

CLUSTERIZAÇÃO DE FUNÇÕES E ATRIBUTOS FÍSICO-HIDRÁULICOS DO SOLO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DE CABECEIRA

ANGELO GARCIA COSTA¹; MAURICIO FORNALSKI SOARES²; RÔMULO FÉLIX NUNES²; MIGUEL DAVID FUENTES GUEVARA²; ROBSON ANDRÉ ARMINDO²; LUIS CARLOS TIMM³.

¹Universidade Federal de Pelotas– costagarciaangelo@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas– mauriciofornalski@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas– romulofelixnunes@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - miguelfuge@hotmail.com

²Universidade Federal de Lavras - robson.armindo@ufla.br@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas– ictimm@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O índice S e atributos como macroporosidade, densidade do solo e resistência à penetração têm sido utilizados com indicadores da qualidade física do solo (REYNOLDS *et al.*, 2002, 2009; PULIDO-MONCADA *et al.*, 2014a, 2014b). Armindo e Wendroth (2016, 2019) propuseram novos índices baseados em funções hidráulico-energéticas como uma alternativa para analisar a qualidade física do solo (QFS) a partir das curvas de retenção de água no solo (CRAS).

Áreas cultivadas com maior diversidade de culturas e sujeitas a diferentes práticas de manejo podem apresentar variação no comportamento da QFS. Assim, é essencial avaliar a relação entre os tipos de uso e os índices de QFS (FERRO *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2020), no intuito de auxiliar os agricultores na tomada de decisões.

A Bacia Hidrográfica Sanga Ellert (BHSE) localizada no município de Canguçu, possui predominância de cultivos anuais, principalmente fumo, e devido a fragilidade natural de seu solo (Neossolos) faz-se necessário investigar alternativas e ferramentas que possam contribuir na sua preservação (SOARES, 2020). Desta maneira, o objetivo deste trabalho é conhecer quais são as principais correlações existentes entre os índices de QFS e as funções hidráulico-energéticas em diferentes usos do solo.

2. METODOLOGIA

A BHSE é uma sub-bacia hidrográfica da bacia hidrográfica do arroio Pelotas, localizada inteiramente no município de Canguçu (Figura 1) e foi selecionada em virtude da importância social e econômica para o município, onde a agricultura familiar predomina na maioria das propriedades rurais, sendo sua economia baseada na produção de fumo, milho, leite, suínos e aves (IBGE, 2010). Em uma malha amostral experimental foram coletados 184 pontos e identificados quatro diferentes usos do solo, sendo eles culturas anuais, mata nativa, silvicultura e pastagem. Para esta análise foram utilizados 170 pontos amostrais, onde em laboratório foram analisadas a macroporosidade (Mac), a microporosidade (Mic), a porosidade total (PT), a densidade do solo (Ds) e a CRAS, utilizando as metodologias de Teixeira *et al.* (2017).

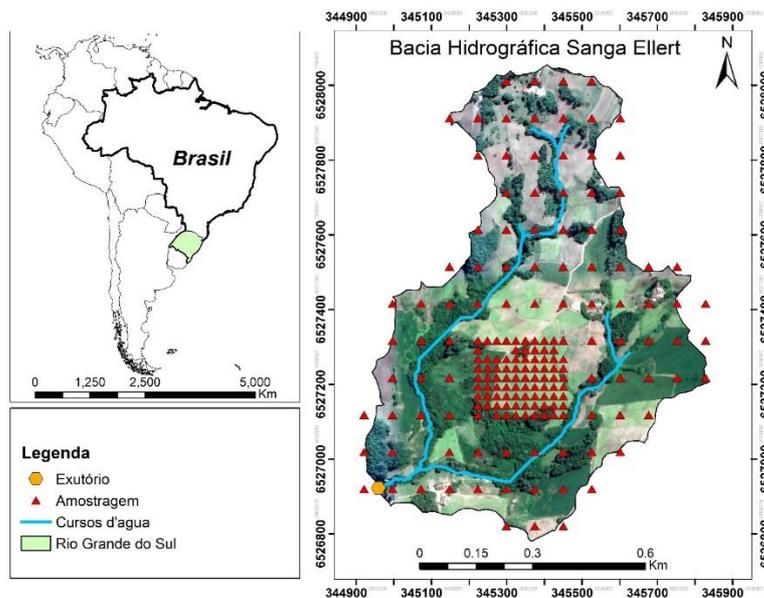


Figura 1 - Localização, topografia, hidrografia e malha amostral da bacia hidrográfica sanga Ellert (BHSE).

A partir de cada modelo ajustado de CRAS, foram obtidos os conteúdos volumétricos de água na saturação (θ_s), na capacidade de campo (θ_{cc}) e no ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), seguindo as metodologias de Prevedello (1999) e Armindo e Wendroth (2016). Posteriormente, foram calculados os cinco índices propostos por Armindo e Wendroth (2016), sendo eles:

O índice absoluto de aeração do solo (Aa), Equação 1, quantifica a energia associada à gravidade para drenar a água no solo de θ_s para θ_{cc} . O índice absoluto de retenção de água (WR_a), Equação 2, quantifica a energia associada a retenção de água entre θ_{cc} e θ_{pmp} . O índice relativo de aeração do solo (Ar), Equação 3, é o Aa em relação a toda área da CRAS. O índice relativo de retenção de água no solo (WR_r), Equação 4, é o WR_a em relação a toda área da CRAS. O quinto índice (AW_r), Equação 5, quantifica o equilíbrio entre as energias de aeração e de retenção de água no solo.

$$Aa = \int_{\theta_{cc}}^{\theta_s} h(\theta) d\theta \quad (1) \quad WR_a = \int_{\theta_{pmp}}^{\theta_{cc}} h(\theta) d\theta \quad (2)$$

$$Ar = 100 \frac{\int_{\theta_{cc}}^{\theta_s} h(\theta) d\theta}{\int_{\theta_{pmp}}^{\theta_s} h(\theta) d\theta} \quad (3) \quad WR_r = 100 \frac{\int_{\theta_{pmp}}^{\theta_{cc}} h(\theta) d\theta}{\int_{\theta_{pmp}}^{\theta_s} h(\theta) d\theta} \quad (4)$$

$$AW_r = 100 \frac{\int_{\theta_{cc}}^{\theta_s} h(\theta) d\theta}{\int_{\theta_{pmp}}^{\theta_{cc}} h(\theta) d\theta} \quad (5)$$

onde, θ_s é o conteúdo de água retido no ponto de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), θ_{cc} é o conteúdo de água no solo referente a capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e θ_{pmp} é o conteúdo de água no solo referente a capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

Também foi realizada a análise de agrupamento, que consiste na classificação não-supervisionada das variáveis para cada tipo de uso de solo, formando agrupamentos (*clusters*) em forma de um dendrograma a partir de distâncias euclidianas (JAIN *et al.*, 1999). Sendo utilizado o método UPGMA (SOKAL; MICHENER, 1958), o qual segundo Cruz *et al.* (2011) utiliza médias aritméticas das medidas de dissimilaridade.

Para a realização destas análises foram utilizados o programa computacional R-Project (R Core Team, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tomando como linha de corte 70% da distância euclidiana total, sendo este valor adotado seguindo o critério utilizado por Braz *et al.* (2020). Os dendrogramas dos quatros diferentes usos do solo (Figura 2) criaram alguns agrupamentos semelhantes.

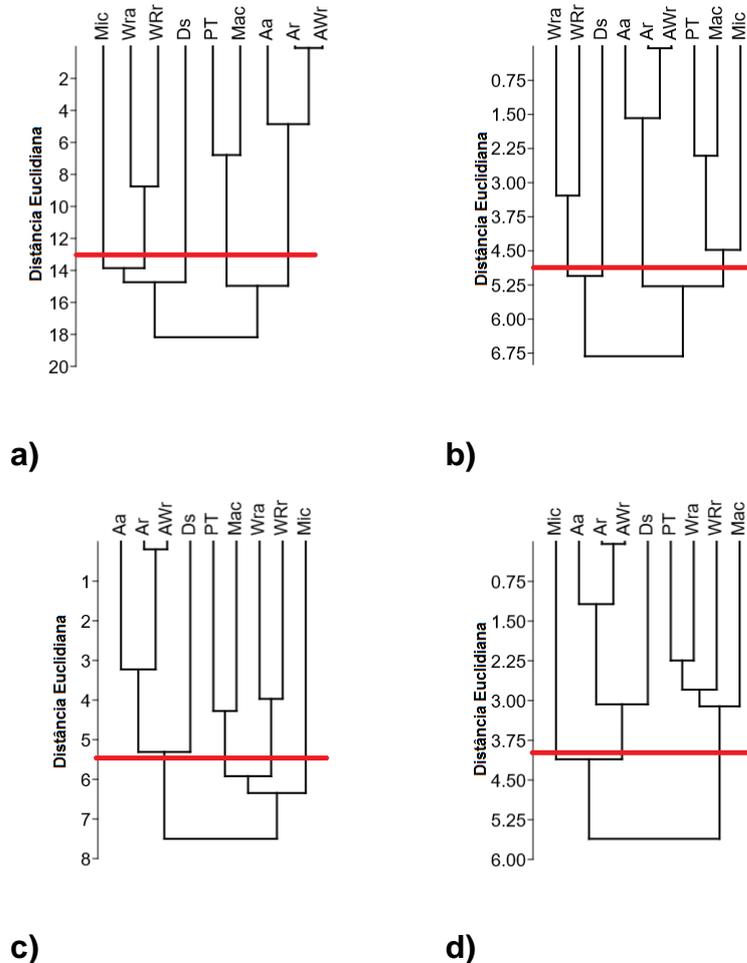


Figura 2 - Dendrograma para os diferentes usos do solo. a) Culturas Anuais; b) Mata Nativa; c) Silvicultura; d) Pastagem.

Em todos os usos do solo os índices A_a , A_r e AW_r ficaram dentro de um mesmo agrupamento enquanto os índices WR_a e WR_r foram classificados em outro grupo. Já as grandezas físico-hídricas PT e Mac afinizaram-se em um mesmo grupo, enquanto a Ds não foi inserida em nenhum agrupamento.

No caso do solo sob uso de Pastagem (Figura 2d) as grandezas físico-hídricas PT e Mac e os índices WR_a e WR_r fazem parte de um mesmo agrupamento, diferentemente dos outros usos onde estão em dois grupos diferentes. Já a microporosidade ficou isolada em três usos diferentes (Cultura Anuais, Silvicultura e Pastagem) e dentro do mesmo grupo da Mac e PT na Mata Nativa (Figura 2b). Possivelmente sendo explicado devido à grande heterogeneidade encontrada na Mata Nativa, fazendo com que exista uma maior variabilidade nos dados.

4. CONCLUSÕES

Os diferentes usos do solo promovem alterações em todos os atributos físico-hidráulicas do solo analisados e os índices de energia hidráulica demonstraram satisfatoriamente algumas das principais características físico-hidráulicas do solo, sendo possível comparar a qualidade física dos quatro diferentes usos entre si, demonstrando que locais onde existem culturas anuais e pastagens são fisicamente mais frágeis que locais com áreas de vegetação arbórea.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMINDO, R.A.; WENDROTH, O. Physical Soil Structure Evaluation based on Hydraulic Energy Functions. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 80, n. 5, p. 1167-1180, set. 2016
- ARMINDO, R.A.; WENDROTH, O. Alternative approach to calculate soil hydraulic-energy-indices and -functions. **Geoderma**, v. 355, p. 1-8, dez. 2019.
- BRAZ, A.M.; OLIVEIRA, I.J. de; CAVALCANTI, L.C. de S.; ALMEIDA, A.C. de; CHAVEZ, E.S. Cluster analysis for landscape typology. **Mercator**, [S.L.], v. 19, n. 5, p. 1-16, 15 maio 2020.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620p. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- JAIN, A.K.; MURTY, M.N.; FLYNN, P.J. Data Clustering: A Review. **ACM Computing Surveys**, v. 31, n. 3, p. 264-323, 1999.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2020.
- PREVEDELLO, C.L. Novo método para estimativa da umidade do solo na condição de capacidade de campo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.4 n.3 p.23–28, 1999.
- PULIDO-MONCADA, M.; GABRIELS, D.; CORNELIS, W.M. Data-driven analysis of soil quality indicators using limited data. **Geoderma**, [S.L.], v. 235-236, p. 271-278, dez. 2014.
- PULIDO-MONCADA, M.; BALL, B. C.; GABRIELS, D.; LOBO, D.; CORNELIS, W. M. Evaluation of Soil Physical Quality Index S for Some Tropical and Temperate Medium-Textured Soils. **Soil Science Society Of America Journal**, [S.L.], v. 79, n. 1, p. 9-19, dez. 2014.
- REYNOLDS, W.D. *et al.* Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, [s. l.], v. 110, p. 131-146, 2002.
- REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; FOX, C.A.; YANG, X.M.. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. **Geoderma**, [S.L.], v. 152, n. 3-4, p. 252-263, set. 2009.
- SOARES, M.F.; CENTENO, L.N.; TIMM, L.C; MELLO, C.R.; KAISER, D.R; BESKOW, S. Identifying Covariates to Assess the Spatial Variability of Saturated Soil Hydraulic Conductivity Using Robust Cokriging at the Watershed Scale. **Journal Of Soil Science And Plant Nutrition**, v.20, n.3, p.1491-1502, 2020.
- SOKAL, R.R.; MICHENER, C.O. A statistical method for evaluating systematic relationships. **The University of Kansas Science Bulletin**, Lawrence, v.38, n.22, p.1409-1438, 1958.
- TEIXEIRA, P.C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**, 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, Embrapa, 2017. 573 p.