

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO COM ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA

EDUARDO LIMA REZENDE¹, OTÁVIO ANDRADE RICARDO², UESLEI MATHEUS DE BARROS³, LUCAS H. P. ABREU⁴, PEDRO LUIZ TERRA LIMA⁵

¹ Eng. Civil, Centro Universitário de Lavras, UNILAVRAS/Lavras-MG, (35) 3829.1481, eduardolimarezende@hotmail.com

² Eng. Civil, Centro Universitário de Lavras, UNILAVRAS/Lavras-MG, (35) 3829.1481, otavioandrade93@gmail.com

³ Graduando em Eng. Civil, Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, uesleimath@hotmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, lucas.abreu@deg.ufla.br

⁵ Eng. Agrícola, Prof. Dr., UNILAVRAS, UNILAVRAS/Lavras-MG, (35) 3829.1481, pedroterralima@yahoo.com.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: No contexto da construção civil, o solo exerce papel fundamental visto que recebe todas as cargas de uma edificação. Objetivou-se com o presente trabalho analisar a resistência mecânica à compressão do solo com a adição de diferentes porcentagens de cal hidratada. Foram coletadas amostras superficiais de um Latossolo Vermelho na camada de 0 a 10 cm. As amostras passaram por um processo de destorroamento até que as partículas atingiram o diâmetro da peneira n° 4 (4,8 mm). A umidade ótima foi determinada pelo ensaio de Proctor Normal e aplicada em todos os tratamentos, variando apenas os teores de cal (6%, 12%, 18%, 24%, 30% e 36%) em relação às amostras. Por meio de um novo ensaio de Proctor Normal, moldou-se os corpos de provas, e após o processo de cura, foram analisados seus pesos específicos e submetidos ao ensaio de compressão simples, verificando a resistência mecânica à compressão simples. Diante dos resultados verificou-se que ocorreu uma diminuição de aproximadamente 10% dos pesos específicos e um aumento significativo da resistência à compressão do solo quando adicionada a cal hidratada, podendo verificar que o método de estabilização aumentou a capacidade de carga do solo.

PALAVRAS-CHAVE: resistência mecânica, compressão simples, mistura solo-cal

ANALYSIS OF THE MECHANICAL RESISTANCE TO COMPRESSION OF A RED LATOSOL WITH ADDITION OF HYDRATED LIME

ABSTRACT: In the context of civil construction, the soil plays a fundamental role since it receives all the loads of a building. The objective of this work was to analyze the mechanical resistance to soil compression with the addition of different percentages of hydrated lime. Surface samples of a Red Latosol were collected in the 0 to 10 cm layer. Samples underwent a disintegration process until the particles reached the diameter of sieve No. 4 (4.8 mm). The optimum humidity was determined by the Proctor Normal test and applied in all treatments, varying only the lime contents (6%, 12%, 18%, 24%, 30% and 36%) in relation to the samples. By means of a new Proctor Normal test, the test bodies were molded, and after the curing process, their specific weights were analyzed and submitted to the simple compression test, verifying the mechanical resistance to simple compression. Considering the results, it was verified that a reduction of approximately 10% of the specific weights occurred and a

significant increase of the compressive resistance of the soil when added to the hydrated lime, being able to verify that the stabilization method increased the load capacity of the soil.

KEYWORDS: mechanical strength, simple compression, soil-lime mix

INTRODUÇÃO: O solo natural possui uma ampla utilização na área de engenharia, em destaque na área de pavimentos rodoviários. Este recurso natural nem sempre atende as especificações necessárias para a construção. Em virtude dessa situação, uma das alternativas é corrigir o solo para que tais exigências de projeto sejam cumpridas. Este processo de estabilização de solos pode ser dividido em métodos mecânicos (correção granulométrica) e físico-químicos, através do emprego de aditivos como cimento, emulsão asfáltica e a cal (LOVATO, 2004). A utilização da cal, para melhorar a estabilização de solos instáveis, vem sendo utilizada a mais de 2000 anos. Pode-se citar como exemplos desta técnica, em um dos trechos da muralha da china em 2280 a.C., e na via Àpia, uma das principais estradas da antiga Roma (sul da Itália) construída em 312 a.C. (GUIMARÃES, 2002). Segundo Claudino e Teixeira (2015), o solo apresenta uma melhora significativa em suas propriedades mecânicas, quando adicionado 15% de cal hidratada, apresentando a compressão duas vezes maior que a resistência do solo natural. Comprovando a eficácia do uso da cal como estabilizadores de solos. A importância principal do trabalho é estudar, em nível laboratorial, o comportamento através da adição de cal ao solo, se há uma melhora nas características através da mistura solo-cal em relação a sua resistência e analisar a viabilidade do uso da cal hidratada no solo. O presente trabalho teve como objetivo analisar a resistência mecânica a compressão de um Latossolo Vermelho localizado na cidade de Lavras - MG, em relação à adição de diferentes porcentagens de cal hidratada, a fim de comprovar sua eficácia como estabilizadora.

MATERIAL E MÉTODOS: A presente pesquisa foi realizada no Laboratório Multidisciplinar de Mecânica dos Solos no Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS, no período de maio de 2016 a junho de 2016, com interesse de averiguar e analisar se ocorreu algum aumento na resistência do solo quando adicionado diferentes teores de cal hidratada. A síntese metodológica utilizada nesta pesquisa possui como referencia a pesquisa executadas por Claudino e Teixeira (2015). Para realização dos ensaios foram coletadas amostras superficiais, na camada de 0 a 10 cm, de um Latossolo Vermelho, localizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. As amostras de solo com estrutura deformada foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório do Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS, onde foram realizados os ensaios em um período de quatro semanas. As amostras passaram por um processo de destorroamento até que as partículas atingiram o diâmetro da peneira nº 4 (4,8mm), segundo a NBR 6457 (ABNT, 1986). A determinação da umidade natural da amostra foi realizada segundo a norma NBR 6457 (ABNT, 1986). Foram pesadas três amostras de aproximadamente 70g de solo, quantidade essa determinada na NBR 6457 (ABNT, 1986), de acordo com o diâmetro dos grãos maiores contidos na amostra. Estas amostras de solo foram colocadas em cápsulas metálicas separadas e identificadas, anotando-o seus pesos úmidos. As cápsulas após a pesagem foram levadas até o interior da estufa no qual ficaram confinadas no período de 24 horas a 105°C. Após o confinamento as capsulas foram pesadas novamente para determinar o peso do solo seco conforme a NBR 6457 (ABNT, 1986). A classificação do solo foi realizada através de uma análise granulométrica por peneiramento de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984). A amostra utilizada para este ensaio foi de 2 kg de solo preparada de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 1986). O ensaio de Proctor Normal foi realizado conforme foi realizado de acordo com as informações dispostas

na norma NBR 7182 (ABNT, 1986), com o objetivo de determinar a umidade ótima da amostra. Tendo como base estudos realizados envolvendo estabilização de solos, principalmente o estudo de Claudino e Teixeira (2015), foram pré-determinadas e utilizadas sete tipos de dosagens diferentes de mistura solo-cal, considerando as dosagens de 0%, 6%, 12%, 18%, 24% e 30% e 36%, indo além da porcentagem de 15% estudadas pelos autores supracitados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para determinar a umidade natural da amostra de solo coletada, foi realizado o ensaio de estufa acordo com a NBR 6457 (ABNT, 1986). A umidade natural obtida foi de 17,83%. Valor foi obtido através da média de três pequenas amostras desse mesmo solo. Foi determinada a densidade úmida e seca do solo coletado, obtendo-se o valor de $0,79 \text{ g/cm}^3$ e $0,67 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Analisando a Figura 1a, pode-se observar que a medida que o teor de cal hidratada aumenta em relação ao solo, os pesos específicos secos diminuem. O valor encontrado para a amostra de 0% foi de $1,86 \text{ g/cm}^3$, enquanto o para a mistura de 36% foi inferior, chegando a $1,68 \text{ g/cm}^3$. Guérios (2013) comprova os resultados obtidos anteriormente, ele relata que o teor de cal em relação ao solo interfere bastante em seu peso específico. O peso do corpo de prova também diminui, no entanto seu volume continua o mesmo, tornando um material mais leve e mais resistente que o solo natural.

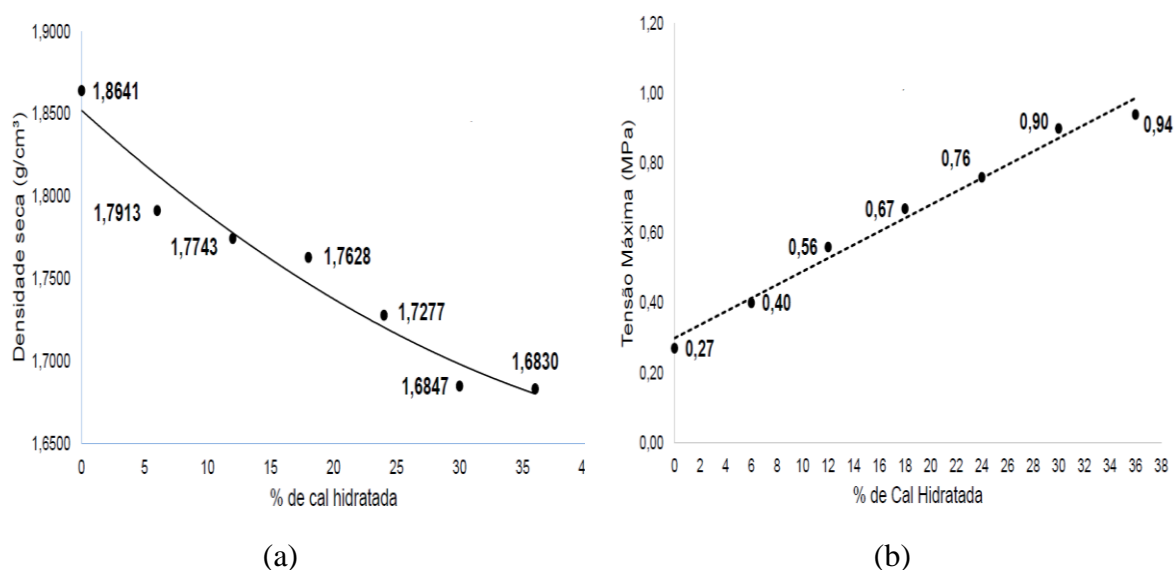


FIGURA 1. Peso específico seco (a) e da tensão máxima (b) em função da porcentagem de cal hidratada.

Ao comparar as tensões de rupturas das amostras, pode-se notar um acréscimo muito expressivo em relação a de 0% de cal, que obteve média de $0,27 \text{ MPa}$, e a de 36%, cuja média foi de $0,94 \text{ MPa}$, um aumento de 350% (Figura 1b). Todas as amostras foram preparadas com a mesma umidade, o que comprova a eficácia do uso da cal no solo. Isso aconteceu por causa do processo da cimentação pozolânica que ocorre no interior das partículas de solo, deixando mais resistente. Guérios (2013) havia comprovado em seus estudos, que o solo, ao atingir 10% de cal hidratada, apresenta uma grande melhora em relação a sua resistência a compressão. Posteriormente, Claudino e Teixeira (2015) em seus estudos comprovam que há uma melhora em relação a resistência de compressão do solo com adição de cal, relatando um aumento de valor de tensão duas vezes maior em relação ao solo com 0% de cal e ao de 15%. Com os resultados obtidos nesse trabalho, observa-se que o solo continua apresentando um melhora em relação a sua resistência, foi possível provar a eficiência da cal, mesmo com aplicada em

altos teores. O que torna esse método uma ótima solução em relação à estabilização do solo. De acordo com Azevedo (2010), o efeito de carbonatação não foi considerado, pois os corpos de prova foram armazenados e embalados em sacos plásticos, com o objetivo de conservar a umidade não deixando em contato com o ar atmosférico por tempo suficiente para que se ocorra à reação.

CONCLUSÕES: O aumento do teor de cal no solo resultou na diminuição do seu peso específico seco e no aumento de sua resistência a compressão mesmo chegando aos 36% de cal. O tempo de cura é um fator que está relacionado com o aumento da resistência, pois, se a mistura for submetida a um tempo maior de cura, e se houver cal disponível na mistura, provavelmente a resistência será maior.

AGRADECIMENTOS: Os autores expressam os seus agradecimentos a CAPES ao CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6457: Amostras de solo- Preparação para ensaio de ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984.

AZEVEDO, A. L. C. **Estabilização de solos com adição de cal. Um estudo a respeito da reversibilidade das reações que acontecem no solo após a adição de cal.** 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) –

CLAUDINO, J. C.; TEIXEIRA, W. S. **Verificação da resistência do solo com adição de cal hidratada.** 2015. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Lavras, Lavras, 2015.

GUÉRIOS, E. M. **Estudo do melhoramento de solo com adição de cal hidratada para uso em pavimento urbano.** 2013. 80 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

GUIMARÃES, R.C.; FERREIRA, C. J.; ROSA, J. B.; Estabilização de solos com cal para uso em pavimentação. In: **SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEG**, 4, 2006, Anápolis. Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/conteudo/2555_seminarioxdexic>. Acesso em: 15 mar, 2016.

LOVATO, R. S. **Estudo do comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal, aplicado à pavimentação.** 2004. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6646>>. Acesso em: 8 mar. 2016.