



## Análise de trilha de atributos de um Latossolo manejado sob semeadura direta

Raul Fortes SOUSA<sup>1</sup>, Ismênia Ribeiro de OLIVEIRA<sup>1\*</sup>, Rubens Alves de OLIVEIRA<sup>2</sup>,  
Job Teixeira de OLIVEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências de Chapadinha, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, Brasil.

<sup>2</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS, Brasil.

E-mail: [ismenia.ribeiro@ufma.br](mailto:ismenia.ribeiro@ufma.br)

ORCID: (0000-0003-1820-0572; 0000-0001-9909-9925; 0000-0003-2557-592X; 0000-0001-9046-0382)

Submetido em 22/01/2022; Aceito em 19/08/2022; Publicado em 26/08/2022.

**RESUMO:** Os indicadores de qualidade do solo correlacionam-se afetando uns aos outros tanto positivamente como negativamente. A técnica de análise de trilha é amplamente utilizada para conhecer as correlações diretas e indiretas entre os atributos do solo. Considerando que o conhecimento da associação entre esses atributos é de grande importância na ciência do solo, o objetivo dos autores foi avaliar os atributos de um Latossolo sob semeadura direta através da análise de trilha. Na área de produção foi montada malha georreferenciada composta por 50 pontos com espaçamento regular de 40 m x 40 m. As amostras de solos, foram coletadas na profundidade de 0,00–0,20 m. As variáveis analisadas foram condutividade elétrica, altitude, umidade, densidade do solo, porosidade, matéria orgânica, pH, argila, silte, areia total, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, porcentagem de agregados maiores que: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,125 mm, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico. A partir da análise de trilha foi possível identificar que o atributo pH influenciou positivamente a condutividade elétrica. A correlação de Pearson evidenciou que os atributos porosidade, matéria orgânica, porcentagem de agregados maiores que: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 mm, e os diâmetros médio ponderado e médio geométrico exibem alta correlação positiva. A análise de trilha demonstrou que o pH é o atributo que melhor determina a condutividade elétrica no Latossolo de forma direta e significativa entre os atributos analisados.

**Palavras-chave:** análise multivariada; física do solo; multicolinearidade.

## Path analysis of attributes of an Oxisol managed under no-till

**ABSTRACT:** Soil quality indicators are correlated affecting each other both positively and negatively. The path analysis technique is widely used to know the direct and indirect correlations between soil attributes. Considering that the knowledge of the association between these attributes is of great importance in soil science, the objective of the authors was to evaluate the attributes of an Oxisol under no-till through path analysis. A georeferenced grid composed of 50 points with the regular spacing of 40 m x 40 m was assembled in the production area. The soil samples were collected at a depth of 0.00-0.20 m. The variables analyzed were electrical conductivity, altitude, humidity, soil density, porosity, organic matter, pH, clay, silt, total sand, very coarse sand, coarse sand, medium sand, fine sand, very fine sand, percentage of aggregates larger than: 2.00; 1.00; 0.50; 0.25; 0.125 mm, weighted average diameter and geometric average diameter. From the trail analysis it was possible to identify that the pH attribute positively influenced the electrical conductivity. Pearson's correlation showed that the attributes porosity, organic matter, percentage of aggregates larger than: 2.00; 1.00; 0.50; 0.25 mm, and the weighted average and geometric average diameters exhibit high positive correlation. The trail analysis showed that pH is the attribute that best determines the electrical conductivity in the Oxisol in a direct and significant way among the attributes analyzed.

**Keywords:** multivariate analysis; soil physics; multicollinearity.

### 1. INTRODUÇÃO

O solo é composto por horizontes ou camadas, e sofre ação de diversos agentes de intemperes ao longo de anos que criam condições férteis favoráveis à instalação e desenvolvimento das culturas, sendo essencial na produção de alimentos. Porém, de acordo com Soto et al. (2021), práticas de agricultura desenfreada causam a degradação das características químicas, físicas e biológicas dos solos, levando ao esgotamento de seus nutrientes, e conseqüentemente à perda do potencial produtivo. Inversamente a isso, surge o uso de técnicas de manejo

conservacionistas que preconizam a melhoria da qualidade dos solos. Uma das técnicas mais utilizadas e difundidas atualmente são os chamados sistemas de plantio direto (SPD), que segundo Sekaran et al. (2021), se fundamentam no revolvimento mínimo do solo, e apenas no sulco de semeadura, com a conseqüente redução dos processos erosivos, manutenção e preservação da cobertura e dos teores de umidade do solo.

As potencialidades e limitações dos solos agrícolas são demonstradas através dos seus indicadores de qualidade que descrevem: o conteúdo de matéria orgânica e mineral,

porosidade, densidade, umidade, pH, condutividade elétrica entre outros. Segundo Beniaich et al. (2020), esses indicadores correlacionam-se direta e indiretamente afetando uns aos outros tanto positivamente como negativamente. Para Melo et al. (2017), diversas pesquisas vêm sendo conduzidas com o objetivo de monitorar a qualidade dos solos, em observância aos atributos físico-químicos, objetivando manter e otimizar os sistemas de produção agrícola.

Nas primeiras décadas do século passado, Wright (1921) elaborou um método estatístico que estabeleceu as correlações diretas e indiretas das variáveis explicativas sobre uma variável principal, chamado de análise de trilha (“Path analysis”). Segundo Verma et al. (2020), a associação entre essas variáveis é estabelecida por meio do coeficiente de correlação, e quanto maior for este, maior a relação entre os caracteres analisados e vice-versa.

Amplamente utilizada no ramo das ciências agrárias, uma vez que serve de aporte para tomada de decisões e incremento da produtividade das culturas, diversos autores fizeram o uso da análise de trilha, entre eles Farias et al. (2016), na cultura do algodão; Oliveira et al. (2020), relacionando variáveis morfológicas e de rendimento de bulbos de alho; e Pinheiro et al. (2020), ao estudar os componentes de rendimento que melhor representam a produtividade do milho.

Nesse sentido, o objetivo dos autores foi analisar os efeitos diretos e indiretos dos atributos de um Latossolo por meio da análise de trilha, permitindo estabelecer correlações entre esses atributos, que são indicativos de qualidade do solo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras do solo foram coletadas no município de Brejo – MA, numa área da Fazenda Barbosa, nas coordenadas 3°42'10.4"S e 42°57'09.8"W (Figura 1), situada na mesorregião leste do Maranhão, microrregião de Chapadinha – MA. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima é do tipo Aw, tropical com estação seca de inverno, com temperatura média de 27,19°C e precipitação média anual em torno de 1,748 mm.

O experimento foi conduzido em área de produção de soja por semeadura direta em um Latossolo Amarelo Distrocoeso, formado por sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, característicos da unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros (GEPLAN, 2002). Na área de produção foi montada malha georreferenciada composta por 50 pontos com espaçamento regular de 40 m x 40 m (Figura 1). As amostras de solos, em cada ponto, foram coletadas na profundidade de 0,00–0,20 m.

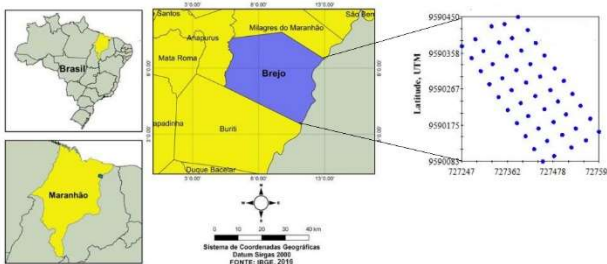


Figura 1. Localização da área experimental.  
Figure 1. Location of the experimental area.

As variáveis analisadas foram condutividade elétrica (CE), altitude (AL), umidade (U), densidade do solo (DS), porosidade (PO), matéria orgânica (MO), pH (PH), argila (ARG), silte (SI), areia total (ARE), areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), porcentagem de agregados maiores que 2,00 mm (A2), porcentagem de agregados maiores que 1,00 mm (A1), porcentagem de agregados maiores que 0,50 mm (A05), porcentagem de agregados maiores que 0,25 mm (A02), porcentagem de agregados maiores que 0,125 mm (A01), diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG).

Para cada amostra, a estabilidade de agregados foi determinada por meio do tamisamento por via úmida, utilizando as peneiras de 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25 mm pelo método de Yoder (1936), modificado por Kemper e Chepil (1965). Os resultados foram expressos em percentual dos agregados retidos nas peneiras >2 mm, 2–1 mm. Os valores obtidos no peneiramento foram utilizados para o cálculo do diâmetro médio geométrico – DMG (Equação 1), que representa a estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência, e diâmetro médio ponderado – DMP (Equação 2), que está diretamente relacionado à porcentagem de agregados grandes, retidos nas peneiras com malhas maiores (CASTRO FILHO et al., 1998).

$$DMG = \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (01)$$

em que: DMG = diâmetro médio geométrico;  $w_i$  = peso de agregados dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio  $x_i$

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i \quad (02)$$

em que: DMP=diâmetro médio ponderado, por via úmida, em mm;  $w_i$ =proporção de cada classe de agregados em relação ao total;  $x_i$ =diâmetro médio de cada classe de agregados.

Em cada ponto, foram coletadas amostras indeformadas de forma a se determinar a areia, argila e silte, densidade do solo, densidade de partículas, umidade, pH, CE e o teor de matéria orgânica (MO), conforme critérios estabelecidos pela metodologia de Teixeira et al. (2017).

A MO foi obtida pela diferença entre a massa do solo seco em estufa e a massa do resíduo obtido após a incineração em mufla e para a determinação da CE foi utilizado um condutivímetro para fazer a leitura direta da condutividade, em  $mS \cdot cm^{-1}$ , de acordo com Teixeira et al (2017).

Para o cálculo da porosidade total foi usado o modelo matemático (Equação 3), de acordo com a metodologia de Teixeira et al (2017).

$$P = [1 - D_s/D_p]100 \quad (03)$$

em que: P =porosidade total da amostra de solo, em %;  $D_s$  = densidade do solo obtida pelo método do anel volumétrico, em  $kg \cdot dm^{-3}$ ;  $D_p$  = densidade de partículas, em  $kg \cdot dm^{-3}$ .

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, valor mínimo, valor máximo, coeficiente de variação, desvio padrão, coeficiente de assimetria e de curtose, com objetivo de obter informações para identificar tendência, dispersão e forma de

distribuição dos dados. A normalidade foi testada pelo teste Shapiro-Wilk's ( $p < 0,05$ ).

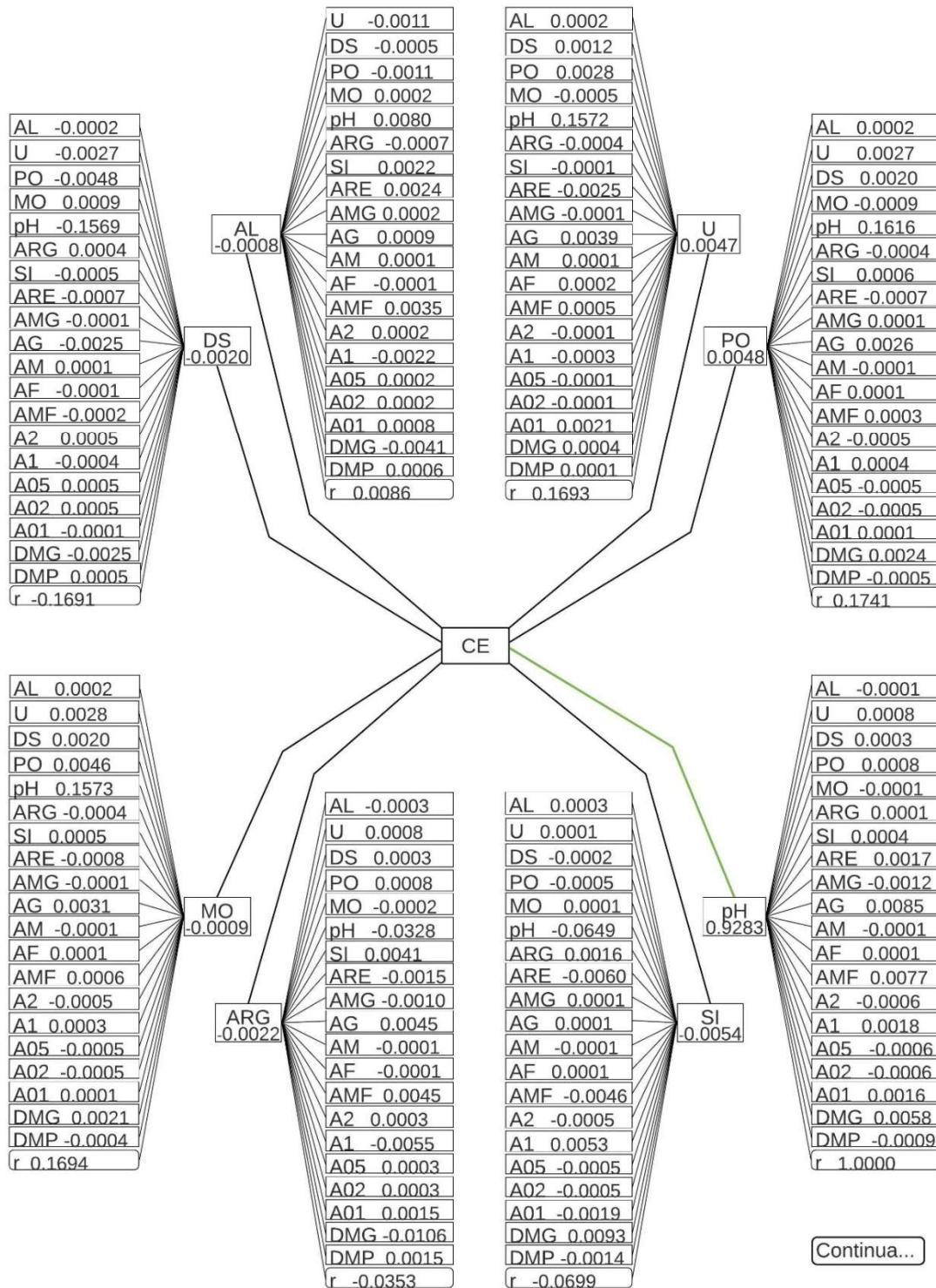
Foi realizada uma análise de correlação de Pearson pelo teste t ao nível de 5 e 1% de significância para relacionar o grau de dependência entre as variáveis e em seguida, procedeu-se a análise de trilha. A correlação de Pearson foi utilizada em virtude dos dados serem quantitativos e apresentarem distribuição normal.

A análise de trilha foi realizada usando o software GENES (CRUZ, 2013), responsável por detalhar a relação entre uma variável e outra, fazendo com que as multicolinearidades sejam eliminadas, permitindo fracionar o

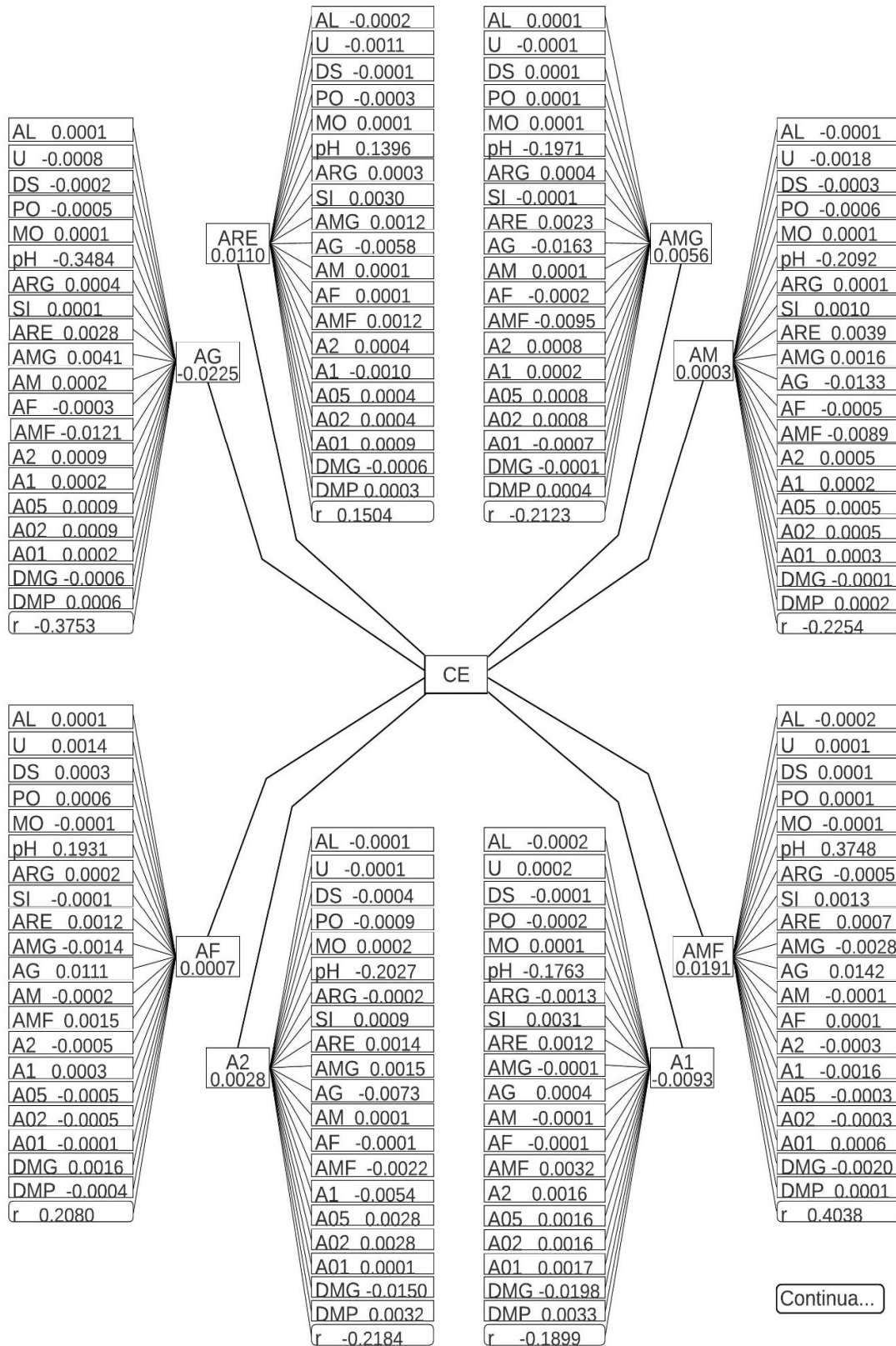
coeficiente de correlação entre duas variáveis em efeitos diretos e indiretos.

### 3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta o resultado da análise de trilha, evidenciando aquelas variáveis que tiveram maiores efeitos diretos e negativos, e que influenciam a variável principal, sendo eles: AL, U, DS, PO, MO, PH, ARG, SI, ARE, AMG, AG, AM, AF, AMF, A2, A1, A05, A02, A01, DMG, DMP, estão sob efeito da variável principal, CE.



Continua...



Continua...

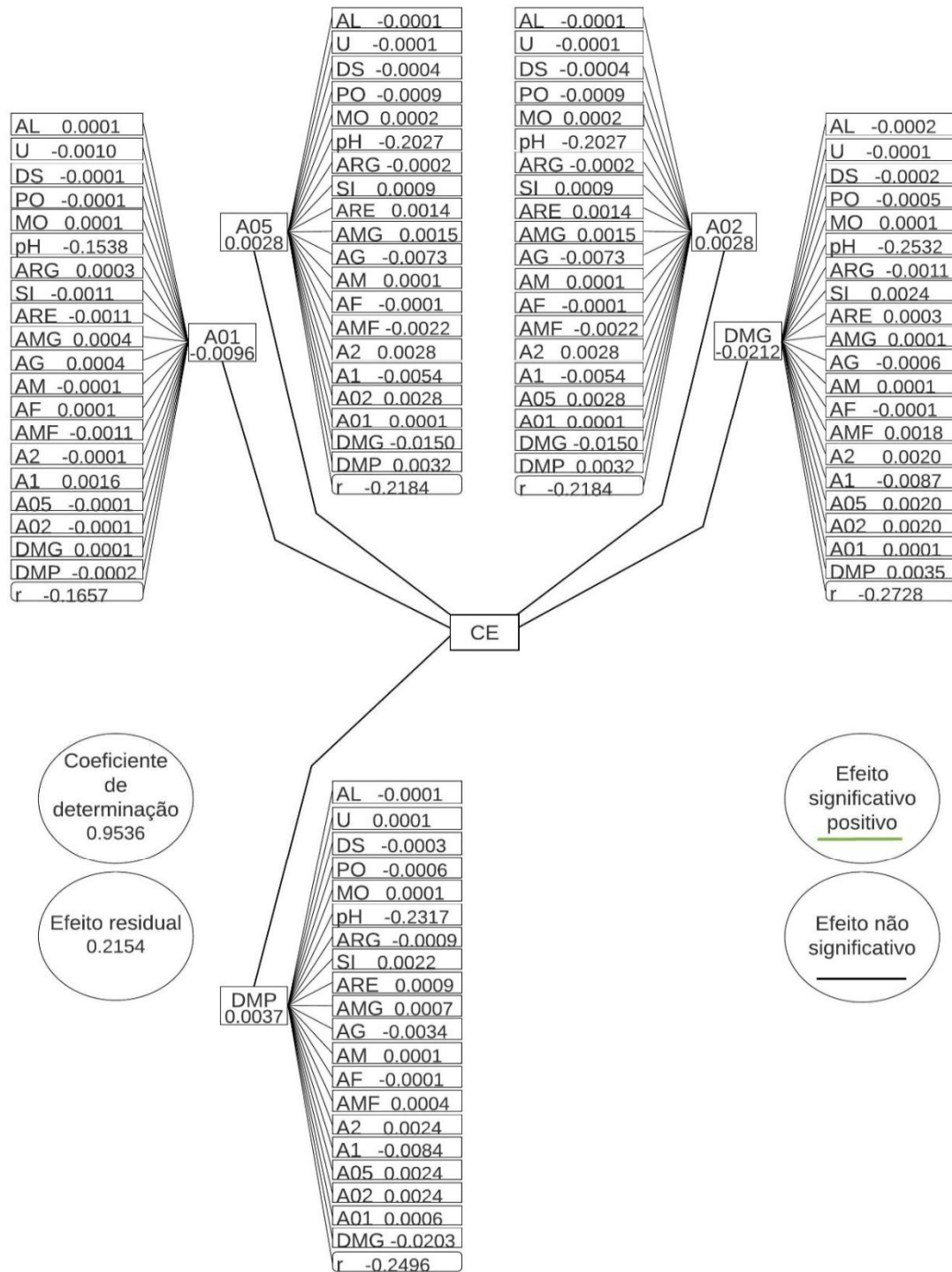


Figura 2. Resultado da análise de trilha entre a condutividade elétrica (CE) e a correlação desta com as demais variáveis explicativas.  
 Figure 2: Results of the analysis between electrical conductivity (EC) and its correlation with the other explanatory variables.

A Figura 3 mostra a rede de correlações, apresentando as correlações positivas e negativas entre os atributos estudados. Há um realce indicando que as correlações positivas estão na coloração verde, e as correlações negativas se destacam em linhas de cor vermelha. A espessura das linhas em destaque define maior ou menor grau de correlação entre dois ou mais atributos, com 5% de significância.

#### 4. DISCUSSÃO

A partir do estudo da análise de trilha, apresentado na Figura 2, foi possível inferir que o atributo que mais

influenciou, de forma positiva e significativa, a condutividade elétrica (CE) foi o pH (com coeficientes de correlação significativa de 0,9283), indicando que o aumento CE contribuiu para a elevação do pH. Todavia, aqueles atributos que afetaram de forma negativa a condutividade elétrica do solo, se apresentaram não significativos (AL, DS, SI, MO, ARG, AG, A1, DMG). Em estudo envolvendo atributos de um Latossolo, Benhossi et al. (2021), mostrou que a condutividade teve correlação significativa com o pH.

Pesquisas relatam que a CE está relacionada às características e propriedades do solo como salinidade,

umidade, textura, CTC e pH (MOLIN; RABELLO, 2011; BRANDÃO et al., 2011), sendo possível obter boas correlações entre elas a partir de leituras da CE. O estudo associativo e conhecimento dos fatores de causa e efeito entre estes atributos são de fundamental importância para o planejamento de intervenções no solo, tanto na aplicação de fertilizantes como na definição de áreas de manejo.

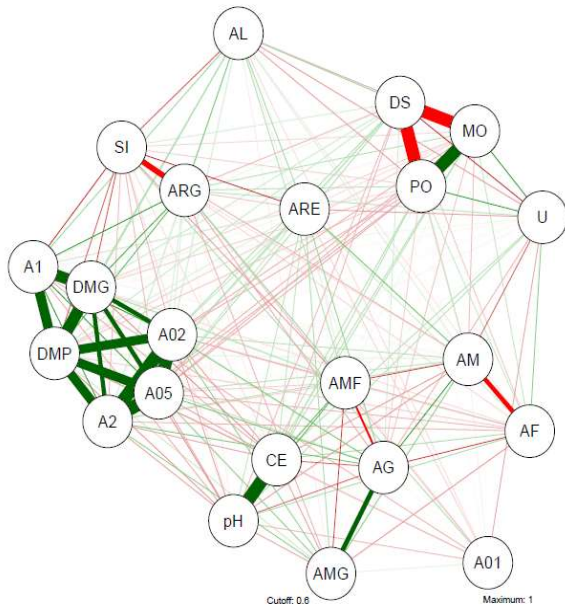


Figura 3. Rede correlações de Pearson existentes para os atributos analisados.

Figure 3. Pearson's correlation network for the analyzed attributes

O pH é um importante indicador das condições químicas do solo, pois influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica de elementos químicos no solo que são essenciais para o desenvolvimento vegetal (MALAVOLTA et al., 1997). As elevações de pH podem ser consideradas os principais fatores que provocam aumentos nos valores de CE do solo e na produtividade das culturas, devido ao aumento de disponibilidade, concentração, força iônica, na absorção e na utilização dos nutrientes pelas plantas. Dessa forma, a CE pode ser utilizada como uma medida indireta para estimar o pH do solo.

A análise de trilha obteve um coeficiente de determinação de 0,9536, resultado muito próximo ao de Oliveira et al. (2020), que encontrou um coeficiente de 0,9554 em trabalho que relaciona variáveis morfológicas e de rendimento de bulbos de alho. Coeficientes de determinação próximos a 1 significam que as variações da variável principal (CE) são totalmente explicadas pelo esquema causal.

A partir disso, compreende-se que a adoção de sistemas de plantio direto, bem como a manutenção da cobertura do solo com matéria orgânica contribui para a conservação de seus atributos físicos e químicos e, conseqüentemente para elevar o potencial produtivo dos solos

Os atributos A1, DMP, DMG, A2, A05, A02 exibem alto grau de correlação positiva, Segundo Fachin et al. (2019) e Soares et al. (2019) quanto maior a ocorrência de agregados grandes, maiores os valores de DMP e DMG, o que confere bons índices de agregação do solo. Para Barros et al. (2019), a manutenção da matéria orgânica aliada a técnicas de plantio conservacionistas colabora com a formação e manutenção desses agregados, enquanto que em

solos com preparo convencional esses valores tendem a reduzir.

Na rede de correlações, apresentada na Figura 3, é possível verificar que a DS exibe correlação negativa com a MO e PO, o que indica que quanto menor o teor de MO maior a densidade do solo e menor a porosidade total. Segundo Sekaran et al. (2021), a matéria orgânica em sistemas de plantio direto (SPD), aliada à atividade biológica e a bons teores de água, facilita o aumento da porosidade e formação de agregados, reduzindo a DS.

Outra correlação positiva se revela também entre MO e PO, que se justifica pelo acúmulo de matéria orgânica, garantindo boa velocidade de infiltração, distribuição e retenção de água no solo, que culmina com formação e estabilização dos agregados, diminuindo os riscos por compactação e erosão (BOCUTI et al., 2019).

Segundo Benhossi et al. (2021), a relação positiva que se estabelece entre a CE e o pH, está condicionada a fatores como: a dependência espacial das variáveis, as concentrações iônicas na solução de solo e a correta distância entre os pontos de coleta.

## 5. CONCLUSÕES

A análise de trilha demonstrou que o pH é o atributo que melhor determina a condutividade elétrica (CE) no Latossolo de forma direta e significativa entre os atributos analisados.

A correlação de Pearson expressa que os atributos porosidade (PO) e matéria orgânica (MO) exibem correlações positivas, uma vez que favorecem a formação de agregados.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, e ao proprietário da Fazenda Barbosa pela concessão do local para realização do experimento.

## 7. REFERÊNCIAS

- BARROS, D. A.; JUNIOR, M. G. C.; de OLIVEIRA, A. L.; da SILVA NETO, E. C. Matéria orgânica e agregação do solo em áreas sobre influência da mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 160-167, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v14i2.1018>
- BENHOSSI, G.; REYNALDO, É. F.; MACHADO, T. M. Diferenças entre análises laboratoriais e por sensor para atributos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e65491, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v51e65491>
- BENIAICH, A.; SILVA, M.L.N.; GUIMARÃES, D.V.; BISPO, D.F.; AVANZI, J.C.; CURI, N.; PIO, R.; DONDEYNE, S. Avaliação da erosão do solo em pomares de oliveira (*Olea europaea* L.) sob sistemas de manejo de plantas de cobertura na região tropical do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0190088, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190088>
- BOCUTI, E. D.; AMORIM, R. S. S.; dos SANTOS, T. G.; di RAIMO, L. A. D. L.; PEREIRA, H. G. Erodibilidade entressolos e sua relação com atributos de solos do Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 68-78, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18130>

- BRANDÃO, Z. N.; ZONTA, J. H.; MEDEIROS, J. C.; SANA, R. S.; FERREIRA, G. B. Condutividade elétrica aparente e sua correlação com o pH em solos no cerrado de Goiás. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 162-167
- CASTRO FILHO, C. de.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000300019>
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- FACHIN, P. A.; JUNIOR, E. V. G.; THOMAZ, E. L. Comparação entre dois modelos de Agitador de Yoder na avaliação da estabilidade de agregados de solo (Comparison between two models of Yoder Stirrer in the evaluation of soil aggregate stability). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 697-704, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p697-704>
- FARIAS, F. J. C.; de CARVALHO, L. P.; da SILVA FILHO, J. L.; TEODORO, P. E. Correlations and path analysis among agronomic and technological traits of upland cotton. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, e15038239, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038239>
- GEPLAN\_Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (2 ed). São Luís, Brazil: **Atlas do Maranhão**, 2002. Disponível em: <https://www.bellalex.net/arquivos/studio-idro-geologico-climatico-ed-altro.pdf> Acesso em 02/11/2021.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**, v. 9, p. 499-510, 1965. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c39>
- MELO, V. F.; SILVA, D. T.; EVALD, A.; ROCHA, P. R. R. Qualidade química e biológica do solo em diferentes sistemas de uso em ambiente de savana. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 101-110, 2017.
- MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 90-10, 2011.
- OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, R. A.; CUNHA, F. F.; RIBEIRO, I. S.; OLIVEIRA, L. A. A.; TEODORO, P. E. Contribution of Morphological Variables in Garlic Bulb Yield. **HortScience**, v. 55, n. 6, p. 896 – 897, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14996-20>
- PINHEIRO, L. da S.; SILVA, R. C.; VIEIRA, R. da C.; AGUIAR, R. O.; NASCIMENTO, M. R. do.; VIEIRA, M. M.; SOUSA, R. F.; OLIVEIRA, J. T. de.; SILVA, J. N. da.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Path analysis of physical attributes in maize (*Zea mays* L.) under conventional cultivation system. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e8010110832, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.10832>
- SEKARAN, U.; SAGAR, K. L.; KUMAR, S. Agregados do solo, carbono e nitrogênio associados aos agregados e retenção de água influenciada por sistemas de plantio direto de curto e longo prazo. **Soil and Tillage Research**, v. 208, e104885, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104885>
- SOARES, M. D. R.; LIMA, A. F. L. D.; CAMPOS, M. C. C.; MANTOVANELLI, B. C.; CUNHA, J. M.; OLIVEIRA, I. A. D.; BRITO FILHO, E. G. D. Variabilidade espacial da estabilidade dos agregados e matéria orgânica do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 2, p. 125-133, 2019.
- SOTO, R. L.; MARTÍNEZ-MENA, M.; PADILLA, M. C.; de VENTE, J. Restoring soil quality of woody agroecosystems in Mediterranean drylands through regenerative agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, e107191, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107191>
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.
- VERMA, V.; YADAV, M. S.; KUMAR, A.; GATHIYE, G. S. Correlation and path analysis for seed yield and components traits in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 1, p. 2278-2280, 2020.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-580, 1921.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses 1. **Agronomy Journal**, v. 28 n. 5, p. 337-351, 1936. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1936.00021962002800050001x>