

CALIBRAÇÃO DAS CONSTANTES CELULARES PARA O PERMEÂMETRO DE GELPH: PROCEDIMENTO E APLICAÇÃO

Pedro da Silva Aguiar Neto^{1} & Flávio Roldão de Carvalho Lelis² & Bruno Carrilho de Castro³ & Bianca Estavarengo⁴ & Guilherme Alves Morais⁵*

Resumo – O Permeâmetro de Gelp (PG) é um infiltrômetro de campo que simplifica e facilita os ensaios de avaliação da taxa de infiltração de água e macroporosidade no solo. Para tal, usa-se o princípio do tubo de Mariotte por cargas hidráulicas, mensurando através da variação do nível de água no reservatório interno para solos finos ou no reservatório externo para solos grossos. Os valores médios da área da seção transversal do reservatório em cm² são dispostos em manual pelo fabricante, mas é recomendado usá-los apenas para situações com baixa precisão e simples carga hidráulica. Para aplicações científicas é recomendada a calibração do equipamento, pois ensaios de dupla carga hidráulica dependem do valor real macroporosidade do solo. Como não é disposto em bibliografia brasileira, o dado artigo se propõe a apresentar o processo de calibração do PG com auxílio de ilustrações e fotografias. Todos os procedimentos serão apresentados do modo mais sucinto possível, de tal forma a obter as constantes X e Y que representam respectivamente a calibração dos reservatórios combinado e interno. Busca-se obter esses valores dentro do desvio padrão especificados pelo fabricante (0,18 cm² para X e 0,04 cm² para Y).

Palavras-Chave – Calibração; Macroporosidade; Permeâmetro de Gelp.

CALIBRATION OF CELL CONSTANTS FOR GELPH PERMEAMETER: PROCEDURE AND APPLICATION

Abstract – The Gelp Permeameter (GP) is a field infiltrometer that simplifies and facilitates the evaluation trials of soil water infiltration rate and macroporosity. For this, is used the principle of the Mariotte's bottle by hydraulic loads, measuring through the variation of the water level in the Inner Reservoir for fine soils or external reservoir for thick soils. The average values of the cross-sectional area of the reservoir in cm² are arranged in manual by the manufacturer, but it is recommended to only use them for situations with low precision and simple hydraulic loading. For scientific applications is recommended the equipment calibration, for tests of double hydraulic load depend on the real macroporosity value of the soil. As it is not provided in the Brazilian bibliography, the given article proposes to present the calibration process of GP with the aid of illustrations and photographs. All the procedures will be presented as succinctly as possible, in order to obtain the constants X and Y that represent respectively the calibration of the combined and inner reservoirs. The aim is to obtain these values within the standard deviation specified by the manufacturer (0.18 cm² for X and 0.04 cm² for Y).

Keywords – Calibration; Macroporosity; Gelp Permeameter.

¹ Estudante de Graduação em Engenharia Civil, aluno do PIBIC, UFT. Campus Palmas, Palmas-TO, 77001-090. civilpedrosa@gmail.com.

² Professor do Curso de Engenharia Civil, Tutor do PET, Grupo PET-Civil, IFTO. Campus Palmas-TO, 77021-090. (63) 9 9991-8244. flavioroldao@ifto.edu.br.

³ Professor do Curso de Engenharia Civil, UFT. Campus Palmas, Palmas-TO, 77001-090. (63) 9 8507-0002. brunocarrilho@mail.uft.edu.br.

⁴ Estudante de Graduação em Engenharia Civil, UFT. Campus Palmas, Palmas-TO, 77001-090. bianca_estavarengo16@msn.com.

⁵ Estudante de Graduação em Engenharia Civil, aluno do PET, Grupo PET-Civil, IFTO. Campus Palmas-TO, 77021-090. guilherme.alves_97@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

Definida como processo dinâmico pelo qual a água no estado líquido atravessa a superfície do solo, a infiltração corresponde a um fenômeno de redução da velocidade de movimentação da água (condutibilidade hidráulica) ao ponto de “armazenar” esse volume. Na mensuração desse índice, o Permeâmetro de Guelph vem como um equipamento que simplifica e facilita os ensaios. No trabalho de Soto, Chang e Vilar (2009) é discutido a aplicabilidade do Permeâmetro de Guelph como opção viável de experimento, pois: apresenta “rápida” execução (de 30 min a 2 h); avalia a macroporosidade do solo sem análise física do solo; é portátil ao ponto de levar em uma maleta.

Criado por Reynolds *et al.* (1983), o Permeâmetro de Guelph (PG) é um infiltrômetro de campo, o qual utilizando o princípio do tubo de Mariotte por cargas hidráulicas, avalia não só taxa de infiltração de água no solo, mas também a característica de macroporosidade. Sua mensuração ocorre pela variação do nível de água no reservatório interno (solos finos) ou no reservatório externo (solos grossos). A figura 01 apresenta os principais componentes do PG.

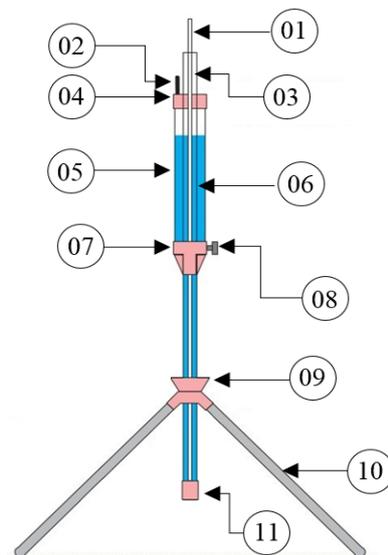


Figura 1 – Principais componentes do Permeâmetro de Guelph.

Fonte: Adaptada do manual do Guelph Permeameter 2800K.

Legenda: 01 - Tubo de ar; 02 - Suspiro; 03 - Tubo com escala graduada; 04 - Tampa do reservatório; 05 - Reservatório externo; 06 - Reservatório graduado interno; 07 - Base do reservatório; 08 - Bucha do tripé; 09 - Bucha do tripé; 10 - Tripé; 11 - Ponteira

JUSTIFICATIVA

Na caracterização dos parâmetros de equipamento do Permeâmetro de Guelph (PG), pretende-se determinar os valores da área da seção transversal do reservatório em cm^2 . Devido a um bom processo de padronização do meio de produção, geralmente o fabricante dispõe (em manual) os valores médios dessas seções. O mesmo recomenda somente em situações de baixa acurácia (aplicações em engenharia) e simples carga hidráulica. Para aplicações científicas (alta acurácia), o fabricante recomenda a calibração, pois ensaios de dupla carga hidráulica dependem do valor real macroporosidade do solo.

Como não é disposto em bibliografia brasileira o processo de calibração do PG, para correta quantificação macroporosidade, o dado artigo se propõe a apresentar os materiais, métodos,

exemplo de ensaio e discutir o exemplo apresentado. Representado fartamente por ilustrações e fotografias, todos os procedimentos serão apresentados do modo mais sucinto possível.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para calibração do PG necessita-se dos seguintes itens:

01. Balança digital com resolução de 0,1g para avaliação finalista dos resultados;
02. Braçadeira em formato de T. Caso necessário, pode ser substituída pela bucha do tripé, desde que seja reduzida a seção para evitar o deslizar do equipamento;
03. Becker ou recipiente que comporte 1 litro de água, destacando que o volume será medido em massa de água.
04. Água de torneira em temperatura ambiente e com sua densidade caracterizada

Com os elementos descritos acima, monte o PG conforme recomendação do fabricante. Assim prenda o PG ao tripé usando uma braçadeira em formato de T para permitir o posicionamento do recipiente logo abaixo. Só então posicione o recipiente abaixo do PG. A montagem final será semelhante a próxima imagem, tendo como legenda a numeração dos itens.

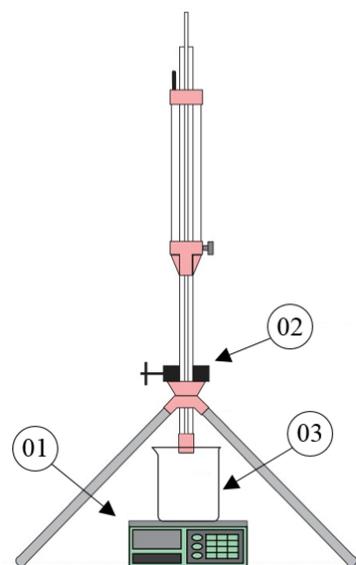


Figura 2 – Montagem inicial para a calibração.
Fonte: Adaptada do manual do Guelph Permeameter 2800K.

Calibração do reservatório combinado

Nomeada de constante X, sua área em cm^2 representa a combinação do reservatório interno e externo. Como dimensões de fábrica, o Permeâmetro de Guelph modelo 2800K (Soilmoisture Equipment Corp.) apresenta um valor de valor médio de $35,22 \text{ cm}^2$, com um desvio padrão de $0,18 \text{ cm}^2$. Todavia a rigor de laboratório, pode-se medir o próprio valor de X para o PG usando os seguintes passos:

1. Coloque a válvula do Reservatório na posição para cima.
2. Sele a ponta de entrada de ar (empurre o tubo de ar todo o caminho para baixo).

3. Encha o reservatório com água, não esquecendo de tampá-lo.
4. Registre o nível inicial da água (S em cm)
5. Tare (zere) a balança digital com o peso do recipiente.
6. Puxe o tubo de ar para cima muito lentamente para criar um fluxo de água lento para fora da ponta de saída de água e dentro do béquer. Se a água no reservatório cair muito rapidamente, empurre o tubo de ar para baixo para diminuir a taxa de queda no reservatório.
7. Empurre o tubo de ar para baixo para selar a ponta de saída de água quando o nível da água no reservatório estiver perto do fundo (Nível de água próximo de 70 cm). Isto deverá parar o fluxo de saída de água da ponta de saída de água e também a queda do nível de água no reservatório.
8. Registre o nível de água no reservatório (E em cm).
9. Registre o peso da água (Fig. 41) no recipiente (V em cm³). Por favor, note que o volume é dependente da densidade da água.
10. Calcule o valor de X usando a fórmula (1):

$$X = \frac{V}{E - S} \quad (1)$$

Com os passos descritos acima segue uma imagem com a numeração desses passos:

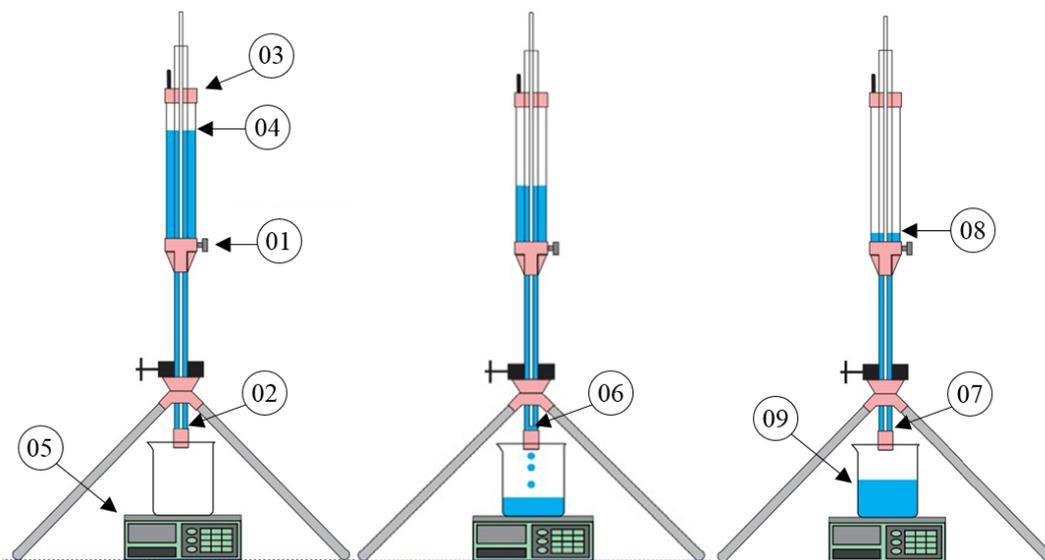


Figura 3 – Passos para a calibração do reservatório combinado
Fonte: Adaptada do manual do Guelph Permeameter 2800K.

Calibração do reservatório interno

Nomeada de constante Y, sua área em cm² representa somente o reservatório interno. Como dimensões de fábrica, o Permeâmetro de Guelph modelo 2800K (Soilmoisture Equipment Corp.) apresenta um valor de valor médio de 2,16 cm², com um desvio padrão de 0,04 cm². Todavia a rigor de laboratório, pode-se medir o próprio valor de Y para o PG usando os seguintes passos:

1. Coloque a válvula do reservatório na posição para cima.
2. Sele a ponta de entrada de ar (empurre o tubo de ar todo o caminho para baixo).
3. Encha o reservatório com água, não esquecendo de tampá-lo.
4. Ajuste a válvula do reservatório interno na posição para BAIXO.
5. Registre o nível inicial de água no reservatório interno (S em cm).
6. Tare (zere) a balança digital com o peso do recipiente.
7. Puxe o tubo de ar para cima muito lentamente para criar um fluxo de água lento para fora da ponta de saída de água e dentro do recipiente. Se a água no reservatório interno cair muito rapidamente, empurre o tubo de ar para baixo para diminuir a taxa de queda da água no reservatório interno.
8. Empurre o tubo de ar para baixo para selar a ponta de saída de água quando o nível da água no reservatório interior estiver perto do fundo (Nível de água perto de 70 cm). Isto deverá parar o fluxo de saída de água da ponta de saída de água e também a queda do nível de água no reservatório interno.
9. Registre o nível de água no reservatório interno (E em cm).
10. Registre o peso da água no béquer (V em cm³). Por favor, note que o volume é dependente da densidade da água.
11. Calcule o valor de Y usando a seguinte fórmula (2):

$$Y = \frac{V}{E - S} \quad (2)$$

Com os passos descritos acima segue uma imagem com a numeração desses passos:

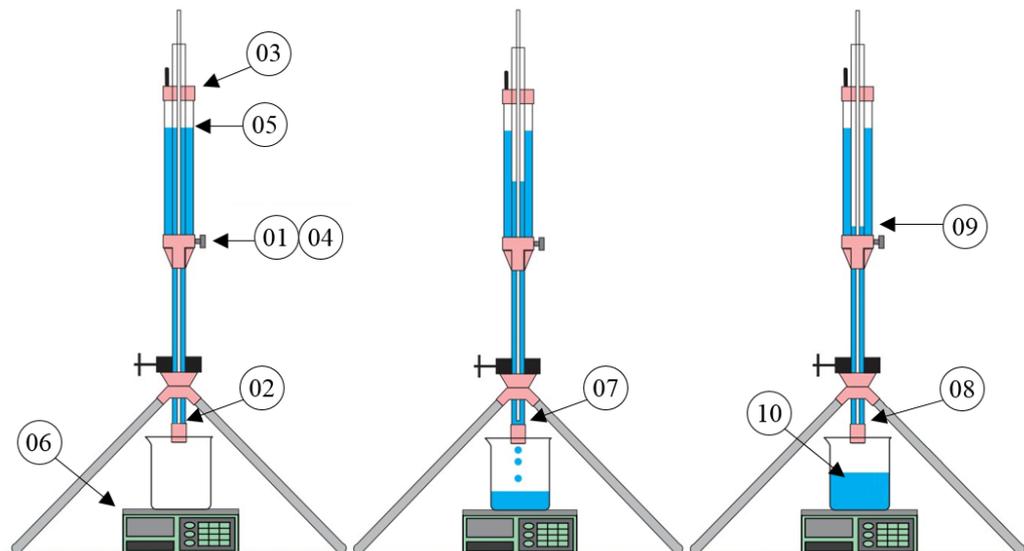


Figura 4 – Passos para a calibração do reservatório interno
Fonte: Adaptada do manual do Guelph Permeameter 2800K.

APLICAÇÃO

Na atividade de calibração do Permeâmetro de Guelph no “Laboratório de Solo de Solos” do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, seguindo os passos supracitados (vide figura 5), foram obtidos os valores conforme tabela abaixo:



Figura 4 – Montagem do Permeômetro de Guelph e taragem do béquer.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 1. Resultados de calibração exemplo do Permeâmetro de Guelph no IFTO/Palmas

| | Reservatório | |
|---|--------------|----------|
| | Combinado | Interior |
| Nível inicial do reservatório (S em cm) | 50,2 | 39,0 |
| Nível Final do reservatório (E em cm) | 69,5 | 70,0 |
| Massa do recipiente (g) | 252,90 | |
| Massa do recipiente + água (g) | 933,73 | 320,45 |
| Massa da água (g) | 680,83 | 67,55 |
| Densidade de água (g/cm ³) | 0,997 | |
| Volume de água (V em cm ³) | 682,88 | 67,75 |
| Área da seção (cm ²) | 35,38 | 2,19 |

Com os valores de X com 35,38 cm² e Y com 2,19 cm² foi verificado que ambos estão no intervalo de área dispostos pelo fabricante. Assim conclui-se que o equipamento avaliado está em conformidade para experimentos de alta acurácia.

Durante o ensaio foram feitas as seguintes observações:

- O vasilhame flexível e mangueira de fábrica para enchimento do reservatório apresentaram (respectivamente) furos por ressecamento e problema de encaixe, resultando vazamentos. Foram substituídos por um vasilhame rígido e funil plástico.
- O tripé dispõe somente de duas alturas e um encaixe não efetivo ao permeâmetro, o tripé por vezes é de difícil manuseio em campo e mantimento de prumo.

- Na situação de primeiro uso do equipamento, tem de ser garantido um bom nível de lubrificação das peças. Pois não atendendo a esta condição, torna-se mais difícil e impreciso o manuseio do tubo de ar e o controle da vazão.
- Usar a balança digital com resolução de 0,1g sob o PG como disposto nas imagens do manual não é necessário, visto que seu uso é apenas para avaliações finalistas. A balança foi usada sobre a bancada do laboratório.

CONCLUSÃO

Para determinação da constante X, foi calculada a área em cm^2 da combinação do reservatório interno e externo, encontrando-se através dos procedimentos anteriormente descritos o valor de $35,38 \text{ cm}^2$. O valor médio disposto em manual pelo fabricante para o PG modelo 2800K (Soilmoisture Equipment Corp.) é $35,22 \text{ cm}^2$, com um desvio padrão de $0,18 \text{ cm}^2$. Portanto, devido à diferença de apenas $0,16 \text{ cm}^2$ entre o valor teórico e o valor calculado, denota-se que a constante X está dentro do desvio padrão aceitável.

Para determinação da constante Y, foi calculada a área em cm^2 somente do reservatório interno, encontrando-se através dos procedimentos anteriormente descritos o valor de $2,19 \text{ cm}^2$. O valor médio disposto em manual pelo fabricante para o PG modelo 2800K (Soilmoisture Equipment Corp.) é $2,16 \text{ cm}^2$, com um desvio padrão de $0,04 \text{ cm}^2$. Portanto, devido à diferença de apenas $0,03 \text{ cm}^2$ entre o valor teórico e o valor calculado, denota-se que a constante Y está dentro do desvio padrão aceitável.

Através da realização do ensaio de calibração para encontrar os valores das constantes X e Y foi observado algumas dificuldades. Dentre elas, citam-se falhas no vasilhame flexível e na mangueira de fábrica para enchimento do reservatório, que resultou em vazamentos. Dessa forma, aconselha-se substituí-los por um vasilhame rígido e funil plástico, ou outro reservatório para água e mangueira.

O tripé dispõe somente de duas alturas e um encaixe não efetivo, fato que pode dificultar o manuseio em campo e mantimento de prumo. Além disso, constatou-se que no primeiro uso do equipamento, deve ser garantido um bom nível de lubrificação das peças, caso contrário torna-se mais difícil e impreciso o manuseio do tubo de ar e controle da vazão.

Na descrição do manual, observa-se o uso da balança no chão do laboratório em baixo do PG, entretanto não é necessário agir dessa forma, pois seu uso é apenas para avaliações finalistas. De tal forma que ela pode ser usada sobre a bancada do laboratório, facilitando o processo ao eliminar a etapa de nivelar a balança no chão do laboratório.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) pela disponibilização do uso do Permeômetro de Gelfh.

À Universidade Federal do Tocantins pela integração acadêmica.

Ao Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil do IFTO Campus Palmas por intermediar a coligação junto à Universidade Federal do Tocantins.

REFERÊNCIAS

SOILMOISTURE EQUIPMENT CORPORATION. Guelph Permeameter 2800K: Operating instructions. Disponível em https://www.soilmoisture.com/pdfs/Resource_Instructions_0898-2800_2800K1%20Guelph%20Permeameter%20.pdf. Acesso em 9 jun. 2017.

SOTO, M. A.; CHANG, K. H.; VILAR, O. M. (2009). Análise do Método do Permeâmetro de Guelph na Determinação da Condutividade Hidráulica Saturada. *Águas Subterrâneas*, v. 23, n. 1, pp. 137-152

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.; TOPP, G. C. (1983). A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. *Soil Science*, v.136, n. 4, pp. 250-268.