



## ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS EM FUNÇÕES DE ENERGIA HIDRÁULICO-ENERGÉTICAS SOB DIFERENTES USOS DE SOLO EM ESCALA DE BACIA HIDROGRÁFICA

ANGELO GARCIA COSTA<sup>1</sup>; MAURICIO FORNALSKI SOARES<sup>2</sup>; RÔMULO FÉLIX NUNES<sup>2</sup>; MIGUEL DAVID FUENTES GUEVARA<sup>2</sup>; DOUGLAS RODRIGO KAISER<sup>2</sup>; LUIS CARLOS TIMM<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas– costagarciaangelo@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas– mauriciofornalski@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas– romulofelixnunes@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas - miguelfuge@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal Fronteira Sul - douglasrodrigokaiser@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas– lctimm@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Diversos autores têm utilizado o índice S e grandezas como macroporosidade, densidade do solo e resistência à penetração com indicadores da qualidade física do solo (REYNOLDS *et al.*, 2002, 2009; PULIDO-MONCADA *et al.*, 2014a, 2014b). Armindo e Wendoroth (2016, 2019) propuseram novos índices como uma alternativa para analisar a qualidade física do solo a partir das curvas de retenção de água no solo (CRAS), pois segundo os autores essa qualidade física não pode ser inferida limitando-se sua análise a um único ponto de uma função hidráulica.

Áreas cultivadas com maior diversidade de culturas e sujeitas a diferentes práticas de manejo podem apresentar variação no comportamento dos atributos físico-hidráulicos do solo. Assim, é essencial avaliar a relação entre os tipos de uso e os atributos físico-hidráulicos (PRICE, 2011; FERRO *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2020), no intuito de auxiliar os agricultores na tomada de decisões quanto ao manejo do solo e práticas culturais a serem adotadas visando a exploração agrícola de forma sustentável, econômica e racional.

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, 2018). Desta maneira, é essencial conhecer quais as principais correlações existentes entre funções hidráulico-energéticas e grandezas físico-hidráulicas em diferentes usos do solo.

### 2. METODOLOGIA

Foi plotada uma malha amostral experimental onde foram coletados 184 pontos amostrais 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). A partir de cada modelo ajustado de CRAS, foram obtidos os conteúdos volumétricos de água na saturação ( $\theta_s$ ), na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e no ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ), 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, que quantifica a energia associada à gravidade para drenar a água no solo de  $\theta_s$  para  $\theta_{cc}$ .

O índice absoluto de retenção de água (WRa), Equação 2, que quantifica a energia associada a retenção de água entre  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{pmp}$ .

O índice relativo de aeração do solo (Ar), Equação 3, que é o Aa em relação a toda área da CRAS.

O índice relativo de retenção de água no solo (WRr), Equação 4, que é o WRa em relação a toda área da CRAS.

O quinto índice (AWr), Equação 5, quantifica o equilíbrio entre as energias de aeração e de retenção de água no solo.

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

$$WRa = \int_{\theta_{pmp}}^{\theta_{cc}} h(\theta) d\theta \quad (2)$$

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

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

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

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

A Análise dos Componentes Principais (ACP) analisa as inter-relações entre um grande número de variáveis com o objetivo de encontrar um meio de condensar as informações contidas nos dados originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (componentes) com uma perda mínima de informação, ou seja, é uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (HAIR JUNIOR *et al.*, 2009; HONGYU *et al.*, 2015).

Para a realização destas análises foram utilizados os programas computacionais R-Project (R Core Team, 2020) e Past (HAMMER *et al.*, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas de análise de componentes principais (ACP) para os quatro diferentes usos (Figura 1) percebe-se em todos os usos alguns comportamentos semelhantes como a correlação positiva entre os índices Aa, Ar e AWr e sua correlação negativa com os índices WRa e WRr. Da mesma maneira, a PT é negativamente correlacionada com a Ds.

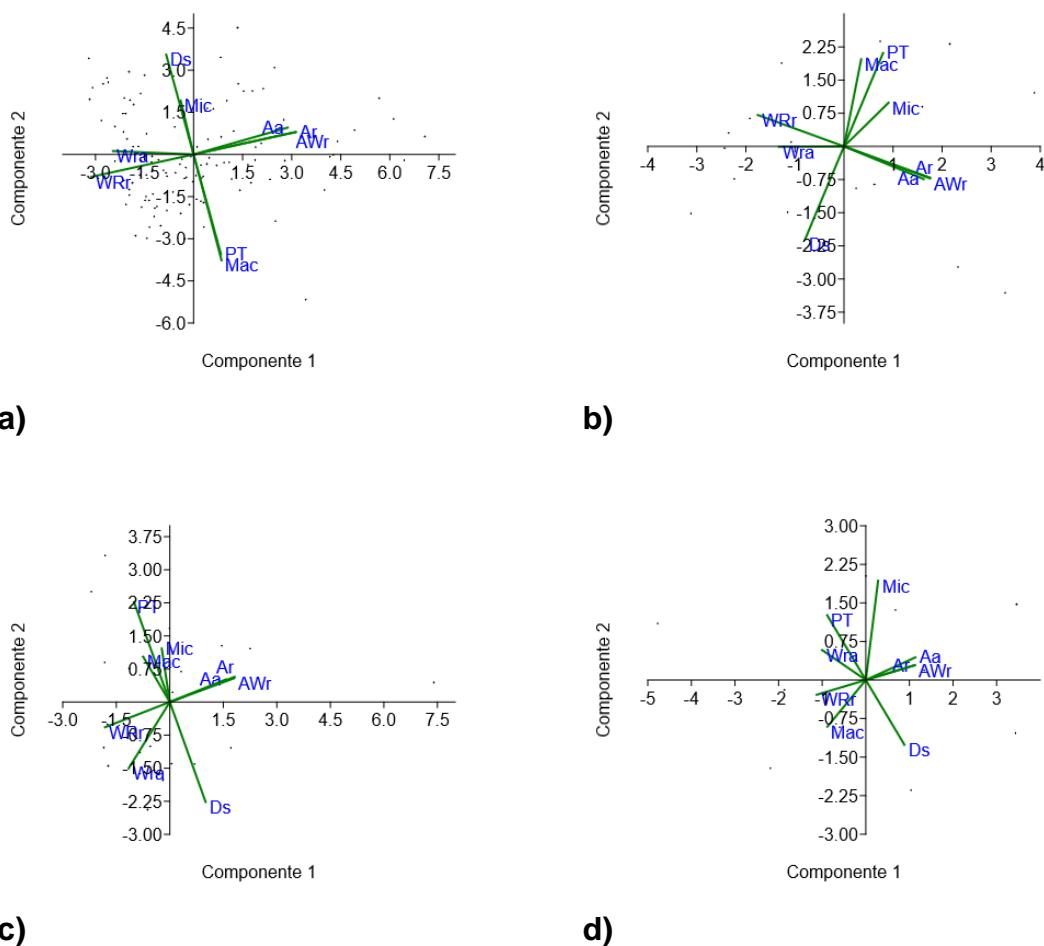


Figura 1 - Análise dos Componentes Principais para os diferentes usos do solo. a) Culturas Anuais; b) Mata Nativa; c) Silvicultura; d) Pastagem.

Na ACP para as culturas anuais (Figura 1a), as componentes 1 e 2 representaram respectivamente 49,28% e 31,51% da variância, sendo possível observar a correlação negativa entre a Mac e a Mic, por serem inversamente proporcionais.

Na ACP para a Mata Nativa (Figura 1b), as componentes 1 e 2 representam respectivamente 51,32% e 32,03% da variância, sendo possível observar uma correlação positiva entre Mac, Mic e PT. Podendo ser explicado devido à Mata Nativa ser heterogênea, existindo locais com a predominância de certo tipo de estrato e de espécies e outros locais com a predominância de estratos e espécies diferentes, o que modifica a matriz do solo. Rocha *et al.* (2020) também encontraram um comportamento parecido entre vários fragmentos de vegetação natural.

Na ACP para a Silvicultura (Figura 1c), as componentes 1 e 2 representam respectivamente 49,66% e 25,10% da variância, sendo demonstrada uma correlação positiva entre Mac, Mic e PT. O que pode ser explicado devido ao solo desta bacia hidrográfica ser raso, fazendo com que os diferentes tipos de raízes tenham uma distribuição proporcional, contribuindo para esta proporcionalidade.

E na ACP para a Pastagem (Figura 1d), as componentes 1 e 2 representam respectivamente 65,27 % e 20,98 % da variância, sendo observável a correlação negativa entre a Mac e a Mic.



## 4. CONCLUSÕES

A análise dos componentes principais conseguiu demonstrar as diferentes correlações positivas e negativas entre as variáveis estudadas e suas variações conforme os tipos de uso, ficando claro que nos usos florestais as grandezas do solo apresentaram melhores comportamentos sob a ótica da conservação do solo.

Os resultados corroboram que metodologia é recomendada para análises entre várias variáveis e assim torna mais robusta a análise estatística.

## 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.
- HAIR JUNIOR, J.F. et al. **Multivariate Data Analysis**. 7. ed. Upper Saddle River, Nova Jersey: Prentice Hall, 2009. 785 p.
- HAMMER, Ø.; HARPER; D.A.T., RYAN, P.D. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis**. Palaeontologia Electronica v. 4, n.1, 2001. 9p.
- HONGYU, K. et al. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**, Cuiabá, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015.
- 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.
- ROCHA, G.M. et al. Atributos físicos do solo de florestas urbanas como indicadores de degradação. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 767-778, set. 2020.
- SOARES, M.F. **Variabilidade espacial dos atributos físico-hídricos e do carbono orgânico do solo de uma bacia hidrográfica de cabeceira em Canguçu - RS**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.
- TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**, 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, Embrapa, 2017. 573 p.