



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

XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021

MODELAGEM DA CURVA DE RETENÇÃO DE SOLOS ARENO ARGILOSOS UTILIZANDO DADOS SECUNDÁRIOS DA LITERATURA.

Maike Matias Dias¹; Riseuda Pereira Sousa ²;

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

PALAVRAS-CHAVE: Curva de retenção de umidade. Sucção. Modelagem

INTRODUÇÃO

A curva de retenção do solo é uma função característica necessária para a resolução de problemas geotécnicos relacionados com fluxo em solos não saturados. Estudo de processos no solo como: infiltração, drenagem, movimento de soluto e disponibilidade de água para as plantas são exemplos de estudo que requisitam o conhecimento da curva de retenção por se tratar de uma ferramenta conceitual que permite interpretar o comportamento de solos não saturados a partir de mudanças na sucção.

A necessidade de obtenção de modelagem matemática levou a um desenvolvimento de diversos modelos, onde alguns apresentam limitações por não considera as características hidráulicas do material, demonstrando inconsistências na obtenção de dados. Frente a isto, foram formulados modelos de forma empírica e semiempírica com base em resultados experimentais com obtenção de dados físicos durante os ensaios convencionais possibilitando assim adquirir os parâmetros hidráulicos necessários a modelagem e construção da curva de retenção. É possível dessa forma identificando a relação de fase solo- fluido durante o tempo.

Dessa forma a proposição de modelos matemáticas necessita de resultados experimentais para averiguar a assertividade do modelo proposto. Assim, com dados físicos obtidos durante os ensaios convencionais é possível se confrontar a qualidade de resultados alcançados com a modelagem. Diante deste fato, a partir da coleta dados experimentais, presentes na literatura, de ensaios de curvas de retenção, realizados em solos areno-argilosos, será efetuada a modelagem utilizando os modelos de Van Genuchten (1980) e Fredlund e Xing (1994). Os parâmetros gerados com estes ajustes serão submetidos a um comparativo e, ao final, serão confrontados com os resultados dos ensaios e ajuste de curva de retenção obtidos para o solo do CIS.

METODOLOGIA

Na busca de dados pertinentes para as análises foram consultados os acervos bibliográficos na busca de dados de solos com características mineralógicas semelhantes ou proximidades a do solo da região do CIS. Assim, Dissertações, artigos teses e bancos de dados foram consultados, o que levou a obtenção de dados potencialmente parecido

como encontrado com o solo do Centro Industrial do Subaé de Feira de Santana. Possibilitando desta forma a modelagem de curvas de retenção e consequente comparativo com os dados já existentes

Os modelos propostos a serem estudados são os de Van Genuchten (1980) e Fredlund e Xing (1994) que são representados nas equações abaixo com a identificação dos parâmetros de cada equação:

$$\theta = \left[\frac{1}{1 + (\alpha\psi)^n} \right]^m$$

(equação de Van Genuchten 1980)

$$\theta = \left[1 - \frac{\ln(1+\psi/\psi_r)}{\ln(1+10^6/\psi_r)} \right]^* \frac{\theta_s}{\left[\ln \left[e + \left(\psi/a \right)^n \right] \right]^m}$$

(Equação de Fredlund 1994)

Onde α , m , n e são parâmetros de ajustes sendo; m é igual

Para a realização da análise dos modelos foram coletados 15 resultados unimodais e 4 bimodais de curvas de retenção dentro da literatura, as quais foram submetidas a verificação de ambos os modelos. Este procedimento passou por diversos programas de modelagem ate se escolher o que melhor se adequava a pesquisa. O Excel como editor de planilhas foi escolhido devido a familiaridades dos acadêmicos para trabalhos futuros nos quais poderão ser utilizados para facilitar o uso institucional e doméstico das ferramentas computacionais com curvas de retenção, nele foram construídos os gráficos apresentados.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

A partir da identificação dos solos utilizados abaixo na tabla 1 foram separados em dois grupos os 15 solos coletados na literatura (13 dados da literatura com água - DLA e 2 dados da literatura com derivados de petróleo – DLD), com características de granulométricas próximas as do solo areno argiloso, utilizado nesta pesquisa, os quais foram empregados na modelagem com os modelos matemáticos escolhidas (Van Genuchten (1980) (VG) e Fredlund e Xing (1994) (FX)), representados na tabela abaixo.

MATERIAL		MODELO	PARÂMETROS						Erro
SOLO	FLUIDO		θ_s	θ_r	m	n	α	R^2	%
DLA1	ÁGUA	VG	0,351	0,157	0,602	0,602	0,328	0,993	0,7
		FX			0,602	1,307	0,462	0,969	3,1
DLA2	ÁGUA	VG	0,387	0,118	0,365	1,574	0,203	0,995	0,5
		FX			0,771	0,771	2,809	0,992	0,8
DLA3	ÁGUA	VG	0,515	0,265	0,331	1,494	0,068	0,973	2,7
		FX			0,544	0,734	9,805	0,992	0,8
DLA4	ÁGUA	VG	0,515	0,232	0,392	1,644	0,143	0,995	0,5
		FX			0,586	0,891	3,598	0,984	1,6
DLA5	ÁGUA	VG	0,460	0,175	0,561	2,278	0,003	0,992	0,8
		FX			0,098	12,53	128,1	0,988	1,2
DLA6	ÁGUA	VG	0,608	0,092	0,484	1,938	0,018	0,970	3
		FX			0,150	10,90	72,46	0,950	5
DLA7	ÁGUA	VG	0,400	0,028	0,478	1,915	0,024	0,991	0,9
		FX			0,182	6,643	36,43	0,971	2,9
DLA8	ÁGUA	VG	0,356	0,051	0,573	2,344	0,022	0,992	0,8
		FX			0,201	5,420	26,97	0,951	4,9
DLA9	ÁGUA	VG	0,39	0,067	0,573	2,344	0,022	0,992	0,8
		FX			0,201	5,420	26,97	0,951	4,9

DLA10	ÁGUA	VG	0,41	0,19	0,222	1,285	0,126	0,982	1,8
		FX			0,596	0,596	9,620	0,974	2,6
DLA11	ÁGUA	VG	0,42	0,21	0,22	1,29	0,04	0,97	3
		FX			0,50	0,50	13,55	0,99	1
DLA12	ÁGUA	VG	0,410	0,100	0,364	1,572	0,108	0,997	0,3
		FX			0,859	0,859	8,173	0,985	1,5
DLA13	ÁGUA	VG	0,4	0,11	0,217	1,276	0,009	0,995	0,5
		FX			0,856	0,856	118,3	0,994	0,6
DLD1	Óleo lubrax	VG	0,397	0,02	0,344	1,524	0,095	0,984	1,64
		FX			1,272	1,272	23,88	0,989	1,01
DLD2	Querosene	VG	0,380	0,230	0,329	1,492	0,410	0,986	1,44
		FX			0,696	0,696	1,995	0,985	1,55

Os solos de padrões bimodais (Piçarra, CIS, F. Barreiras), não se adequaram aos modelos unimodais, porém responderam bem a modelo bidimensional proposto, em Carducci *et al* (2011), a partir do modelo de Van Genuchten, (1980) e denominado Duplo VG (*)

$$w = w_{res} + \frac{w_{pmp} - w_{res}}{(1 + (\alpha_{tex} \times \psi_m)^{ntex})^{m_{tex}}} + \frac{w_{sat} - w_{pmp}}{(1 + (\alpha_{est} \times \psi_{est})^{ntest})^{m_{test}}} \quad (*)$$

onde: w é a umidade gravimétrica (%); w_{res} é a umidade gravimétrica residual (%); w_{sat} é a umidade gravimétrica de saturação (%); w_{pmp} é a umidade no ponto de murcha; α_{tex} e α_{est} são os parâmetros de ajuste das inclinações das curvas nos dois trechos; n_{test} e m_{test}

SOLO	FLUIDO	PARÂMETROS PARA A EQUAÇÃO DO DUPLO VG								
		Wres	Wpmp	Wsat	α_{tex}	α_{est}	ntex	mtex	ntest	mtest
CIS	Água	0,007	0,087	0,370	0,107	3,122	4,65	0,785	13,43	0,926
Piçarra	Água	0,007	0,250	0,360	0,001	0,040	2,00	0,500	1,800	0,444
F Barreiras	Diesel	0,035	0,135	0,174	0,9	0,03	4	0,75	5	0,8
F.Barreiras	Água	0,004	0,13	0,179	0,25	0,001	4	0,75	4,5	0,78

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização da modelagem matemática de curvas de retenção de umidade de solos, empregando modelos unimodais de Van Genuchten (1980) e Fredlund e Xing (1994), em dados experimentais da literatura de 15 solos; e do modelo bimodal Duplo VG em dados experimentais de 4 tipos de solos areno argilosos, concluiu-se:

1. A viabilidade do uso dos modelos unimodal VG (1980) e FX (1994) ao se realizar os ajustes empregando os dados das 15 curvas de retenção de água em solos areno argilosos devido a:
 - i) obtenção de parâmetros de ajustes dos modelos (α , n e m) dentro do esperado (Para o modelo VG: α menores que 1kPa e n , na maioria, na faixa de $1 < n < 2$; e para o modelo FX " α " na faixa de $2 < \alpha < 20$ (8 curvas) e $\alpha > 20$ (5 curvas); n na faixa de $1 < n < 2$ (9 curvas) e $2 < n < 4$ (4 curvas) e $m < 1$);
 - ii) Obtenção de coeficientes de R^2 com valor acima de 0,9 para ambos os modelos.
2. Nos ajustes realizado com os modelos unimodal VG (1980) e FX (1994), utilizado os dados experimentais das curvas de retenção de derivados de petróleo (óleo lubrificante e querosene) diante dos valores dos parâmetros m , n e α , constatou-se:

- i) Melhor ajuste do modelo de FX na modelagem com os dados da curva de retenção do óleo LUBRAX;
 - ii) Melhor ajuste do modelo VG na modelagem com os dados da curva de retenção do querosene;
 - iii) Adequação de ambos os modelos a modelagem de curva de retenção de derivados de petróleo (solventes apolares orgânicos de viscosidade elevada),
3. Adequabilidade dos modelos matemáticos de VG (1980) e FX (1994) na modelagem das Curvas de Retenção unimodal de Água e derivados de petróleo de solos areno argilosos, diante do R^2 atingindo (0,95 a 0,99)
 4. Para os solos com curvas de retenção no formato bimodais constatou-se:
 - i) Incapacidade de ajuste de curva com os modelos unimodais VG (1980) e FX (1994)
 - ii) Perfeito ajuste do modelo Duplo VG dos solos com curva de retenção com formação bimodal
 - iii) Diante dos resultados atingidos e da característica bimodal da curva postula-se o uso do modelo Duplo VG na modelagem, a ser feita, da curva de retenção de diesel no solo do CIS de Feira de Santana, seguindo o executado por Cerqueira (2016).

REFERÊNCIAS

- CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; ZEVIANI, W.M.; Modelagem da curva de retenção de água de latossolos utilizando a equação duplo van genuchten. R. Bras. Ci. Solo, 35:7786, 2011
- CERQUEIRA, R. C.V. Avaliação do fluxo bidimensional de óleo diesel em solo não saturado da formação barreiras. Salvador: Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, 2016. 204 p
- COSTA, W. A., OLIVEIRA, C. A. S e K, Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um Latossolo-vermelho-amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]. 2008, v. 32, n. 2 [Acessado 8 Outubro 2021], pp. 515-523. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200006>>. Epub 26 Jun 2008. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200006>
- FIDALSKI, J. e T.; C. A. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração em sistemas de manejo com plantas de cobertura permanente em citros. Ciência Rural [online]. 2007, v. 37, n. 5 [Acessado 25 jun. 2021, pp. 1316-1322. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500015>>.
- FREDLUND, D.G.; XING, A. & HUANG, S., 1994, “Predicting the Permeability Function for Unsaturated Soils using the Soil-Water Characteristic Curve.”, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 31, p. 533-546.
- GERSCOVICH, D. M. S. Equações para modelagem da curva característica aplicadas a solos brasileiros. 4. ed. Porto Alegre: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2001. 9
- PARAHYBA, R. B. V.; ALMEIDA, B. G. de; ROLIM NETO, F. C.; Araújo, M. do S. B.; SILVA, M. S. L. da. Retenção de água em solos arenosos da Bacia Sedimentar do Tucano, Bahia. 35. ed. Natal/RN: 2021.
- VAN GENUCHTEN, M. TH, 1980, “A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils”, Soils Science Society of American Journal, Vol. 44, p. 892.