

MODELOS GLOBAIS APLICADOS A ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE SOLO SATURADO EM LATOSSOLOS

ISADORA DE CASTRO MAYER¹; SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO²;
LUANA NUNES CENTENO³

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense – isadoracmayer@gmail.com

²Instituto Federal Sul-rio-grandense – samantacecconello@ifsul.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – luananunescenteno@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A influência dos solos na recarga de aquíferos tem sido objeto de estudos há muitos anos, especialmente em regiões com solos tropicais altamente intemperizados e lixiviados, como os Latossolos (BRAGA; BRAGA; VENTURIN, 2022). Ademais os Latossolos têm características particulares que os tornam bastante distintos dos demais solos existentes, o que pode influenciar diretamente na produtividade agrícola e na disponibilidade de água subterrânea (JONGE, 2022).

A recarga de aquíferos nesses solos pode ser afetada por uma série de fatores, como a textura, a estrutura e a condutividade hidráulica de solo saturado (BASTOS, 2023). A condutividade hidráulica de solo saturado (K_{sat}) é uma medida importante da capacidade de um solo em transmitir água (CENTENO et al., 2021). É amplamente aceito que solos com maior K_{sat} são mais permeáveis e permitem uma maior recarga de aquíferos (PEREIRA, 2020).

Por outro lado, solos com menor K_{sat} são menos permeáveis e limitam a recarga de aquíferos (LUCAS, 2022). Ou seja, a K_{sat} é um parâmetro crítico que influencia a quantidade de água armazenada e disponibilizada para os aquíferos (SOARES, 2021). E esta disponibilidade em muitas regiões é essencial para garantir uma fonte vital de água subterrânea para uso humano, agrícola e industrial. Por isso, entender a relação entre os atributos do solo e a K_{sat} é importante para gerenciar a disponibilidade de água subterrânea (LUCAS, 2022).

Entretanto a estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) pode ser abordada por diferentes métodos diretos e indiretos (CENTENO et al., 2021). Os métodos diretos de campo, embora seja amplamente utilizado, apresenta desafios como custos elevados, demora e a necessidade de equipamentos especializados, bem como expertise técnica (VELOSO, 2021). Para contornar essas limitações, uma alternativa econômica e eficaz é a aplicação de modelos globais, amplamente conhecidos como regressão linear simples (VIDALETTI, 2022).

Essa abordagem estatística permite estabelecer relações lineares entre a K_{sat} e variáveis independentes, tais como textura do solo, teor de matéria orgânica, porosidade do solo e outras características ambientais e de solo (CHANG, 2022). Frente a isto, este estudo objetivou estimar a condutividade hidráulica de solo saturado, através de atributos topográficos, químicos, texturais e estruturais do solo de Latossolos por meio de modelos globais. Com o intuito de fornecer informações iniciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

2. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo utilizando dados de 48 perfis de Latossolos, coletados em diferentes regiões do Brasil, a partir do banco de dados HYBRAS - *Hydrophysical database for Brazilian soils* (OTTONI et al., 2018). Deste banco de dados foram escolhidos sete atributos que não apresentaram falhas amostrais nas

informações para o horizonte B das classes de Latossolos, sendo estes: condutividade hidráulica do solo saturado, argila, silte, densidade do solo, porosidade total, carbono orgânico e elevação.

Primeiramente, aplicou-se o teste de aderência de Shapiro-Wilks, para verificar a normalidade de cada conjunto de dados. Posteriormente, para a geração dos cenários foram empregados modelos globais simples, denominado classicamente de regressão linear simples (Equação 1), abrangendo todas combinações e dimensões aceitáveis baseadas em atributos existentes de forma a chegar no melhor cenário.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad \text{Equação (1)}$$

Onde Y representa a i -ésima observação da variável dependente; x_i representa a i -ésima observação da variável independente; β_0 a interceptação da equação de regressão linear; β_1 é a inclinação da linha de regressão linear e ϵ_i é a variável aleatória residual (erro).

Utilizou-se a K_{sat} como atributo dependente, por ser essencial para evidenciar a dificuldade ou facilidade com que a água se move no perfil do solo. Já os atributos independentes, foram os que apresentaram o menor número de falhas amostrais, para auxiliar na predição dos modelos globais gerados. Para analisar o ajuste dos modelos gerados foi empregado o coeficiente de determinação R^2 , sendo que quanto maior o valor de R^2 , melhor será o ajuste do modelo. Ressalta-se por fim, que todos os procedimentos estatísticos foram efetuados na planilha eletrônica do EXCEL®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutividade hidráulica do solo (K_{sat}) estimada através dos atributos argila, elevação, silte, densidade do solo (D_s), porosidade total (PT), carbono orgânico (CO) e Areia, estão apresentados na Tabela 1. Os valores de R^2 indicam quão bem as equações se ajustaram aos dados usados para desenvolvê-las, sendo que quanto maior o valor de R^2 , melhor a equação ajusta os dados.

Tabela 1: Modelos globais para a estimativa da K_{sat} através de atributos do solo

Cenário 1 variável	R^2
$K_{sat} = 0,385 + 0,663 \cdot \text{Argila}$	0,726
$K_{sat} = 0,411 + 0,299 \cdot \text{Elev}$	0,701
$K_{sat} = 0,551 + 0,542 \cdot \text{Silte}$	0,730
$K_{sat} = 0,459 + 0,569 \cdot D_s$	0,699
$K_{sat} = 0,331 + 0,160 \cdot PT$	0,688
$K_{sat} = 0,341 + 0,427 \cdot CO$	0,767
$K_{sat} = 0,480 + 0,778 \cdot \text{Areia}$	0,582

Argila; Silte; K_{sat} = Condutividade Hidráulica de Solo Saturado; D_s = Densidade do Solo; PT = Porosidade Total; CO = Carbono Orgânico; Elev= Elevação.

Com base na tabela 1, todos os atributos analisados têm um papel importante na explicação da K_{sat} , sendo que o pior resultado encontrado foi de 58,2% da areia, o que não representa um resultado ruim de acordo com GOMES, (2022). Posteriormente, tem-se a porosidade total com 68,8%, a densidade com 69,9%. A partir da variância que a elevação conseguiu encontrar da K_{sat} , 70,1%, segundo a literatura já é possível se ter uma visão global do parâmetro que esta sendo

estimado (HAIR et al., 2009). Logo após com 72,6% a argila, o silte com 73% e por fim o melhor cenário com 76,7% representado pelo carbono orgânico do solo para estimar a Ksat.

A qualidade das estimativas obtidas reflete a complexidade das interações entre esses atributos e a Ksat. E existem várias razões pelas quais nenhuma das estimativas deu um resultado abaixo de 50% na estimativa da Ksat, porém um dos primeiros fatores que merecem destaque é a interconexão entre os atributos do solo (SANTOS, 2023). Pois os solos são sistemas complexos, e os atributos físicos, químicos e topográficos estão interconectados, isso significa que as mudanças em um atributo do solo muitas vezes estão relacionadas a mudanças em outros atributos (CENTENO et al., 2021).

Ademais, há nesta relação uma complementariedade entre os atributos. Por exemplo, a argila pode influenciar a capacidade de retenção de água, enquanto o carbono orgânico do solo pode afetar a estrutura do solo e a porosidade (CAVALCANTI, 2023). Outro fator extremamente importante que vem sendo muito estudado é a variação espaço temporal. Pois de acordo com Xavier (2022), solos não são homogêneos e podem variar significativamente em espaço e tempo.

Já com relação ao carbono orgânico apresentar o melhor resultado na estimativa da Ksat, isto pode estar relacionado ao fato de que o CO desempenha um papel fundamental na formação e estabilidade da estrutura do solo, pois solos com maior CO apresentam maior estabilidade o que viabiliza uma maior formação de macroporos, o que por sua vez, pode influenciar positivamente a Ksat (SCHLESNER, 2023).

4. CONCLUSÕES

Conclui-se, que a análise de diferentes atributos do solo na estimativa da condutividade hidráulica do solo saturado, em Latossolos, mostrou que quando analisando apenas um atributo o carbono orgânico apresentou o melhor ajuste. Contudo todos os atributos empregados neste estudo explicaram mais da metade da Ksat. Sendo assim, os cenários gerados da estimativa da ksat pode viabilizar a avaliação inicial da capacidade de recarga em Latossolos. Mas apenas a avaliação inicial, pois a Ksat é um atributo que apresenta grande variabilidade espacial e temporal, sendo assim, análises de séries temporais e espaciais robustas precisam ser aplicadas, em bancos de dados mais completo e que abranja todo o território brasileiro.

Agradecimentos

Os autores deste estudo, gostariam de agradecer a Pró-reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação (PROPEP) do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, pelo apoio e estrutura no projeto de pesquisa cadastrado na PROPEP: PE10220822/116.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, Ícaro José Fernandes Santos. **Análise da compatibilidade de mistura de solo argiloso com cinzas volantes de carvão mineral sujeita a percolação por diferentes fluidos**. 2023. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2023.

BRAGA, R. M.; BRAGA, F. de A.; VENTURIN, N. Carbono orgânico no solo sob mata nativa e florestas plantadas em longo prazo. Pesquisa Florestal Brasileira, [S. l.], v. 42, 2022.

CAVALCANTI, Nayane Laísa de Lima. **Abordagem das correlações: condutividade hidráulica saturada, carbono orgânico e atributos físicos do solo em sistema silvipastoril no semiárido.** 2023. 54 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CENTENO, Luana Nunes *et al.* Modelo de decomposição empírico bidimensional, na extração de variações específicas intrínsecas, em escala e localização, entre a condutividade hidráulica do solo saturado e atributos do solo. **In:** Encontro de pós-graduação, 2021, Pelotas. Congresso. Pelotas: UFPel, 2021.

CHANG, Pablo. **Modelagem matemática do escoamento superficial sob o efeito da cobertura vegetal em um Latossolo argiloso.** 2022. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

HAIR, J. F. JR. *et al.* **Análise multivariada de dados.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

JONGE, Vannessa de. **Avaliação da atividade enzimática em solos quimicamente equivalentes e com diferentes produtividades.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

LUCAS, Alanderson Firmino de. **O impacto da desertificação na hidrologia: um estudo de modelagem para a bacia do rio Seridó.** 2022. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

OTTONI, Marta Vasconcelos *et al.* Hydrophysical Database for Brazilian Soils (HYBRAS) and Pedotransfer Functions for Water Retention. **Vadose Zone Journal**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-17, jan. 2018.

PEREIRA, Marcos Gervasio *et al.* Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 50-55, 1 maio 2020.

SCHLESNER, Alexandre Augusto. **Funções das áreas hidrologicamente frágeis na formação e modelagem do escoamento superficial na bacia experimental do Arroio Lajeado Ferreira, Arvorezinha - RS.** Universidade Federal de Santa Maria, 2022.

SOARES, Mauricio Fornalski. **Avaliação da co-simulação sequencial gaussiana na geração de campos aleatórios da condutividade hidráulica do solo saturado.** 2021. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

VELOSO, Mariana Faria. **Desenvolvimento de funções de pedotransferência para estimativa de propriedades físico-hídricas do solo do bioma cerrado.** 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

VIDALETTI, Vitória Fenilli. **Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo e escoamento de água e sedimentos.** 2022. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.