

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL



SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2014

Análise da Resistência à Compressão Simples e Diametral
de Misturas com Areia, Metacaulim e Cal

Aluno: Ricardo José Wink de Menezes – 20832

Orientador: Nilo Cesar Consoli

Introdução:

Na Engenharia, os projetistas geotécnicos constantemente se deparam com situações de solos não adequados à obra prevista. Recentemente, como alternativa para problemas correntes, em fundações superficiais por exemplo, surgiram estudos visando à utilização de solos artificialmente cimentados.

Objetivo:

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da cimentação em um solo constituído de areia e metacaulim. A análise de características mecânicas se vale de ensaios de compressão simples, compressão diametral e posterior avaliação da relação de resistência em função do índice de vazios e porcentagem de cal.

Composição do solo:

A areia utilizada para o estudo foi extraída da região de Osório (RS), que já havia sido utilizada em ensaios prévios com outras misturas de solos. Como a areia não possui estrutura amorfa a fim de reagir com cal e água, utilizou-se o metacaulim para isso. O metacaulim consiste em uma pozolana, resultante da calcinação de argila caulinítica a uma temperatura entre 500 e 800 graus Celsius. Esta pozolana vem sendo amplamente empregada na fabricação de concreto devido ao seu alto potencial reativo.

Ensaio prévios:

Para determinar os parâmetros e as dosagens do solo, alguns ensaios foram realizados. Na determinação da granulometria, foi realizado um ensaio à laser, medindo o tamanho das partículas. O peso específico real dos grãos foi determinado através de ensaios de picnometria, realizados à temperaturas de 16, 21, 25 e 31 graus Celsius, no final adotando-se a média dos 4 ensaios.

Após isso, necessitava-se determinar uma quantidade adequada de cal a ser utilizada. Para isso, efetuou-se o ensaio medidor de pH de uma quantidade da mistura. Inicialmente mediu-se a mistura sem o uso de cal, apresentando baixo pH. A seguir, aumentava-se a porcentagem de cal, fazendo o potencial de hidrogênio aumentar também. O procedimento se repetia até que o pH se estabilizasse. Neste ponto, a cal estaria contribuindo para as reações de cimentação, e poder-se-iam efetuar ensaios com tal porcentagem de cal.

Dosagem e moldagem:

Como características de dosagem, optou-se por utilizar índices de vazios de 0.64, 0.70 e 0.78, com porcentagens de cal de 4%, 5%, 7% e 9% (massa de cal em relação à massa de areia). A porcentagem de água padronizada foi de 10% (massa de água em relação à massa de solo seco). O tempo de cura usado para todas as amostras foi de 28 dias. A quantificação da mistura foi feita para corpos-de-prova com 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro.

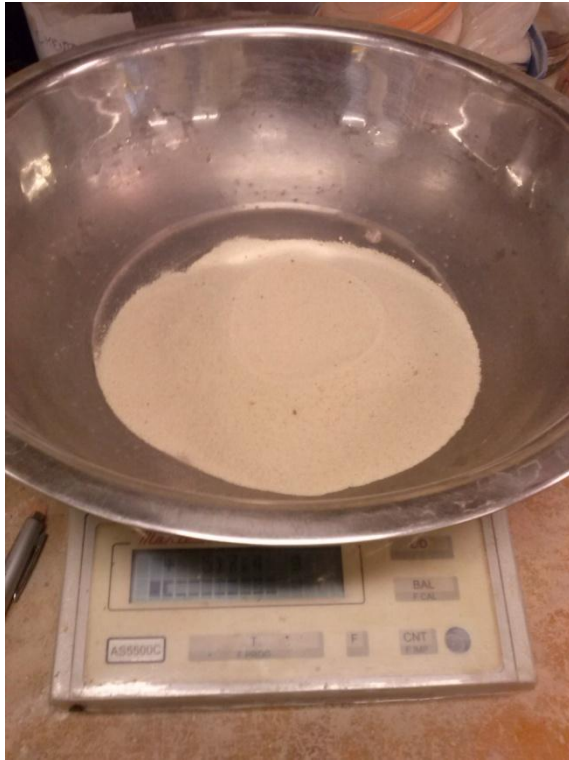


Figura 1. Dosagem de areia para a mistura

Para efetuar-se a moldagem, preparou-se uma mistura composta de areia, cal, metacaulim e água destilada; em concentrações variando conforme o índice de vazios e a porcentagem de cal desejada. Após isto, separou-se 3 quantidades iguais desta mistura em recipientes fechados ($1/3$ da massa do corpo-de-prova em cada recipiente), e o restante foi colocado e pesado em cápsulas. As cápsulas foram postas em estufas a 100 graus Celsius, por pelo menos 24h, para se determinar a umidade do solo. O solo previamente separado foi então, colocado no molde cilíndrico. Após a colocação de cada camada, o solo foi compactado, respectivamente a $1/3$, $2/3$ e $3/3$ de sua altura para cada camada. Depois da compactação da primeira camada (inferior) e segunda camada (intermediária), o solo foi levemente escarificado.



Figura 2. Cápsulas para medição do teor de umidade

Terminada a etapa de moldagem, os corpos-de-prova foram medidos (altura e diâmetro), pesados e, a seguir, acondicionados em sacos plásticos, de forma a manter-se a umidade destes.



Figura 3. Medição de diâmetro da base com paquímetro

A cura das amostras ocorreu a uma temperatura controlada de aproximadamente 23 graus Celsius.



Figura 4. Acondicionamento de corpos-de-prova em sacos plásticos

Após 27 dias de cura, as amostras foram postas em imersão, para alcançarem condições de saturação, para que, no 28º dia realizar-se ensaios de compressão.

Ensaio de compressão simples e compressão diametral:

A determinação de resistência do solo foi feita através de dois ensaios: compressão simples e compressão diametral. Ambos os ensaios foram feitos usando-se uma prensa de velocidade constante, onde a resistência de ruptura era medida através de um anel dinamométrico. O ensaio de compressão simples é feito com o corpo-de-prova “em pé”, com seu eixo e o da prensa de carregamento coincidindo, e visa à determinação da resistência à compressão do solo. O ensaio de compressão diametral, também conhecido como ensaio brasileiro, é feito com a amostra “deitada”, ou seja, o carregamento se dá ao longo de sua porção radial, medindo-se a resistência à tração do solo.



Figura 5. Prensa usada para os ensaios



Figura 6. Ruptura à compressão



Figura 7. Ruptura à tração



Figura 8. Corpo-de-prova rompido à tração

Análise de dados:

Para uma melhor confiabilidade dos dados, foram moldados 6 corpos-de-prova para cada diferente dosagem de mistura, sendo 3 para ensaios de tração e 3 de compressão. Com isto, calculou-se a tensão resistente e o parâmetro “ η/Liv ”, onde η representa a porosidade do solo, e Liv representa a fração volumétrica de cal em relação ao volume total da amostra de solo. Analisando em conjunto esses dois parâmetros, chegou-se a uma boa correlação, com valores de coeficiente de determinação (R^2) próximos de 1, tanto para compressão quanto para tração. Os resultados são apresentados nas figuras 8 e 9, a seguir.

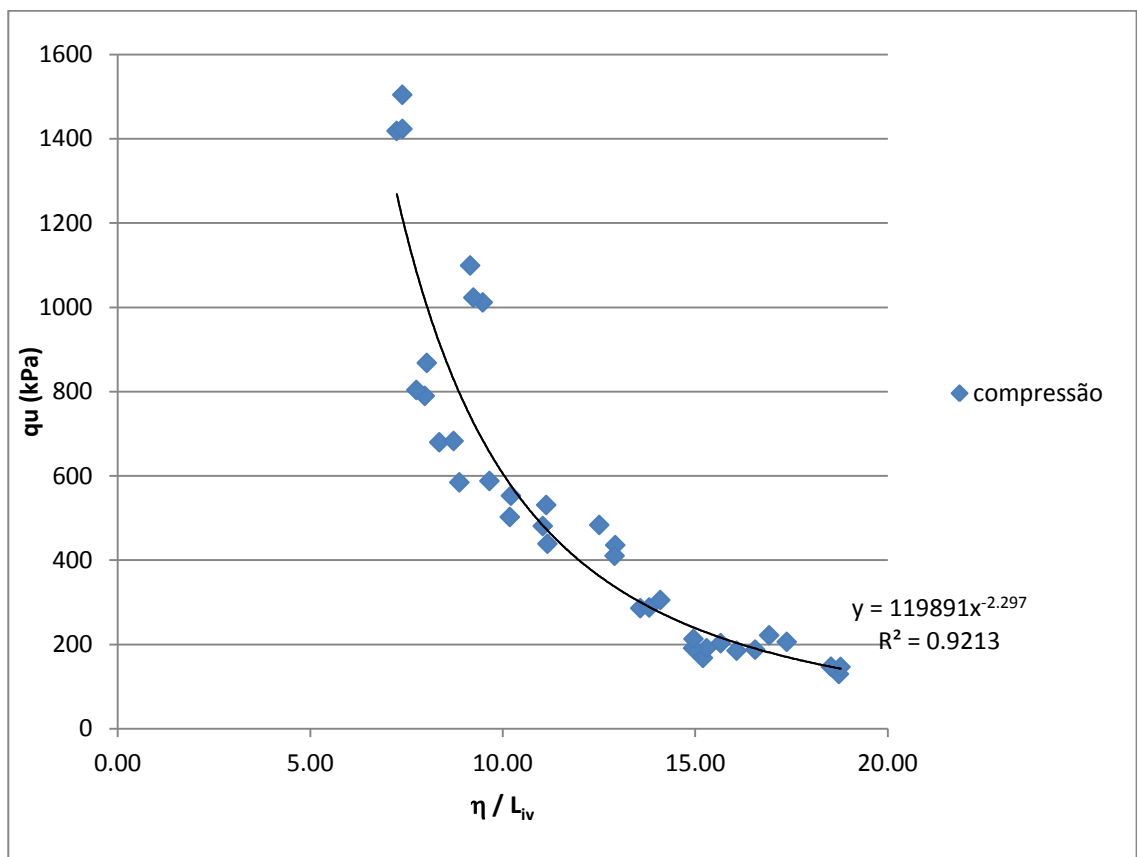


Figura 8. Gráfico – Resistência à compressão x η/Liv

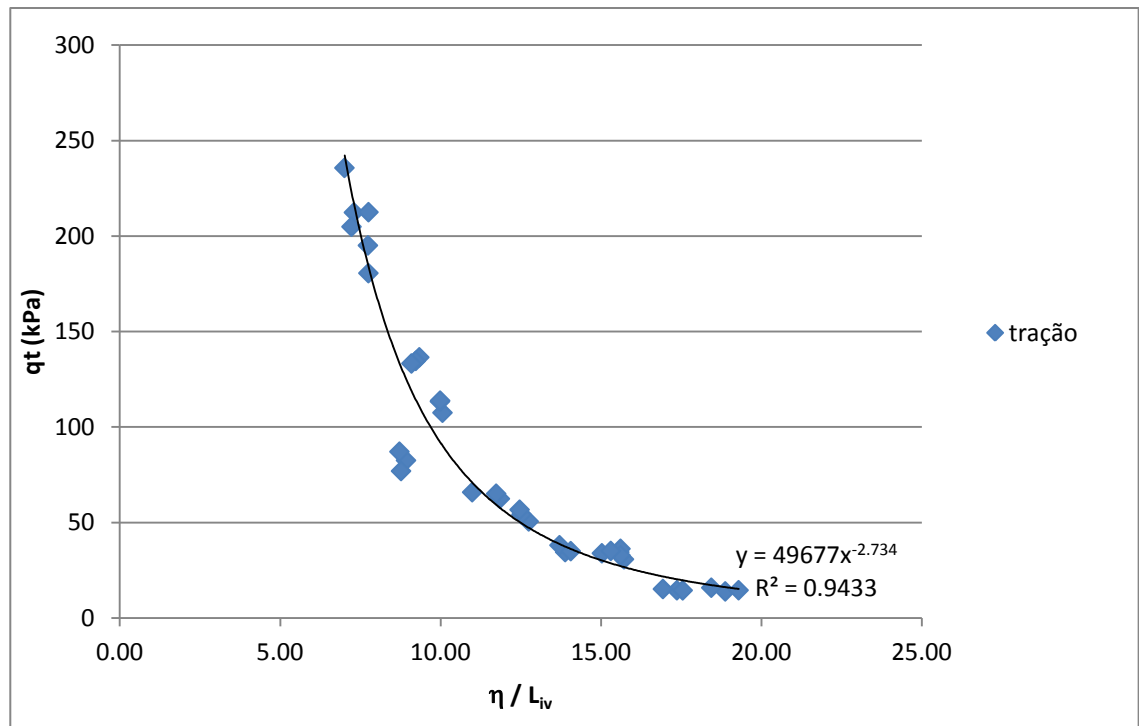


Figura 9. Gráfico – Resistência à tração x η/Liv

Conclusões:

A resistência mantém uma relação muito forte com os vazios do solo e a porcentagem de cal, sendo diretamente proporcional à este e inversamente proporcional àquele. A resistência também mostrou ter uma boa correlação com o parâmetro η/Liv , sendo inversamente proporcional a este.

O fator vazios/cimento se mostrou um ótimo parâmetro para dosagem do solo estudado, podendo ser interpolado dentro do intervalo estudado com boa segurança. Com os conhecimentos adquiridos, também torna-se possível uma maior racionalização ao dosar os componentes da mistura.

Sugestões para trabalhos futuros:

Realização de ensaios triaxiais para a determinação de outras características do solo, como a envoltória de ruptura e o módulo de deformação. Também sugere-se que sejam feitos ensaios com outros tipos de solos para se comparar com a mistura de metacaulim, areia de Osório e cal.

Referências Bibliográficas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12024: Solo-Cimento – Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos. 1992

CONSOLI, N. C.; FOPPA, D.; FESTUGATO, L.; HEINECK, K. S. Key Parameters for Strength Control of Artificially Cemented Soils

CRUZ, R. C. Influência de Parâmetros Fundamentais na Rigidez, Resistência e Dilatância de uma Areia Artificialmente Cimentada

ROSA, A. D. Estudo dos Parâmetros-Chave no Controle da Resistência de Misturas Solo-Cinza-Cal