

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GUILHERME ANDREATTA

**VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICRONUTRIENTES EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO CERRADO-VEREDA**

**Uberlândia – MG
Abril – 2017**

GUILHERME ANDREATA

**VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICRONUTRIENTES EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO CERRADO-VEREDA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Beno Wendling

**Uberlândia – MG
Abril – 2017**

GUILHERME ANDREATA

**VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICRONUTRIENTES EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO CERRADO-VEREDA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela banca examinadora em 26 de abril de 2017.

Eng. Agr. Ms. Jorge da Silva Júnior
Membro da Banca

Eng. Agr. Ms. Douglas da Silva Santos
Membro da Banca

Prof. Dr. Beno Wendling
Orientador

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	5
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
4.	CONCLUSÕES	13
	REFERÊNCIAS	14

1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento da importância da dependência espacial de atributos físicos, químicos e biológicos do solo e o uso de ferramentas de geoestatística estão multiplicando o número de estudos ligados ao tema em diferentes culturas agrícolas, (SILVA et al., 2007; BERNER et al., 2007). Os estudos têm demonstrado a importância dos atributos de um solo, utilizados para verificar alterações entre diferentes manejos e sistemas (BERTOL et al. 2004).

Na geoestatística, leva-se em consideração a variabilidade espacial e, ou, temporal de dados, complementando, ou mesmo substituindo, eficientemente, a análise estatística clássica. Um requisito básico para aplicação dos métodos geoestatísticos é a necessidade de referenciamento das amostras, seja com relação às coordenadas geográficas, seja com relação ao tempo (ZIMBACK, 2003).

Os micronutrientes são de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas sendo considerados elementos essenciais, ou seja, atendem os três critérios de essencialidade. Segundo Arnon; Stout (1939) para ser considerado essencial o elemento deve participar de algum composto ou de alguma reação, não pode ser substituído por outro e na sua ausência a planta não completa seu ciclo de produção.

A deficiência de um micronutriente nas plantas pode desorganizar os processos metabólicos e causar a deficiência de um macronutriente (EMBRAPA, 1997). A baixa fertilidade de alguns solos, a maior remoção de nutrientes pelas colheitas e o uso crescente de calcário e adubos fosfatados são fatores que contribuem para a maior insolubilização de alguns micronutrientes (BATAGLIA; RAIJ, 1989). Assim, por muitas vezes, têm ocorrido deficiências de micronutrientes em várias culturas (MALAVOLTA et al., 1997).

O aumento da produtividade das culturas de importância econômica como a soja e o milho, se deve ao bom manejo e a correta adubação de macronutrientes e micronutrientes. As deficiências de micronutrientes em plantas têm importância crescente onde culturas altamente produtivas têm sido extensivamente cultivadas com adubações pesadas de NPK, o que resulta em serias deficiências de micronutrientes (CAKMARK, 2002). A falta de qualquer um destes elementos acarreta em serias perdas de qualidade e quantidade da produção. No entanto a disponibilidade desses nutrientes pode ser afetada em função do pH do solo, da quantidade de matéria orgânica, da textura do solo, da umidade, da atividade microbiana, entre outros fatores.

Na região do Cerrado, embora predominem as fitofisionomias de solos bem drenados, ocorrem também áreas úmidas, como as matas de galeria inundáveis, os campos úmidos e as veredas. As veredas são comunidades hidrófilas formadas por dois estratos: um herbáceo-graminoso contínuo, que ocupa a maior parte de sua área, e outro arbóreo-arbustivo (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As veredas são geralmente associadas às características da topografia de um talvegue plano e condições particulares de permeabilidade do substrato rochoso, onde o lençol freático exsuda e solos hidromórficos, ricos em matéria orgânica, se desenvolvem (BOAVENTURA, 1988). O regime de umidade excessiva por período suficiente de tempo, sem renovação da água, associado à atividade microbiana, promove a diminuição expressiva da taxa de oxigênio dissolvido (IBGE, 2005; OLIVEIRA, 2005). Nessa condição, o ferro sofre redução, passando de Fe^{3+} a Fe^{2+} , adquirindo assim grande mobilidade e sendo removido, o que causa a despigmentação do solo, que adquire então cores acinzentadas, oliváceas ou azuladas (OLIVEIRA, 2005).

Por serem subsistemas úmidos, as veredas, participam do controle do fluxo do lençol freático, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio hidrológico dos cursos d'água no ambiente do Cerrado. Além de constituir refúgios fauno-florísticos, onde várias espécies de seres vivos, principalmente da fauna e da flora, são encontradas e dependem desse ambiente para sua sobrevivência (FERREIRA, 2008; EITEN, 1993). As veredas desempenham a função de verdadeiros corredores ecológicos, interligando os fragmentos do Cerrado, permitindo assim o fluxo de matéria e genes.

Dentro desse contexto o objetivo do trabalho foi analisar a variação dos níveis de micronutrientes em uma pedossequência de transição cerrado-vereda, utilizando o princípio fundamental da geoestatística, que é a variabilidade de um atributo associado a um espaço físico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do solo foi realizada no dia 09 de julho de 2015 em uma fazenda localizada no município de Uberaba-MG, nas coordenadas 19° 20' 32.784"S e 48° 1' 45.984"W. Em uma área definida como de transição do solo Latossolo Vermelho-Amarelo para um solo Hidromórfico Cinzento (EMBRAPA, 2013) sendo uma parte utilizada para plantio convencional de milho e a outra parte compreendendo uma Área de Preservação Permanente (APP) por ser uma vereda segundo Lei nº 12.651/2012.

Foi utilizado um grid de coleta (Figura 1) onde se fixou uma malha retangular com 84 pontos, em intervalos regulares de cinco metros de distância entre eles, cobrindo uma área de 30 x 70 metros, totalizando uma área total de 2.100 m².



FIGURA 1. Distribuição dos pontos de amostragem em malha retangular. Uberaba – MG, 2015.

Foram coletadas três amostras simples de solo na camada de 0-20 centímetros em cada ponto, as quais foram misturadas e homogeneizadas para a obtenção de amostras compostas. Uma amostra composta de cada ponto foi retirada totalizando em 84 amostras, as quais foram utilizadas para as análises de micronutriente.

Para a análise de boro (B) foi cachimbado 10 cm³ de solo das amostras e misturados com uma solução de cloreto de bário (BaCl₂), as quais foram levadas ao micro-ondas por 45 minutos e deixadas de repouso de um dia para o outro. No dia seguinte, foram retirados alíquotas de 4 ml do extrato e misturado junto com 1 ml de

solução tampão e 1 ml de solução de azometina, permanecendo mais 30 minutos em repouso para posterior leitura no espectrofotômetro à 420 nm.

Para a determinação dos demais elementos (Zn, Mn, Cu e Fe) foram coletados 5 cm³ de solo das amostras e misturado com 20 ml de solução DTPA. Esse material foi agitado por uma hora e deixado de repouso. No dia seguinte o sobrenadante foi transferido para outro recipiente, passando por um filtro de papel, posteriormente foram realizadas as leituras desses micronutrientes no aparelho de absorção atômica.

Foram gerados mapas através de um semivariograma. Os mapas dos padrões espaciais foram obtidos a partir do programa Surfer (GOLDEN SOFTWARE, 1995).

Para relacionar os atributos analisados, foi utilizado um método estatístico chamado correlação simples de Pearson entre variáveis. Os cálculos foram feitos e os resultados obtidos através do programa Assistat (SILVA, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 2 está a representação gráfica dos principais fatores que estão correlacionados com a disponibilidade dos micronutrientes. O pH na região de cultivo apresentou valores variando de 6,0 a 6,5, devido a correção do solo por operações de calagem. No entanto, na região de vereda esses valores situaram entre 4,8 e 5,3. Esses valores determinados são típicos de solos ácidos e tais condições favorecem a solubilização e mobilização de metais pesados na solução do solo causando perdas desses elementos por lixiviação.

Moares; Horn (2010) explicam que os valores baixos do pH podem ser resultados da presença de ácidos húmicos e fúlvicos na matéria orgânica das amostras. Esses mesmos autores ao estudarem teores dos metais pesados Cr, Cd e Zn em perfis de solos de veredas observaram valores de pH variando de 1,2 a 6,7.

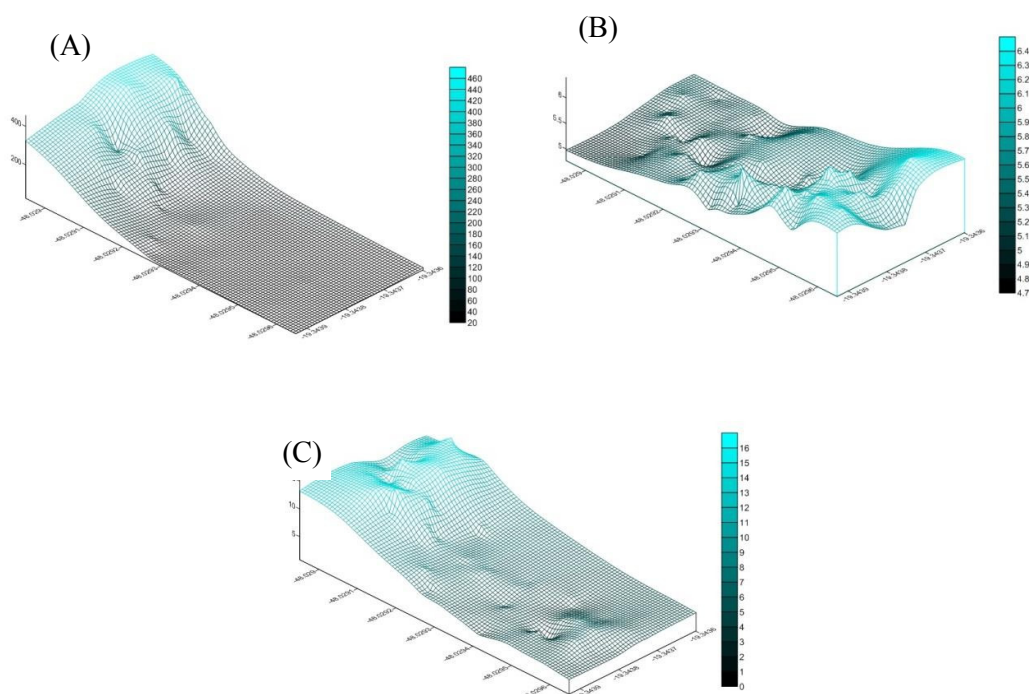


FIGURA 2. Distribuição espacial dos teores de umidade (A), pH (B) e matéria orgânica (C)

A umidade e a matéria orgânica estão diretamente correlacionados. Mikhael (2014) avaliando a variabilidade espacial de atributos do solo e emissão de CO₂ em uma pedossequência sob pastagem no cerrado observou uma correlação positiva entre a umidade volumétrica e os teores de ácidos húmico e fúlvico. A matéria orgânica presente no solo

geralmente é considerada um atributo chave no condicionamento e avaliação da qualidade do solo, sendo constituída por várias frações (BASTIDA et al., 2008; FERREIRA, 2016).

No presente trabalho, observou-se que a concentração de matéria orgânica foi maior no terço superior do mapa, região caracterizada por solos férteis, hidromórficos e com acúmulo de restos vegetais. Na porção inferior, o solo foi preparado para plantio via aração, onde ocorre o revolvimento do solo, diminuindo a cobertura do solo e, conseqüentemente, a concentração de matéria orgânica. Resultados semelhantes observados por Ferreira (2016).

O boro (B), o cobre (Cu), o manganês (Mn) e o zinco (Zn) são os elementos em mais baixa disponibilidade nos solos de cerrado, e afetam drasticamente as espécies neles cultivadas (SFREDO et al., 1997). Na figura 3 estão as distribuições espaciais dos teores dos micronutrientes estudados.

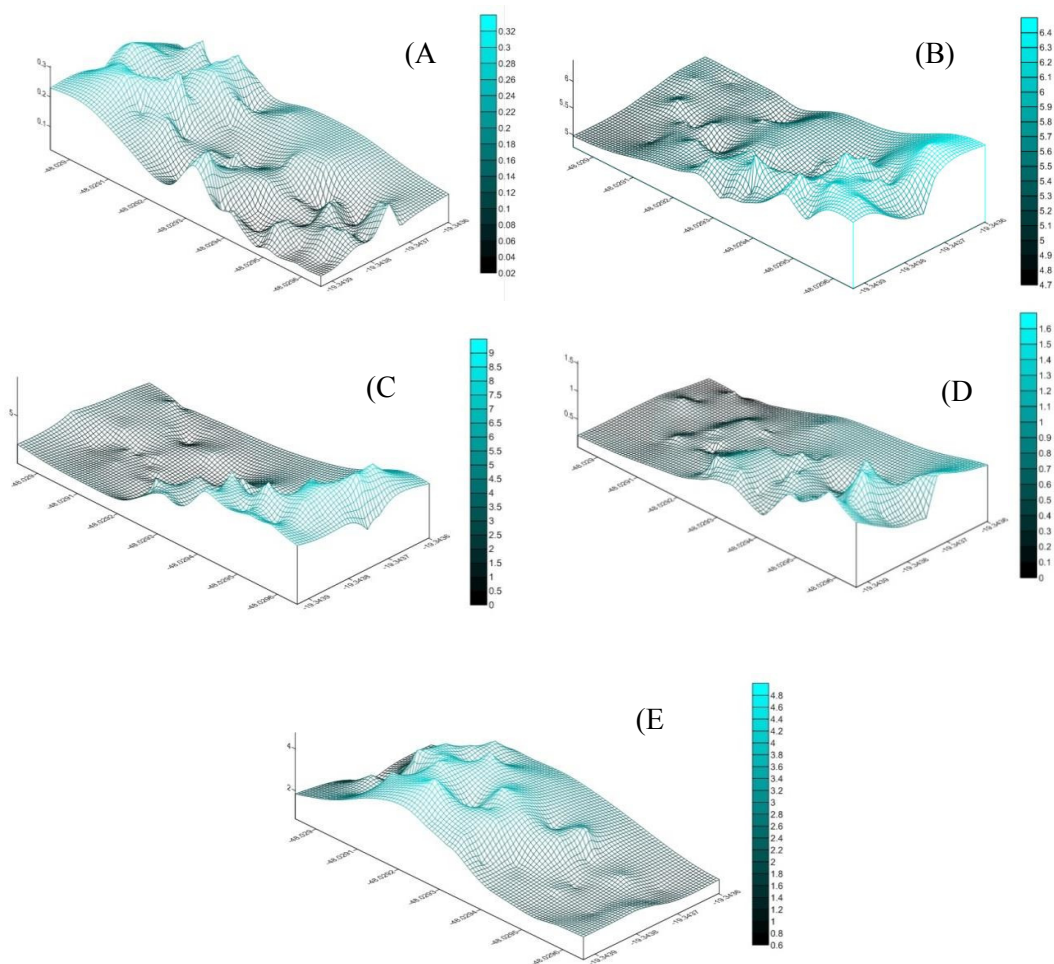


FIGURA 3. Distribuição espacial dos teores de boro (A), ferro (B), manganês (C), zinco (Zn) e cobre (Cu) em área de transição cerrado-vereda. Uberaba – MG, 2015.

Entre os parâmetros do solo que influenciam na disponibilidade de B para as plantas encontram-se os conteúdos de argila, carbono orgânico e o pH. A matéria orgânica concentra a maior parte do B que irá suprir as exigências das plantas (MALAVOLTA, 1997). O boro é liberado para a solução do solo após a mineralização da matéria orgânica, podendo, a partir daí, seguir vários caminhos, tais como ser absorvido pelas plantas, ser perdido por lixiviação ou ser adsorvido pelos colóides do solo (BERGER; PRATT, 1963).

Elrashidi; O'Connor (1982) verificaram correlações positivas entre o teor de matéria orgânica e adsorção de B. Corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho, pois pela distribuição do gráfico percebe-se que a região de vereda apresentou teores mais elevados de boro do que a região do cerrado assim como os teores de matéria orgânica.

A presença de Fe em excesso no solo promove a absorção excessiva desse elemento pelas plantas, causando desequilíbrio nutricional, além de promover sintomas como retardamento do crescimento, o que pode gerar perdas na produção (MEURER, 2000).

O alto teor de Fe pode estar associado ao material de origem, como frequentemente encontrado em Latossolo Vermelho, principalmente nas camadas mais profundas (MOREAU et al., 2006), além da concentração residual pela perda gradativa por lixiviação dos demais elementos. O Fe é um micronutriente que participa de processos como fotossíntese, respiração, síntese de clorofila, além de ativar várias enzimas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Na região de vereda, a matéria orgânica é responsável pela formação de complexos orgânicos com o ferro, o que diminui sua solubilidade, apresentando assim, valores menores quando comparado na área cultivada.

A disponibilidade do Mn no solo depende principalmente do pH, do potencial de oxirredução, da matéria orgânica e do equilíbrio com outros cátions, principalmente ferro, cálcio e magnésio (BARTLETT, 1988).

No solo, os teores totais de Mn geralmente encontram-se na faixa de 20 a 3.000 mg kg⁻¹, com média de 600 mg kg⁻¹ (LINDSAY, 1979). Na área de cultivo, o elemento encontra-se em maior quantidade quando comparado à vereda, isso se deve a maior disponibilidade do Mn em pH na faixa de 5,0 a 6,5 (BORKERT, 1991). Na região de baixada, devido à alta umidade e teor de matéria orgânica, o elemento participa de compostos orgânicos, apresentando assim, teores menores.

A concentração total de zinco nos solos é altamente dependente da composição química do material de origem (ALLOWAY, 1995). O zinco não é um metal muito abundante na natureza, seu teor total no solo varia entre 10 e 300 mg kg⁻¹ (SOUZA; FERREIRA, 1988). O baixo nível deste elemento na região de vereda se deve a capacidade dele ser fixado pela matéria orgânica.

O pH tem forte influência na adsorção de Zn, já que, junto com potencial redox, determina o equilíbrio entre as formas hidrolisadas dos metais (LINDSAY, 1979).

Devido a correção com calagem na área agricultável o pH do solo apresentou valores próximo de 6,0 (Figura 2) o que pode causar deficiências de zinco, principalmente em um solo de textura arenosa. A variação dos níveis desse micronutriente observado no semivariograma pode ser justificada pela correção do solo ou dos efeitos de interação antagônica entre o Zn e o P, que intensificam quando os valores de pH é próximo a neutralidade.

Já o cobre é um elemento que ocorre em abundância na crosta terrestre variando de 24 a 55 mg kg⁻¹ e sua concentração no solo em torno de 20 a 30 mg kg⁻¹ (BAKER; SENFT, 1995).

Na matéria orgânica o cobre é retido principalmente pelos ácidos húmicos e fúlvicos, formando complexos estáveis. Portanto, os complexos orgânicos desse elemento exercem um papel importante tanto na mobilidade como na disponibilidade deste (LOPES et al., 2006).

Na área com umidade mais baixa, de solo arenoso e baixos teores de matéria orgânica, os teores de cobre estão mais baixos, essa deficiência pode ser em decorrência a perdas por lixiviação. Na área de transição e vereda, os teores de Cu são maiores devido à formação de complexos estáveis com a matéria orgânica.

O cobre assim como o boro está relacionado à bioacumulação. Em solos cultivados por certo tempo, com a matéria orgânica mais estável a calagem provoca a diminuição do Cu, uma vez que os complexos da matéria orgânica com o elemento apresentam maior estabilidade em valores de pH mais elevados (FERREIRA; CRUZ, 1991).

4. CONCLUSÕES

O uso da geoestatística se mostrou importante na avaliação dos teores de micronutrientes na região de transição cerrado-vereda, possibilitando o conhecimento mais aprofundado do conteúdo de micronutriente da região.

Foi possível perceber as correlações positivas e negativas da disponibilidade dos micronutrientes em função dos teores de umidade, pH e matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. 2.ed. London: Blackie Academic, 1995. 368 p.
- ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Waterbury, V. 14, n. 2, p. 371–375, 1939.
- BAKER, D.E.; SENFT, J.P. Copper. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy Metals in soils**. (2^a Ed.). New York: John Wiley, 1995. p.179-202.
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 205-212, 1989.
- BERGER, K.C.; PRATT, P.F. Advances in secondary and micronutrient fertilization. In: MALCOM, H.M.; BRIDGER, G.L; NELSON, L.B. (Ed.). **Fertilizers technology and usage**. Madison: Soil Science Society of America, 1963. p. 287-340.
- BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E. ; ANJOS, L. H. C. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 837-844, 2007.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.
- BOAVENTURA, R. S. Anais do 2º encontro latino-americano: relação ser humano-ambiente, Chapter Preservação da veredas - síntese, pp. 109–122. Belo Horizonte. (1988).
- CAKMARK, I. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. **Plant Soil**, 247:03-24, 2002.
- ELRASHIDI, M.A.; O'CONNOR, G.A. Influence of solution composition on sorption of zinc by soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p. 1153-1158, 1982.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 212, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato/CNPq, 1991. p.131-157.

- FERREIRA, I. M. Paisagens do Cerrado: um estudo do Subsistema de Veredas. In: GOMES, H. (Coord.). **Universo do Cerrado**. Goiânia: UCG, 2008. v.1. p. 79-164.
- FERREIRA, D. B. **Variabilidade espacial de atributos do solo em uma pedossequência de transição vereda cerrado**. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE (Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais), 2005. 300 p.
- LINDSAY, W. L. **Inorganic phase equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.
- LOPES, A.S.; ABREU, C.A.; SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. In: NEVES, J.C.L.; DIAS, L.E.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H. (Coord.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MIKHAEL, J. E. R. **Variabilidade espacial de atributos do solo e emissão de CO₂ em uma pedossequência sob pastagem no Cerrado**. 2014. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- MORAES, P. P. F.; HORN, A. H. Teores dos metais pesados Cr, Cd E Zn em perfis de solos de veredas da bacia do rio do formoso, município de Buritizeiro, Minas Gerais. **Geonomos**, Belo Horizonte. n. 18, v. 2, p. 78-85.
- OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005 b. 574 p.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p.151-212.
- SFREDO, G.S.; BORKERT, C.M.; NEPOMUCENO, A.L.; OLIVEIRA, M.C. N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.41-45, 1997.
- SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A. Principal Components Analysis in the Software Assistat - Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES, J. J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 401-407, 2007.

SOUZA, E.C.A.; FERREIRA, M.E. Zinco no solo. In: Simpósio Sobre Micronutrientes Na Agricultura, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1988. p. 279-319.

ZIMBACK, C.R.L. Geoestatística. Grupo de estudos e pesquisas agrárias georreferenciadas. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2003. p.1-25