Inspeção metrológica do equipamento umidímetro para determinação do teor de umidade em solos (speedy), associada à avaliação do método expedito da frigideira

Metrological inspection of the speedy moisture tester for soil moisture content determination associated with the evaluation of the frying pan field method

Alice Rodrigues Zanata

Universidade Federal da Grande Dourados - FAEN

E-mail: alicerzanata@gmail.com

OrcID: 0009-0006-4874-9071

Agleison Ramos Omido

Universidade Federal da Grande Dourados - FAEN

E-mail: agleisonomido@ufgd.edu.br

OrcID: 0000-0002-0014-8537

Recebido em: 2025-12-15

Aceito em: 2026-03-18

DOI: https://doi.org/10.30612/ipsum.v2i1.20981

RESUMO - Na construção civil, é fundamental conhecer as características do solo empregado nas obras, sendo o teor de umidade um dos principais índices físicos que influenciam essas características. O método da estufa (normatizado pela NBR 6457:2024) é o mais exato para determinar a umidade, contudo, o processo de obtenção desse valor exige estrutura laboratorial e um período de 24 horas para se obter o resultado. Como alternativa, existem os métodos expeditos, como o Speedy e a frigideira (normatizados pela NBR 16097:2012), que permitem medições em campo e mais rápidas, exigindo apenas atenção do operador quanto à calibração do equipamento Speedy e execução cuidadosa na realização desses procedimentos alternativos. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo realizar a inspeção metrológica do aparelho Speedy e verificar a confiabilidade do método da frigideira para solos com diferentes granulometrias. Para isso, amostras de solos arenoso e argiloso foram separadas em quatro frações e ajustadas para teores de umidade de referência de 5%, 7% e 10%. Foram realizados ensaios de umidade pelo método da estufa, da frigideira e do Speedy, em triplicata, adotando a estufa como método de referência. Os resultados mostraram que ambos os métodos expeditos apresentaram umidades dentro da tolerância da norma DNIT 139:2010 de mais ou menos dois pontos percentuais em relação ao valor de referência. A partir disso, concluiu-se que o aparelho

Speedy utilizado não necessita de calibração imediata, podendo ser utilizado para fins didáticos e pesquisa, enquanto o método da frigideira mostrou-se confiável e uma alternativa viável para ser utilizado em obras.
Palavras-chave: Inspeção metrológica; Calibração de equipamento (Speedy Test); Teor de umidade em solos; Método da frigideira.

ABSTRACT – In civil construction, it is essential to understand the characteristics of the soil used in projects, with moisture content being one of the main physical indices influencing these characteristics. The oven-drying method (standardized by NBR 6457:2024) is the most accurate for determining moisture; however, obtaining this value requires laboratory facilities and a 24-hour period to obtain the result. As an alternative, there are expedited methods, such as the Speedy and the pan method (standardized by NBR 16097:2012), which allow for faster field measurements, requiring only that the operator pay attention to the calibration of the Speedy equipment and perform the alternative procedures carefully. Thus, this study aims to carry out the metrological inspection of the Speedy device and verify the reliability of the pan method for soils with different grain sizes. To do so, samples of sandy and clayey soils were separated into four fractions and adjusted to reference moisture contents of 5%, 7%, and 10%. Moisture tests were performed using the oven-drying, pan, and Speedy methods, in triplicate, adopting the oven as the reference method. The results showed that both expedited methods presented moisture values within the tolerance of DNIT 139:2010 of plus or minus two percentage points relative to the reference value. Based on this, it was concluded that the Speedy device used does not require immediate calibration and can be used for educational and research purposes, while the pan method proved to be reliable and a viable alternative for use in construction projects.

Keywords: Metrological inspection; Equipment calibration (Speedy Test); Soil moisture content; Pan method.

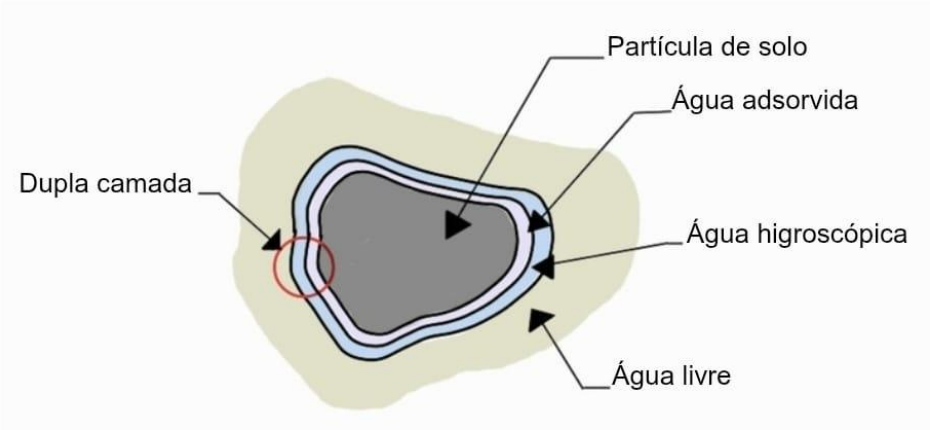
1 INTRODUÇÃO

Na realização de obras de engenharia civil, é fundamental ter conhecimento das características e condições do solo para o desenvolvimento de um projeto (Davi, 2022). Segundo Albuquerque (2022), o solo não é apenas um elemento que estará em contato com a estrutura, ele também pode ser considerado um material de construção quando utilizado em obras como aterros, barragens e rodovias. Conhecer seu comportamento permite a elaboração de soluções que impeçam as construções de sofrer ruínas devido às reações do solo quando se tem a alteração na tensão geostática, isto é, quando se tem uma construção que pode aumentar essa tensão ou uma escavação que pode diminuí-la (Pinto, 2006).

Devido ao fato de que as partículas que formam o solo possuem formas irregulares e deixam espaços entre si, considera-se que o solo é um sistema composto por três fases, sendo elas a sólida, a líquida e a gasosa (Das; Sobhan, 2019). A fase sólida é composta pelas partículas de solo derivadas das rochas, a fase gasosa são os vazios entre as partículas preenchidas por ar e a fase líquida pode ser entendida como toda a água presente no solo (Pinto, 2006). Essa água pode ser dividida entre a água que pode ser evaporada pelo calor e a que não pode.

Em geral, as partículas de solo carregam ânions em sua superfície que, na presença da água, acabam atraindo as moléculas até formar uma camada viscosa à sua volta chamada de dupla camada (Das; Sobhan, 2019). A parte mais interna dessa camada é chamada de *água adsorvida* e é a camada mais fortemente atraída pela partícula, já a água mais externa é chamada de *água higroscópica* e é atraída o suficiente para permanecer no solo seco em estado natural, por exemplo, mas pode ser evaporada com o calor (Albuquerque, 2022). Essas camadas podem ser melhor observadas na Figura 01.

Figura 01 - Camadas de água atraídas pela partícula de solo.



Fonte: Os autores, 2025.

De acordo com Albuquerque (2022), a chamada *água livre* é a que ocupa totalmente os vazios do solo e a *água capilar* é aquela que está além da água livre e percorreu os capilares do solo. Tanto a água livre quanto a água capilar também podem ser evaporadas com calor.

As relações mássicas e volumétricas entre as três fases são chamadas de índices físicos, e variam de solo para solo permitindo a divergência comportamental entre eles (Pinto, 2006). Pela realização de ensaios laboratoriais, é possível obter alguns desses índices físicos, tais como umidade, pesos específicos e índice de vazios, de forma direta ou indireta, e usá-los para avaliar os possíveis comportamentos mecânicos do solo (Murrieta, 2018).

Outros parâmetros, como a granulometria e os limites de Atterberg, também são determinados a partir de ensaios ou por correlação empíricas e são fundamentais para inferir o comportamento do solo, juntamente com os índices físicos (Badaró, 2022; Albuquerque, 2022). O Quadro 01 apresenta os principais ensaios realizados no estudo de caracterização do solo e as normas que os descrevem.

Quadro 01 - Principais parâmetros para caracterização do solo.

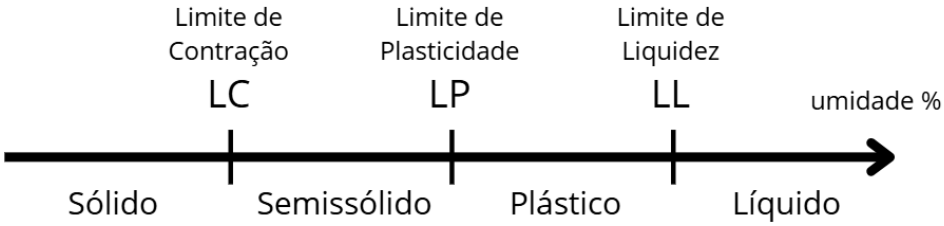
Parâmetros	Norma de referência
Granulometria	NBR 7181:2025
Umidade	NBR 6457:2024 (Estufa) NBR 16097:2012 (Métodos expeditos)
Peso específico aparente	NBR 9813:2025 (Cilindro de cravação) NBR 7185:2025 (Frasco de areia)
Índice de vazios	NBR 16840:2020 (Máximo) NBR 16843:2020 (Mínimo)
Massa específica seca	NM 52:2009 (Agregado miúdo) NM 53:2009 (Agregado graúdo)
Massa específica saturada	NM 52:2009 (Agregado miúdo) NM 53:2009 (Agregado graúdo)
Massa específica dos sólidos	NBR 6458:2025
Limite de liquidez	NBR 6459:2025
Limite de plasticidade	NBR 7180:2025

Fonte: Os autores, 2025.

Dentre os índices físicos, o teor de umidade é um dos principais influenciadores das características do solo (Davi, 2022). A presença de água está diretamente ligada à resistência estrutural e estabilidade do solo, onde sua movimentação pode promover o deslocamento das partículas sólidas, resultando em fenômenos como o recalque (De Brito; Junior; Coutinho, 2023; Pinto, 2006). Em suas pesquisas, Atterberg constatou que quando o teor de água no solo é baixo, a tendência é de que ele se comporte como um sólido e quando o teor é alto, a tendência é de que ele se comporte como um líquido viscoso (Nascimento, 2022).

São quatro os estados de consistência do solo: sólido, semissólido, plástico e líquido (Albuquerque, 2022). A transição de um estado para o outro acontece nos chamados de Limites de Atterberg e modificam de acordo com a variação da umidade: o limite de contração é a passagem de sólido para semissólido; o limite de plasticidade é a passagem de semissólido para plástico e o limite de liquidez é a passagem do estado plástico para o líquido (Murrieta, 2018). A Figura 02 ilustra os estados de consistência e os limites de Atterberg.

Figura 02 - Estados de consistência do solo e os limites de Atterberg.



Fonte: Os autores, 2025.

Um dos métodos utilizados para a medição da umidade é o método da estufa. Segundo Camargo e Costa (1960) e Ribeiro et al. (2018), este consiste no uso da estufa elétrica, entre 105° e 110°C, para secar a amostra por 24 horas, determinando-se a massa de água pela diferença entre as massas seca e úmida da amostra e o teor de umidade através da Equação 01 (ABNT 2024):

$$W(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (01)$$

Em que: W é o teor de umidade em porcentagem (%); M_1 é a massa da amostra úmida mais a massa do recipiente, em gramas (g); M_2 é a massa da amostra seca mais a massa do recipiente, em gramas (g); e M_3 é a massa do recipiente, em gramas (g).

Buscando a precisão e confiança nos resultados, o método da estufa é o mais utilizado para a aferição da umidade por determiná-la de forma direta (pela evaporação da água), não necessitando de calibragem (Ribeiro et al, 2018; Schreiner; Rodrigues, 2018).

Apesar de sua simplicidade, o método da estufa só pode ser realizado em laboratórios e leva um tempo considerável para apresentar os resultados (Lucas, 2019). Disso, surgiram métodos alternativos para a medição da umidade de forma que possam ser realizados *in situ* e tenham respostas mais rápidas, tornando-os mais práticos para serem utilizados nas obras pelos engenheiros (De Brito; Junior; Coutinho, 2023; Cormick, 2015). Dentre eles, o método do Speedy e da frigideira são normalizados pela NBR 16097:2012 e vem sendo comumente utilizados.

O aparelho Speedy consiste em uma câmara acoplada a um manômetro, que recebe a amostra de solo úmida, esferas de aço e uma cápsula contendo carbureto de cálcio (ABNT, 2012). Quando a câmara é agitada, as esferas de aço quebram a cápsula de carbureto de cálcio, fazendo a água da amostra reagir com o carbureto de cálcio. Essa

reação produz gás acetileno em quantidade proporcional à quantidade de água contida na amostra, quando realizada em um ambiente hermeticamente fechado, conforme mostra a Equação 02 (Camargo; Costa, 1960; Lucas, 2019):

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \Rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)} \quad (02)$$

(Carbureto de cálcio + água ⇒ hidróxido de cálcio + acetileno)

A umidade é determinada de forma indireta, relacionando a pressão do gás resultante da reação à uma curva de calibração disponibilizada com o próprio aparelho (Badaró, 2022). Segundo a NBR 16097:2012, o aparelho Speedy é de uso rápido e recomendado para solos arenosos, sendo necessário cuidado com o local de manuseio pois o gás acetileno é inflamável e tóxico.

Diferentemente do Speedy, o método da frigideira pode ser realizado com recursos simples e fáceis de encontrar, porém a confiabilidade e precisão dos resultados depende muito do manejo do operador (ABNT, 2012). O método consiste no uso de uma frigideira e um fogareiro para aquecer a amostra de solo e evaporar a água (Badaró, 2022). Para determinar o tempo de parada do aquecimento, uma placa de vidro transparente é colocada sobre a amostra e o fogo é desligado quando não existir vapor de água sob o vidro (Schreiner; Rodrigues, 2018).

Visando melhorar o processo de secagem, uma espátula é utilizada para revolver a amostra e evitar que a amostra de solo queime (Aguiar, 2024). O uso da frigideira permite que a umidade seja determinada de forma direta e rápida, se comparada com o método padrão, levando alguns minutos para obter o resultado da relação entre as massas que permitem a obtenção do teor de umidade através da Equação 01 apresentada anteriormente (Nascimento, 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é realizar a inspeção metrológica do aparelho Speedy e verificar a confiabilidade do método da frigideira, ambos métodos normalizados pela NBR 16097:2012, em ensaios realizados com solos de diferentes granulometrias.

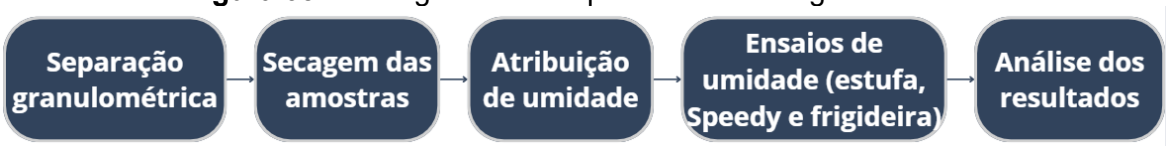
2 METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios, utilizou-se um solo arenoso obtido no comércio da cidade de Dourados - MS e um solo argiloso coletado na fazenda pertencente à universidade. Todos os ensaios deste trabalho foram executados em triplicata no Laboratório de Engenharia Civil (LECivil) na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

O aparelho Speedy utilizado nos ensaios de umidade é da marca SoloCap, é de propriedade da Universidade Federal da Grande Dourados e encontra-se alocado no laboratório de Mecânica dos Solos. Já o fogareiro utilizado é elétrico, da marca Agratto com potência de 1500 W e voltagem 220 V e é de propriedade do autor.

A Figura 03 a seguir ilustra um fluxograma com a sequência metodológica adotada neste trabalho:

Figura 03 - Fluxograma da sequência metodológica adotada.

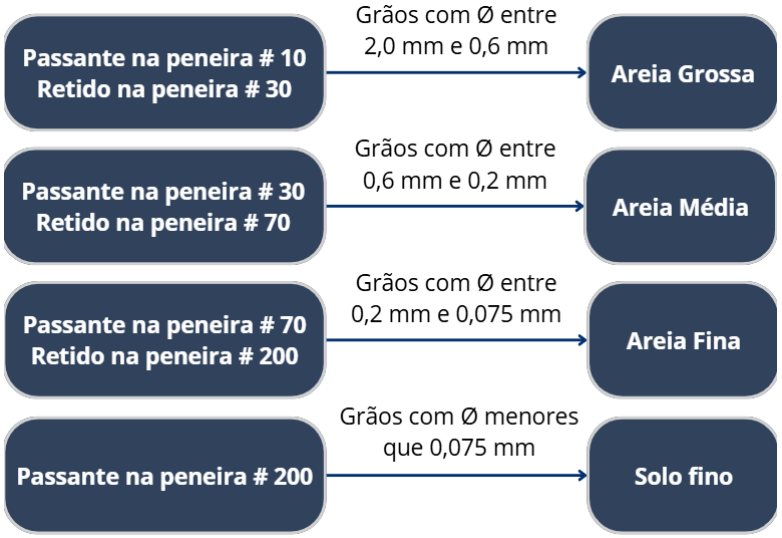


Fonte: Os autores, 2025.

2.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras obtidas foram inicialmente peneiradas e separadas nas frações de areia grossa, média, fina, além de solo fino, conforme indicado na Figura 04.

Figura 04 - Fração das amostras utilizadas segundo a ABNT NBR 6502:2022.



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 05 - Amostras utilizadas nos ensaios separadas por granulometrias (da esquerda para a direita: areia grossa, areia média, areia fina e solo fino).

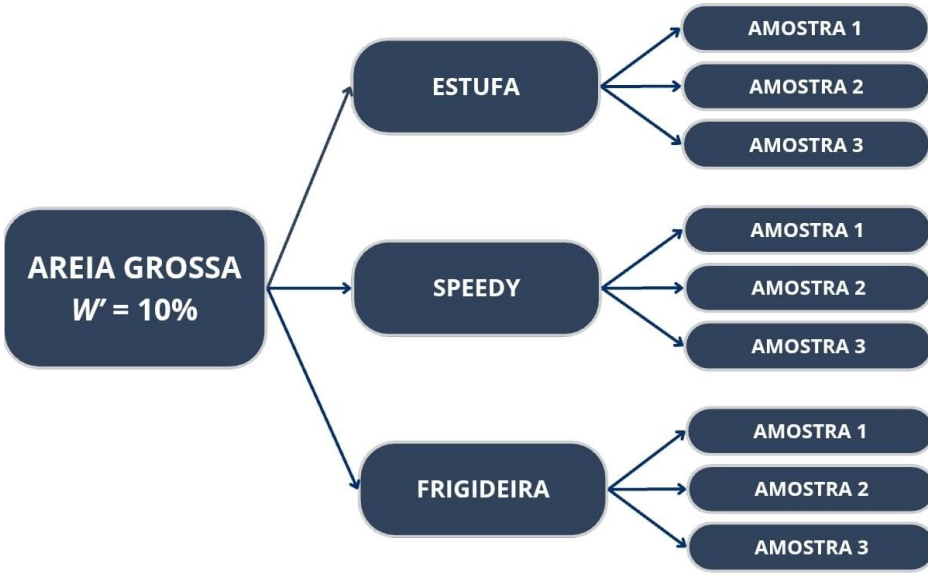


Fonte: Os autores, 2025.

Com o propósito de avaliar a calibração do aparelho Speedy e a confiabilidade do método da frigideira, foram estabelecidos teores de umidade de referência (*W'*) a serem adicionados nas amostras de 5, 7 e 10%.

Os ensaios foram organizados em baterias, cada uma correspondente a uma fração de amostra e a um teor de umidade distintos, e realizados em triplicata, sendo a Figura 06 um exemplo da composição dos ensaios de uma dessas baterias.

Figura 06 - Exemplo de composição de ensaios de cada bateria executada.



Fonte: Os autores, 2025.

A amostra de uma bateria de ensaio foi composta por 800 gramas de um tipo de solo supracitado, previamente seco em estufa a 105°C por 24 horas. Assim, em um saco plástico, foi colocado a amostra de solo e a massa de água necessária para alcançar o teor de umidade de referência proposto, misturando-se até que a amostra estivesse a necessária para alcançar o teor de umidade de referência proposto.

2.2 MÉTODO DA ESTUFA

Foram identificadas 3 cápsulas de metal e cada uma delas foi pesada para obter o valor de M_3. Em seguida, foram adicionados aproximadamente 30 gramas de amostra de solo úmido, de acordo com a NBR 6457:2024, e as cápsulas foram pesadas, obtendo-se valores de M_1, e colocadas na estufa a 105°C por 24 horas. Quando retiradas, pesou-se novamente cada cápsula, agora com a amostra seca para obter-se M_2.

Todos os valores foram registrados e a umidade de cada amostra foi calculada utilizando a Equação 01.

Figura 07 - Cápsulas com amostras dos ensaios de umidade pelo método da estufa.



Fonte: Os autores, 2025.

2.3 MÉTODO DO SPEEDY

Para realizar o ensaio no aparelho Speedy, a NBR 16097:2012 indica que a massa de amostra úmida a ser utilizada deve seguir as recomendações do fabricante do equipamento, que faz uma relação entre a provável umidade da amostra e a massa utilizada: para a umidade de referência de 10% utiliza-se 10 gramas de amostra, para 7% utiliza-se 15 gramas e para 5% utiliza-se 20 gramas.

Com a balança analítica, foi medida a massa de amostra e colocada na câmara do aparelho, juntamente com as esferas de aço e uma ampola de carbureto de cálcio. O aparelho foi fechado e agitado com força e velocidade suficiente para que as esferas quebrassem a ampola e então, foi colocado em repouso, para que a pressão resultante da reação entre a água contida na amostra e o carbureto de cálcio se estabilizasse e poder ser feita a leitura do manômetro.

Figura 08 - Aparelho Speedy e acessórios.



Fonte: Os autores, 2025.

Todos os valores foram registrados e a umidade foi determinada pela tabela disponibilizada pelo fabricante do aparelho, que relaciona a pressão aferida pelo manômetro acoplado ao aparelho e a umidade da amostra.

2.4 MÉTODO DA FRIGIDEIRA

Neste método, a NBR 16097:2012 descreve a massa do recipiente (M_3) como a massa do conjunto frigideira + espátula, garantindo que os resíduos da amostra que ficam na espátula não interfiram nos resultados do ensaio. Assim, após o conjunto ser pesado, foram adicionados 200 gramas de amostra úmida na frigideira e pesou-se novamente, obtendo o valor de M_1.

Utilizou-se um fogareiro elétrico para aquecer a frigideira em baixa temperatura, enquanto a amostra era constantemente revolvida para evitar que queimasse. Quando não se observou mais vapor saindo da amostra, o fogareiro foi desligado e o conjunto formado por frigideira, espátula e amostra seca foi pesado. Em seguida, o aquecimento foi retomado por alguns minutos e uma nova pesagem foi realizada. Esse procedimento foi repetido até

que a massa do conjunto permanecesse constante, obtendo-se assim o valor de M_2. A umidade de cada amostra foi calculada utilizando a Equação 01.

Figura 09 - Aparelhagem utilizada no método da frigideira.



Fonte: Os autores, 2025.

Considerando que o método da frigideira é um método gravimétrico (ou seja, a umidade é determinada pela diferença entre a massa úmida e a massa seca da amostra), qualquer perda de material durante o ensaio compromete o resultado final dos cálculos. Quando parte da amostra é perdida, a massa final medida fica artificialmente menor, o que leva a um aumento do valor final da umidade. Por esse motivo, o operador deve ter muita cautela ao realizar este ensaio, buscando sempre revolver a amostra de forma lenta e controlada, garantindo que todo o solo permaneça contido na frigideira e que a secagem seja homogênea.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 estão apresentados os resultados das médias dos ensaios de umidade realizados para cada umidade de referência.

Tabela 01 - Médias das umidades com desvio padrão, em porcentagem, obtidas pelo método da estufa (EST), do Speedy (SPE) e da frigideira (FRI) para cada umidade de referência (*W'*).

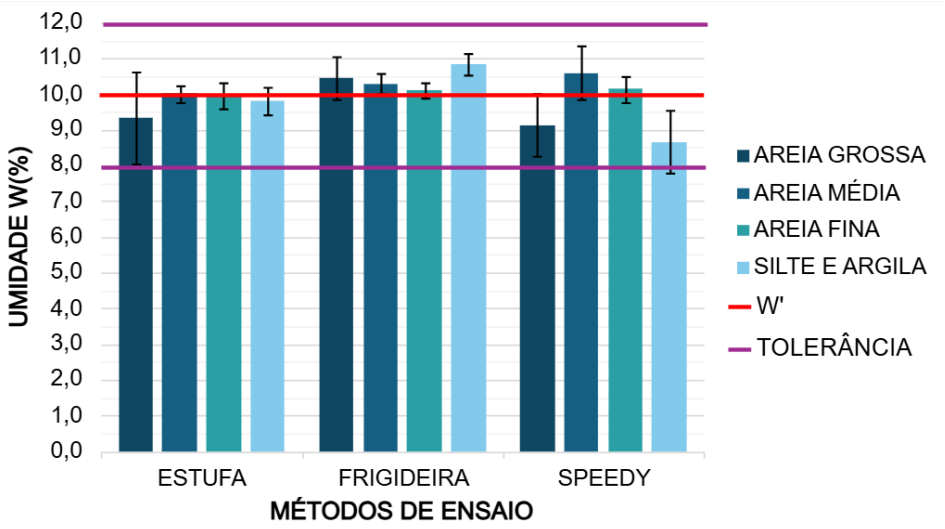
Amostra	*W'*	Método de ensaio		
		EST	FRI	SPE
Areia grossa	5	4,9 ± 0,1	4,9 ± 0,1	5,1 ± 0,4
	7	6,9 ± 0,3	6,9 ± 0,3	8,3 ± 0,3
	10	9,3 ± 1,3	10,5 ± 0,6	9,1 ± 0,9
Areia média	5	5,2 ± 0,4	5,1 ± 0,1	6,1 ± 0,4
	7	7,0 ± 0,2	7,1 ± 0,1	9,0 ± 0,3
	10	10,0 ± 0,2	10,3 ± 0,3	10,6 ± 0,7
Areia fina	5	5,1 ± 0,5	5,1 ± 0,4	6,0 ± 0,6
	7	7,0 ± 0,1	7,1 ± 0,2	8,4 ± 0,6
	10	10,0 ± 0,4	10,1 ± 0,2	10,1 ± 0,4
Solo fino	5	5,1 ± 0,4	6,0 ± 0,3	5,2 ± 0,8
	7	7,0 ± 0,2	8,0 ± 0,3	7,9 ± 0,3
	10	9,8 ± 0,4	10,8 ± 0,3	8,7 ± 0,9

Fonte: Os autores, 2025.

O método da estufa, que é o método de referência por sua exatidão, apresentou resultados bem próximos das umidades de referência atribuídas, porém, como já mencionado anteriormente, a necessidade de uma estrutura de laboratório e tempo de espera de, no mínimo, 24 horas para se ter o resultado torna o seu uso pouco viável no dia a dia de uma obra. Em contrapartida, os métodos do Speedy e da frigideira se tornam mais atrativos por poderem ser realizados *in situ* e demandarem menos tempo do que a estufa.

A Figura 10 expressa as porcentagens médias dos ensaios de umidade pelos métodos da estufa, da frigideira e do Speedy, para a umidade de referência (*W'*) de 10%.

Figura 10 - Valores obtidos nos ensaios de umidade de referência (*W'*) de 10%.

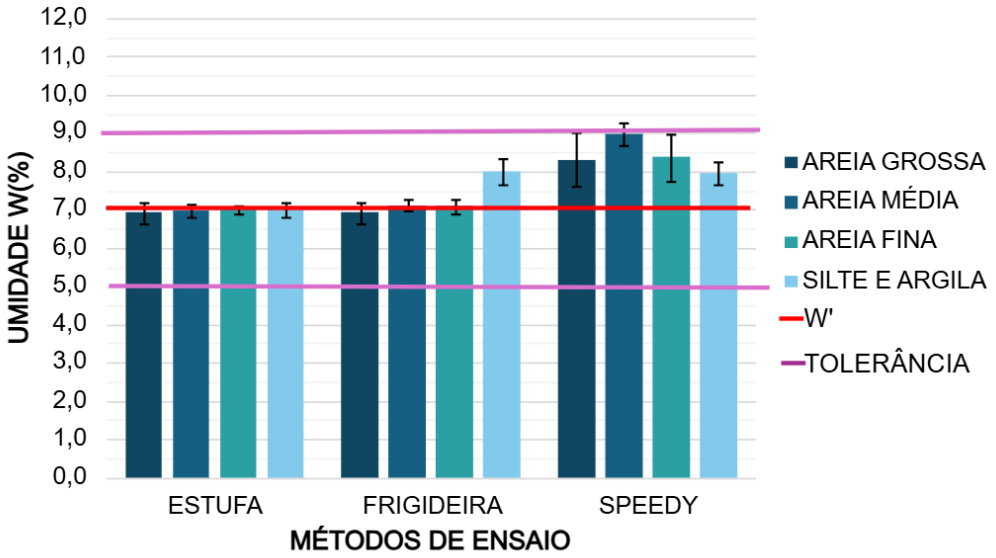


Fonte: Os autores, 2025.

Observa-se pela Figura 10 que os dois métodos expeditos (frigideira e Speedy) apresentaram resultados próximos aos do método de referência (estufa) e à umidade de referência estabelecida, com destaque para o método da frigideira, que apresentou resultados mais semelhantes uns dos outros conforme muda a granulometria da amostra, variando de 10,1% a 10,8%, diferentemente do aparelho Speedy, que apresentou resultados mais distantes um do outro, variando de 8,7% a 10,6%. Apesar disso, os resultados dos ensaios se encontram dentro da tolerância de variação da umidade de 2%, para mais ou para menos do valor de referência, estabelecida por norma (DNIT, 2010).

Na Figura 11 estão expressos os valores, em porcentagem, das médias das umidades resultantes dos ensaios, pelos métodos da estufa, frigideira e Speedy, para a umidade de referência (W') de 7%.

Figura 11 - Valores obtidos nos ensaios de umidade de referência (*W'*) de 7%.

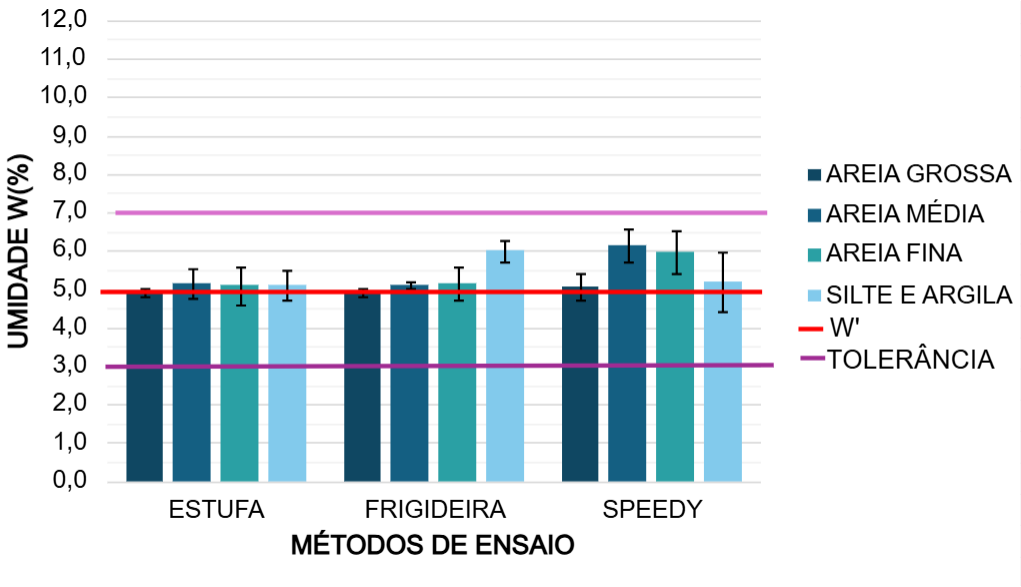


Fonte: Os autores, 2025.

Para os ensaios de umidade de 7%, todos métodos mostraram novamente resultados muito satisfatórios, tanto por apresentar umidades próximas da *W'* de 7% quanto por quase não apresentar variação conforme muda a granulometria da amostra, exceto a amostra de solo fino no método da frigideira. Ainda assim, todas as umidades se encontram dentro da faixa de tolerância.

Os valores das porcentagens para a umidade de referência (*W'*) de 5%, para os métodos da estufa, da frigideira e do Speedy, estão expressos na Figura 12.

Figura 12 - Valores obtidos nos ensaios de umidade de referência (*W'*) de 5%



Fonte: Os autores, 2025.

Na Figura 12 também se observa que as umidades encontradas pelo método da estufa e da frigideira são bem próximas do valor de 5% esperado, assim como o método do Speedy, que apresenta uma variação nos valores mais próxima da umidade de referência *W'*. Novamente, todos os valores de umidade estão dentro da tolerância permitida.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios mostraram que os métodos de ensaio alternativos (Speedy e frigideira) mostram-se satisfatórios para os valores de umidade de referência estabelecidos de 5, 7 e 10%: todas as médias desses dois métodos se encontram dentro da tolerância permitida para a variação da umidade de mais ou menos dois pontos percentuais em relação ao valor de referência.

O método do aparelho Speedy, mesmo sendo recomendado por norma para solos arenosos, apresentou bons resultados também para as amostras de granulometrias mais finas, especialmente para os valores de umidade menores. O mesmo acontece para o método da frigideira, que, apesar de ser mais rudimentar, apresentou umidades bem próximas do esperado para todas as granulometrias.

Frente aos resultados obtidos, pode-se afirmar que o aparelho Speedy utilizado encontra-se calibrado, podendo ser utilizado no laboratório de Mecânica dos Solos da UFGD tanto para fins didáticos como para pesquisa. Também, o método da frigideira

mostrou-se confiável para determinação da umidade, contudo, sua execução exige um operador experiente, capaz de realizar o ensaio com precisão a fim de garantir a confiabilidade dos resultados.

Ambos os métodos apresentaram resultados que estão em conformidade com a norma DNIT 139:2010 e o aparelho Speedy utilizado neste trabalho não carece de calibração imediata. Contudo, recomenda-se um controle periódico da calibração do aparelho Speedy, a fim de garantir a precisão dos ensaios e a confiabilidade dos resultados ao longo do tempo, e que o operador do ensaio da frigideira tenha muita cautela na hora de manusear a amostra para que não haja perdas que possam impactar o resultado do ensaio.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Rodrigo Miranda de. **Análise comparativa para determinação do teor de umidade de solo pelos métodos da estufa, frigideira, speedy test e balança infravermelho.** 2024. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/6986. Acesso em: 27 out. 2024.

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de; GARCIA, Jean Rodrigo (atualizador). **Mecânica dos solos**: teoria e aplicações. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022. Livro digital. (1 recurso online). ISBN 9788521638032. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788521638032. Acesso em: 9 Oct. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16097:** Solo - Determinação do teor de umidade - Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

___ **NBR 16840:** Solo - Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

___ **NBR 16843:** Solo - Determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

___ **NBR 6457:** Solo - Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 6458:** Solo - Determinação da massa específica dos sólidos, da massa específica aparente e da absorção de água da fração retida na peneira com abertura de 2,0 mm. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 6459:** Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 6502:** Solos e rochas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

___ **NBR 7180:** Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 7185:** Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NBR 9813:** Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com empregos de cilindro de cravação. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

___ **NM 52:** Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

___ **NM 53:** Agregado graúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BADARÓ, João Victor Oliveira. **Análise estatística como ferramenta de tomada de decisões : estudo de caso na determinação da umidade no controle tecnológico de uma estrutura de disposição de rejeito filtrado**. 2022. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022. Disponível em: http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/4402. Acesso em: 16 set. 2024.

CAMARGO, A. Paes de; COSTA, Arthur O. Lopes da. Determinação rápida da umidade do solo pelo método da reação com o carbureto de cálcio. 1960. **Bragantia,** Campinas, v.19, n 30, p. 493-502, 1960. Disponível em: https://www.scielo.br/j/brag/a/5jqHDhcMRpQgzf5xycD8ByH/#. Acesso em: 25 set. 2024.

CORMICK, Adam. **Comparing different heating methods for determination of moisture content in soils**. 2015. Dissertation (Bachelor of Engineering - Honours) - University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying, 2015. Disponível em: https://sear.unisq.edu.au/29189/. Acesso em: 16 set. 2024.

DAS, Braja M.; SOBHAN, Khaled. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 4th ed. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2019. E-book. ISBN 9788522128280. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522128280/. Acesso em: 28 out. 2024.

DAVI, Matheus da Silva. **Comparação de métodos de obtenção de umidade do solo de Angicos/RN**. 2022. Monografia (Graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/30070c3d-4a3a-4ed2-b178-f58d4c2fa83a/content. Acesso em: 19 set. 2024.

DE BRITO, Gilmar Goncalves; JUNIOR, Meuse de Nogueira Nogueira; COUTINHO, Roberto Quental. Sistema Automatizado para Determinação de Teor de Umidade do Solo por Micro-ondas: Automated system for microwave soil moisture content determination. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 2450–2463, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.5.p2450-2463. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/257662. Acesso em: 4 out. 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 139/2010 - ES:** Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2010.

MURRIETA, Pedro. **Mecânica dos Solos.** Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018. E-book. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595156074/. Acesso em: 28 out. 2024.

NASCIMENTO, Amanda Cristina. **Estudo comparativo do teor de umidade de solos e areias pelos métodos Speedy Test, termogravimétrico, frigideira e micro-ondas.** 2022. 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Unilavras, Lavras, 2022. Disponível em: https://dspace.unilavras.edu.br/items/296712f0-7ab5-41aa-b323-e6e9e612efc7. Acesso em: 27 out. 2024.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de Mecânica dos solos em 16 aulas.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. ISBN 978-85-86238-51-2.

RIBEIRO, K. M. et al. **Estudo comparativo do método padrão da estufa e do método speedy na determinação do teor de água no solo**. Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, v. 12, n. 1, p. 18–28, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324050014_ESTUDO_COMPARATIVO_DO_METODO_PADRAO_DA_ESTUFA_E_DO_METODO_SPEEDY_NA_DETERMINACAO_DO_TEOR_DE_AGUA_NO_SOLO_COMPARATIVE_STUDY_OF_THE_STANDARD_OVEN-DRYING_AND_THE_SPEEDY_METHOD_FOR_DETERMINING_SOIL_WATER_. Acesso em: 25 set. 2024.

SCHREINER, Matheus Rubi; RODRIGUES, Deivison Ernandes. **Comparativo entre os métodos de obtenção do teor de umidade utilizados nos serviços de compactação de solo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2018. Disponível em: https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/204. Acesso em: 26 set. 2024.