

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS QUEIMA DE RESÍDUO VEGETAL

Francisca Jéssica Gama Pinto¹, Francisco Mateus da Cunha Silva², Antonio Patrick Meneses de Brito³, Victor Hugo Viana Bandeira⁴, Fred Denilson Barbosa da Silva⁵, Rafaella da Silva Nogueira⁵

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após a queima de diferentes níveis de resíduos vegetais. A área experimental está localizada no município de Pentecoste (CE) e abrange uma área de aproximadamente 2.300 m². As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0-0,10m e 0,10-0,20m totalizando 48 pontos. Foram analisados os atributos químicos K, Na, P, MO e pH. Realizou-se inicialmente a análise descritiva dos atributos químicos, e posteriormente a modelagem do semivariograma para identificar a variabilidade espacial dos atributos químicos estudados. Os atributos químicos P, MO e pH obtiveram maiores teores após a queima dos resíduos, enquanto que para os atributos K e Na não observou-se alterações significativas nos tratamentos estudados. A maioria dos dados se ajustou ao semivariograma de modelo esférico, seguido do exponencial. O uso da queima de resíduos vegetais promoveu alteração na dinâmica espacial dos atributos químicos, pois afeta de forma distinta os atributos do solo de acordo com a quantidade de biomassa disponível para queima. Os atributos químicos do solo apresentaram variabilidade espacial no solo após queima do resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: fogo, manejo do solo, geoprocessamento

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AFTER BURNING AT DIFFERENT LEVELS OF PLANT RESIDUES

ABSTRACT: The present study aimed to analyze the spatial variability of soil chemical attributes after the burning of different levels of plant residues. The experimental area is located

¹Eng. Agrônoma, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, Ceará.

²Graduando, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, Ceará.

³Graduando, Instituto de Desenvolvimento Rural UNILAB, CEP 62790-000, Redenção, CE, Fone (85)985923472. Email: patrickmeneses675@gmail.com.

⁴Graduando, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, Ceará.

⁵ Prof. Doutor(a), Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, Ceará.

in the municipality of Pentecoste (CE) and covers an area of approximately 2,300 m². Soil samples were collected in the 0.0-0.10m and 0.10-0.20m layers totaling 48 points. Chemical attributes K, Na, P, OM and pH were analyzed. Initially performed descriptive analysis of chemical attributes, and later geostatistics to characterize the samples and identify the spatial variability of the chemical attributes studied. The chemical attributes P, OM and pH obtained higher levels after the burning of the residues, while the attributes K and Na did not obtain significant changes in relation to the treatments. Most of the data adjusted to the semivariogram of spherical model, followed by exponential. The soil chemical attributes showed spatial variability in the soil after residue burning.

KEYWORDS: fire, soil management, geoprocessing

INTRODUÇÃO

O fogo é um dos agentes com maior potencialidade de modificar drasticamente o ambiente e a paisagem, podendo gerar danos irreparáveis à flora e a fauna, provocando prejuízos tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (SILVA et. al., 2011).

A ação do fogo pode ocasionar uma série de modificações na natureza física, química e biológica dos solos (REDIN et.al, 2011). Com relação às alterações químicas sobre esses efeitos, Rheinheimer et al. (2003) relata que, com a ação do fogo sobre o solo altera os teores de nutrientes, deixando-os, por muitas vezes, indisponíveis para as plantas.

De maneira geral, a queima da vegetação morta enriquece o solo da camada superficial, aumentando teores da maioria dos nutrientes, por catalisar o processo da mineralização (RHEINHEIMER et al., 2003) deixando-os disponíveis nas cinzas. Nogueira et al. (2017) observaram um aumento dos teores dos nutrientes no solo pós fogo. Contudo, as disponibilidades desses nutrientes presentes nas cinzas ficam mais susceptíveis a lixiviação, resultando na perda de nutrientes.

O grau de aquecimento do solo durante a queima depende de diversos fatores, tais como a disponibilidade de material combustível vegetal, que influenciará na intensidade do fogo; o grau de umidade do solo, pois solos mais úmidos se aquecem menos; e o grau de umidade vegetal que é importante porque materiais secos dispersam a combustão mais rapidamente (COSTA & RODRIGUES, 2015).

Diante deste cenário, pesquisas tem sido desenvolvida para melhor compreender os efeitos do fogo nos processos ecológicos, dentre estes destacam-se Sampaio et al. (2003); Melo et al. (2006) e Potes et al. (2010) os quais afirmam que a alta intensidade do fogo degrada quase

toda a matéria orgânica e a maior parte dos nutrientes, reduzindo gradualmente o estoque de nutrientes do solo sem permitir a recomposição.

A busca por uma melhor compreensão da dinâmica do fogo e seu impacto no agroecossistema tem impulsionado o uso de geotecnologias que permitem analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo após fogo. Assim, a geoestatística tem sido aplicada como uma ferramenta de grande utilidade na ciência do solo para caracterizar e mapear a variação espacial de suas propriedades (BOTTEGA, 2013).

A geoestatística trata-se de um conjunto de técnicas aplicadas a variáveis regionalizadas, que definem a estrutura de dependência espacial de cada variável GUIMARÃES (2007), podendo ser usada para estudar a variabilidade espacial dos atributos do solo. Além disso, ainda proporciona meios para que sejam efetuados os respectivos mapeamentos da área estudada através da krigagem, uma vez que o modelo da dependência espacial seja conhecido por meio do semivariograma (SILVA et al., 2010). Assim, o objetivo desse estudo foi analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após queima de diferentes níveis de resíduos vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS:

A área de estudo está localizada no município de Pentecoste, cujas coordenadas são 3°47'S; 39°16'W. A área experimental é composta por 2.300 m², com vegetação predominante espontâneas do tipo Capim africano (*Eragrostis curvula*) e Leucena (*Leucaena leucocephala*). A área estava sem uso agrícola a quase 2 anos, predominando apenas as vegetações espontâneas.

No mês de dezembro de 2018 a área foi preparada para a realização da queima, sendo dividida em 6 parcelas de 10 x 10 m, para a realização da queima do material vegetal existente na área. Foi realizado o aceiro com 5m para cada lado das parcelas.

Os tratamentos foram distribuídos por parcela, contendo em cada parcela uma altura de resíduos vegetais diferentes: T00 - Testemunha (sem queima); RV20- 20cm de resíduo vegetal; RV30 - 30 cm de resíduo vegetal; RV40 - 40 cm de resíduo vegetal; RV50 - 50cm de resíduo vegetal e RV60 - 60cm de resíduo vegetal. As alturas foram determinadas por meio do corte das espontâneas pertencentes a área.

Cada parcela foi queimada individualmente, no sentido contrário do vento para melhor controle do fogo. Após a queima definiu-se um grid regular, no qual quatro pontos por parcela, totalizando 24 pontos amostrais que foram materializados em cada parcela para obtenção do

georreferenciados com o auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global) modelo Garmin 76scx.

Após as parcelas diminuírem as temperaturas, as amostras de solo foram coletadas com auxílio de uma cavadeira articulada (boca de lobo) nestes pontos georreferenciados nas camadas de 0,0 a 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m, identificadas e submetidas a análise no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

Os atributos avaliados foram sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), matéria orgânica (MO) e potencial hidrogeniônico (pH). O fósforo (P) disponível, K⁺ e Na⁺ trocáveis foram extraídos de acordo com metodologia desenvolvida por Mehlich (1953) descrita pela EMBRAPA (2017). A determinação de P disponível foi feita por fotolorimetria com comprimento de onda 660 nm, enquanto as K⁺ e Na⁺ trocáveis foram determinadas por fotometria de chama. A quantificação da MO foi pela via seca em mufla por incineração, a 5g de solo (TFSA) macerado e peneirado a 80 mesh, seguido por 24 horas a 65° na estufa.

A análise descritiva foi realizada pelo o programa Excel 2010 da Microsoft. A CV foi classificada segundo Ferreira (1991), onde valores entre 10% a 15% de CV é considerado como baixo e de precisão ótima, CV entre 15% e 20% como médio e precisão boa, entre 20% a 30% de CV alto com precisão regular, e CV com de 30% muito alto e com precisão muito ruim.

Com o objetivo de avaliar a variação espacial dos atributos, foram aplicados métodos geoestatísticos, com a utilização de modelos de semivariogramas dos atributos químicos dos solos estudados e aplicando a interpolação dos valores por krigagem ordinária. Utilizou-se o programa computacional GS+ (Gamma Design Software, LLC) versão 7.0. Para a confecção dos mapas foi utilizado o software Surfer 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva dos atributos químicos do solo nas camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 m – 0,20 m são apresentados, respectivamente, na tabela 1. O coeficiente de variação (CV), deve ser utilizado como parâmetro para avaliar os valores médios encontrados. Observou-se que os coeficientes de variação (CV%), nas duas profundidades, variaram de 2,04 a 45,83%. O atributo químico K obteve maior CV com 45,83 %, enquanto o pH, obteve menor CV com 2,04 %.

De acordo com Ferreira (1991), os demais atributos encontram-se no intervalo de 25% a 45%, apresentando uma CV de alta a muito alta, e de precisão regular a ruim, nas duas profundidades. Os valores de todos os atributos avaliados, à exceção do K e do Na, não

apresentaram grandes variações das médias, entre as duas camadas (0,0 – 0,10 m e 0,10 m – 0,20 m), demonstrando haver maior homogeneidade na distribuição desses atributos entre as camadas.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos químicos do solo em duas profundidades.

| Camadas 0,0 – 0,10 m | | | | | | |
|------------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|
| Atributos | Média | Mediana | Min* | Max* | S* | CV* (%) |
| pH | 7,58 | 7,63 | 7,28 | 7,7 | 0,158 | 2,084 |
| Na (Cmolc kg ⁻¹) | 0,226 | 0,278 | 0,128 | 0,33 | 0,085 | 37,49 |
| K (Cmolc kg ⁻¹) | 1,28 | 1,328 | 0,733 | 1,61 | 0,370 | 28,97 |
| P(mg kg ⁻¹) | 44,42 | 43,75 | 29,75 | 67,25 | 13,49 | 30,37 |
| M.O (g kg ⁻¹) | 19,77 | 19,48 | 15,69 | 24,80 | 4,317 | 21,83 |
| Camadas 0,10 m – 0,20 m | | | | | | |
| Atributos | Média | Mediana | Min | Max | S | CV (%) |
| pH | 7,55 | 7,61 | 7,28 | 7,69 | 0,155 | 2,044 |
| Na (Cmolc kg ⁻¹) | 0,398 | 0,419 | 0,23 | 0,49 | 0,105 | 26,28 |
| K (Cmolc kg ⁻¹) | 0,697 | 0,589 | 0,37 | 1,09 | 0,320 | 45,83 |
| P(mg kg ⁻¹) | 29 | 24,375 | 20,75 | 42 | 9,83 | 33,88 |
| M.O (g kg ⁻¹) | 15,25 | 14,14 | 11,87 | 21,34 | 3,900 | 25,59 |

*mínima; *máxima; * S – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação.

A queima da vegetação morta aumenta os teores de nutrientes na camada superficial do solo, por acelerar o processo de mineralização (RHEINHEIMER, 2003). Entretanto, outros fatores podem intervir na disponibilidade desses nutrientes na solução do solo, como pH, umidade, temperatura, matéria orgânica e a presença de outros íons. Em relação ao pH, houve um pequeno acréscimo em seus teores após a queima nos diferentes níveis de resíduos vegetais.

A matéria orgânica, após a queima dos resíduos vegetais, apresenta alterações distintas em comparação à testemunha, nas alturas de 20, 30 e 40 cm, ocorreu uma queda nos seus teores, enquanto nas alturas de 50 e 60 cm, observou-se um aumento de MOS.

O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e qualidade do material que cai no solo que integram sua heterogeneidade. Diante da heterogeneidade e complexibilidade funcional da MOS, torna-se necessárias abordagens que permitam avaliar a dinâmica dos componentes da MOS, vinculada as frações existentes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Observa-se, no teor de P no solo, um aumento na sua concentração após à queima, principalmente no tratamento com altura do resíduo de 60 cm, este aumento pode estar vinculado à formação das cinzas. No solo, 20% a 80% do P total encontra-se na forma orgânica (RAGHOTHAMA, 1999), que para se tornar disponível é preciso que microorganismos fracionem a matéria orgânica do solo em formas simples, liberando os íons de fosfato inorgânicos (fósforo disponível), (PRADO, 2008), desse modo, o fogo ao desestruturar a matéria orgânica presente no solo, favoreceu o aumento nos teores desse nutriente.

Os teores de K e Na não apresentaram alterações relacionadas aos resíduos após a queima. No solo, diversos fatores afetam a disponibilidade do K, como a temperatura, o umedecimento e secagem do solo, o teor de argila e o pH (próximo a 6,5) que tende a aumentar a sua disponibilidade (PRADO, 2006). É possível que, a heterogeneidade do solo junto com os diferentes graus de temperaturas, possam ter influenciado em teores distintos do K após a queima.

Para os valores de Na, o que pode ser justificável para seu comportamento pela ineficiência do sódio como cátion ligante, quando comparado com cátions polivalentes como o Ca^{2+} , Al^{3+} e Fe^{3+} . O cátion ligante une tanto as argilas com cargas negativas permanentes a grupos funcionais da matéria orgânica quanto os ânions orgânicos às cargas variáveis das argilas, quando estas são positivamente carregadas sob condições ácidas. Sem estes cátions, a agregação nos solos é reduzida (SILVA, 2008).

Estudos sobre natureza das interações que ocorrem entre os sais solúveis e o Na trocável com os tipos de compostos orgânicos precisam ser incentivados e realizados, com vistas em verificar o potencial de uso de resíduos orgânicos em solos afetados por sais, bem como os efeitos destes sais na composição dos solos, contribuindo para o entendimento do comportamento físico e químico destes solos e para a implementação de técnicas de manejo com base científica.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros dos variogramas ajustados para os modelos teóricos que melhor representam a variabilidade espacial dos atributos estudados nas duas profundidades. Os parâmetros apresentados são: modelo; alcance; soma de quadrados do resíduo e coeficiente de determinação (R^2); patamar (C_0+C) e efeito pepita (C_0).

O maior coeficiente observado para o ajuste do modelo foi de 0,612 para o pH na profundidade 0 – 10cm, e o menor coeficiente foi de 0,060 para Na na profundidade 0 -10cm. O modelo que apresentou melhor ajuste para a semivariância empírica dos atributos químicos do solo foi o esférico. Todos os modelos foram selecionados após análise de variogramas.

O modelo esférico se apresentou como melhor representabilidade dentre os demais modelos, tendo apenas o atributo M.O com o modelo exponencial, os ajustes são determinados por meio da soma de quadrados do resíduo e coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 2. Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados aos atributos químicos do solo.

| Profundidade 0,0 – 0,10 m | | | | | |
|---------------------------|--------|-------------|---------|-----------|---------|
| Atributos | Modelo | Alcance (m) | R^2 * | C_0+C * | C_0 * |
| pH | Esf* | 12,92 | 0,612 | 0,0327 | 0,0022 |
| Na | Esf | 10,89 | 0,060 | 0,0135 | 0,0001 |
| K | Esf | 6,93 | 0,147 | 0,3260 | 0,0010 |
| P | Esf | 6,63 | 0,220 | 423,4000 | 1,0000 |
| MO | Exp* | 49,24 | 0,258 | 46,5200 | 14,7000 |

| Profundidade 0,10 m – 0,20 m | | | | | |
|------------------------------|-----|-------|-------|----------|---------|
| pH | Esf | 9,34 | 0,177 | 0,0502 | 0,0001 |
| Na | Esf | 3,57 | 0,079 | 0,0768 | 0,0059 |
| K | Exp | 6,22 | 0,310 | 0,1362 | 0,0001 |
| P | Esf | 12,74 | 0,247 | 198,1000 | 18,3000 |
| MO | Exp | 49,24 | 0,258 | 46,5200 | 14,7000 |

*Esférico (Esf); *Exponencial (Exp); soma de quadrados do residuo e coeficiente de determinação (R^2); patamar (C0+C) e efeito pepita (C0).

Os atributos K, Na e P, apresentam maiores picos no tratamento RV30, enquanto os demais atributos MO e pH, demonstram maiores picos em diferentes tratamentos (Figura 1). Na Figura 2, os atributos obtiveram seus picos mais altos em diferentes tratamentos, predominando nos tratamentos de RV30 e RV20. Nesses mapas, pode-se observar a distribuição espacial de todos os atributos avaliados, a krigagem nada mais é que a interpolação das informações geradas pelo semivariograma. Neste caso, fica evidente que o uso da queima pode interferir na distribuição espacial dos atributos químicos do solo.

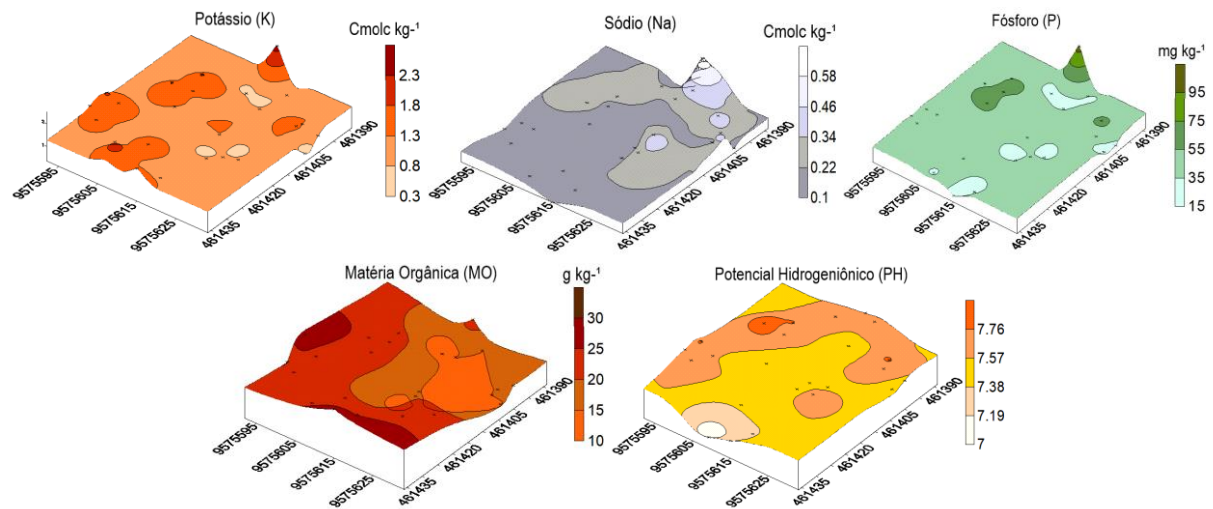


Figura 1. Mapas de krigagem para os atributos químicos do solo (K, Na, P, MO e pH) na profundidade 0-10cm.

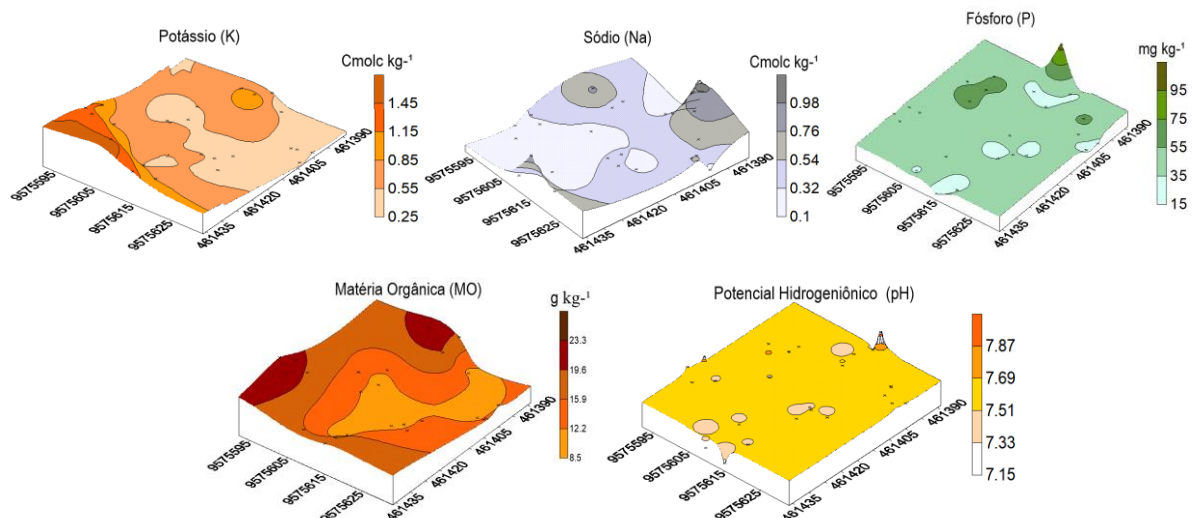


Figura 2. Mapas de krigagem para os atributos químicos do solo (K, Na, P, MO e pH) na profundidade 0,10 - 0,20m

Em concordância com Guedes Filho (2009), a estatística clássica permite avaliar possíveis variações entre os atributos, sem, contudo, considerar a posição espacial em que foi feita a coleta. É de grande relevância o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo, já que, assim, será possível buscar alternativas mais adequadas de manejo do solo a fim de minimizar os possíveis efeitos dessa variabilidade nas produtividades das culturas.

Se a distribuição espacial das medidas for observada é possível melhorar a eficiência no planejamento de experimentos contribuindo para uma nova agronomia que utiliza técnicas não recentes importadas da geoestatística e da análise de séries temporais e espaciais (KLAUS & TIMM, 2012).

CONCLUSÕES

A análise dos atributos do solo após a queima indicou redução na maioria dos atributos, à exceção do K e do Na. A matéria orgânica apresentou alterações distintas em comparação à testemunha, nas alturas de 20, 30 e 40 cm ocorreu uma queda nos seus teores, enquanto nas alturas de 50 e 60 observou-se um acréscimo. Para o P percebeu-se um aumento na sua concentração após à queima, principalmente no tratamento com altura do resíduo de 60 cm. O uso da queima de resíduos vegetais promoveu alteração na dinâmica espacial dos atributos químicos, pois afeta de forma distinta os atributos do solo de acordo com a quantidade de biomassa disponível para queima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 149-165, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**, 2017.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: Edufal, 1991.

- GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) -Instituto Agronômico, CampinasSP, 2009.
- MARINS, A. C; URIBE–OPAZO, M. A; JOHANN, J. A. Estimuladores New 1 e New 2 no estudo de dependencia espacial da produtividade da soja e atributos fisicos do solo de uma area comercial. **Engenharia na agricultura**, v. 16, n. 1, p. 133-143, 2008.
- MELO, V. F. et al. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 1039-1050, 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.
- NOGUEIRA, R. da S. et al. Efeito do fogo nos atributos químicos do solo em áreas de Caatinga, floresta estacional e decídua no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 30., 2017, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Aeac, 2017. p. 1-6.
- POTES, M. L. et al. Matéria orgânica em neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 23-32, 2010.
- PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 139p.
- RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Ann. Rev. Pl. Physiol Pl. Mol. Biol.**, v. 50, p. 665-93, 1999.
- REDIN, M. et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v. 33, p. 49-55, 2003.
- SAMPAIO, F. A. R. et al. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1161-1170, 2003.

SILVA, R. F. da; SAIDELLES F. L. F.; VASCONCELLOS, N. J. S. de; WEBBER, D. P.; MANASSERO, D. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 2-4, p.234-241, 2011.

SILVA, S. A.; SOUZA LIMA, J. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 15-22, 2010.

SILVA, V. da et al. VARIÁVEIS DE ACIDEZ EM FUNÇÃO DA MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 1, p. 551-559, 2008.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidade em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.