

**ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA ADIÇÃO DE CIMENTO NAS
CARACTERÍSTICAS DE UM SOLO ARGILOSO**

**ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF CEMENT ADDITION ON THE
PROPRIETIES OF A CLAY SOIL**

Douglas Carissimo

douglas.robald@gmail.com

Denisar De Col

denisar_d@hotmail.com

Alvaro Pereira

alvaro.pereira@imed.edu.br

RESUMO

A técnica de solo-cimento pode ser aplicada em base para pavimentos, na proteção e estabilização de taludes em barragens de terra, assim como camadas de suporte para fundações superficiais. Entretanto, há poucas informações técnicas relacionadas a dosagem e critérios racionais, principalmente no que tange a mistura com solos argilosos, como existem no caso do concreto, onde água/cimento desempenham papel fundamental na obtenção da resistência desejada. Este trabalho apresenta uma proposta inicial de avaliação e análise da contribuição do cimento nas propriedades de um solo argiloso. A fase inicial do estudo constitui-se da caracterização física do material utilizado, um solo residual de basalto, localizado em Vanini - RS, seguindo com a execução de ensaios de compactação.

ABSTRACT

The soil-cement technique is used as reinforcement to pavements, soil stabilization, earth dams and shallow foundations. However, there is few information available related to rational criteria and dosage methodologies, mainly for clay soils, as for concrete, where water/cement ration presents a key role in obtaining the desired resistance. This work present the initial developments in the evaluation and analysis of the contribution of the cement on the properties of a clay soil. The initial phase of

the study consists of physical characterization of the material used, a residual soil of basalt, located in Vanini – RS, and compactions tests.

Keywords: Soil cement, physical characterization, compactions tests.

1 INTRODUÇÃO

A melhoria nas propriedades dos solos consiste na alteração das características iniciais através de processos de compactação e/ou mistura do solo com outros materiais. Estes outros materiais podem ser outros tipos de solo, material granular, cal, cimento entre outros elementos.

O propósito da presente pesquisa trata especificamente da mistura de um solo argiloso localizado em Vanini - RS, com material cimentante. De acordo com Ingles & Metacalf (1972) utiliza-se a mistura solo-cimento quando não se dispõem de um material ou combinação de materiais com as características de resistência, deformabilidade e permeabilidade adequada ao projeto. A estabilização com cimento é comumente empregada na construção de estradas, sendo geralmente utilizada como base e sub-base e leitos para pavimentos. Além de sua aplicação na pavimentação, este tipo de mistura pode ser utilizado como substituição de material de fundação de aterros, tanto para evitar problemas de recalques quanto de fundação do aterro, assim como em locais de aplicação de fundações superficiais.

2 DESENVOLVIMENTO

O material utilizado nesta pesquisa está localizado no município de Vanini, situado ao norte do estado do Rio Grande do Sul, pertencente à Micro região de Passo Fundo. A coordenadas, WGS84, aproximadas do local são 28°29'59.85"S E 51°51'11.61"O. A Figura 1 apresenta uma imagem de satélite com a localização aproximada do ponto de amostragem.



Figura 1- Foto Satélite Local da Jazida - Vanini – RS - (imagem Google Earth)

De acordo com CPRM (2006) a região de amostragem está localizada na província do Paraná, Formação Serra Geral, onde há a ocorrência de derrames de basaltos, basalto andesitos, riolitos a riolitos, junto a fácies caxias com a ocorrência de derrames de composição intermediária a ácida, riolitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares a vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e autobrechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônia e ágata, fonte das mineralizações da região.

Já a caracterização pedológica, baseada em IBGE (2002) e Streck *et. al* (2008), na região de amostragem do material de pesquisa há a ocorrência de Nitossolo. Estes solos caracterizam-se por serem profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-B-C, onde o horizonte B é do tipo B nítico, possuem pouco incremento de argila com a profundidade e transição difusa ou gradual entre os horizontes, por isso, mostram um perfil muito homogêneo, em que é difícil distinguir os horizontes. O que distingue os Nitossolos é o horizonte B com uma estrutura mais desenvolvida (na forma de blocos angulares e/ou subangulares) com revestimento brilhante (cerosidade), que é característico do horizonte B nítico.

Geotécnicamente estes solos apresentam boa capacidade de suporte, permeabilidade intermediária e alto risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estes solos estão associados. Quando compactados tendem a melhorar sua capacidade de suporte e reduzir a permeabilidade significativamente.

2.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Foi realizado, no laboratório de Geotecnia da Faculdade IMED, ensaios com o intuito de determinar as propriedades físicas do material em questão. Estes

ensaios consistiram de limites de Atterberg, Granulometria (peneiramento e sedimentação) e Peso específico real dos grãos. O material da jazida utilizado na realização dos ensaios foi retirado no horizonte B na forma remoldada. A Figura 2 apresenta uma imagem do local de amostragem.



Figura 2- Imagem do local de amostragem da Jazida em Vanini – RS

As amostras foram preparadas no laboratório de acordos com os procedimentos apresentados na norma brasileira, NBR 6457. A campanha de ensaios de caracterização consistiu dos ensaios de massa específica real dos grãos, NBR 6508, ensaio de granulometria e sedimentação, NBR 5734 e NBR 7181, ensaios de limites de Atterberg, NBR 6459 e NBR 7180. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos através dos ensaios de índices físicos.

Tabela 1. Índices físicos do material de pesquisa.

γ_s (kN/m ³)	LL (%)	LP (%)	Granulometria (%)		
			areia	silte	argila
2,47	63	21,01	15	24	61

γ_s – Peso específico real dos grãos; LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de plasticidade.

Os resultados de caracterização física confirmam as características pedológica e geotécnica esperada para o solo utilizado. O valor de peso específico real dos

grãos está dentro da faixa de valores (Tabela.1) esperada para solos oriundos da decomposição de rochas basálticas. As análises do Limite de Atterberg possibilitam a determinação do Índice de Plasticidade (IP) o qual resulta em valor de 21,01%, o que se traduz em material argiloso de elevada plasticidade. As características argilosas do material são confirmadas através dos resultados de granulometria.

De acordo com a Classificação Unificada o material de pesquisa é caracterizado como CH, ou uma argila de alta plasticidade.

2.2 ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO

Os ensaios de compactação foram realizados utilizando o procedimento descrito na norma NBR 12023. Todos os corpos de prova para os ensaios de compactação foram moldados utilizando a energia de compactação normal, Proctor Normal. Os resultados serão apresentados na sequência em conjunto com os resultados obtidos da mistura solo cimento.

3 DOSAGEM SOLO-CIMENTO

A dosagem de solos tratados com cimento foi feita através de baterias de ensaios realizados em laboratório. O método apresenta as vantagens de considerar a interação elétrica entre as partículas de argila e de cimento. Da comparação dos resultados obtidos, verifica-se razoável concordância entre ambos, indicando ser este método bastante útil na dosagem de cimento para solo-cimento (CERATTI E CASANOVA, 1988).

O cimento é o componente de maior custo, por isso usualmente são feitos vários testes de laboratório para decidir a quantidade mínima de cimento a ser adicionada que atenda as especificações. Em alguns casos é também necessário estabelecer um limite máximo de cimento para prevenir o efeito adverso de trincamentos por retração (INGLES & METCALF, 1972).

A quantia de água adicionada é determinada pela quantidade requerida para a compactação, já que a água necessária para a completa hidratação do cimento é de aproximadamente 40% da massa de cimento, sendo que destes 20% é efetivamente consumido na hidratação e 20% fica retida na água de gel (NEVILLE, 1997).

A partir das informações supracitadas a presente pesquisa determinou as

seguintes dosagens (teor de cimento): 1%; 3%; 5%; e 7% de cimento em relação á massa de solo. Os valores dos teores de umidade a serem utilizados na moldagem foram definidos a partir dos ensaios de compactação realizados, ou seja, o teor de umidade ótimo obtido para cada uma das misturas.

O cimento utilizado na mistura consiste em um CP II – Z – 32 (da marca SUPREMO), tem em sua composição a adição de material pozzolânico. Este material apresenta um ótimo tempo de pega iniciando no período de ≥ 1 hora após a hidratação e o fim do tempo de pega em ≤ 10 horas, sua resistência inicial em 3 dias ≥ 10 MPa, e aos 28 dias ≥ 32 MPa.

3.1. ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO COM MISTURA SOLO-CIMENTO.

A metodologia de ensaios consistiu da permanência do material remoldado no laboratório com temperatura controlada (22°C) até o equilíbrio com a umidade do ar, resultando em uma umidade de aproximadamente 5%. Optou-se pela execução dos ensaios de compactação com reuso.

A primeira curva de compactação determinada foi para o solo natural, sendo posteriormente executados os ensaios de compactação para os teores de cimento de 1%, 3%, 5% e 7%. As curvas de compactação obtidas são apresentadas na Figura 3.

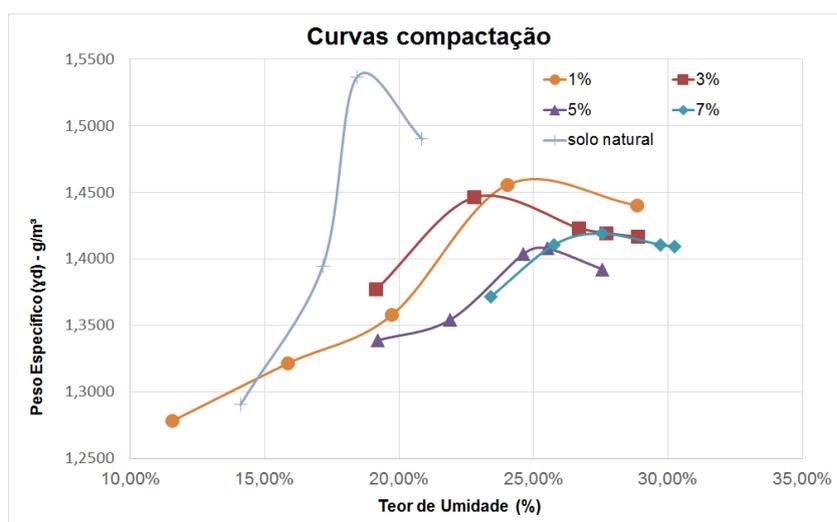


Figura 3. Curvas compactação normal para o solo na condição natural e com diferentes teores de cimento.

A Tabela 2 apresenta os resultados (γ_d e w_{ot}) obtidos para cada uma das curvas apresentadas na Figura 3.

Tabela 2. Índices físicos do material de pesquisa.

Teor Cimento (%)	γ_d (KN/m ³)	w (%)
SN	1,5368	18,43
1	1,4560	24,04
3	1,4464	22,79
5	1,4079	25,50
7	1,4191	27,55

Analisando-se os resultados apresentados na Figura 3 e Tabela 2, fica evidente a influência da mistura de cimento no comportamento do material de pesquisa tanto quanto na densidade do material quanto na quantidade de água que define o teor de umidade ótimo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente a influência da mistura de cimento no comportamento do material de pesquisa, tanto quanto na densidade do material quanto na quantidade de água que define o teor de umidade ótimo e na sua resistência. Em relação a curva de compactação, comparando-se com o Solo Natural há uma redução que varia entre 7 e 9% no γ_d e um aumento considerável nos valores w_{ot} , de 6 a 9%, observando que para um maior o teor de cimento, até a porcentagem avaliada, menor será o γ_d e maior o w_{ot} . Uma explicação para tal situação está relacionada à reação entre cimento e a água, o que leva demanda maior de água para ocupar os poros do solo, refletindo na redução do peso específico aparente seco.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 5734** – Peneiras para ensaio- Especificações.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 6457**- Amostras de Solo- preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 6459** – Solo – Determinação do limite de Liquidez.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6508** – Determinação da massa específica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 7180** – Solo – Determinação do limite de Plasticidade.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 7181** – Análise granulométrica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 12023** – Solo cimento – Ensaio de Compactação.

CERATTI, J. A. P.; CASANOVA, F. J. **Um Método Físico Químico para Dosagem de Solo-Cimento**. In: SIMPOSIO SOBRE NOVOS CONCEITOS EM ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO EM GEOTECNIA, 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: COPPE/ABMS/ABGE,1988, 2v,v.1, p.191-200.

CPRM (2006). Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Acessado em Março 2015 http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_rio_grande_sul.pdf

IBGE (2002). Mapa exploratório de solos do Rio Grande do sul. Acessado em Março de 2015.

ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/rs_pedologia.pdf

INGLES, O. G.; METCALF,J.B. **Soil Stabilization – Principles and Practice**. Sidney Butterworths, 1972.374p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2.ed. São Paulo: PINI, 1997. 828P.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.