

ESTUDO DA ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO DA FORMAÇÃO BOTUCATU COM ADIÇÃO DE CAL E CINZA VOLANTE

Lauderi Maronezi Junior

Academico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, capus
Alegrete/Rs

Lauderi_jr@hotmail.com

M. Sc. Jaleson Budny

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, campus
Alegrete/Rs

jaelsonbudny@gmail.com

Resumo. *Este trabalho teve como objetivo avaliar, por meio de ensaios laboratoriais, a estabilização de um solo de formação Botucatu com a utilização de cal (CH-II Dolomítica) e cinza volante proveniente da cidade de Candiota – RS, pela Usina Termelétrica Presidente Médici. Foram realizados ensaios de caracterização do solo e classificado segundo a classificação Unificada, classificação Rodoviária e pelo método MCT; pelos ensaios Físico-químicos foi determinado o teor ideal de cada componente da mistura; ensaios Mini-Proctor Verificou-se o comportamento das misturas quando encontradas em um ambiente de total saturação, as misturas contendo cal foram as únicas que apresentaram característica de resistência para esse meio. A pesquisa não alcançou a meta dos 2,1 MPa conforme a NBR 12253/2012 de solo-cimento, mas o uso da cal e cinza volante apresentaram uma melhora nos resultados.*

Palavras-chave: *Estabilização de solos, cinza volante, solo da formação Botucatu.*

1. INTRODUÇÃO

Quando os solos naturais não possuem as características necessárias para efetivar adequadamente as funções que são destinadas, existe como possível solução a modificação de suas propriedades, dessa forma melhorando o seu comportamento,

sendo essa modificação o que denominamos estabilização de solos (CRUZ et al., 2010 [1]).

Os métodos conhecidos atualmente para estabilização de solos podem ser divididos em três grupos, de acordo com os meios que são utilizados, sendo: estabilização mecânica, estabilização física e estabilização química.

A adição de cal é recomendada para a estabilização de solos coesivos. A cal interage com as partículas e promove uma série de modificações físico-químicas, o que aumenta sua estabilidade face à ação da água. Ela promove uma melhoria significativa na textura e na estrutura do solo, diminuindo a plasticidade e ocasionando ganho na resistência mecânica. Além disso, se verifica um aumento considerável da resistência em longo prazo. Por outro lado, o aumento de resistência na mistura solo-cal resulta na redução substancial do seu potencial de deformação (GUTIERREZ et al., 1998 [2]; CRISTELO, 2001 [3]).

A busca constante da redução de custos nas obras atrelado à preservação ambiental, torna dessa forma o aproveitamento das cinzas provenientes da queima de carvão em termoelétricas uma possível alternativa eficiente. Tal resíduo substitui uma parcela da cal utilizada para estabilização do solo, reduzindo dessa maneira ainda mais o custo final da obra.

2. OBJETIVO

Estudar o desempenho mecânico de um solo natural do município de Alegrete- RS, verificando seu comportamento quando introduzido cinza volante e cal, abordando o seu uso para estabilização do solo e em ambientes de saturação.

3. METODOLOGIA

A metodologia experimental adotada foi dividida em caracterização dos materiais, verificação da melhor dosagem e os ensaios mecânicos.

3.1. Material

O solo utilizado na pesquisa foi coletado na jazida localizada na VRS 306, distante 03 km do bairro Balneário Caverá, no município de Alegrete do estado do Rio Grande do Sul.

A cal hidratada utilizada foi classificada com CH-II Dolomítica,.

Foi utilizada nos ensaios a cinza volante (CV) que é produzida na cidade de Candiota – RS pela Usina Termelétrica Presidente Médici.

3.1. Ensaios de Caracterização

Para a classificação dos materiais utilizados nos experimentos foi feito a classificação granulométrica segundo a NBR 7181, 2016 [4], ensaio da massa específica do solo (NBR 6508, 2016 [5]), massa específica da cal e da cinza volante (NBR NM 23, 2001[6]), limite de liquidez (NBR 6459, 2016 [7]), limite de plasticidade (NBR 7180, 2016 [8]), para o controle da compactação e erodibilidade foi feito o ensaio de compactação Mini-MCV (DNER ME 258, 1994 [9]), além da classificação MCT prescrita pela norma DNER CLA 259, (1996) [10] e se fundamenta nos ensaios descritos pelas normas DNER ME 256, 1994 [11] e Ref. [9]. O MCT usa nos ensaios de corpos de prova com dimensões de 50 mm

de diâmetro. Este método abrange dois grupos de ensaios: Mini-CBR e associados; Mini-MCV e associados (VILLIBOR et al., 2009 [12]).

3.2. Definição das dosagens

As dosagens foram definidas pelo ensaio físico-químico no qual foi proposto por Casanova et. al. (1992) [13], o método estipulou a quantidade ideal de cal para fazer a cinza volante reagir quimicamente e a quantidade de teor de cal necessária para estabilizar o solo. Esse método verificou através da variação volumétrica das misturas a dosagem requerida. Para os teores de umidade ideal das misturas foi realizado o ensaio de compactação Mini-Proctor (DNER ME 228, 1994 [14]).

3.4. Ensaios mecânicos

Após a moldagem e termino nos prazos do tempo de cura dos corpos de prova, as amostras foram submetidas aos ensaios mecânicos. Para a determinação da resistência a compressão realizou-se o ensaio de compressão simples (NBR 12025, 1012[15]), já para a determinação da resistência à tração das amostras foi feito através do ensaio de tração por compressão diametral (DNIT 136, 2010 [16]).

4. RESULTADOS

A partir dos ensaios de caracterização dos materiais foram encontrados os seguintes resultados: massa específica, do solo 2,47g/cm³, da cal 2,30 g/cm³, da cinza volante 1,98 g/cm³, limite de liquidez do solo de 31,50%, limite de plasticidade de 26,08%, índice de plasticidade de 5,42%. Com os ensaios o solo se classificou pelo sistema rodoviário no grupo A-4 (características de solo com baixos LL e IP), pelo sistema unificado de classificação de solos enquadrado-se no grupo ML (*mo and low liquid limit*) e pelo sistema de

classificação MCT ficou no grupo NA' (solo não-laterítico arenoso).

A tabela 1 apresenta os resultados para dosagem de cada mistura.

Tabela 1 – Porcentagens das Misturas

	Solo	Solo + CV	Solo + Cal	Solo + CV + Cal
Massa Específica	1,98 g/cm ³	1,98 g/cm ³	1,83 g/cm ³	1,84 g/cm ³
Umidade Ótima	14,03%	11,90%	14,74%	14,15%
Solo	100%	92%	92%	92%
Cal	-	-	8%	4%
CV	-	8%	-	4%

A idade rompida dos corpos de prova foi de 28 dias, buscando analisar a perda da resistência das amostras quando submetidas a um ambiente totalmente saturado, parte dos cp's foram submersos 24 horas antes de serem rompidas pelos ensaios mecânicos. A tabela 2 apresenta os resultados das resistências à compressão (RCS), resistências à tração (RTCD) e modulo de elasticidade, o modulo foi retirado pelo gráfico de tensão versus deformação gerada pela ruptura das amostras.

Tabela 2 – Resistências das Misturas

Mistura	Condição de ensaio	RCS (MPa)	RTCD (MPa)	Modulo de Elasticidade (MPa)
Solo	Seco	0,409	0,066	4,22
Solo + Cal	Seco	0,494	0,080	7,59
Solo + CV	Seco	1,337	0,073	9,83
Solo + Cal + CV	Seco	0,293	0,084	0,00
Solo	Submersos	0,000	0,000	1,46
Solo + Cal	Submersos	0,000	0,000	3,04
Solo + CV	Submersos	0,158	0,037	4,43
Solo + Cal + CV	Submersos	0,077	0,033	0,00

As resistências que apresentam valores zeros foram devido às misturas não apresentarem características para resistir à submersão, as amostras que não apresentaram tal característica foram as de solo com cinza volante e a de solo.

5. CONCLUSÃO

Com os ensaios de compactação simples a mistura que apresentou maior ganho de resistência foi a de Solo+CV. As misturas com Cal dolomítica não apresentaram um aumento esperado na resistência à compressão, nos trabalhos apresentados por Gutierrez, Kruger e Nobrega (1998) que utilizaram essa cal também não encontraram resultados satisfatórios quando empregado em solos argilosos, para uma melhor conclusão seria necessário uma análise química dos compostos gerados quando acrescentado à cal dolomítica na mistura.

As amostras que apresentaram características para resistir a saturação foram a de Solo+Cal e Solo+Cal+CV, logo logo quando usar as misturas que não apresentaram tal característica deve-se evitar ascensão capilar, garantido que o nível do lençol freático fique abaixo, ou quando usado no meio da pavimentação devesse garantir sua impermeabilização.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Cruz and S. Jalali “Melhoramento do desempenho de misturas de solo-cimento com recurso a activadores de baixo custo,” Revista Luso- Brasileira de Geotecnia 2010. ISSN 0379-9522. 120, p. 49-64
- [2] N. H. Gutierrez, N. H. M.; KRÜGER, C. A.; NÓBREGA, M. T. Efeitos da adição de cal e cimento nas propriedades físicas e mecânicas de um solo argiloso laterítico. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica. 1998.

- [3] J. L. Alqueres and J. C. Praca, “The Brazilian power system and the challenge of the Amazon transmission,” in Proceedings of the 1991 Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference, 91CH3070-0, pp. 315-320.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: “Análise Granulométrica: Solo”. Rio de Janeiro, 2016.
- [5] _____. NBR 6508: “Determinação da Massa Específica: Grãos de Solos que Passam na Peneira”. Rio de Janeiro, 2016.
- [6] _____. NBR NM 23: “Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica”. São Paulo, 2000.
- [7] _____. NBR 6459: “Solo – determinação do limite de liquidez”. Rio de Janeiro, 2016.
- [8] _____. NBR 7180: “Solo – Determinação do limite de plasticidade.” Rio de Janeiro, 2016.
- [9] Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 258: “Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV”. Rio de Janeiro, 1994.
- [10] _____. DNER CLA 259: “Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura”. Rio de Janeiro, 1996.
- [11] _____. DNER ME 256/94: “Solos compactados com equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão”. Rio de Janeiro, 1994.
- [12] D. F. Villibor “Pavimentos de baixo custo para vias urbanas.” Arte & Ciência, p. 213, 2009.
- [13] F. J. CASANOVA, J. A. CERATTI, M. G. M. RODRIGUES, “ Procedimento para dosagem físico-química do solo-cimento”. Reunião anual de pavimentação, 26, , Aracajú. Anais. Aracajú: Abpv, p. 82 – 86, 1992.
- [14] _____. DNER ME 228: “Método de ensaio–solos-Compactação em equipamento miniatura”. Rio de Janeiro, 1994.
- [15] _____. NBR 12025: “Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio”. Rio de Janeiro, 2012.
- [16] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT ME 136: “Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio”. Rio de Janeiro, 2010.