

## **INCLUSÃO DE USO DO PENETRÔMETRO DE BANCADA EM UM LABORATÓRIO DE FÍSICA DO SOLO COM A FINALIDADE DE DETERMINAÇÃO DO INTERVALO HÍDRICO ÓTIMO (IHO) EM AMOSTRAS DE SOLO**

JÚNIA M. FIGUEIREDO<sup>1</sup>; SONIA C. F. DECHEN<sup>2</sup>; FERNANDO R. MOREIRA<sup>3</sup>

Nº 12134

### **RESUMO**

Este projeto foi realizado com o objetivo de descrever o método instrumental para a utilização de equipamento recentemente adquirido pelo Laboratório de Física do Solo, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, do Instituto Agrônomo (IAC). O equipamento é um penetrômetro de bancada, constituído por um dinamômetro acoplado a uma bancada motorizada, cujo uso primário é para a determinação do Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) em amostras indeformadas de solo. Foi criado um IME (Instrução de Método de Ensaio) e um IEQ (Instrução de Equipamento), com a finalidade de que todos os futuros técnicos e usuários do Laboratório tenham as necessárias informações para iniciarem seus trabalhos com o equipamento e dentro das normas ISO 17025:2005. Durante a realização deste projeto foram acompanhados os trabalhos realizados pelo mestrando da PG/IAC, Fernando Rodrigues Moreira, que desenvolveu sua dissertação tendo os conceitos de Intervalo Hídrico Ótimo como base. Colaborando com o projeto, pôde-se aprender toda a metodologia, desde a coleta das amostras até a determinação do IHO. Concluiu-se que a utilização de um penetrômetro de bancada é uma metodologia simples e eficaz para se determinar, em laboratório, a resistência do solo à penetração, conceito utilizado para o cálculo do Intervalo Hídrico Ótimo.

**PALAVRAS CHAVE:** penetrômetro de bancada, água no solo, amostras de solo indeformadas.

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Ambiental, PUC Campinas, Campinas-SP, juninha\_mf@hotmail.com.

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora, CPDSRA/IAC, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Colaborador: Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical, IAC, Campinas-SP.

## ABSTRACT

This project was undertaken in order to describe the instrumental method of use of equipment recently purchased by the Soil Physics Laboratory of the Center for Research and Development of Soil and Environmental Resources, Agronomic Institute (IAC). The penetrometer is an equipment, comprising a dynamometer connected to a motorized shelf, whose primary use is for determining the Least Limiting Water Range (IHO) in undisturbed soil. It was created an EMI statement (Methodology) and IEQ statement (Instruction System), in order that all future lab technicians and users have the necessary information to begin their work with the equipment and within the ISO 17025 standards : 2005. During the realization of this project were followed up the work done by the graduate student of PG / IAC, Fernando Rodrigues Moreira, who developed his dissertation with the concepts of Least Limiting Water Range as a base. Collaborating with the project, it was possible to learn the methodology, since the collection of samples to determine the IHO. It was concluded that the use of a penetrometer bench is a simple and effective method to determine in the laboratory, resistance to penetration, the concept used in calculating the Least Limiting Water Range.

KEY WORDS: Motorized dynamometer bench, water in soil, undisturbed soil samples.

## INTRODUÇÃO

A norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 é considerada a referência mundial para laboratórios de ensaio e de calibração, pois fornece os requisitos gerais para a competência de laboratórios e é utilizada pelo INMETRO como norma base para a acreditação laboratorial. Sua adoção é importante, pois esta norma propõe a melhoria contínua, além da padronização e manutenção do conhecimento no sistema de gestão. Também apresenta os requisitos técnicos, necessários à demonstração da implementação de um sistema de gestão, da competência técnica e da emissão de resultados tecnicamente válidos.

Devido à pressão de diferentes órgãos do governo, tais como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), a utilização de Sistemas de Gestão de Qualidade para laboratórios (no caso a ISO 17025:2005) se tornou uma prática comum para quase todos os laboratórios. Considerando a lista de laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

(Inmetro), responsável pelas creditações no Brasil, cerca de 90% dos laboratórios que fazem parte de sua Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) adotam a norma ISO/IEC17025:2005. Esta norma apresenta todos os requisitos que o laboratório deve aplicar para a obtenção da acreditação, porém a grande dificuldade advém de “como” atender (implantar) adequadamente estes requisitos (PAIVA, 2009).

Portanto, para que o objetivo da ISO se concretize, os laboratórios devem elaborar procedimentos documentados dos equipamentos e da metodologia empregada para que todas as etapas dos trabalhos sejam realizadas de forma adequada (com qualidade), sempre da mesma maneira.

O penetrômetro de bancada é um equipamento muito utilizado para adquirir, armazenar e transferir informações de resistência à penetração de amostras indeformadas de solo penetradas por uma haste cônica padronizada. A resistência à penetração é geralmente determinada em diferentes camadas ao longo do perfil do solo.

A resistência do solo à penetração é influenciada pela textura, conteúdo de água e densidade do solo. Nesse contexto, o conteúdo de água na capacidade de campo é considerado ideal para a determinação da resistência à penetração, condição em que é obtida a melhor correlação com a densidade do solo e o crescimento radicular, sendo a sua influência maior em solos mais argilosos (BEUTLER et al., 2007)

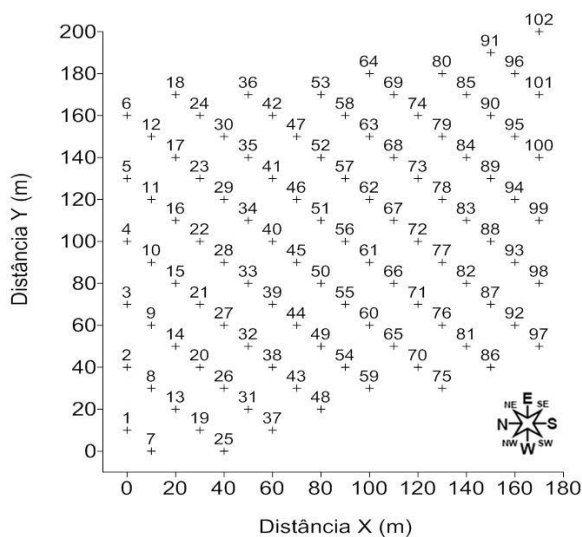
O conceito de água disponível para as plantas, como aquela contida no solo entre a capacidade de campo (quando excesso de água tenha drenado) e o ponto de murcha permanente (1500 kPa), embora controvertido, mas se usado com bom senso, é de grande utilidade no entendimento da dinâmica da água e sua disponibilidade às culturas. Por outro lado, outros fatores físicos do solo podem afetar o desenvolvimento das plantas, na faixa de umidade entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, como a falta de aeração do sistema radicular e o excesso de resistência mecânica à penetração das raízes, fatores que impedem o crescimento normal das raízes afetando assim, o desenvolvimento das plantas (KLEIN & LIBARDI, 2000).

Com os dados de resistência do solo à penetração obtidos pelo penetrômetro de bancada, determina-se a curva de resistência do solo à penetração e, após determinada a curva de retenção de água no solo, é determinado o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO). O objetivo do presente trabalho é descrever o método instrumental para a utilização da bancada motorizada para dinamômetro, assim como a metodologia para se determinar o Intervalo Hídrico Ótimo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do IME e do IEQ, fez-se necessário o acompanhamento dos trabalhos de coleta de amostras indeformadas e do uso do penetrômetro de bancada realizado pelo mestrando da PG/IAC, Fernando Rodrigues Moreira.

A coleta das amostras indeformadas foi realizada no Centro Experimental Central (CEC) do Instituto Agrônomo (IAC), no município de Campinas, Estado de São Paulo, segundo uma grade de amostragem de 30 m x 30 m, totalizando 102 pontos amostrais (Figura 1). As amostras foram em número de 120, nas profundidades de 0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m para a determinação dos seguintes atributos: densidade do solo, porosidade total, curva de retenção de água no solo, curva de resistência do solo à penetração e Intervalo Hídrico Ótimo. Essas amostras foram coletadas (figura 2) com o auxílio de cilindros de aço inoxidável de 98,52 cm<sup>3</sup> de volume (5,6 cm de diâmetro e 4 cm de altura).



**Figura 1.** Grade amostral com 102 pontos distribuídos em espaçamento de 30 m x 30 m.

O procedimento e metodologia para a determinação do Intervalo Hídrico Ótimo foram realizados juntamente com o mestrando Fernando Rodrigues Moreira, no Laboratório de Física do Solo da ESALQ (figura 3), pois o Laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo (IAC) ainda não havia recebido o equipamento. Isso ocorreu devido à demora dos trâmites para a liberação da verba destinada à compra dos equipamentos, porém, atualmente o Laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo (IAC) já está com o penetrômetro de bancada constituído pelo dinamômetro e a bancada motorizada.





**Figura 2.** Coleta de amostra indeformadas pelo método do anel volumétrico.



**Figura 3.** Penetrômetro eletrônico do Laboratório de Física do Solo da ESALQ.

Ao receber e instalar a bancada motorizada para dinamômetro (Figura 4) no Laboratório de Física do Solo, do Instituto Agrônomo (IAC), foram coletadas amostras indeformadas de solo para o teste do novo equipamento. O manual do CD de instalação foi traduzido para que então pudesse ser descrito o Manual de Instrução de Equipamento. Para a determinação de dados como a velocidade de deslocamento da agulha, a distância que a agulha penetra na amostra e toda a metodologia utilizada para se determinar o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO), seguiram-se os padrões

aprendidos durante o acompanhamento do trabalho do mestrando Fernando Rodrigues Moreira, no Laboratório de Física do Solo da ESALQ.



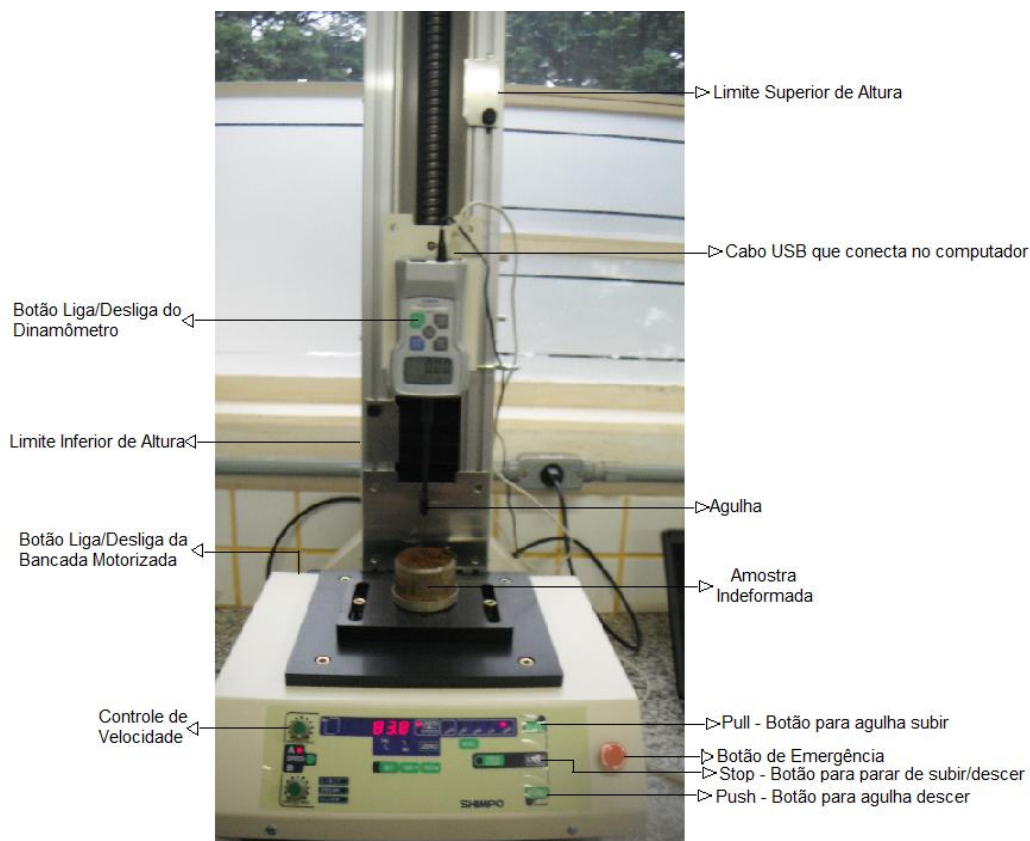
**Figura 4.** Penetrômetro de bancada do Laboratório de Física do Solo do IAC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho, de cunho técnico, teve como objetivos: a criação dos procedimentos operacionais e instrução para a operacionalização da bancada motorizada para dinamômetro, recentemente adquirida pelo Laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo (IAC) e a descrição de metodologia para a determinação do Intervalo Hídrico Ótimo.

### Bancada Motorizada para Dinamômetro

A Bancada Motorizada para Dinamômetro (Figura 5) está localizada no laboratório de Física do Solo do Instituto Agrônomo e tem como finalidade a determinação da resistência do solo à penetração.

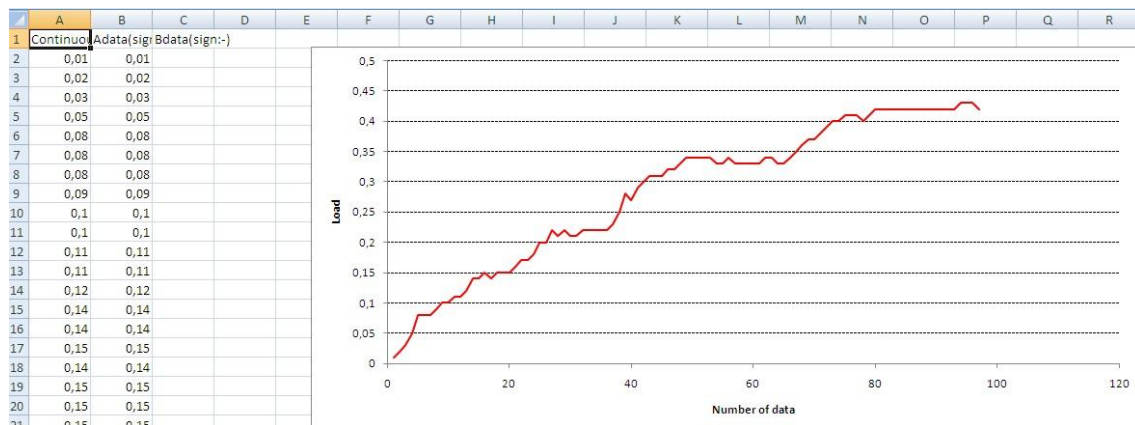


**Figura 5** – Penetrômetro de bancada e suas especificações. Laboratório de Física do Solo do IAC.

### Instrução do Equipamento

1. Ligar a bancada motorizada, o dinamômetro e o computador.
2. Colocar a amostra de solo no centro da base da bancada.
3. Abrir o programa ToriemonUSB no Excel (computador).
4. Configurar o programa ToriemonUSB para a função continuous:  
Number of Data: 0  
Sampling Rate: 10 times/sec.  
Trigger: on, 0,1.  
Selecionar "Graph".
5. Apertar START no programa do computador.
6. Apertar PUSH para que o dinamômetro e a agulha comecem a descer.
7. Após penetrar o anel volumétrico até à profundidade programada (43,3 mm), apertar STOP no programa do computador e também na bancada motorizada. Um gráfico é gerado junto com os dados (Figura 6).
8. Apertar PULL na bancada motorizada para que a agulha comece a subir.

9. Salvar os dados coletados no Excel e voltar ao menu do programa ToriemonUSB e repetir o procedimento com o restante das amostras.
10. Para desligar, desconectar o cabo USB do computador, desligar o dinamômetro, a bancada e retirá-la da fonte de energia (tomada).



**Figura 6** - Gráfico gerado pelo Programa ToriemonUSB relacionando a Força (kgf) pelo número de dados coletados.

### Metodologia para determinar o IHO

Antes de fazer a análise de resistência à penetração das amostras indeformadas de solo utilizando-se a bancada motorizada, estas devem passar por alguns procedimentos:

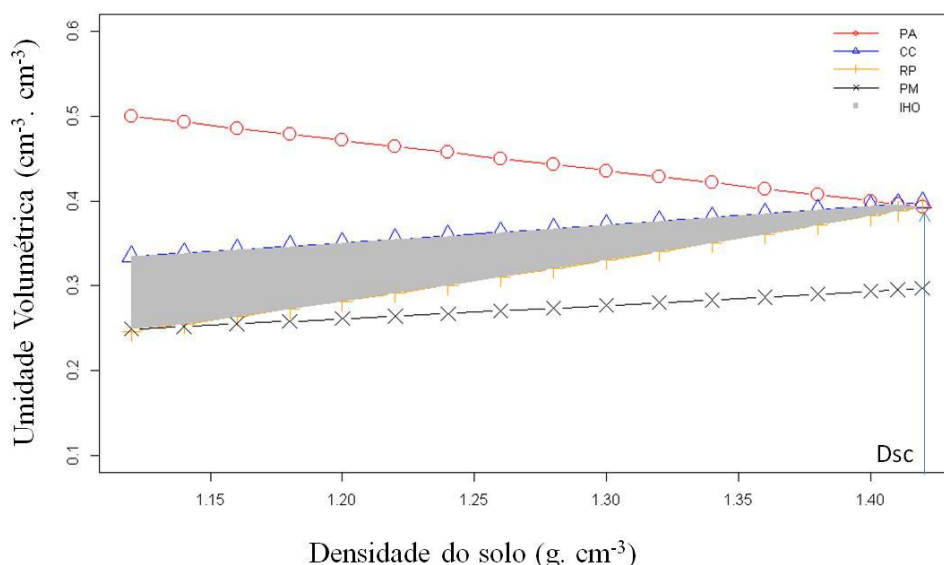
- A sua coleta deve ser feita com um anel cilíndrico e a área a ser coletada deve estar aplanada. Os anéis devem ser introduzidos no solo com a ajuda de um “castelinho” e um martelo de modo a manter a integridade do solo dentro do anel.
- Dividir as amostras em grupos com as seguintes tensões sugeridas: 2 kPa, 4 kPa, 6 kPa, 8 kPa e 10 kPa (em mesas de tensão) e 30 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 500 kPa e 1500 kPa (em câmaras de Richards). A tensão de 30 kPa é considerada como a Capacidade de Campo (CC) e a de 1500 kPa como o Ponto de Murcha Permanente (PMP).
- Após passar por essas tensões, as amostras indeformadas de solo são testadas quanto a sua resistência à penetração, com a Bancada Motorizada para dinamômetro do laboratório de Física do Solo do Instituto Agronômico (IAC).
- O cálculo da densidade do solo é a relação entre sua massa, após secar a amostra em estufa a 105-110°C, e o volume do anel cilíndrico, no caso 98,52 cm<sup>3</sup>.
- O cálculo da porosidade de aeração (PA) foi feito considerando os valores da densidade do solo (Ds) e da densidade de partículas (Dp), descontando-se o valor de



$0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . ( $\theta_{PA} = (1 - D_s / D_p) - 0,1$ ). A densidade de partículas deve ser determinada pelo Picnômetro.

- O IHO é o intervalo entre o limite superior e inferior de umidade. O limite superior é o menor valor de umidade encontrado na CC ou na PA de 10 % e o limite inferior é o maior valor de umidade encontrado no PMP ou quando a resistência do solo à penetração atinge 2,0 MPa.

A título de ilustração é apresentada a seguir, a figura 7, demonstrando o Intervalo Hídrico Ótimo.



**Figura 7.** Variação do conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ) em função da densidade do solo ( $D_s$ ) para os limites críticos de capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ), ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ), porosidade de aeração sugerida de 10% ( $\theta_{PA}$ ) e resistência do solo à penetração, como exemplo, de 2,0 MPa (RP). A área hachurada representa o Intervalo Hídrico Ótimo do solo (IHO) do solo para a profundidade 0,00-0,10 m.  $D_{sc} = 1,42 \text{ g.cm}^{-3}$ .

### Considerações Gerais

Durante o acompanhamento e a colaboração feita no projeto escrito e realizado pelo mestrando Fernando Moreira, foi possível fazer um estudo sobre o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) e se familiarizar com o Penetrômetro Eletrônico localizado no Laboratório de Física do Solo da ESALQ, em Piracicaba, SP. Com a experiência adquirida foi possível elaborar o procedimento operacional do equipamento adquirido pelo Instituto Agrônomo (IAC) e a metodologia para a determinação do IHO.

Conclui-se que o projeto foi elaborado e desenvolvido com sucesso, pois foram feitas as Instruções de Metodologia para a determinação do IHO (IME) e as Instruções de uso do Equipamento (IEQ) de maneira a se padronizar e facilitar a operacionalização do mesmo. Assim, este estudo, contribui de forma significativa para

que o Laboratório de Física do Solo do IAC continue a atender as especificações da ISO 17025:2005.

## CONCLUSÃO

Concluiu-se com sucesso a criação de uma instrução de método de ensaio (IME) e da instrução de equipamento (IEQ) que foram nomeados pelo laboratório de física do solo do Instituto Agrônomo como:

IME-FIS-004 - Intervalo Hídrico Ótimo pelo Penetrômetro de Bancada.

IEQ-FIS-009 - Operação do Penetrômetro de Bancada.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

Ao CPDSRA - IAC, pela oportunidade de estágio.

A Dra. Sonia Dechen, pela orientação.

Ao Fernando e Khalil, pela ajuda e orientação.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISSO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. ABNT/CB-25: Comitê Brasileiro de Qualidade. Outubro/2005.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F; SILVA, A. P. Comparação de Penetrômetros na Avaliação da Compactação de Latossolos. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, p.146-151, jan./abr. 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/08.pdf>> Acesso em: 05 jul. 2012.

KLEIN, V. A.; LIBARD, P. L. Faixa de Umidade Menos Limitante ao Crescimento Vegetal e sua Relação com a Densidade do Solo ao Longo do Perfil de um Latossolo Roxo. Ciência Rural vol.30 no.6 Santa Maria Nov./Dec. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782000000600006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782000000600006&script=sci_arttext)> Acesso em: 05 jul. 2012.

MOREIRA, Fernando Rodrigues. Intervalo Hídrico Ótimo em um Latossolo Vermelho cultivado sob sistema semeadura direta há 25 anos, em campinas, SP. Campinas: curso de pós graduação em agricultura tropical e subtropical, Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. Dissertação de Mestrado.

PAIVA, M. L. F. NBR ISO 17025 - Porque Implantar? Consultor Associado Luis Borges, Assessoria em Gestão Ltda. Scribd. Março/2009. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/19971090/Iso-17025-Portue-Implantar>>. Acesso em: 05 jul. 2012.