

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO EM ÁREAS DE PASTAGEM CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS

**Thiago Alexandre da Silva Oliveira, Paula Alberti Bonadiman, Amanda Teixeira
Moreira Capacia, João Mendes Cicari Hott, Isaías Brinati Valentim, Samuel de
Assis Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, Cx.P 16, Guararema – 29.500-000 –
Alegre-ES, Brasil, thiagoalexandre984@gmail.com, bonadimanpaula@gmail.com,
amandacapacia@gmail.com, joaoagro18@hotmail.com, isaiasbrinativalentim@gmail.com,
samuel.silva@ufes.br

Resumo

Com este trabalho se objetivou avaliar a influência das práticas de manejo sobre a CEa, e avaliar a correlação entre teor de água no solo e CEa. O estudo foi realizado no município de Alegre-ES, em duas áreas planas cultivadas com capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), sob diferentes manejos, em uma área será realizado o manejo de cobertura e na outra não será aplicado nenhum tipo de fertilizante, representando os cultivos locais. O levantamento dos dados foi feito em uma grid amostral irregular, distribuídos em duas áreas (A e B), sendo 42 pontos em cada área. As determinações da CEa foram realizadas nos meses de outubro, dezembro e maio, nas duas áreas de cultivo utilizado um aparelho portátil modelo LandMapper® ERM 01, também foram coletadas amostras de solo para a determinação de umidade no momento da medição da CEa. Posteriormente os dados foram submetidos a análise de estatística descritiva e geoestatística a fim de verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial. Os resultados demonstram que a utilização de fertilizantes nitrogenados contribuiu para valores de CEa maiores quando comparados a área sem manejo.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Sensores de solo. Sensoriamento Remoto. Manejo de Cobertura. Zonas de manejo.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma.

Introdução

O solo é considerado um sistema dinâmico, apresentando alta variabilidade, com distribuição heterogênea ao longo de um plano espacial (YAO et al., 2014). Para que haja o aprimoramento das práticas de manejo e rentabilidade do sistema de produção se faz necessário a consideração do estudo da variabilidade espacial existente num sistema de cultivo (BERNARDI, 2014).

A ausência de manejo tem se mostrado presente nas pastagens atualmente, haja vista que grande parte das pastagens cultivadas no Brasil se encontram em algum nível de degradação (Andrade et al., 2011). Isso ocorre, pois, a grande maioria dos produtores não vêem a pastagem como uma cultura que necessita de uma série de práticas agrícolas.

Cada vez mais vem se tornando indispensável o uso de sensoriamento remoto para identificação das condições de vegetação, essa geotecnologia permite retirar dados fundamentais nas bandas espectrais, bem como avaliar os níveis de degradação nas pastagens. (Almeida; Simões; Ferraz, 2019). Os sensores a bordo de satélites são capazes de captar e coletar diversos dados da superfície da terra.

A medição da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) é uma tecnologia que se tornou uma ferramenta valiosa para identificar as características físico-químicas do solo que influenciam os padrões de rendimento das culturas e para estabelecer a variação espacial dessas propriedades do solo (Corwin et al., 2003). Para medir a CEa geralmente são usados sistemas de indução eletromagnética e o de contato direto (Adamchuk et al., 2004). Nesse método é possível medir a CEa sem contato. Já os sensores de contato direto com o solo utilizam disco com eletrodos, eles são mais utilizados em solos preparados para o plantio ou com alguma cobertura vegetal.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência das práticas de manejo sobre a CEa em áreas cultivadas, bem como avaliar a variabilidade espacial da CEa em áreas com pastagens cultivadas sob diferentes manejos.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Alegre, sul do estado do Espírito Santo. O clima da região é classificado como “Cwa”, isto é, tropical quente-úmido, com inverno frio e seco, temperatura anual média de 23,1 °C e precipitação total anual média de 1341 mm (KÖPPEN e GEIGER, 1928). O experimento foi conduzido em duas áreas planas cultivadas a aproximadamente cinco anos com capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia), sob diferentes manejos.

Durante o período de execução do trabalho as áreas foram manejadas de forma diferentes. Em uma delas (área B) foram feitas adubações de cobertura, enquanto na outra (área B) não foi aplicado, em cobertura, nenhum tipo de manejo da fertilidade do solo, representando o sistema de cultivo utilizado na região. Em ambas as áreas foi utilizada pressão de pastejo de 1,5 unidades animais por hectare.

O levantamento dos dados foi feito em um grid amostral irregular, com 42 pontos amostrais demarcados em cada uma das áreas (A e B), os pontos foram distribuídos ao longo da extensão das áreas e georreferenciados usando um receptor GNSS de precisão sub-centimétrica. Para marcação dos pontos foram utilizadas placas metálicas enumeradas, que possibilitou que todas as amostragens fossem realizadas no mesmo local durante toda vigência do experimento.

As determinações da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) do solo serão realizadas mensalmente nas duas áreas de cultivo e em cada um dos pontos amostrais da malha, utilizando um aparelho portátil modelo LandMapper® ERM 01, fabricado pela empresa Landviser. O aparelho funciona baseado no método da resistividade elétrica, sendo a mesma medida por meio do contato de quatro eletrodos com o solo, espaçados de acordo com a Matriz de Wenner em 0,20m um do outro, o que dará uma profundidade de medição de igual proporção. Neste método, quatro eletrodos igualmente espaçados são colocados em contato com a superfície do. Uma corrente elétrica é aplicada entre os dois eletrodos externos e a diferença de potencial elétrico é medida nos eletrodos internos.

Conjuntamente com as determinações de CEa foram coletadas amostras de solo para a determinação da umidade no momento da medição de CEa. Foram coletadas amostras em todos os pontos amostrais de cada uma das áreas para descrever ao máximo o estado de umidade presente no solo no momento das medições de CEa. As amostras serão levadas ao laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Espírito Santo, onde foram pesadas (amostra úmida), secas em estufa a 105°C por 48 horas e pesadas novamente para a obtenção do peso seco, e determinação da porcentagem de água presente no solo.

Os dados de CEa e umidade do solo foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial, a partir do ajuste de funções teóricas aos modelos de variogramas experimentais, com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca. Comprovada a dependência espacial as variáveis foram interpoladas por meio da krigagem ordinária. Esse interpolador geoestatístico utiliza um estimador linear não-viciado com mínima variância que leva em consideração a estrutura de variabilidade espacial encontrada para a variável.

As análises estatísticas foram feitas no software Statistica 7.0, A amplitude interquartil foi utilizada e quando observados valores que se desviassem da distribuição de dados, foram retirados. A normalidade foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade. Após a retirada dos outliers, os dados foram normalizados para média zero e desvio padrão igual a um (Leal *et al.*, 2015). A normalização foi utilizada para realizar a correlação entre CEa e teor de água no solo, que foi feita utilizando o modelo linear de Pearson ao nível de 10% de probabilidade. Foi gerado também um gráfico do intervalo de confiança, plotado em um gráfico de barras, onde as colunas representam os valores médios e as barras horizontais representam o intervalo de confiança.

Posteriormente a dependência espacial foi analisada, utilizando o software GS+, nessa análise foi selecionado um modelo de semivariograma, que foi utilizado na realização da interpolação por meio da krigagem ordinária, para obtenção de mapas temáticos dos valores de CEa.

Resultados

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

As análises estatísticas descritivas são apresentadas nas figuras abaixo.

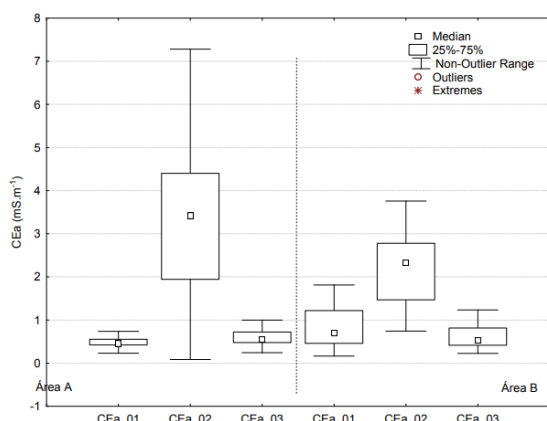


Figura 1 - Box-plot

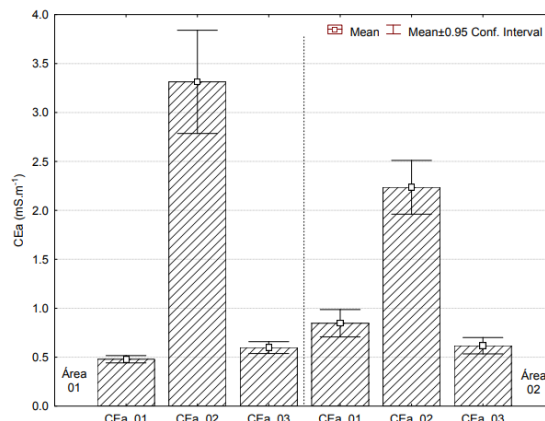


Figura 2- Intervalo de confiança

A figura 1 representa a mediana e amplitude interquartílica, já a figura 2 representa o intervalo de confiança.

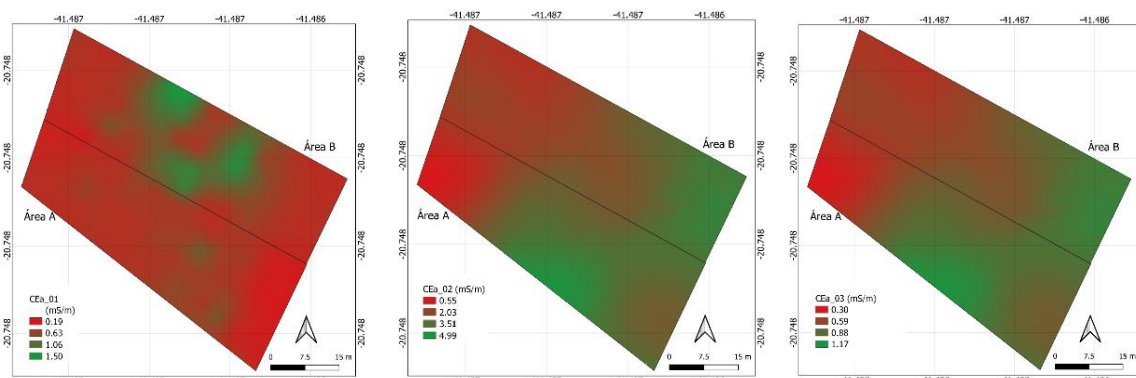


Figura 3- Mapas temáticos com valores de CEa

A figura 3 representa os mapas temáticos dos valores de CEa, sendo referentes aos meses de outubro, dezembro e maio, respectivamente.

Tabela 1 – Correlação entre CEa e teor de água no solo (umidade)

	UM_01 ^A	UM_02 ^A	UM_03 ^A	UM_01 ^B	UM_02 ^B	UM_03 ^B
CEa01 ^A	0.78*	-	-	-	-	-
CEa02 ^A	-	0.64*	-	-	-	-
CEa03 ^A	-	-	0.22	-	-	-
CEa01 ^B	-	-	-	-0.15	-	-
CEa02 ^B	-	-	-	-	0.24	-
CEa03 ^B	-	-	-	-	-	-0.08

Discussão

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Na figura 1 é possível observar que os valores de mediana e amplitude interquartílica foram maiores na área B para a leitura de Cea 1, com valores médios de $0,70 \text{ mS.m}^{-1}$. Para Cea 2, os valores de mediana e amplitude foram maiores na área A, com mediana igual a $3,42 \text{ mS.m}^{-1}$. Já na Cea 3 a mediana e amplitude foi estatisticamente igual nas duas áreas, mostrado no gráfico (b) sendo a mediana igual a $0,55 \text{ mS.m}^{-1}$.

Analisando o resumo da estatística descritiva dos dados de CEa na área A foram observados valores médios entre $0,46$ a $3,42 \text{ mS.m}^{-1}$, mínimo entre $0,08$ a $0,24 \text{ mS.m}^{-1}$, máximo entre $1,08$ a $7,28 \text{ mS.m}^{-1}$, enquanto CV se encontrou no intervalo $31,92\% < CV < 51,07\%$. A CEa na área B média variou de $0,62$ a $2,68 \text{ mS.m}^{-1}$, mínimo e máximo sendo $0,16$ e $14,70 \text{ mS.m}^{-1}$, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos relatados por outros autores, trabalhando em solos com características semelhantes, Machado *et al.* (2006) encontraram valores mínimos e máximos para CEa de $1,90$ e $13,70 \text{ mS.m}^{-1}$, respectivamente.

Segundo Ekwue e Bartholomew (2010), deve se levar em consideração o teor de água no solo ao medir a CEa, sendo que este pode influenciar no valor desse índice. A correlação entre CEa e teor de água no solo (umidade) foi significativa para CEa 01 e 02 da área A, ao nível de 10% de probabilidade. Segundo De Assis Silva *et al.*, 2022, a leitura de CEa no solo depende da disponibilidade de água e textura do solo, que são atributos espacialmente variáveis. Outros autores encontraram uma correlação positiva entre CEa e teor de água no solo, Huang *et al.*, 2014, destacam que, quando as demais propriedades do solo são uniformes, a condutividade elétrica será em função apenas do teor de água no solo.

Observando o mapa 1, de CEa 01, é possível observar que os valores foram maiores na área B, onde é realizado o manejo com fertilizantes. Serrano *et al* (2017) verificaram que a fertilização das plantas, a presença de fertilizantes e íons na solução do solo são fatores que interferem na leitura de CEa. No mapa 2, os valores de CEa foram maiores na área A, indicando a correlação entre CEa e teor de água no solo, para o mês de avaliação, foi registrado precipitação mensal de $334,5 \text{ mm}$, segundo dados do Inemet. Nessa avaliação foram obtidos os maiores valores de CEa em ambas as áreas, podendo relacionar ao maior índice de precipitação no mês de avaliação. Sendo que os pontos com maior CEa foram na parte mediana da área A, onde existem pontos com maior umidade, devido a alta capacidade de encharcamento do solo.

No mapa 3 é possível observar os menores valores de CEa, sendo o mês de menor precipitação, com acumulado mensal de $26,4 \text{ mm}$. Na área A os valores são maiores nos pontos onde ocorre maior acúmulo de água, e na área B nas áreas onde são aplicadas maiores doses de adubação nitrogenada.

Conclusão

O manejo com fertilizantes nitrogenados proporciona maiores valores de CEa. Sendo que quando o teor de umidade foi próximo nas duas áreas, onde foi feito manejo teve maior CEa. O manejo com fertilizantes proporciona melhores condições físico-químicas ao solo.

Referências

ADAMCHUK, V. I. HUMMEL, J. W. MORGAN, M. T., & UPADHYAYA, S. K. On-the-go soil sensors for precision agriculture. **Computers and electronics in agriculture**, v. 44, n. 1, p. 71-91, 2004.

ANDRADE, R. G., Leivas, J. F., GARCON, E. A. M., da SILVA, G. B. S., LOEBMANN, D. D. S., VICENTE, L. E., & VICTORIA, D. D. C. (2011). Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. **Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**.

BERNARDI, A. C. D. C; RABELLO, L. M; INAMASU, R. Y; GREGO, C. R; ANDRADE, R. G. Variabilidade espacial de parâmetros físico-químicas do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 18(6), 623-630, 2014.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CORWIN, D. L.; LESCH, Scott M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy journal**, v. 95, n. 3, p. 455-471, 2003.

DE ALMEIDA, M. B. F., SIMÕES, M., & FERRAZ, R. P. D. Avaliação dos níveis de degradação de pastagens por sensoriamento remoto: um subsídio para o plano de agricultura de baixa emissão de carbono. **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: Inpe, 2019. p. 3252-3255.

DE ASSIS SILVA, Samuel et al. Apparent soil electrical conductivity in the delineation of management zones for cocoa cultivation. **Information Processing in Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 443-455, 2022.

DE ALMEIDA, M. B. F., SIMÕES, M., & FERRAZ, R. P. D. Avaliação dos níveis de degradação de pastagens por sensoriamento remoto: um subsídio para o plano de agricultura de baixa emissão de carbono. In **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais... São José dos Campos: Inpe, 2019. p. 3252-3255.

EKWUE, E. I.; BARTHOLOMEW, J. Electrical conductivity of some soils in Trinidad as affected by density, water and peat content. **Biosystems engineering**, v. 108, n. 2, p. 95-103, 2011.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der erde. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LEAL, Eduardo Schwinden et al. Predição de falhas em equipamentos de refrigeração com técnicas de aprendizado de máquina. 2019.

MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida et al. Electrical conductivity mapping in relation to clay of a Ferralsol under no tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1023-1031, 2006

Serrano JM, Shahidian S, Silva JM. Variabilidade espacial e estabilidade temporal da condutividade elétrica aparente do solo em uma pastagem mediterrânea. **Prec Agric** 2017;18(2):245–63.

YAO, Rong-Jiang et al. Determination of site-specific management zones using soil physico-chemical properties and crop yields in coastal reclaimed farmland. **Geoderma**, v. 232, p. 381-393, 2014. YAO, Rong-Jiang et al. Determination of site-specific management zones using soil physico-chemical properties and crop yields in coastal reclaimed farmland. **Geoderma**, v. 232, p. 381-393, 2014.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo financiamento da pesquisa, permitindo a realização da mesma, a Universidade Federal do Espírito Santo por ceder as áreas para realização da pesquisa, laboratório e demais espaços, e toda equipe LabMAP.