

PROJETO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE

Carlos Eduardo Lourenço da Silva¹; Sandy Cristina Araújo de Almeida¹, Telmo Viana Rodrigues¹

¹Universidade Iguaçu

ce76997@gmail.com , 190067220@aluno.unig.edu.br, 0162004@professor.unig.edu.br

Resumo - O presente trabalho traz o projeto de um permeâmetro para atender ensaios de carga constante, usando materiais de baixo custo, com o intuito de complementar o aprendizado de forma prática. O uso do permeâmetro tem como intuito determinar de forma fácil a condutividade hidráulica de solos granulares. Este equipamento permitirá que seja realizado testes para a determinação da permeabilidade do solo a partir da condutividade hidráulica do solo. Através deste projeto será possível reproduzir situações reais do cotidiano, com o objetivo de ser aplicável a diferentes campos de investigação. A metodologia que será utilizada neste equipamento utilizará quatro etapas que serão: projeto, construção, montagem dos instrumentos e teste operacional do equipamento. Na construção e instrumentação do permeâmetro será realizada toda a montagem dos componentes do equipamento, para a partir daí obter os dados necessários. Já na última etapa serão realizados ensaios pelo método de carga constante com materiais reais, como solos mais arenosos. Verificado e aprovado o projeto de condutividade hidráulica, o equipamento será disponibilizado para o laboratório da instituição que poderá realizar testes em solos, a fim de contribuir com o conhecimento dos demais alunos

(Palavras-chave: Permeâmetro de carga constante, Condutividade hidráulica, Estudo dos solos)

Abstract - This paper presents the design of a permeameter to perform constant load tests, using low-cost materials, with the aim of enhancing practical learning. The permeameter is intended to easily determine the hydraulic conductivity of granular soils. This equipment will enable tests for soil permeability determination based on soil hydraulic conductivity. Through this project, it will be possible to replicate real-life situations, intending applicability across various research fields. The methodology employed in this equipment will involve four stages: design, construction, assembly of instruments, and operational testing of the equipment. In the construction and instrumentation of the permeameter, the assembly of equipment components will be carried out to obtain the necessary data. In the final stage, tests will be conducted using the constant load method with real materials, such as sandy soils. Once the hydraulic conductivity project is verified and approved, the equipment will be made available to the institution's laboratory, enabling soil tests to contribute to the knowledge of other students.

(Keywords: *Constant Head Permeameter, Hydraulic Conductivity, Soil Studies.*)

1 INTRODUÇÃO

A permeabilidade do solo, conforme conceituada por Alonso (1999), é um indicador crucial da capacidade do solo em permitir a passagem de água. O entendimento aprofundado desse fenômeno torna-se imperativo, pois falhas na absorção hídrica pelo solo podem resultar em sérios contratempos na construção, como enfatizado por Tonin (2013). Um exemplo notório dessa problemática são os deslizamentos de encostas, originados pelo aumento da carga do solo devido ao encharcamento e processos erosivos. Diante desse cenário, torna-se evidente a importância de profissionais possuírem expertise nesse campo. Segundo Romeiro (2016) "...se observa limitações ao se ensinar o estudo dos solos, pois muitas vezes seu ensino é limitado ou subestimado". Visto isso, a proposta para criação do equipamento, permeâmetro de carga variável, tem o objetivo de agregar valor ao laboratório de solos da instituição, visando dinamismo para as aulas já que o projeto possibilitará esses ensaios que são de suma importância para a área de construção civil, visto que os maiores problemas estão relacionados com a presença de água no solo. É esperado que dessa forma o estudo dos solos se torne mais completo e consequentemente formar profissionais mais capacitados.

Nesse contexto, a construção e utilização do permeâmetro ganham destaque, representando uma ferramenta significativa para complementar o aprendizado teórico sobre a permeabilidade do solo. Este instrumento não apenas facilita a compreensão dos princípios subjacentes, mas também prepara os profissionais para enfrentar desafios reais, prevenindo potenciais riscos associados à inadequada absorção de água pelo solo em projetos de construção. Portanto, a implementação do permeâmetro não se limita a uma simples ampliação do conhecimento teórico; ela desempenha um papel fundamental ao promover uma aplicação prática essencial para o setor profissional. Ao oferecer uma abordagem prática para o entendimento da permeabilidade do solo, esse instrumento contribui não apenas para a formação acadêmica, mas também para a capacitação prática dos profissionais, mitigando possíveis problemas e fortalecendo a segurança e a eficácia nos projetos de construção.

Assim, a integração do permeâmetro transcende o âmbito teórico, consolidando-se como uma ferramenta indispensável na formação e atuação de especialistas na área. De acordo com Caputo (1988), o conhecimento da permeabilidade de um solo é de importância em diversos problemas práticos da engenharia, tais como: drenagem, rebaixamento do nível d'água, recalques etc. Outros autores também destacam a importância do conhecimento nessa área, como Uribe (2016):

"A correta determinação da permeabilidade de materiais que apresentam baixa condutividade hidráulica é necessária para o desenvolvimento de projetos de grande importância, tais como: pavimentação, aterros sanitários, lixiviação em pilhas, barragens, barreiras impermeáveis, lagoas artificiais, entre outros".

2 METODOLOGIA

O trabalho teve início com uma vasta revisão bibliográfica, explorando temas como a Lei de Darcy e a NBR 13292 que serviu de base para o dimensionamento do tipo de permeâmetro escolhido, além de especificar como serão utilizadas as informações obtidas com o uso do equipamento. O permeâmetro é constituído por um tubo de PVC com 150 mm de diâmetro e 45 cm de altura com dois caps, que servirão como base e tampa, de mesmo diâmetro acoplados em suas extremidades.

Os dois caps possuem furos para a entrada e saída de água nos processos de saturação e percolação.

O tubo de PVC também contará com a presença de dois furos nas laterais de saída para as mangueiras que por sua vez serão conectadas as duas buretas graduadas para determinação de perda de carga.

Na base do permeâmetro deve haver um disco perfurado com permeabilidade superior à do corpo de prova. Em cima do disco perfurado é colocado um disco feito de manta de geotêxtil. Em seguida, o tubo de PVC é acoplado a base.

Para a criação do corpo de prova dentro do permeâmetro, são imprescindíveis o material a ser ensaiado, um funil de vidro e uma concha metálica. A extremidade do bico do funil deve estar em contato com a tela metálica inferior presente no permeâmetro. Despeja-se no funil quantidade suficiente de material para formar uma camada. Em seguida, levanta-se o funil e ajusta-se continuamente a altura do bico, garantindo que a altura de queda livre do material seja de 1 cm. Move-se o funil para assegurar a formação de uma camada uniforme. Após o preenchimento completo do permeâmetro, insere-se o segundo disco de tela metálica no topo. Por fim, acopla-se a tampa.

Posteriormente, o material deve passar pelo processo de saturação. Esse procedimento ocorre quando as entradas laterais e superior estão fechadas, enquanto a entrada inferior está aberta, permitindo a entrada exclusiva de água por ela, expelindo o ar pelo topo. Com o corpo de prova saturado, a válvula inferior é fechada, e o reservatório é conectado à entrada superior. Na sequência, dá-se início ao processo de percolação. Com todas as válvulas abertas, aguarda-se a estabilização das cargas hidráulicas, sem variações nos níveis de água nos tubos manométricos. Utilizando uma proveta e um cronômetro, registra-se o tempo decorrido e o volume de água percolado. A temperatura da água no momento do ensaio também é considerada. Ainda é necessário determinar a diferença entre as cargas hidráulicas nas buretas. Esse procedimento deve ser repetido no mínimo 5 vezes.

No ano de 1856, a partir de ensaios de filtros de areia Henry Darcy determinou os fatores que influenciavam a vazão de água em solos saturados, dando origem a Lei de Darcy. A lei de Darcy aponta que a vazão está diretamente relacionada à área da seção transversal do fluxo e à diferença de carga total entre a entrada e a saída, enquanto a vazão é inversamente proporcional ao comprimento da amostra na direção do fluxo. (Martínez Uribe, 2016.)

A lei de Darcy pode ser expressa pela seguinte equação:

$$Q = -k \frac{\Delta h}{L} A$$

Eq. 1

Onde:

- ✓ Q é a vazão de infiltração (m³/s);
- ✓ Δh é a diferença de carga total de entrada e saída (m);
- ✓ L é o comprimento da amostra (m);
- ✓ A é a área transversal da amostra (m²);
- ✓ k é a constante de proporcionalidade, conhecida como a condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (m/s).

3 RESULTADOS

Como mencionado anteriormente o permeâmetro é um dispositivo construído a partir de um tubo de PVC com um diâmetro de 150 mm e uma altura de 45 cm. Ele é composto por duas tampas, uma que

atua como a fechamento inferior e a outra como fechamento superior, ambas com o mesmo diâmetro e acopladas nas extremidades do tubo. Essas tampas são equipadas com furos que desempenham um papel crucial nos processos de saturação e percolação de água. A tampa superior possui um furo central, enquanto a tampa inferior possui um furo em sua lateral. O tubo de PVC apresenta também duas aberturas laterais que estão conectadas a mangueiras. Essas mangueiras, por sua vez, são ligadas a duas buretas graduadas que são usadas para determinar a perda de carga durante os ensaios.

A montagem do permeâmetro segue um procedimento específico: Inicialmente, é colocado um disco feito de manta de geotêxtil na base do dispositivo, antes da tela metálica inferior. Em seguida, o tubo de PVC é acoplado à base, seguido pelo corpo de prova e pela inserção de outro disco de manta de geotêxtil, localizado na parte superior do tubo, após a tela metálica superior, e, por fim, a tampa é fixada. Isso garante que, tanto na base quanto no topo do permeâmetro, a manta de geotêxtil desempenhe seu papel crucial antes da fase de saturação e percolação. A lista de materiais que serão utilizados para confecção do equipamento pode ser encontrada na tabela 1.

Tabela 1 – Lista de materiais para construção do permeâmetro

Materiais	Quantidade
Tubo de PVC 150 mm	0,5 metros
Caps de PVC 150 mm	2 unidades
Mangueira Cristal 1/2	3 metros
Mangueira Cristal 1/4	1 metro
Placa de Madeira	1x1,2 metros
Registro PVC Esfera	2 unidades
Torneira PVC 1/2	1 unidade

Para facilitar a medição das cargas hidráulicas durante os ensaios, é montado um quadro que abriga as duas buretas graduadas. Além disso, um reservatório de água é utilizado no processo fornecendo o líquido que será utilizado no processo de saturação e percolação do corpo de prova. A montagem do sistema pode ser encontrada na Figura 1.

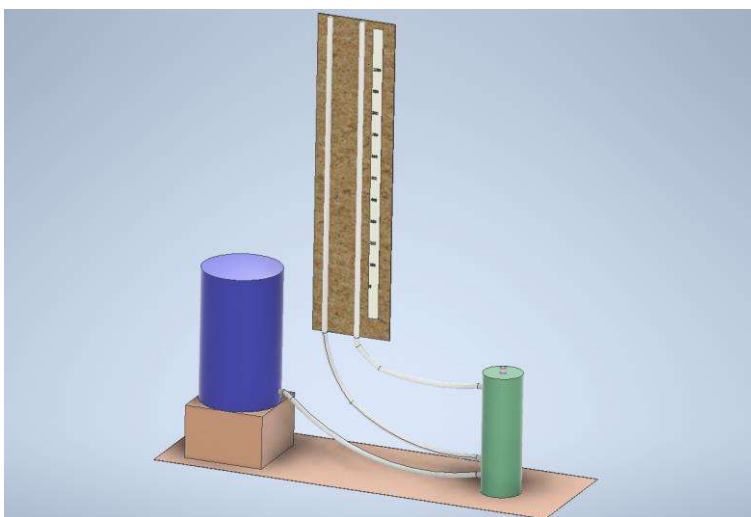


Figura 1 – Sistema Permêmetro de Carga Constante

O permeâmetro foi desenvolvido levando em consideração equipamentos já existentes, como por exemplo o permeâmetro de carga constante que se encontra no laboratório da UERJ - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, que pode ser visualizado na Figura 2.



Figura 2 – Permêmetro de Carga Constante

A montagem do equipamento segue uma ordem cuidadosa para garantir seu correto funcionamento. Inicialmente, realiza-se um furo na parte central do cap de PVC, como pode ser visto na Figura 3, que funcionará como a tampa superior do permeâmetro. Essa abertura destina-se à entrada da mangueira cristal, a qual será conectada ao reservatório de água. Vale destacar que o local onde o permeâmetro está situado dispõe de fornecimento constante de água.



Figura 3 – Cap de PVC destinado a ser utilizado como topo do permeâmetro, já provido do orifício para entrada de água.

Em seguida, efetua-se um furo na parte lateral do cap de PVC, que atuará como a base do permeâmetro. Este furo é projetado para o encaixe de uma torneira, desempenhando o papel de saída de água durante o processo de percolação do corpo de prova. Além disso, realiza-se um furo na parte lateral do tubo de PVC para o encaixe da torneira. Na Figura 4, é possível ver como ficou o cap após a torneira ser encaixada.



Figura 4 – Base do permeamêtro já equipada com a torneira

Posteriormente, são feitos furos laterais para as entradas dos registros, que serão conectados aos tubos manométricos, como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5 – Corpo do Permêametro, com os registros e mangueiras já conectados. (Fonte Autor ,2023)

Simultaneamente, é elaborado um quadro utilizando uma placa de madeira para acomodar os tubos manométricos, exibido na Figura 6.

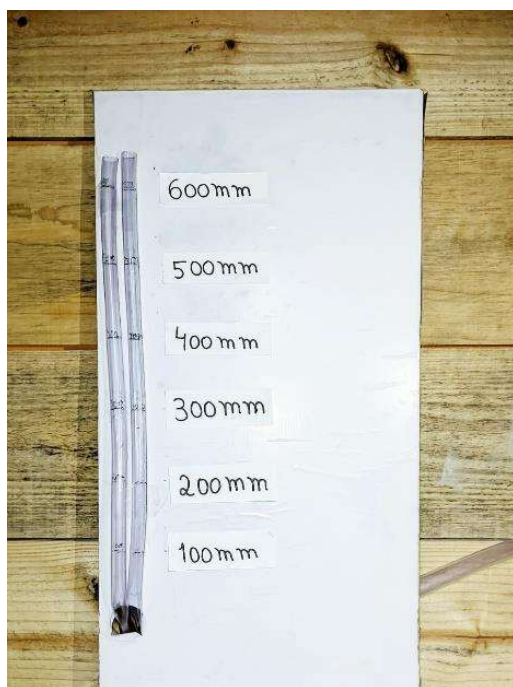


Figura 6 – Quadro com Tubos manométricos. (Fonte Autor ,2023)

Por fim, realiza-se a inserção dos caps no tubo de PVC, completando, dessa forma, o equipamento, conforme evidenciado na Figura 7.



Figura 7 – Permêmetro de Carga Constante. (Fonte Autor ,2023)

Essa sequência de passos assegura não apenas a funcionalidade, mas também a precisão e controle do fluxo durante o ensaio de permeabilidade.

4 CONCLUSÕES

Após extensivas investigações sobre temas relacionados à permeabilidade dos solos e à aplicação da Lei de Darcy, foi possível conceber um projeto meticuloso para a construção de um permêmetro de

carga constante acessível e confiável. Esse projeto foi meticulosamente desenvolvido com o propósito de assegurar a usabilidade e a precisão do equipamento, visando torná-lo uma ferramenta valiosa para instrutores e alunos que o utilizarão nas aulas de Mecânica dos Solos. A construção do permeâmetro de carga constante revela-se crucial para o estudo da percolação em solos granulares. Além de aprimorar o aprendizado teórico, este equipamento desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes em construções, contribuindo significativamente para a engenharia com sua notável precisão. A sua aplicação prática não apenas enriquece o conhecimento teórico dos alunos, mas também promove uma compreensão mais profunda dos princípios fundamentais relacionados à permeabilidade do solo. Com essa iniciativa, esperamos proporcionar uma valiosa contribuição ao campo acadêmico, bem como à prática da engenharia civil.

5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi conduzido por meio da concessão de uma bolsa de iniciação científica pela Universidade Iguaçu, conforme o Edital 2024-2023 do Programa de Iniciação Científica. Além disso, contou com o suporte da Coordenação do Curso de Engenharia Civil e da Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, que disponibilizou espaço no Laboratório Multidisciplinar 3 para a fabricação e montagem do equipamento. ao Professor Rogério Feijó, da UERJ, por seu tempo e paciência para a realização deste projeto. Quero estender meu agradecimento especial aos amigos Arleide Lourenço, Matheus Marques e Natália Lourenço, cujo apoio foi fundamental e significativo ao longo desse processo. Seu suporte é imensamente apreciado.

6 REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Rio de Janeiro.
- CAPUTO, HP. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6^a edição. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1998.
- ROMEIRO DHL, FREIRE AC, MELO SBF, ROCHA JMMS, ALMEIDA LM. Entendo a permeabilidade dos solos: Uma experiência diádica com materiais recicláveis. Paraíba. III CONEDU, 2016.
- TONIN, F. Permeabilidade dos solos. aula 7-8. Mecânica de solos. Engenharia civil. 2013.
- URIBE, CRISTINA MARTINEZ (2016). Projeto e construção de um Permeâmetro de Parede flexível e carga constante. 2016. xix, 114 f., il. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília 2016