

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO POR MEIO DO FORNO MICRO-ONDAS**Meire Galdino Alves Rodrigues¹, Glaucio Luciano Araujo².**¹ Graduanda em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu,
meirigaldino@gmail.com² Mestre em Engenharia Agrícola, Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu,
glaucio_araujo@yahoo.com.br

Resumo- O teor de água de um solo conhecido como umidade é definido como a razão entre a massa de água contida em uma amostra de solo pela massa de solo seco, sendo expressa em quilogramas de água por quilogramas de solo. Tradicionalmente a umidade do solo vem sendo determinada pelo método considerado como padrão, o método termogravimétrico, utilizando uma estufa para o aquecimento do solo e evaporação da água. No entanto este método traz o grande inconveniente da demora na obtenção dos resultados. Neste trabalho científico foi estudada a possibilidade da utilização do forno micro-ondas na determinação da umidade do solo, visando dar agilidade ao processo de estimativa do teor de água nos solos. Os resultados de umidade do solo obtidos por meio do forno micro-ondas foram comparados com resultados obtidos pelo método padrão de estufa. Foi realizada uma análise de regressão linear com intervalo de confiança de 95%. De acordo com os resultados, conclui-se que o método pode ser utilizado para a estimativa da umidade no solo, apresentando elevada correlação entre valores estimados e observados, podendo ser comprovado pelo elevado coeficiente de determinação, 0,997.

Palavras-chave: Teor de água no solo; Métodos alternativos; Estimativa da água no solo.

Área do Conhecimento: Engenharia Civil.

1 INTRODUÇÃO

Os solos são constituídos por conjuntos de partículas que podem possuir diâmetro variáveis e conter água em seus espaços vazios. Na engenharia a compactação e a resistência dos solos são fatores de extrema importância e como a densidade relativa influencia diretamente o comportamento mecânico e hidráulico dos solos, têm-se a necessidade pela busca de métodos mais rápidos e eficientes, para a estimativa da umidade do solo, com isso vários estudos foram produzidos para validar o uso do forno micro-ondas na determinação da umidade dos solos.

A umidade do solo ou teor em água é definida como relação entre a massa de água contida em uma amostra de solo pela massa de solo seco, sendo expressa em quilogramas de água por quilogramas de solo. Para determinação do peso seco e da massa de água, o método tradicional é a secagem em estufa, conhecido também como padrão gravimétrico, na qual a amostra é mantida com temperatura entre 105 °C e 110 °C, até que apresente peso constante, o que significa que ela perdeu sua água por evaporação. O conhecimento da umidade do solo é de fundamental importância, pois indica em que condições hídricas o solo se encontra.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997), a metodologia para a determinação de umidade nos solos que utiliza a estufa é um método consagrado. Entretanto, quando se pretende rapidez em se conhecer a umidade dos solos, tal método não é eficiente, pois até mesmo o intervalo de tempo adequado para se realizar a secagem é controverso. Conforme Benke e Kearfott (1999), a dependência do teor de umidade com o tempo de secagem da amostra em estufa pode ser expressa por meio de uma função Gaussiana com dois parâmetros, sendo que a umidade inicial das amostras não afeta o resultado final. Diferentes alternativas ao emprego da estufa têm sido propostas, sendo uma delas a aplicação do forno micro-ondas. Miller, Smith e Biggar (1974) propuseram o uso do forno de micro-ondas comercial, o que diminui sobremaneira o tempo de secagem, o qual é função do número de amostras, do tamanho e potência do forno, do teor de umidade inicial, da massa da amostra e do tipo de solo.

O processo de secagem do solo por meio do emprego da radiação eletromagnética baseia-se no fato da molécula de água ser um dipolo elétrico natural, os quais sofrem rotação quando expostos a um campo eletromagnético. Segundo Aguilar (2001), o atrito molecular resultante gera calor

instantâneo e uniformemente na amostra de solo, reduzindo a umidade. Já o comportamento de materiais ferromagnéticos na presença de campos elétricos externos, tais como o campo magnético de uma onda eletromagnética do tipo micro-onda (GUIMARÃES, 1998), é determinado pela origem de seus dipolos magnéticos e pela natureza da interação entre eles. Assim, solos com altos teores de ferro apresentam comportamento peculiar, quando submetidos à radiação eletromagnética.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade da adoção do forno micro-ondas para determinações rotineiras da umidade dos solos.

2 METODOLOGIA

Foi utilizado um solo característico da região, denominado latossolo vermelho amarelo. As amostras de solo utilizadas foram secas ao ar, peneiradas com peneira de 2,00 mm de abertura, e posteriormente foram secas em estufa a 110 °C por 24 horas.

O solo depois de seco foi dividido e acondicionado em nove sacos plásticos, sendo distribuídos 0,5 quilogramas de solo por saco. Na primeira porção de solo acondicionada no primeiro saco, foi adicionada uma porção de água equivalente a 1% do peso de solo seco, no segundo foi adicionado 5%, no terceiro 10%, no quarto 15%, no quinto 20%, no sexto 25%, no sétimo 30%, no oitavo 35% e no nono 40% de água. Este procedimento foi realizado no intuito de avaliar o método com diferentes teores de umidade no solo. Depois de adicionada a água em cada saco o solo foi homogeneizado e acondicionado hermeticamente fechado hermeticamente por 72 horas para melhor distribuição da água em toda a amostra.

Decorrido o tempo, foram retiradas três porções de solo de cada um dos nove sacos plásticos contendo o solo úmido, aproximadamente 20 gramas em cada porção, para a determinação do teor médio de umidade por meio do método padrão de estufa (EMBRAPA, 1997), estes valores foram utilizados como referência para testar o método do forno micro-ondas.

A determinação do teor de umidade utilizando o forno micro-ondas foi conduzida em forno da marca Eletrolux modelo MEF41. As determinações foram efetuadas com nível de potência alta (100%), com as amostras de solo acondicionadas em beakers de vidro. Foram empregados aproximadamente 20 gramas de solo para cada amostra.

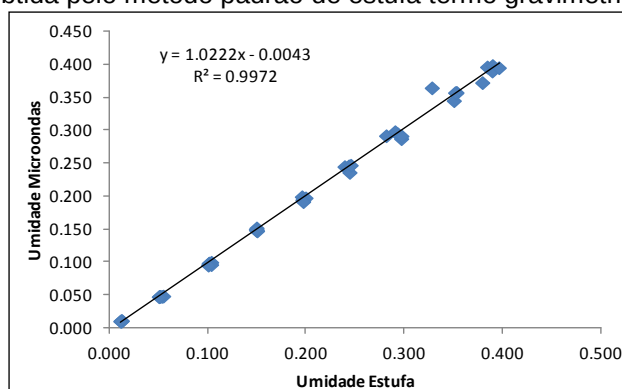
Inicialmente, as amostras foram submetidas a um tempo de 120 segundos no forno de micro-ondas, em seguida, as amostras foram retiradas e transferidas para um dessecador, a fim de perderem calor, posteriormente foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 0,01g. Este procedimento foi repetido de 120 em 120 segundos, até a estabilização da massa da amostra, conforme metodologia proposta pelo Texas Department of Transportation (2002).

Os valores médios de umidade, determinados por meio do uso do forno micro-ondas, foram empregados para ajustar as equações de regressão, relacionando o valor de referência do método padrão. As análises de regressão foram realizadas com o intervalo de confiança igual a 95%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados de umidade obtidos pela metodologia do forno micro-ondas em função dos valores de umidade do método padrão de estufa termo gravimétrico.

Figura 1 - Umidade do solo obtida pelo método do forno micro-ondas em função da umidade do solo obtida pelo método padrão de estufa termo gravimétrico



Na Figura 1 é possível observar que existe elevada concordância entre a umidade estimada pelo método do forno micro-ondas, como o método padrão de estufa termo gravimétrico, fato que

pode ser comprovado pelo elevado valor do coeficiente de determinação apresentado e pelos valores de resíduos individuais de cada uma das amostras.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância da regressão linear entre os valores estimados pelo método do forno micro-ondas e os valores do método padrão de estufa termo gravimétrico.

Tabela 1 - Análise de variância da regressão linear dos valores estimados de umidade do solo utilizando o forno micro-ondas em função dos valores de umidade do solo estimados utilizando o método padrão de estufa termo gravimétrico.

	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	F de significação
Regressão	1	0,71616	0,71616	15064,29387	0,00000
Resíduo	43	0,00204	0,00005		
Total	44	0,71820			

Na tabela 1 a regressão apresentou baixos valores para soma de quadrados e para o quadrado médio indicando baixa variabilidade do método testado, assim como o valor do quadrado médio do resíduo, resultando em um valor elevado para o teste F, indicando que pelo menos um dos coeficientes da regressão é diferente de zero, considerando 95% de confiança. A Tabela 2 apresenta a significância de cada um dos coeficientes da regressão linear.

Tabela 2 - Coeficientes da regressão linear entre os valores estimados de umidade do solo utilizando o forno micro-ondas em função dos valores de umidade do solo estimados utilizando o método padrão de estufa termo gravimétrico.

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Linear	-0,0043	0,0019	-2,1960	0,0335
Angular	1,0222	0,0083	122,7367	0,0000

Na Tabela 2, a proximidade de zero do coeficiente linear indica a fidelidade do método com a realidade, ou seja, quando o solo apresentar um teor de umidade próximo à zero, o método também irá indicar um valor próximo à zero, demonstrando sua fidelidade com a realidade.

A proximidade do coeficiente angular da unidade indica a fidelidade do método do forno micro-ondas com o método padrão de estufa termo gravimétrico, indicando pequena superestimativa dos valores de umidade. Tanto o teste T quanto o valor P, indicam que os coeficiente são diferentes de zero, considerando 5% de probabilidade.

Tavares et al. (2008) estudando a utilização do forno de micro-ondas na determinação da umidade no solo, comparando os resultados com os valores fornecidos pelo método da estufa convencional, usando nove solos, com diferentes texturas conclui que os resultados obtidos por meio não diferiram entre si. Quando se usou o método do forno micro-ondas, as variações entre repetições diminuíram com o tamanho da amostra e com a percentagem de partículas finas no solo. Estes pesquisadores afirmam que as análises de regressão entre as variáveis, tempo e umidade, apresentaram ajuste potencial do tipo $y = kx^n$, com elevada correlação ($R^2 = 0,9997$) para todos os solos estudados. Os valores do expoente n, todos próximos da unidade, indicaram que o mecanismo de retirada da água por micro-ondas apresentou um comportamento próximo ao linear em função do tempo e que os teores de umidade inicial e a massa de solo não influenciaram o processo.

Vinholis et al. (2008), estudaram o uso do micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas, considerando aspectos econômicos, social e ambiental, concluíram que o uso de micro-ondas para determinação do conteúdo de água em solo permite otimizar atividades de irrigação em sistemas intensivos de produção agrícola, gerando impacto positivo do ponto de vista econômico, social e ambiental nos sistemas de controle da qualidade e de produção agrícola. Resultados similares foram obtidos por Souza et al. (2002), concluindo que o procedimento proposto apresenta-se como uma alternativa ao método convencional de secagem (método padrão de estufa).

Fonseca et al. (2009), trabalhando com o objetivo de comparar o método do forno de microondas com o método padrão de estufa, a fim de comprovar sua confiabilidade na determinação de umidade do solo, concluem quem os resultados estimados por meio do método do forno microondas para a determinação de umidade do solo não difere estatisticamente do método padrão de estufa, constituindo uma metodologia confiável e que pode ser facilmente utilizada na determinação da umidade do solo.

A umidade do solo, embora seja um conceito físico simples, apresenta dificuldades na sua determinação, de forma a se obter um valor representativo devido à inerente variabilidade espacial e temporal das características físicas do solo (GONÇALVES et al., 1999). Existem várias maneiras de se medir a umidade de um solo, segundo métodos diretos ou indiretos, cada qual apresentando determinada precisão, tempo de resposta e custo do equipamento envolvido.

Com base nos resultados obtidos, é possível validar a potencialidade do emprego do forno micro-ondas na determinação do teor de umidade do solo. Com o uso do forno micro-ondas elimina-se o tempo de secagem do solo, que pelo método padrão seria de 12 a 72 horas, enquanto que utilizando o forno micro-ondas diminui significativamente esse tempo e o consumo de energia, obtendo a mesma precisão que o método da estufa.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o método do forno microondas é um método eficiente para a determinação da umidade do solo, podendo ser utilizado em análises de rotina.

5 REFERÊNCIAS

AGUILAR, J. A. G. Procesamiento de materiales por medio de microondas em la FIME. **Ingenierías**, v.4, p.32-39, 2001.

BENKE, R. R.; KEARFOTT, K. J. Soil sample moisture content as a function of time during oven drying for gamma-ray spectroscopic measurements. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, v.422, p.817-819, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

FONSECA, S. O.; ARAÚJO, G. L.; FARIA, B. H. G.; LIPARIZI JUNIOR, A.; COSTA, J.; REIS, E. F. Avaliação do método do forno microondas para a determinação de umidade do solo em relação ao método padrão de estufa. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. 2009, São José dos Campos. **Anais ...** São José dos Campos: UNIVAP, 2009. p. 1-4.

GONÇALVES, A.C.A. et al. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.155-164, 1999.

GUIMARÃES, A. P. **Magnetism and magnetic resonance in solids**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MILLER, R. J.; SMITH, R. B.; BIGGAR, J.W. Soil water content: microwave oven method. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, v. 38, n. 3, p. 535-537, 1974.

SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; RASSINI, J.B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico**. EMBRAPA: São Carlos, 2002. (Circular Técnica Nº 33).

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; GABRIEL FILHO, A.; KONOPATSKI, E. A. Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.529-538, 2008.

TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – TDT. **Manual of testing procedures**. Texas: TDT, 2002.

VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; PRIMAVESI, O. Uso do micro ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: Avaliação econômica, social e ambiental. **Custos e Agronegócio on line**, v.4, n.2, 2008.