforme essas moldagens foram efetuadas as rupturas aguardando o tempo de cura de sete dias e também de quatorze dias. Os resultados demonstraram que o índice de vazios mostrou-se inversamente proporcional à resistência a compressão simples, uma vez que quanto mais compacta a mistura maior será sua suscetibilidade a esforços mecânicos axiais.*

Palavras-chave: *Solo-cimento; Ensaio de compressão simples; cimento Portland e areia de Osório.*

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho visa a compreensão da estrutura solo-cimento referente ao comportamento em ensaios de compressão axial. Nas moldagens o teor de cimento foi constante, 3% da massa de areia, e também o teor de umidade equivalente a 10%. O estudo, portanto, baseia-se na variação da compactação da mistura, representada pelo índice de vazios. Os índices de vazios estipulados foram 0,60; 0,66 e 0,72.

Para cada configuração foram moldados seis corpos de prova cilíndricos de 50 milímetros de diâmetro por 100 milímetros e altura. Três desses exemplares para ruptura de sete dias de cura e outros três para quatorze dias.

2. MATERIAS

Os materiais utilizados para a composição deste estudo foram a areai de Osório, cimento Portland de alta resistência inicial, CPV – ARI, e água.

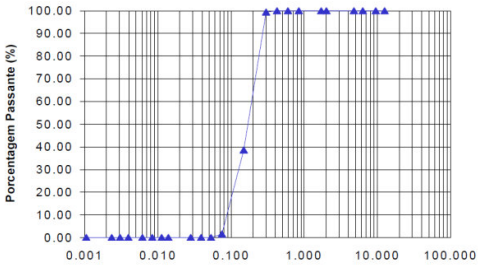
2.1 Areia de Osório

A areia de Osório é proveniente do município de Osório/RS-Brasil. É uma areia de granulometria fina, limpa, uniforme e não contém matéria orgânica. Este material tem

uma curva granulométrica e índices de vazios determinados no Laboratório Environgeo/UFRGS, conforme Faro et al. (2011), presente na Tabela 1.

Tabela 1. Índices físicos da areia de Osório.

Índices Físicos	Areia de Osório
Massa específica real dos grãos	2,65kN/m^3
Coeficiente de uniformidade, C_u	2,11
Coeficiente de curvatura, C_c	1,15
Diâmetro médio, D_{10}	0,09mm
Diâmetro médio, D_{50}	0,17mm
Índice de vazios mínimo, e_{min}	0,60
Índice de vazios máximo, $e_{máx}$	0,85



2.2 Cimento Portland

O cimento Portland CPV – ARI apresenta resistência inicial elevada. Sua função é representada pela aglutinação da mistura na presença de água (aglomerante hidráulico), sendo altamente responsável pela resistência a esforços mecânicos da resultante.

Sua capacidade de obter resistência elevada em um curto período de tempo é parcialmente responsável por apresentar 95-100% de clínquer em sua constituição. Agregado a isso, em sua formação, o clínquer é destinado a uma etapa mais prolongada de moagem, tornando-o mais fino e suscetível à reação da água.

O uso do CPV-ARI se justifica por apresentar o mesmo desenvolvimento de resistência à compressão simples aos três dias de cura quando comparados aos outros cimentos Portland com cura de sete dias, consoante figura 1. Assim, permite-se a execução dos ensaios com uma idade menor de no mínimo sete dias.

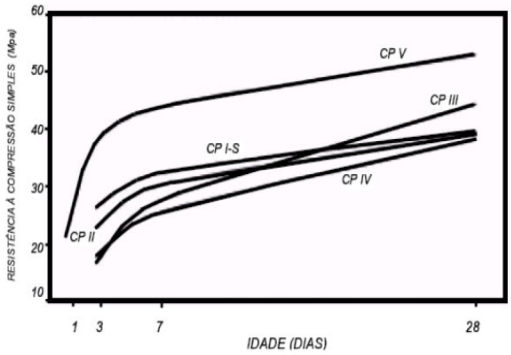


Figura 1: Evolução média de resistência à compressão dos diferentes tipos de Cimento Portland ABCP (2002)

2.3 Água

Foi utilizada água proveniente do poço artesiano da Universidade de Passo Fundo. Apesar de poder conter algumas impurezas é o que mais se assemelha à prática de campo.

3. PROCEDIMENTOS

São descritos os procedimentos para a moldagem dos corpos de prova utilizados nesta pesquisa.

Foram moldados dezoito corpos de prova, no total, conforme os índices de vazios pré-definidos de 0,60; 0,66 e 0,72.
Seis exemplares para cada configuração, três para sete dias de cura e o restante para quatorze dias. Tais valores se situam entre o mínimo e o máximo índice de vazios da areia de Osório.

A percentagem de cimento é definida pela razão entre a massa de cimento e a massa de solo seco, estipulada em 3%.

De forma a distinguir os corpos de prova de solo cimento foi utilizado a seguinte denotação: *3%_ex_yd*_CPz, onde os 3% representam a porcentagem de cimento sobre a massa da mistura, o parâmetro *x* representa o índice de vazios (*e*), a variável *y* representa a idade de cura do corpo de prova

e a incógnita (*z*) representa a numeração do corpo de prova.

3.1 Moldagem dos corpos de prova

O procedimento de moldagem dos corpos de prova seguiu-se conforme NBR 12024/92 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos, efetuando-se a formação a partir de três camadas da mistura.

Foram utilizados molde de policloreto de vinila (PVC) de 50 milímetros de diâmetro e 100 milímetros de altura, braçadeiras metálicas foram utilizadas como reforço lateral para resistência da compactação.

Para a realização da compactação aos valores de índice de vazios requeridos utilizou-se um soquete compactador. Essa ferramenta apresenta uma altura padrão para cada camada, de tal forma que para cada índice de vazios específico o valor da massa por camada era alterada mantendo-se a mesma altura de compactação do soquete.

Os corpos moldados foram então embalados em sacos plásticos lacrados para evitar a troca de umidade com o ar. Permaneceram assim armazenados durante o período estipulado de sete ou quatorze dias de cura, sendo retiradas com 24 horas de antecedência à ruptura e imersas em água.

3.2 Controle de umidade

Para obter-se o teor ótimo de umidade da mistura o agregado foi mantido em estufa, de modo que a única água presente na mistura fosse a estipulada, de forma a ser acrescentada separadamente.

Após as realizações das misturas com suas configurações especificas, amostras eram coletadas e armazenadas novamente em estufa para conferência da umidade. De tal forma que a variação da umidade foi de +/- 0,8 pontos percentuais.

3.3 Controle do peso e dimensões dos corpos de prova

Ao serem desmoldados os corpos de prova os mesmo foram novamente pesados e suas medidas dimensionadas. De tal forma tornou-se possível a comparação entre a massa especifica real e a desejada teoricamente.

Assim, a variação resultante de altura pós-desmoldagem mostrou-se menor do que 5 milímetros. Com a pesagem dos corpos e a área da seção calculou-se a massa específica real das misturas, o que viabilizou a comparação com massa específica teórica. O desvio padrão resultante a essa relação foi igual a 0,018.

3.3 Compressão Axial

Os corpos de prova, após serem curados por 6 dias ou 13 dias, dependendo da configuração, foram submersos, em um tanque com água, por um período de 24 horas, visando aproximar a condição de saturação, a qual representa a pior situação onde a presença da água reduz a tensão efetiva, graças a poro-pressão resultante.

Para a realização do ensaio foi utilizada um prensa automática acoplada com uma célula de carga, de capacidade 10 tons.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Após os ensaios de compressão simples, tornou-se possível o entendimento da correlação do índice de vazios e a resistência a tensões axiais. Tais valores podem ser analisados abaixo, conforme Tabela 2, e também reorganizados na Figura 2.

Tabela 2: Média dos resultados à compressão.

Índice de Vazios	Resistência à compressão em 7 dias (MPa)	Resistência à compressão em 14 dias (MPa)
0.60	0.54	0.67
0.66	0.52	0.59
0.72	0.36	0.49

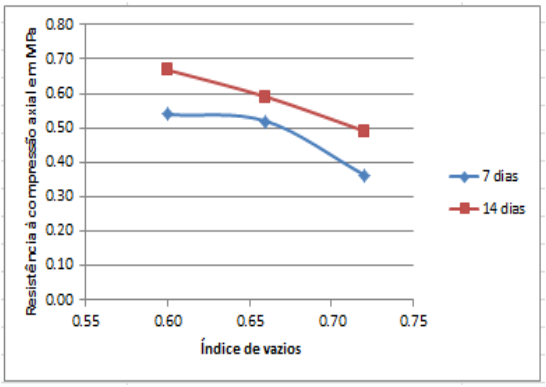


Figura 2: Média dos resultados à compressão x idade de cura.

Com base nesses dados, o índice de vazios mostra-se inversamente proporcional à resistência a compressão simples, uma vez que quanto mais compacta a mistura maior será sua suscetibilidade a esforços mecânicos axiais. Isso se deve a acomodação das partículas do solo-cimento, o menor índice de vazios representa maior acomodação, a qual se reflete na melhor distribuição e dissipação das cargas aplicadas no corpo de prova.

A comparação entre a resistência e a idade de cura dos corpos de prova realizados pode ser mais bem representada na figura 3.

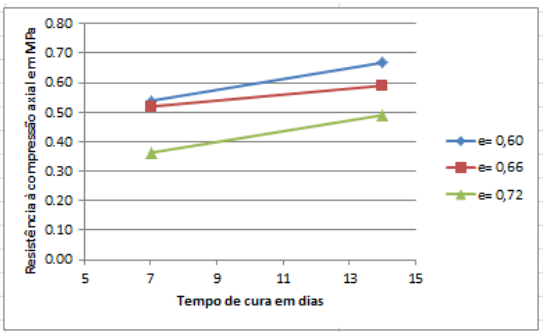


Figura 3: Média dos resultados à compressão x período de cura da mistura.

O cimento Portland, como aglomerado hidráulico, tende a resistir a maiores esforços conforme o tempo de cura aumenta. Isso pode ser visualizado nas retas acima, onde a resistência após quatorze dias de cura mostrou-se ligeiramente superior à cura de sete dias. De acordo com a Figura 1 supracitada, o uso do cimento Portland de resistência inicial elevada, no caso CPV – ARI, apresenta a resistência quase que em sua totalidade atingida em sete dias de cura. De tal forma, isso demonstra e pequena variação dos valores para sete e quatorze dias.

Agradecimentos

Gostaria primeiramente de agradecer ao professor orientador Dr. Antônio Thomé e todos os funcionários do laboratório de geotecnia da Universidade de Passo Fundo pelo auxilio e disposição; aos meus companheiros de pesquisa, Igor Rezende, Paulo Roberto Ebone Marosin, e, em especial, Mateus Forcelini pela ajuda na execução e formação das ideias do trabalho e pela amizade que me ofereceram. E por fim, quero agradecer ao Mestre e doutorando Vítor Pereira Faro por ter possibilitado a execução dessa pesquisa através de seu conhecimento e enorme dedicação, resultando em meu crescimento acadêmico e pessoal.

5. REFERÊNCIAS

FARO, V. P.; CONSOLI, N. C; CALDEIRA, G. M. I.; MARQUES, V. F. S. Estudo das Características de Resistência de uma Areia Estabilizada com Cimento e Fibra. REGEOSSINTÉTICOS 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. NBR 12025 MB 3361. Dezembro de 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. NBR 12024. Abril de 1992.