

## DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Define-se a *umidade (h)* de um solo como a razão entre a massa da água (*Ma*) contida num certo volume de solo e a massa da parte sólida (*Ms*) existente nesse mesmo volume (CAPUTO, 2017).

$$h(\%) = \frac{Ma}{Ms} \cdot 100$$

### 1 - MÉTODO DA ESTUFA

É o método tradicional e com maior precisão, sua determinação é muito simples: basta determinar a massa da amostra no seu estado natural e a massa após completa secagem em estufa a 105°C até 110°C. Essa metodologia apresenta vantagem em relação às demais, porque apresenta resultados confiáveis, porém traz como inconveniente, o tempo excessivo para obtenção desse índice físico.

No Brasil a determinação da umidade do solo é padronizada pela norma NBR 6457/2016 - Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Segundo a normativa, o procedimento para a execução do ensaio consiste resumidamente em:

- Tomar uma quantidade de material, função da dimensão dos grãos maiores contidos na amostra, conforme tabela 1, destorroar sem que haja perda de umidade, e colocar em cápsulas metálicas. Efetuar pesagem do conjunto.

Dimensão dos grãos maiores contidos na amostra, determinada visualmente (mm)	Quantidade de material (g)	Balança a ser utilizada	
		Capacidade (g)	Resolução (g)
< 2	30	200	0,01
2 a 20	30 a 300	1500	0,1
20 a 76	300 a 3000	5000	0,5

*Tabela 1 - Quantidade de material a ser ensaiada*

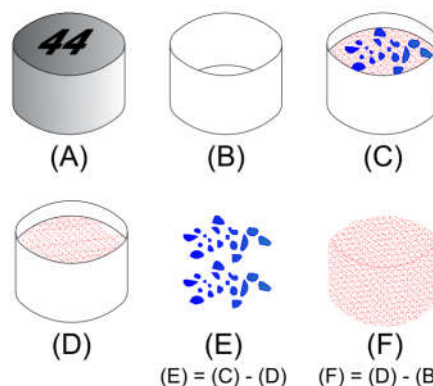
- Levar a cápsula à estufa, normalmente em um intervalo de 16 a 24 horas, necessário à secagem do material. Intervalos maiores podem ser necessários dependendo do tipo e quantidade do solo ou se o mesmo estiver muito úmido.

- Efetuar nova pesagem após a retirada do conjunto da estufa.

- Efetuar, no mínimo, três determinações do teor de umidade por amostra.

O cálculo do teor de umidade é efetuado dividindo-se a massa da água contida na amostra de solo pela massa seca das partículas sólidas do solo, sendo expresso em porcentagem.

Umidade – Método Estufa			
A	Nº da Capsula		
B	Massa da cápsula (g)		
C	Cápsula + solo úmido (g)		
D	Cápsula + solo seco (g)		
E	Massa da água (g)		
F	Massa do solo seco (g)		
Teor de Umidade (%)			
Umidade média (%)			



*Figura 1 - Representação das etapas do método da estufa. Fonte: LGP - UDESC*

## 2 - MÉTODO DA FRIGIDEIRA

O método da frigideira é um método simples, prático e rápido de se obter a umidade do solo em termos de massa. Procedimento este que consiste em secar uma determinada amostra de solo em uma frigideira por meio de um fogareiro. A principal vantagem do método é a significativa redução no tempo de secagem e possibilidade de ser empregado diretamente no campo.

*Obs.: Esse método é de pouca precisão, e pode deixar em dúvida quanto à veracidade de suas medições.*

O procedimento nesse tipo de determinação de umidade é o seguinte:

- Pesar e anotar a massa da frigideira vazia (G);
- Colocar o solo a ser ensaiado na frigideira (cerca de 50g para materiais siltosos ou argilosos e cerca de 80g para materiais arenosos). Pesar e anotar a massa do conjunto frigideira + solo úmido (H)
- Levar a frigideira para o fogareiro e aquece-la com fogo baixo. Com o auxílio de uma colher, mexer vagarosamente o material tomando cuidado para não perder amostra até que haja uma mudança significativa na coloração do material (ficará mais clara). Remova o material que eventualmente possa ter ficado aderido à colher colocando-o novamente na frigideira.
- Pesar o conjunto e anotar. Na sequencia levar novamente ao fogareiro com fogo baixo, e continuar sua secagem por cerca de um minuto; pesar novamente esse conjunto. Repetir esse procedimento até que haja a constância de massa, adotando esse valor constante como a massa da frigideira + solo seco (I).

**⚠ ATENÇÃO:** Verifique se a balança utilizada possui dispositivo de proteção contra aquecimento. Caso não haja, deve ser utilizado um dessecador para resfriamento antes da pesagem.

Umidade – Método Frigideira			
Nº ou cor da Frigideira			
G	Massa da frigideira (g)		
H	Frigideira + solo úmido (g)		
I	Frigideira + solo seco (g)		
J	Massa da água (g)		
K	Massa do solo seco (g)		
Teor de Umidade (%)			
Umidade média (%)			

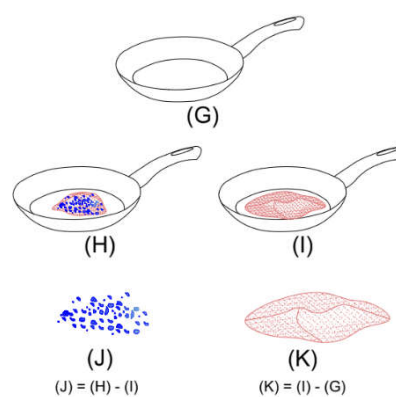


Figura 2 - Representação das etapas do método da frigideira. Fonte: LGP - UDESC

### 3 - MÉTODO "SPEEDY"

Na aplicação deste método, é necessário consultar: DNER-ME 052/94 – Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com emprego do "Speedy". O procedimento visa determinar o teor de umidade de solos e agregados miúdos pelo uso em mistura com carbureto de cálcio, colocada em dispositivo medidor de pressão de gás, denominado "Speedy".

O "Speedy" é um aparelho patenteado a nível mundial e que se destina à determinação rápida do teor de umidade e já está incorporado à tecnologia brasileira.

O princípio de funcionamento do método é a reação da água com o carbureto de cálcio ( $\text{CaC}_2$ ) que, colocado em uma amostra, em ambiente fechado, reage com a água existente na amostra produzindo gás acetileno. Como a amostra se encontra num recipiente hermeticamente fechado, a formação de gás acetileno provocará aumento na pressão interna do recipiente. A pressão é lida em um manômetro e é diretamente proporcional ao conteúdo de água na amostra de solo.

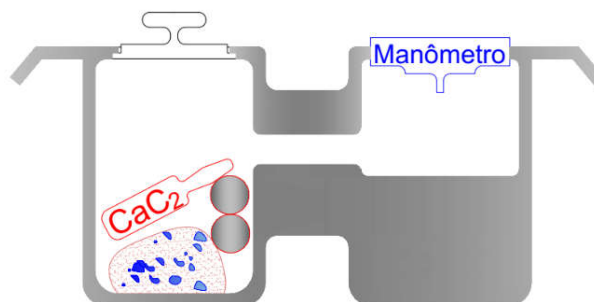


Figura 3 - Representação do aparelho "Speedy" durante ensaio.  
Fonte: LGP - UDESC

Procedimento (pode haver variação de acordo com o equipamento utilizado):

1 - Colocar no aparelho a amostra de 6g (de acordo com a umidade avaliada), a massa da amostra pode ser 3g ou 12g - ver tabela 2:

2 - Colocar uma ampola de carbonato de cálcio e duas esferas de aço, tomando cuidado para não quebrar a ampola antes do fechamento da tampa;

3 - Fechar o aparelho e agitá-lo violentamente para cima e para baixo por dez segundos (visando quebrar a ampola). Pôr o aparelho em posição horizontal e fazer movimentos rotativos para facilitar a mistura amostra-carbureto por aproximadamente 1 minuto.

4 - A leitura em porcentagem de água deverá ser feita diretamente no manômetro, após o período de agitação, posicionar o aparelho verticalmente com o manômetro frontal a face.

5 - Abrir vagarosamente o aparelho para descarregar o gás e em seguida abri-lo completamente e limpá-lo a seco.

6 - Se o relógio atingir, no início, o valor máximo da escala, abrir logo o aparelho e repetir o ensaio com metade da quantidade de amostra.

7 - Se o relógio indicar menos do que 2%, repetir o ensaio com o material em dobro.

8 - Para determinar a umidade de solos argilosos ou mesmo de outros solos cujo o resultado no aparelho não esteja exato, é aconselhável fazer inicialmente uma aferição em laboratório, comparando o resultado obtido em diversas amostras ensaiadas em estufa, com os resultados obtidos com o aparelho. De posse desses resultados, pode ser elaborada uma curva ou uma tabela de correção do valor indicado no manômetro do Speedy, o que melhora a exatidão do equipamento.

Obs.: Quando o ensaio estiver sendo realizado com 3g, não esquecer de multiplicar o valor do manômetro por 2. Caso se estiver usando amostra de 12g, o valor do manômetro deve ser dividido por 2.

Massa da Amostra	Umidade Máxima Prevista
12g	11%
6g	22%
3g	44%

Tabela 2 - Quant. de material a ser ensaiada - Speedy

**⚠ ATENÇÃO: O operador deve destampar o aparelho com cuidado, mantendo-o afastado de seu rosto, pois os gases que escapam são tóxicos e explosivos.**

## 4 – OUTROS MÉTODOS EXISTENTES

**TDR - Time Domain Reflectometer:** a técnica do TDR consiste na emissão de um pulso eletromagnético onde a velocidade de propagação deste pulso no meio é função de uma constante, denominada constante dielétrica. A diferença significativa entre a constante dielétrica da água e a constante dielétrica dos componentes da matriz do solo permite calcular o conteúdo de água no solo. Apresenta características desejáveis, como a mensuração em tempo real e a possibilidade de leituras automatizadas. Entretanto apresenta desvantagens, como a complexa calibração e a existência de alguns erros inerentes à própria técnica.



Figura 4 - TDR HydroSense II.  
Fonte: campbellsci.com.br

**Método expedito do Álcool:** de acordo com a norma DNER-ME 088/94 – Solos - Determinação da umidade pelo método expedito do álcool, deve-se efetuar a pesagem da capsula + suporte; na sequência é depositada a amostra a ser ensaiada (cerca de 50g – passante na peneira de 2,00mm) e em seguida é despejada uma quantidade adequada de álcool etílico na amostra, revolvendo com espátula e inflamando a seguir o álcool; essa operação é repetida três vezes. Por fim pesa-se a capsula+suporte + solo seco, determinando-se o teor de umidade pela fórmula:

$$h(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

onde:

h - umidade em porcentagem

Ph - peso da amostra úmida: (Massa Capsula + Suporte + Solo úmido) – (Massa Capsula + Suporte)

Ps - Peso da amostra seca: (Massa Capsula + Suporte + Solo seco) – (Massa Capsula + Suporte)



Figura 5 - Secagem de amostra com utilização de álcool. Fonte: LGP - UDESC

**Método de micro-ondas:** método semelhante ao da estufa, porém com tempo de secagem muito mais rápido. Esse tempo de secagem varia em função do número de amostras, do tamanho e da umidade das amostras e do tipo de solo ensaiado, e também em função da potência do forno de micro-ondas utilizado. Consiste basicamente na secagem da amostra em forno de micro-ondas convencional por meio do emprego de radiação eletromagnética. A umidade é obtida de forma análoga ao processo de secagem em estufa.



Figura 6 - Secagem de amostra com utilização de forno de micro-ondas.  
Fonte: LGP - UDESC

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457/2016 - Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização: método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros; **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 7. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER-ME 088/94 – Solos – determinação da umidade pelo método expedito o álcool.** DNER, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER-ME 052/94 – Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do “Speedy”.** DNER, 1994.

TOMMASELLI, José T. G, BACHI, Osny O. S. **Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos.** Brasília, v.36, 2001.