

Influência do teor de umidade na velocidade do pulso ultrassônico de amostras de solo compactado

SARRO, Wélida de Sousa¹; FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos²

¹ Tecnóloga em Estradas, Faculdade de Tecnologia - UNICAMP, Limeira, São Paulo, welidasarro@gmail.com.

² Professora Doutora, Faculdade de Tecnologia - UNICAMP, Limeira, São Paulo, gisleiva@ft.unicamp.br.

RESUMO - Em obras geotécnicas, o uso do solo é feito através de sua compactação, sendo o teor de umidade e energia de compactação determinados em laboratório de acordo com a funcionalidade requerida para a obra. Para garantir que os parâmetros determinados em ambiente controlado sejam executados de forma correta em campo é necessário um controle tecnológico efetivo, sendo este determinado por meio de técnicas empíricas que demandam tempo e alto custo. O ensaio não destrutivo de ultrassom pode contribuir significativamente para melhorar a eficiência e vida útil de obras geotécnicas, quando aplicado ao controle tecnológico. As principais vantagens desta técnica é a rapidez de execução, número de repetições e confiabilidade. Para validar a técnica, ainda recente nesse material, é necessário identificar os principais fatores que interferem na onda ultrassônica. O objetivo deste trabalho foi determinar a influência do teor de umidade na velocidade do pulso ultrassônico de solos argilosos compactados.

Palavras-chave: Controle tecnológico, ensaios não destrutivos, pulso ultrassônico.

INTRODUÇÃO

O solo é considerado um dos materiais de construção mais antigos da história, sendo aplicado em diversos tipos de obras como edificações em terra, pavimentação, barragens e aterros. Por se tratar de um material natural, seu uso é complexo e requer o conhecimento de diversas propriedades que variam de acordo com a aplicação desejada. As diretrizes para o reconhecimento das propriedades desse material são normatizadas, sendo a maioria realizada em laboratórios, demandando tempo e investimentos. Além disso, em campo, são realizadas outras análises, como controle tecnológico de compactação, que garantem o cumprimento dessas normas em ambientes não controlados. Dessa forma, a proposta de um novo método de avaliação para um ou mais parâmetros é válida e contribuiria de forma significativa para o avanço tecnológico deste material. Há diversas pesquisas realizadas com esse material, por exemplo, tecnologias da construção (fundações, barragens, aterros), edificações e agricultura (WANG *et al.*, 2006; MILANI, 2008; HOFFMANN & GONÇALVES, 2010;12; FERREIRA *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014; SARRO *et al.*, 2015), ainda assim, o banco de dados é quase inexistente a respeito dos fatores que podem interferir na aplicação da técnica.

Na madeira, material em que a técnica já está bem consolidada, a umidade da amostra é um dos fatores que mais interferem na velocidade do pulso ultrassônico. De acordo com Bucur (1995) quanto maior a umidade da amostra, menor a velocidade e maior a atenuação da onda. Tendo em vista que a aplicação do solo nas obras geotécnicas é feita com o material úmido, o objetivo deste trabalho é definir qual a real influência desse fator no momento de

realização do ensaio, correlacionando o teor de umidade e a velocidade do pulso ultrassônico de corpos de prova de solo argiloso compactado.

METODOLOGIA

Para definir as umidades de compactação utilizadas nesse estudo foram realizados ensaios de compactação pelo método Proctor Normal (NBR 7182, 1986). A partir destes dados, foram moldados os corpos de prova na umidade ótima e umidades de 2% acima e abaixo da umidade ótima, para as três energias de compactação (Normal, Intermediária e Modificada), sendo 5 corpos de prova cilíndricos (100 x 127,30 mm) para cada teor de umidade, grau de compactação e condição (embalados ou sem embalar), totalizando 90 corpos de prova.

O ensaio de ultrassom foi realizado logo após a moldagem, com o equipamento UsLab (Agricef, Brasil) e transdutores de faces exponenciais, 45 kHz de frequência e ondas de compressão. Com os dados obtidos nos ensaios, calculou-se as velocidades do pulso ultrassônico (Equação 1), sendo estas correlacionadas com os respectivos teores de umidade.

$$VPU = \frac{d}{t \times 1000} \quad (1)$$

Onde:

VPU = velocidade do pulso ultrassônico (m/s);

d = distância percorrida pela onda (mm);

t = tempo transcorrido no percurso (μ s).

RESULTADOS

Com base nas figuras 1 e 2 é possível afirmar que a velocidade do pulso ultrassônico (VPU) é diretamente afetada pelo teor de umidade presente na amostra durante a realização do ensaio de ultrassom. A explicação desse comportamento se dá a partir dos conceitos básicos de física, visto que, a velocidade é diferente de acordo com o meio de propagação, sendo maior nos sólidos, do que nos líquidos e gases, respectivamente. Os valores da relação entre VPU e umidade para os corpos de prova que não foram embalados foram coerentes com a teoria ($R^2=0,85$). Já para os corpos de prova que foram embalados a umidade não se mostrou como interferência direta ($R^2=0,13$), cuja razão ainda será investigada pelos autores.

Figura 1 - Relação entre VPU e umidade dos cps sem embalar

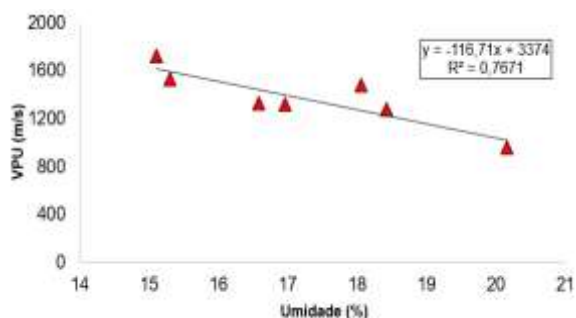
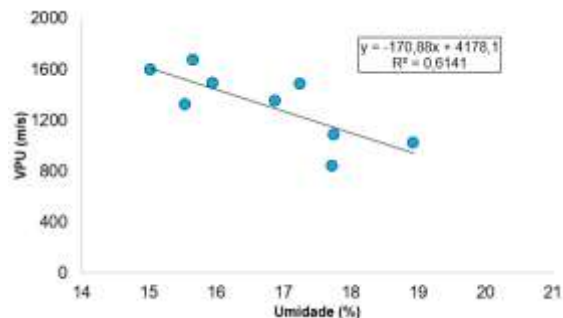


Figura 2 - Relação entre VPU e umidade dos cps embalados



CONCLUSÕES

O ensaio de ultrassom permitiu detectar diferenças em relação ao teor de umidade dos corpos de prova, sendo que a velocidade foi maior quanto menor a umidade. Os resultados indicam a possibilidade de aplicar a técnica de ultrassom durante o controle tecnológico de construções em solo, porém, para validar o uso da técnica, é necessário que fatores como a tipo de solo e energia de compactação sejam avaliados, contribuindo com criação de um banco de dados a respeito do assunto.

REFERÊNCIAS

SARRO, W. S.; FERREIRA, G. C. S.; GALLETTO, A. “Técnica de ultrassom aplicada na inspeção de edificações construídas em solo compactado”. In 57º Congresso Brasileiro do Concreto – Ibracon. ISSN:2175-8182, Bonito – MS, 2015.

WANG, D.; ZHU, Y., MA, W.; NIU, Y. “Application of ultrasonic technology for physical-mechanical properties of frozen soils”. Cold Regions Science and Technology 44, p. 12-19, 2006.

MILANI A. P. S. “Avaliação física, mecânica e térmica do material solo cimento cinza casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica” (Tese de Doutorado). - Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

HOFFMANN, V M e GONÇALVES, R. “Análise da qualidade da taipa de pilão por meio de ondas ultrassônicas”. In: III Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. CD, Anais, Campo Grande, UFMS, 2010.

FERREIRA, G. C. S., GONÇALVES, R., HOFFMAN, M., SARRO, W. S. Determinação de propriedades de solo compactado utilizando ensaio de ultrassom. - Porto de Galinhas, Pernambuco: Abendi, 2013.

FERREIRA, G. C. S.; SARRO, W. S.; HOFFMANN, M.; GONÇALVES, R. “Influência das camadas de compactação em inspeções de painéis monolíticos de solo-cimento por ultrassom”. ConaEnd&Iev – Congresso Nacional de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção, São Paulo, 2014.

BUCUR, V. “Acoustics of Wood”. New York: Editora Springer Verlage, 2006.