



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024**

EMPREGO DA ASCENSÃO CAPILAR COMO TÉCNICA PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DA CURVA DE RETENÇÃO DE UMIDADE DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS EM SOLOS COMPACTADOS

Mateus Lima Estrela¹; Riseuda Pereira Sousa ²;

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: mateuslimaestrela3064@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: riseuda.sousa@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Ascensão Capilar, Curva de retenção, Combustíveis automotivos

INTRODUÇÃO

A curva de retenção de umidade do solo é uma ferramenta que expressa o teor de líquidos no meio poroso frente a energia de retenção, que pode ser utilizada para fornecer parâmetros importantes de solos não saturados, como: coeficiente de permeabilidade, resistência ao cisalhamento, variação do volume, transporte de contaminantes na zona saturada. Diante da presença de água na estrutura do solo, na geotecnia seu uso é voltado ao estudo de resistência dos solos, e na agronomia é utilizada na avaliação da qualidade do solo para o cultivo. Já na Geotecnia Ambiental, além estudo com água, também é realizado o estudo da infiltração e capacidade de retenção de contaminante no solo.

De acordo com a literatura vários modelos como: Brooks & Corey, 1966; van Genuchten, 1980, VG, solo unimodal, e a sua adaptação para solo bimodal, o duplo VG; Fredlund & Xing (1994); Rossi & Nimmo, 1994; Assouline et al., 1998; Kastanek & Nielsen, 2001; Prunty & Casey, foram propostos empiricamente e têm sido empregados na obtenção das curvas de retenção de umidade de solos. No âmbito experimental a montagem da curva de retenção de água tem sido executada através da aplicação de técnicas tradicionais de laboratório, tais como: câmara de pressão (Richards, 1965); centrífuga (Silva & Azevedo, 2002); método papel de filtro; funil Haines, dentre outras. Como a energia de retenção do líquido no meio poroso, decorre da ação das forças intermoleculares entre o líquido e as superfícies sólida, é possível também montar as curvas de retenção de umidade fazendo uso da ascensão capilar. A ascensão capilar, mesmo sendo um fenômeno puramente experimental, as curvas também podem ser geradas matematicamente através do uso de: modelos físicos, que utilizam parâmetros físicos do solo e do fluido e parâmetros de transporte; e modelos desenvolvidos para infiltração vertical, que no formato similar podem ser aplicados em fluxo ascendente do solo, onde, baseado na teoria físico-matemática de fluxos saturados, no caso de fluxo em formato tipo pistão é utilizado o modelo de Green & Ampt (1911), e no caso fluxo difuso, que ocorre em meios porosos argilosos, o modelo de Phillip (1969), é o adequado. Por seu turno, para fluxo em solos areno-argilosos o de Kostiaikov (1932), com origem puramente empírica, é o mais empregado.

Assim, motivados pela necessidade e dificuldade de se traçar a curva de retenção de produtos petrolíferos empregando as metodologias convencionais e da possibilidade do emprego da ascensão capilar na obtenção desta curva, neste trabalho foi realizada a montagem das curvas de ascensão capilar de diesel no solo do CIS, acompanhado da modelagem matemática empregando os modelos desenvolvidos para ascensão capilar e infiltração vertical, seguido da aplicação como técnica para obtenção da curva de retenção de umidade do óleo diesel.

METODOLOGIA

Ensaios Experimentais

Figura 1 - Ensaios de ascensão capilar ((a) antes e (b) durante); coleta (c) e calcinação (d) do solo para montagem da curva de retenção



Fonte: Autores (2024)

Conforme apresentado na Figura 1a, o solo do Cento Industrial de Subaé, compactado em colunas de 2m foi submetido a ascensão capilar de diesel (Figura 1b). Após cerca de 2 anos as colunas foram desmontadas, e anéis do solo contaminado foram retirados (Figura c) e submetidos a calcinação em forno mufla à 600°C (Figura d). Com os dados coletados, foram montadas as curvas de ascensão capilar, experimental e modelagem Figuras 2 a 7, e as curvas de retenção de diesel (Figuras 10 a 11).

Curvas dos desenvolvimentos experimentais e das modelagens

- **Ascensão capilar**

Figura 2 – Ascensão capilar diesel coluna 1e modelagem por infiltração vertical

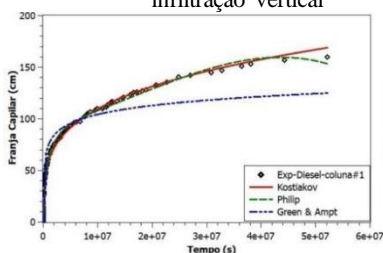


Figura 3 – Ascensão capilar diesel coluna 2 e modelagem por infiltração vertical

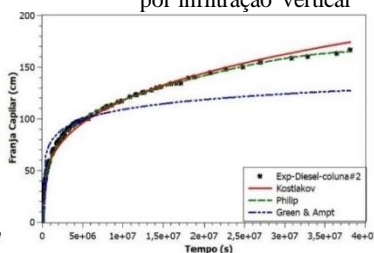
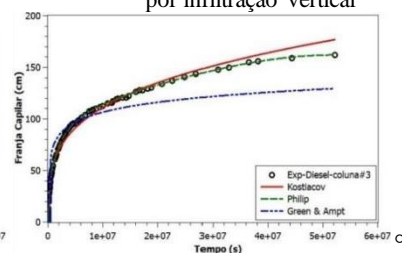


Figura 4 – Ascensão capilar diesel coluna 3 e modelagem por infiltração vertical



Fonte: Autores (2024)

Figura 5 – Ascensão capilar diesel coluna 1e modelagem por modelos físicos

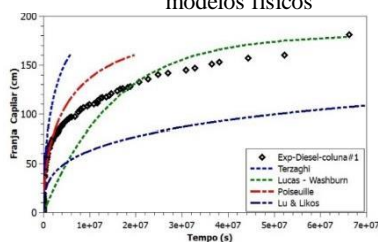


Figura 6 – Ascensão capilar diesel coluna 2 e modelagem por modelos físicos

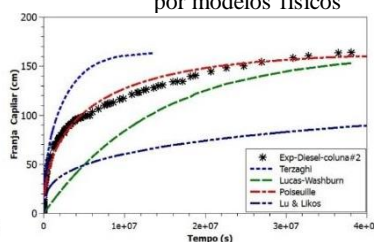
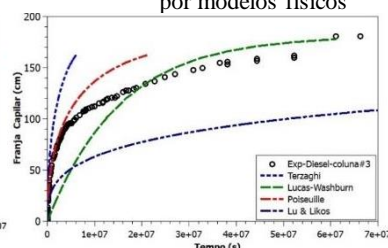


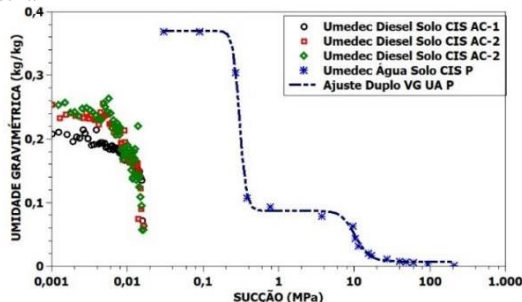
Figura 7 – Ascensão capilar diesel coluna 3 e modelagem por modelos físicos



Fonte: Autores (2024)

• Curvas de retenção

Figura 8 – Curva de retenção de diesel por ascensão capilar em comparativo com a curva de retenção de água por psicometria



Fonte: Autores (2024)

Figura 9 – Curva de retenção de diesel por ascensão capilar em comparativo com a curva de retenção de diesel por medida em câmara de pressão

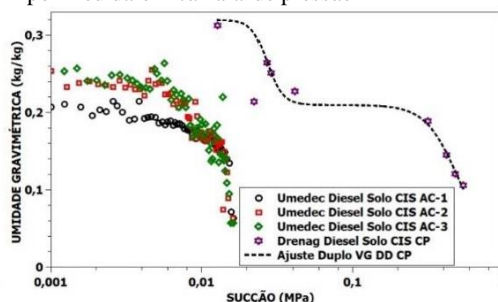
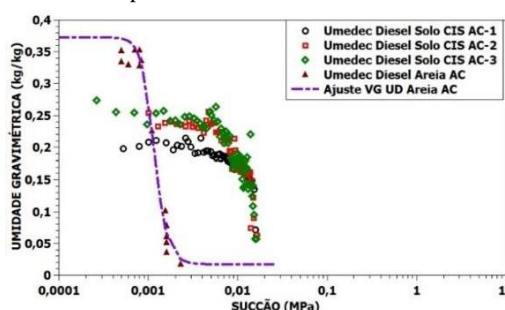
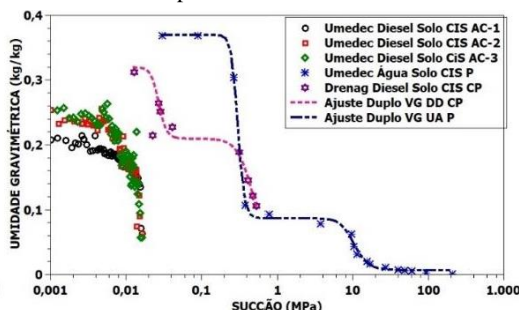


Figura 10 – Curva de retenção de diesel por ascensão capilar em comparativo com a curva de retenção de diesel em areia de duna por ascensão capilar



Fonte: Autores (2024)

Figura 11 – Curva de retenção de diesel por ascensão capilar, da água por psicometria e de diesel por ensaios em câmara de pressão



ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O solo da região do Centro Industrial do Subaé (CIS) de quartzo e dos argilominerais haloisita e caulinita e dotada de elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de retenção líquida, nos ensaios realizados nesta etapa do trabalho conduziu aos resultados apresentados a seguir:

- Os ensaios de ascensão capilar de diesel, cuja franja capilar demandou 766 dias, 2 horas e 47 minutos para atingir a altura de 181 cm na coluna 1; 441 dias, 2 horas e 17 minutos para atingir a altura de 164 cm na coluna 2 e 707 dias e 47 minutos para atingir a altura de 181 cm na coluna 3 revelam a baixa capacidade de ascensão do diesel no solo do CIS;
- A modelagem matemática das curvas de ascensão capilar do diesel empregando os modelos similares aos de infiltração vertical revelam que os modelo de Phillip e o de Kostiakov foram os que melhor se adequaram aos dados experimentais. Entretanto, diante das características granulométrica do solo CIS, que proporciona um comportamento de fluxo difuso, o modelo de Phillip se mostrou mais eficiente conforme revela os valores de R^2 ;
- As curvas geradas pela modelagem, empregando os modelos físicos desenvolvidos para ascensão capilar indicam que as curvas geradas pelos modelos de Poiseuille, Terzaghi e Lu & Likos tendem a se aproximar das curvas experimentais nos tempos abaixo de 6 horas. Entretanto, para tempo superior a 7 meses a tendência passa a ser da curva gerada pelo modelo Lucas-Washburn, desenvolvido para tempo longo. Mas, no computo geral, o modelo de Lu & Likos é o que apresenta menor capacidade de descrever a ascensão capilar do diesel no solo CIS.

- A curva de retenção de umidade de diesel, obtida através da ascensão capilar mostra-se como um segmento de arco que abrange uma faixa de umidade que vai de 0,26 a 0,06 para uma sucção máxima abaixo de 0,02Mpa, um valor de sucção baixo, diante das características granulométricas do solo e do valor da sucção atingido neste solo empregando outras metodologia, o que leva a concluir que a curva não ficou completa, mesmo diante dos dois anos de duração do ensaio, tendo em vista que, pela característica granulométrica do solo a curva deveria ser bimodal, isto é o traçado deveria ter dois patamares e não apenas o trecho de um;
- Já que o tempo de dois anos não foi suficiente para a montagem completa da curva de retenção de diesel via ascensão capilar, fica visível que, para montagem da curva completa o tempo seria demasiadamente longo;
- Como a curva retenção de diesel, obtida via câmara de pressão, diante do nível de pressão atingido, não chegou a formar o segundo patamar, isto revela o nível de dificuldade de montagem da curva de retenção de diesel e a necessidade de se buscar outras técnicas
- Para algumas áreas de estudo, a obtenção de apenas este trecho da curva de retenção de umidade é, útil por permitir a aquisição de informações, com a pressão de borbulhamento (P_b), que é um dado importante para modelagem matemática tanto para ensaios de umedecimento (infiltração) de meios porosos, como nos de drenagem onde o parâmetro requisitado é o da pressão de entrada de ar, que segundo Bouwer (1960) corresponde a metade da pressão de borbulhamento.

REFERÊNCIAS

- Bouwer, H., 1960. A study of final infiltration rates from ring infiltrometers and irrigation furrows with a resistance network analog. Proc., Comm. VI, Soil Tech., Trans., 7th Int. Congr. of Soil Sci., 448-456.
- Brooks, R.H. E Corey, A.T. Hydraulics Properties of Porous Media, Colorado State Univ. Hydrol. Paper No.3, 1964.
- Carducci, C. E. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.
- Coacalla, T. Z. Estimativa de propriedades hidráulicas de solos a partir do ensaio de ascensão capilar. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação e área de concentração Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.
- Green, W. H.; & Ampt, G. A. (1911 Studies on soil physics, 1. The theory of air and water through soils. J. Agr. Sci. v. 4, 1-24,).
- Kostiakov, A. N. (1932). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. In Transactions, 6th committee Inter. Soc Soil. Sci. Moscow. Part A 17-21.
- Oliveira, I. B. (1995). Infiltration of organic liquids in unsaturated sands: comparison of experimental measurements with scaled and unscaled analytical solutions. 335f. Tese (Doctor Philosophy in Environmental Engineering), Universidad of Michigan. Ann Arbor, Michigan, USA.
- Philip, J. R. (1969). Theory of infiltration. In: Advances in Hydrosience. Elsevier.V.5, p. 215-296
- Sousa, R. P.; Gonçalves, G. L. O.; Farias, J. S.; Dias, M. M.; Oliveira, I. B. Modelagem Física da Ascensão Capilar no Solo da Área do Centro Industrial do Subaé-Feira de Santana-BA, São Carlos, São Paulo, Brasil IGS-Brasil/ABms,2019.
- Sousa, R. P; (2012). Estudos dos fluxos de óleo diesel e água em solos não saturados: desenvolvimento experimental e modelagem matemática. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia.
- Washburn E. W., (1921). The dynamics of capillary flow, Phys. Rev., 17 273 – 283.
- van Genuchten, M.Th. A Closed Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils - Proc. Soil Sci. Soc. Am., vol.44, no.5, pp892-898, 1980.