

ANÁLISE DA ESTABILIZAÇÃO DO SOLO COM SORO DE LEITE

Fernando Henrique Neiva

Graduando em Engenharia Civil - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa- Faviçosa/Univiçosa
e-mail: nandohenrique@hotmail.com

Juliana Karoliny De Oliveira Faria

Graduanda em Engenharia Civil - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa- Faviçosa/Univiçosa
e-mail: julianafaria.eng@gmail.com

Klinger Senra Rezende

Doutorado em Engenharia Civil - UFV

Professor do curso de Engenharia Civil - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa- Faviçosa/
Univiçosa

e-mail: klingers15@hotmail.com

RESUMO

A estabilização do solo é uma das maneiras de majorar a resistência de um substrato, desta forma o presente trabalho visa a adição de soro de leite ao um solo argilosos, na proporção de 5 e 10%. Dentre os ensaios para verificação da estabilização foram executados análise granulométrica, massa específica, limites de Atterberg, ensaio de Compactação, ensaio de CBR e ensaio de Resistência ao cisalhamento. Observa-se que o aumento do teor de soro de leite é inversamente proporcional ao limite liquidez, limite de plasticidade, umidade ótima, expansão, resistência ao cisalhamento e ao ângulo de atrito, entretanto apresenta alguns valores proporcionais quanto o índice de plasticidade, ISC e coesão. Diante ao processo de estabilização do solo com soro de leite, evidencia que o mesmo não apresenta características formidáveis para tal aplicação, notoriamente a adição de soro de leite não apresentam resultados plausíveis em relação aos outros tipos de materiais convencionais que se dispõem para tal finalidade.

Palavras-chave: Adição, Ângulo de atrito, CBR, Coesão, Soro de leite.

ABSTRACT

As Soil stabilization is one of the ways to increase the resistance of a substrate, thus the present work aims at adding whey to a clay soil, in the proportion of 5 and 10%. Among the tests to verify the stabilization, granulometric analysis, specific mass, Atterberg limits, compaction assay, CBR assay and shear resistance assay were performed. It is observed that the increase in whey content is inversely proportional to the liquidity limit, plasticity limit, optimum humidity, expansion, resistance to shear and friction angle, however it presents some proportional values regarding the plasticity index, SSI and cohesion. Given the process of soil stabilization with whey, it shows that it does not present formidable characteristics for such application, notably the addition of whey does not present plausible results in relation to other types of materials convention slated for that purpose.

Keywords: Addition, Friction angle, CBR, Cohesion, Whey

1. INTRODUÇÃO

Desde a era primordial construtiva o solo tem sido alvo relevante de aquisição e disseminação de informações do seu papel para engenharia civil, visto que o solo nesse ramo do conhecimento é analisado sob as perspectivas de servir como material de construção ou como elemento de suporte das estruturas ou edificações nele assente.

O solo deve conter propriedades para serem capazes de conferir estabilidade e resistência mecânica aos esforços e cargas a que serão submetidos durante o emprego. A estabilização do solo pode ser dada por fatores químicos e mecânicos, garantindo maximização no seu comportamento sob o ponto de vista de aplicação em engenharia.

Devido ao expressivo uso incessante do solo pela construção, é exequível salientar métodos coadjuvantes associados a tecnologia alternativa que proporcionem características geotécnicas de resistência e estabilidade satisfatórias quanto a sua aplicação no âmbito da engenharia civil.

Conforme Zooca (2017), “o Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite bovino, com uma taxa anual de aumento de produção na faixa de 4%”, gerando aumento significativo na economia brasileira, em contrapartida o índice de rejeitos (soro) descartados inapropriadamente pelas empresas vem se tornando algo agravante dentro do cenário atual.

Segundo pesquisas realizadas pela Organização Nações Unidas

para a Alimentação e a Agricultura (2016) “mostrou que mais de 30% dos solos do mundo estão degradados, impossibilitando que o mesmo forneça desempenho eficiente para a sua utilização”. Em relação à estabilidade dos solos, nota-se que grande parcela das obras brasileiras o solo se encontra em uma situação lastimável, sem recursos resistivos para fornecer aplicação de quaisquer usos, necessitando de processo para garantir a melhoria de suas propriedades.

Desse modo é necessário implementar meios mitigatórios para solucionar tais empasses, um meio fortemente a ser sondada é a aplicação do soro de leite dispensado por empresa vizinha no solo para observar sua viabilidade como estabilizante do solo e garantir um descarte coerente do mesmo, visto que a

aplicação da quantidade necessária no subleito promove ações benéficas não havendo risco de contaminação. O presente trabalho busca analisar a estabilização do solo por meio de soro de leite através de ensaios laboratoriais

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de caráter experimental, seguida de tratamento de dados via programas computacionais e proposta de solução através de embasamento teórico. A mesma realizou-se no laboratório de solos do Centro Universitário de Viçosa – Univiçosa e laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa.

Amostragem

Solo

O solo obtido coletado se classifica como Argila marrom, obtido da movimentação de terra na unidade I da Univiçosa (Figura 1 e 2).

Soro de Leite

O soro de leite trabalhado, foi fornecido pela Laticínios Porto Alegre – Ponte Nova (MG), saco de 25 kg e em estado sólido (Figura 3).



Figura 1. Local da coleta



Figura 2. Amostra *in situ*



Figura 3. Soro de leite, saco de 25 Kg



Figura 4. Amostras de solo dispersas em água destilada.



Figura 5. Ensaio de sedimentação

Água

A água utilizada foi proveniente da rede pública de distribuição disponível nos laboratórios.

Metodologia aplicada

Ensaio de granulometria

Os materiais foram caracterizados antes da sua utilização de acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR) 7181 (Solo – Análise granulométrica) e para garantir confiabilidade (Figura 4, 5 e 6).



Figura 6. Ensaio de peneiramento.

Massa Específica

A massa específica das amostras de solo com diferentes teores de soro de leite foram obtidos de acordo com a norma da ANBT NBR 6508 (Grão de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica) (Figura 7).



Figura 7. Ensaio de sedimentação.

Limite Atteberg

Limite de Liquidez

O limite de liquidez é realizado de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 6459 (Solo – Determinação do limite de liquidez), na qual é utilizado o aparelho de Casagrande para se medir o número de golpes necessário para fechar uma abertura criada com o cinzel (Figura 8).



Figura 8. Ensaio com aparelho Casagrande.

Limite de Plasticidade

O limite de plasticidade é realizado de acordo com a norma

brasileira ABNT NBR 7180 (Solo – Determinação do limite de plasticidade), na qual é moldado um cilindro, a partir da amostra do solo, que será passado em uma placa de vidro esmerilhada até que rompa com o mesmo diâmetro de um gabarito (Figura 9 e 10).



Figura 9. Amostra moldada referente ao gabarito.



Figura 10. Amostra para determinação de umidade.

Ensaio de Compactação

É um método para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca dos solos, quando compactados, de acordo com os procedimentos especificados pela ABNT NBR 7182 (Solo – Ensaio de Compactação) e ABNT NBR 6457 (Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização) (Figura 11, 12 e 13).



Figura 11. Amostras separadas com diferentes teores de solo.



Figura 12. Preparação da amostra.



Figura 13. Ensaio de compactação Proctor.

Ensaio de Índice Suporte Califórnia (ISC ou CBR)

O método para determinação do valor do índice de suporte Califórnia e da expansão de solos em laboratório, utilizando amostras deformadas, não reusadas, de material que passa na peneira de 19 mm, de acordo com os procedimentos especificados pela ABNT NBR 9895 (Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio) (Figura 14 e 15).



Figura 14. Amostra submersa.



Figura 15. Ensaio com CBR.

Ensaio de Resistência ao Cisalhamento Direto

O método para determinação da resistência à compressão, não confinada (ou simples), de corpos-de-prova constituídos por solos coesivos, mediante a aplicação de carga axial, com controle de deformação. Tais corpos-de-prova podem ser indeformados ou obtidos por compactação ou mesmo por remoldagem, de acordo com os procedimentos especificados pela ABNT NBR 12270 (Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada) (Figura 16, 17, 18 e 19)



Figura 16. Aparelho para o ensaio de Resistência ao cisalhamento.



Figura 17. Corpo de prova para retirada da moldagem para o ensaio de cisalhamento



Figura 18. Moldagem do corpo de prova para o ensaio de cisalhamento



Figura 19. Corpo de prova após o ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de Laboratório

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados.

Análise de granulometria

Realizados os ensaios de granulometria conjunta é possível observar quanto ao teor de umidade que o acréscimo de teor de soro de leite ameniza o índice de umidade na amostra (Tabela 1). Em contrapartida ao ensaio de peneiramento, quanto a porcentagem de material retido nas peneiras finas nota-se que é proporcional ao teor soro de leite (Tabela 2). Em relação ao ensaio de sedimentação nota-se a leitura final nas três amostras não obteve diferenças.

Tabela 1. Comparação entre o teor de Umidade

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE	
Sem Adição	15,90%
5% de Soro de Leite	5,60%
10% de Soro de Leite	6%

Tabela 2. Comparação entre o Ensaio de Peneiramento

PENEIRAS (# N°:)	ENSAIO DE PENEIRAMENTO MATERIAL - RETIDO ACUMULADO(g)		
	Sem Adição	5% de Soro de Leite	10% de Soro de Leite
10	0,00	7,93	6,73
16	0,65	0,98	1,33
30	4,27	4,62	5,47
40	2,03	7,64	8,33
50	2,49	10,09	10,60
100	6,03	16,32	16,37
200	3,37	20,14	19,33

Massa específica

Realizados os ensaios de massa específica é possível observar que o teor de soro de leite é inversamente proporcional ao peso específico dos grãos, ou seja, quanto maior o teor de soro menor é a massa específica.

Tabela 3: Comparação entre a Massa Específica dos sólidos e o teor de soro

	Sem Adição	5% Soro de Leite	10% Soro de Leite
Massa Específica dos Grãos - Média (g/cm ³)	2,702	2,64	2,63
Umidade média (%)	1,44	2,78	3,67

Determinação do limite de liquidez e limite de Plasticidade

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de liquidez e plasticidade.

Ensaio de Compactação

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados (Tabela 5).

A partir dos resultados

Tabela 4. Resultados dos ensaios de liquidez e plasticidade

Teor de soro de leite	Limite Liquidez (%)	Limite Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
Sem adição	61,3	36,99	24,31
5%	48,5	26,67	21,83
10%	40,7	24,98	15,72

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4, nota-se que o aumento do teor de soro é inversamente proporcional aos limites de liquidez e plasticidade, quanto ao índice de plasticidade observa-se que o solo se torna mais plástico a medida que aumenta o teor, ou seja, é necessário maior quantidade de água para o mesmo passar do estado sólido para o líquido.

apresentados na Tabela 5, nota-se que o aumento do teor de soro é inversamente proporcional a umidade ótima, e o peso específico seco é proporcional ao mesmo

Determinação do CBR

Realizados os ensaios de Índice Suporte de Califórnia (ISC ou CBR), determinaram-se algumas correlações.

A partir dos resultados apresentado nas Tabelas 6 e 7 e os

Tabela 5. Resultados da Umidade Ótima e Peso Específico Aparente Seco

Teor de Soro	W ótimo (%)	Yd ótimo (kN/m ³)
Sem Adição	25	1513
5%	28,5	1478
10%	23,5	1525

Tabela 6. Resultados da determinação do CBR

5% SOLO DE LEITE					
Umidade (%)		Teor de umidade ótimo (%)	Yd máx kN/m³	CBR (%)	Expansão (%)
Presumível	Teor umidade médio				
6	25,32	28,5	1478	1,7	0,271
8	28,09			2,17	0,779
10	29,15			1,42	0,297

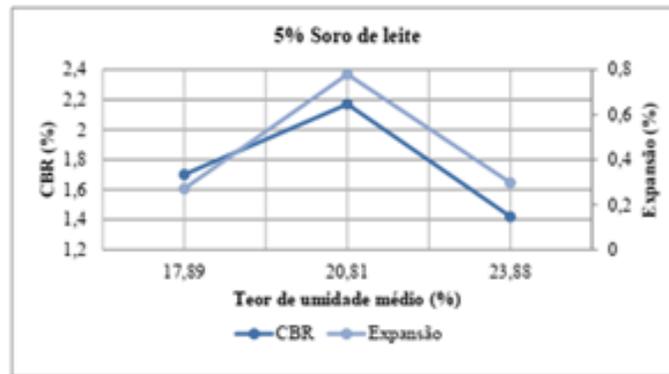


Gráfico 1. CBR x Teor de Umidade médio

Tabela 7 : Resultados da determinação do CBR

10% SOLO DE LEITE					
Umidade (%)		Teor de Umidade ótimo (%)	Yd máx kN/m³	CBR (%)	Expansão (%)
Presumível	Teor umidade médio				
2	17,89	23,5	1525	2,55	1,18
4	20,81			7,64	1,45
6	23,88			4,06	0,026
8	26,06			12,06	0,42
10	28,70			9,48	0,026

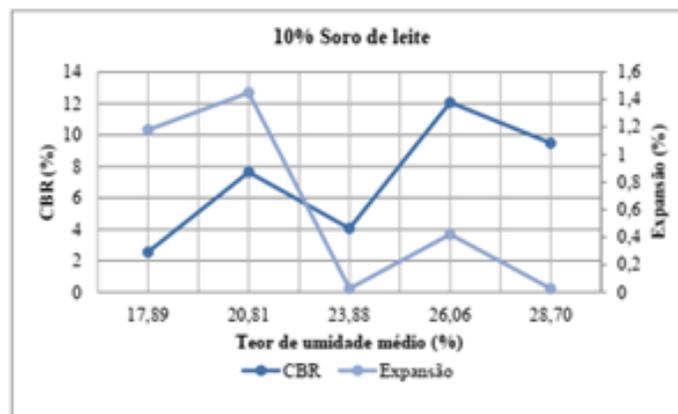


Gráfico 2. CBR x Teor de Umidade médio

Tabela 8 : Resultados da Resistência ao cisalhamento

Amostra	Resistência ao cisalhamento (kPa)			Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)
	Tensão Normal 50 kPa	Tensão Normal 100 kPa	Tensão Normal 200 kPa		
Sem adição	103,88	122,51	224,08	53	56
5% Soro de Leite	81,7	119,66	197,24	42,9	50
10% Soro de Leite	65,94	102,57	125,46	54,5	22

Gráficos 1 e 2, nota-se que a quanto maior a adição de soro de leite o solo apresenta valores elevados quanto ao ISC, em contrapartida quando se encontra no ramo seco o mesmo apresenta resultados de expansão maiores em relação ao ramo úmido. Pode-se observar que o aumento de teor de soro na condição úmida reduz drasticamente o fator de CBR juntamente com a expansão.

Ensaio de Cisalhamento Direto

Realizados os ensaios de cisalhamento direto, determinaram-se alguns resultados.

A partir dos resultados obtidos através do ensaio de cisalhamento direto, Tabela 8, nota-se que a quanto maior a adição de soro de leite o solo apresenta valores menores quanto à capacidade cisalhante e o ângulo de atrito, em contrapartida a coesão do solo apresenta crescente com a adição.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que diante ao processo de estabilização do solo com soro de leite, evidencia que o mesmo não apresenta características formidáveis para tal aplicação, notoriamente a adição de soro de leite não apresentam resultados

plausíveis em relação aos outros tipos de materiais convencionais que se dispõem para tal finalidade.

Outrora a estabilização do solo argiloso com soro de leite seria indicada apenas para o uso de camada de pavimentação, visto ainda, apenas para a camada menor necessidade. Ao relacionar a sua resistência ao cisalhamento, observa-se que o plano de ruptura é inversamente proporcional a adição, em contrapartida o mesmo apresenta um ganho mínimo na coesão, provocando o episódio de falsa coesão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Maura et al. SORO DE LEITE: TECNOLOGIAS PARA O PROCESSAMENTO DE COPRODUTOS. Revista do ILCT. Juiz de Fora, 2014. 15 p. Disponível em: <<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/viewFile/341/316>>. Acesso em: 1 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

- NORMAS TÉCNICAS, NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7180: Solo – Determinação do limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9985: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12770: Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada. Rio de Janeiro, 1992.
- BRAJA, M. das. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. 7. ed. São Paulo: Cengage learning, 2012.
- BRITO, Laís Costa. ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS. Núcleo do Conhecimento. Salvador-BA, 2017. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/artigocientifico/pdf/estabilizacao-de-solos.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2018.
- CAPUTO, HOMERO. MECÂNICA DOS SOLOS E SUAS APLICAÇÕES: Origem e Formação dos Solos. 6. ed. RJ. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., v. 1, 1988.
- DIAS, Carlos. Estudo revela que 30% dos solos do mundo estão degradados. Embrapa Solos. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/buscade-noticias/-/noticia/14343883/estudo-revela-que-30-dos-solos-do-mundo-estaodegradados>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- GERSCOVICH, Denise. Resistência ao Cisalhamento. Faculdade de Engenharia/UERJ. RJ, 2010. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/resistenciacisalhamento.pdf>>. Acesso em: out. 2018.
- LABORATÓRIO DE ENSAIOS GEOTÉCNICOS. Divisolo. Disponível em: <<http://www.divisolo.com.br/servicos-laboratorio-de-ensaios-geotecnicosadensamento.html>>. Acesso em: 6 out. 2018.
- ORIGEM E FORMAÇÃO DOS SOLOS. Docentes do IFRN. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/johngurgel/disciplinas/2.2051.1v-mecanica-dos-solos-1/apostila%20de%20solos.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2018.
- PINTO, Carlos. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SENÇO, Wlastermiler. Manual de Técnicas de Pavimentação. 1. ed. São Paulo: Pini, v. 2, 2001.

SOLO: Significado do solo. E-civil. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-solo.html>>. Acesso em: 1 out. 2018.