

## ANÁLISE DE PARÂMETROS DE COMPACTAÇÃO PARA UM LATOSSOLO DE VIÇOSA ESTABILIZADO COM LAMA DE CAL

Gustavo Henrique Castor<sup>2</sup>, Gealyson Augusto Pinheiro de Souza<sup>3</sup>,  
Eduardo Souza Cândido<sup>4</sup>, Klinger Senra Rezende<sup>5</sup>,  
Aline Monteiro dos Santos<sup>6</sup>

**Resumo:** *Este estudo tem como finalidade verificar o melhoramento das características de um solo fino, quando estabilizado com lama de cal (rejeito), promovendo assim uma estabilização química. Para avaliar essa mudança no comportamento do solo foi verificado a caracterização geotécnica completa deste material e realizaram-se ensaios de compactação para diversas dosagens. Verificou-se que e o solo estudado passou a ter um comportamento granular com adição da lama de cal até o ponto ótimo de dosagem, indicando a eficiência do processo e a possibilidade de aplicação da estabilização em algumas obras.*

**Palavras-chave:** *Compactação, estabilização química, resíduo, solo fino*

### Introdução

O Brasil é o 7º maior produtor mundial de celulose e o 11º maior produtor mundial de papel, além de ser um dos 15 maiores mercados mundiais consumidores desses produtos. Devido a elevada quantidade de rejeitos gerados diariamente pelas indústrias de papel e celulose, o aproveitamento dos mesmos se torna uma alternativa interessante e extremamente importante do ponto de vista ambiental.

Nas empresas que utilizam o processo kraft para extração de celulose os resíduos são: dregs, grits, lama de cal e lodo orgânico da estação de tratamento

---

2Engenheiro Civil – Univiçosa. e-mail: ghenriquecastor@gmail.com

3Engenheiro Civil – Univiçosa. e-mail: gealyson@hotmail.com

4Professor da Univiçosa e Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. e-mail: eduardo.candido@ufv.br

5Professor do Curso de Engenharia Civil – Univiçosa. e-mail: klingers15@hotmail.com

6Mestre em Geotecnia – Universidade Federal de Viçosa. e-mail: aline-monteiro-santos@hotmail.com

de efluentes líquidos. A geração de resíduos tem sido significativa no setor florestal: a cada 100 toneladas de celulose produzidas, 48 toneladas de resíduos são geradas. Além disso, a disposição destes materiais em aterros se torna inviável economicamente, devido aos processos onerosos de implantação e manutenção.

A carência de solos com características apropriadas para utilização em obras rodoviárias em várias regiões do país alimentam a procura por materiais que possam substituir os convencionais ou que, através de misturas, possam melhorar as características destes considerados inapropriados para a construção de bases e sub-bases de pavimentos. Sendo assim, com o objetivo de contribuir nos estudos deste tema no Brasil, o presente trabalho apresenta o comportamento das curvas de compactação de um solo argiloso estabilizado com diversos teores de lama de cal.

### **Material e Métodos**

Neste estudo, utilizou-se um solo argiloso coletado em um talude de corte na rodovia que liga os municípios de Viçosa e Paula Cândido/MG, localizado nas proximidades da ETA (Estação de Tratamento de Água) da UFV (Universidade Federal de Viçosa), conhecido como solo ETA. As amostras deformadas foram extraídas entre 0,40 e 0,80 metros de profundidade, armazenadas em embalagens plásticas, identificadas e transportadas até o Laboratório de Mecânica dos Resíduos (LMR) da UFV para realização dos experimentos.

O solo ETA é um solo residual de gnaiss maduro, classificado como um Latossolo Vermelho-Amarelo, representativo do manto superior maduro, horizonte B, bastante intemperizado. Trata-se de um solo poroso, bem drenado, com granulometria argilo-areno-siltosa e predominância de argilominerais 1:1, óxidos de ferro e alumínio; de ocorrência na Zona da Mata de Minas Gerais.

A lama de cal utilizada foi cedida pela empresa Fibria Celulose S.A, líder mundial na produção de celulose de eucalipto, sendo constituída por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), em torno de 0,70%; possui granulometria fina, é friável e de coloração acinzentada, sendo classificado como resíduo classe II A (material não inerte) pela ABNT NBR 10004: 1987.

Para caracterização geotécnica do solo realizou-se ensaios para determinação da granulometria (ABNT NBR 7181: 1984), massa específica dos sólidos (ABNT NBR 6508: 1984), limite de liquidez (ABNT NBR 6459: 1984) e plasticidade (ABNT NBR 7180: 1984).

As curvas de compactação (ABNT NBR 7182: 1984) foram obtidas variando-se o teor de lama de cal da mistura (solo-lama de cal) nos teores 0, 10, 20, 30 e 40% em relação a massa de solo seco. Para cada ensaio pode-se determinar os pontos ótimos (peso específico seco máximo -  $\gamma_d$  máx e teor de umidade ótimo -  $w$ ótimo) da curva de compactação.

### Resultados e Discussão

Com os resultados da caracterização geotécnica do solo (Tabela 1) e de acordo com Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) o solo é classificado como CH (argila inorgânica de alta compressibilidade). Como a presença de argilominerais é a principal origem dos fenômenos físico-químicos que se processam nos processos de estabilização química dos solos, logo se espera grande influência da adição da lama de cal nas curvas de compactação do solo argiloso.

Com base nos conhecimentos de mecânica dos solos, sabe-se que a medida em que a granulometria do solo diminui, o teor de umidade ótimo tende a aumentar; fato justificável devido ao aumento da superfície específica dos grãos. Com a realização dos experimentos (Figura 1) pode-se observar que a adição de lama de cal provocou reações químicas (trocas catiônicas) fazendo com que o solo ETA passasse a se comportar como um solo granular, fato evidenciado pelo aumento do peso específico seco máximo e da diminuição do teor de umidade ótimo, até o ponto de 10% de lama de cal.

Tabela 1 – Caracterização geotécnica do solo

ração granulométrica (%)			Limites de Atterberg (%)			Massa específica dos sólidos ( $g/cm^3$ )
Argila	Silte	Areia	LL <sup>1</sup>	LP <sup>2</sup>	IP <sup>3</sup>	
61,0	14,5	24,5	77	35	42	2,731

<sup>1</sup> Limite de Liquidez; <sup>2</sup> Limite de Plasticidade; <sup>3</sup> Índice de Plasticidade.

A partir deste ponto o  $\gamma_d$  máx começou a cair e wótimo e voltou a aumentar, evidenciando que as reações entre os argilominerais presentes no solo e os cátions presentes na lama cessaram e que a adição do resíduo não seria mais capaz de promover modificações no comportamento do solo; portanto com base nas informações apresentadas na (Figura 1) pode-se determinar o teor de dosagem ótimo para a mistura solo-lama de cal.

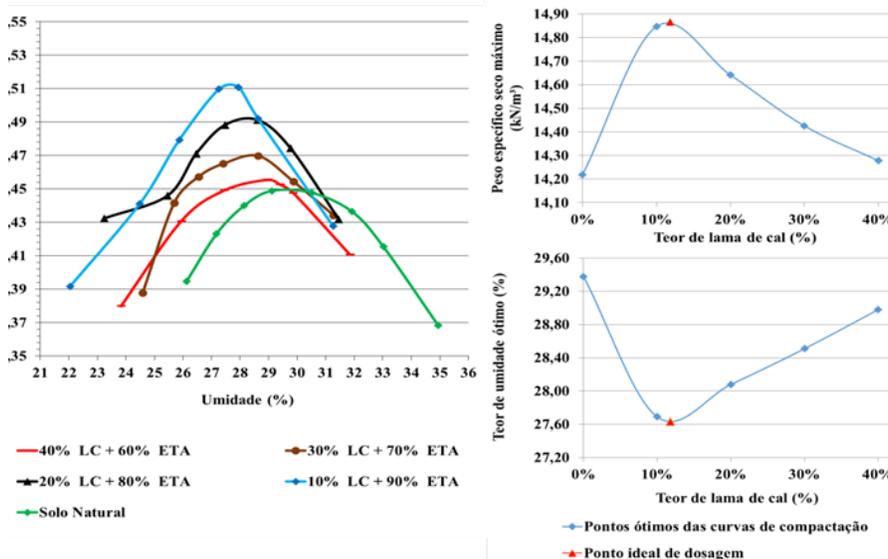


Figura 1 – Curvas de compactação do solo e das misturas.

## Conclusões

Pode-se concluir com este trabalho que a lama de cal é eficiente na estabilização química dos solos, uma vez que se o solo estudado passou a ter um comportamento granular com adição da lama de cal até o ponto ótimo de dosagem, indicando a eficiência do processo e a possibilidade de aplicação para estabilização dos solos para fins rodoviários.

### **Referências Bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6459: Solo - determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, RJ, 1984. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - determinação da massa específica. Rio de Janeiro, RJ, 1984. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7180: Solo - determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, RJ, 1984.3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7181: Solo - análise granulométrica. Rio de Janeiro, RJ, 1984. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7182: Solo - ensaio de compactação. Rio de Janeiro, RJ, 1986. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10004: Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ, 1987, 63p.