



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **DISPONIBILIDADE DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM LATOSSOLOS AFETADOS PELO AQUECIMENTO**

Yasmmmin Tadeu Costa<sup>(a)</sup>, Maxmiller Alvarenga<sup>(b)</sup>, Bruno Teixeira Ribeiro<sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup>Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, yasmintadeucosta@yahoo.com.br

<sup>(b)</sup>Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, max.miller123@hotmail.com

<sup>(c)</sup>Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, ribeiro.bt@gmail.com

### **Eixo: Solos, paisagens e degradação**

#### **Resumo**

Os efeitos do aquecimento do solo nas propriedades químicas vem sendo amplamente estudados em solos de clima temperado, mais jovens e com maior teor de matéria orgânica do solo (MOS). Mesmo com alto número de ocorrência de queimadas em áreas de clima tropical, pouco se sabe sobre os efeitos em solos mais intemperizados de baixa fertilidade e MOS. Portanto, neste trabalho investigou-se as alterações na disponibilidade de macro e micronutrientes caudadas pelo aquecimento sobre seis Latossolos em condições laboratoriais. O aquecimento das amostras coletadas na camada superficial do solo, foi realizado em forno mufla por 30 min nas temperaturas (°C): 20 (controle), 100, 200, 300, 400, 500 e 600. Após os tratamentos térmicos determinaram-se as concentrações dos macro e micronutrientes. O aumento na disponibilidade de nutrientes ocorreu a temperaturas mais baixas (200°C). Temperaturas  $\geq 400^{\circ}\text{C}$  resultam na redução na disponibilidade de nutrientes.

**Palavras chave:** Aquecimento do solo, fertilidade, Latossolos, disponibilidade de nutrientes.

### **1. Introdução**

O aquecimento do solo durante a queimada pode causar alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas (CERTINI, 2005; NEARY et al. 1999). As alterações químicas estão diretamente ligadas a formação de cinzas, a decomposição da matéria orgânica e a sua incorporação no solo (ALCANIZ, et al. 2018) que por consequência também afetam pH, a liberação, concentração e disponibilidade de nutrientes para as plantas, a capacidade de troca catiônica (CTC) e outros fatores relacionados a fertilidade do solo (ALCANIZ, et al. 2018; THOMAZ, 2017).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Diversos autores têm investigado os efeitos de queimadas sobre os solos a partir de experimentos laboratoriais com o aquecimento de amostras realizado em forno mufla (BADÍA, et al. 2017; THOMAZ, 2017; THOMAZ; FACHIN, 2014). Nessas condições controladas, as temperaturas aplicadas e a duração do aquecimento são definidas a partir de informações reportadas em literatura, as quais resultam em diferentes e graduais intensidades de alterações nas propriedades do solo. Neary et al. (1999), classificou a intensidade da queimada a partir da temperatura máxima alcançada, definindo como baixa intensidade (150 – 250°C), média intensidade (350 – 450°C) e alta intensidade (550 – 650°C). Diferentes tempos de duração do aquecimento são encontrados em literatura: 3 – 5 min (THOMAZ; FACHIN, 2014), 3 – 15 min (THOMAZ, 2017), 20 min (MATAIX-SOLERA, et al. 2008), 30 min (GARCÍA-CORONA, et al. 2004), 360 – 1440 min (KANG; SAJJAPONGSE, 1980). Segundo Thomaz (2017), o aquecimento do solo em laboratório para aferir efeitos de queimadas é viável devido ao controle de temperatura e duração, evitando fatores de interferência encontrados em campo.

Existem diversos estudos que procuraram identificar o efeito das queimadas sobre as propriedades químicas dos solos. Entretanto, poucos trabalhos são realizados para a identificação destes efeitos sobre solos tropicais e, conseqüentemente, sobre Latossolos (ALCANIZ et al. 2018; MATAIX-SOLERA, et al. 2011). Diante da problemática de ocorrências de queimadas no Brasil, o conhecimento sobre as alterações que ocorrem no ambiente é fundamental para estabelecer perspectiva das conseqüências ambientais imediatas, que afetam os efeitos duradouros. Portanto, objetivou-se neste trabalho identificar as alterações na disponibilidade de macro e micronutrientes provocadas por diferentes temperaturas, simulando em laboratório os efeitos do aquecimento em seis Latossolos localizados no município de Lavras, Brasil.

## **2. Materiais e métodos**



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 2.1 Caracterização dos solos e delineamento experimental

Os solos foram coletados no município de Lavras, região sudeste do Brasil. Segundo a classificação de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), a região está sobre condição climática subtropical húmida (cwa), apresentando duas estações bem definidas, precipitação anual média de 1529 mm, temperatura média nos meses mais frios de 17°C e 23°C nos meses mais quentes (LIMA JÚNIOR et al., 2012). Todos os pontos de coleta estão sobre áreas de vegetação nativa, como Floresta tropical subperenifólia, semidecidual e Cerrado stricto sensu denso.

Foram selecionados seis Latossolos classificados de acordo com o Sistema de Classificação Brasileiro dos Solos como: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd1 e LVAd2); Latossolo Vermelho Amarelo ácrico (LVAw); Latossolo Vermelho acriférrico (LVwf); Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Latossolo Vermelho distrófico (LVd). Os solos se diferenciam em relação a textura, conteúdo inicial de matéria orgânica (MOS), acidez, mineralogia e grau de intemperização, identificados na Tabela 1.

Em um raio de 50 m, retiraram-se, aleatoriamente, quatro amostras compostas da camada 0-5 cm (repetições de campo). Cada amostra composta foi formada por quatro amostras simples. Após a coleta, as amostras foram secadas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) e agregados de tamanho 12 a 19 mm e 4 a 8 mm. As quatro amostras compostas foram misturadas e divididas em três partes (“*quarteamento*”). Cada uma dessas três partes funcionou como uma repetição de laboratório. Não foi objetivo deste trabalho estudar a variabilidade espacial inerente de cada solo, e sim a obtenção de uma amostra representativa da classe de solo considerada em uma área de 0,785 ha (raio de 50 m). A amostragem foi realizada na camada 0 – 5 cm por ser a que mais sofre alteração da temperatura durante queimadas (THOMAZ; ANTONELI; DOERR, 2014).

O aquecimento dos solos foi realizado em condições laboratoriais utilizando-se Forno Mufla Lavoisier com controle de temperatura digital HW1000 Coel. As amostras de TFSA e



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

argila foram acondicionadas em cápsulas de porcelana (11 cm de diâmetro e 7 cm de altura) e submetidas durante 30 minutos às seguintes temperaturas (° C): 100, 200, 300, 400, 500 e 600. As temperaturas escolhidas estão na faixa comumente empregada para estudos dos efeitos de queimadas em condições laboratoriais (ALCANIZ et al, 2018; MATAIX-SOLERA, et al, 2011). As amostras de solo que não sofreram aquecimento (amostras-controle), foram consideradas como sendo equivalente à temperatura de 20° C - temperatura média histórica anual da região estudada. O tempo de exposição (30 minutos) às diferentes temperaturas tem sido comumente empregado em outros trabalhos. Após cada aquecimento, o forno mufla foi desligado e as amostras imediatamente retiradas e deixadas em condições laboratoriais para resfriamento ao ar.

Tabela 1 - Atributos de caracterização dos solos estudados.

Propriedades	Solo*					
	LVAd1	LVAd2	LVAw	LVwf	LVdf	LVd
pH em água	6,7 ± 0,01	5,9 ± 0,02	6,7 ± 0,05	4,8 ± 0,04	4,4 ± 0,02	6 ± 0,03
MOS (g Kg <sup>-1</sup> )	33,1 ± 0,1	29,2 ± 0,7	33,4 ± 0,5	37,4 ± 1,1	43,6 ± 1,5	38 ± 3,7
Argila (g Kg <sup>-1</sup> )	589 ± 7,7	483 ± 7,3	803 ± 6,3	423 ± 10,7	777 ± 6,3	604 ± 9
Silte (g Kg <sup>-1</sup> )	78,3 ± 3,4	66,6 ± 1,9	92,1 ± 4,7	129 ± 10,2	79,6 ± 5,9	61 ± 9,3
Areia (g Kg <sup>-1</sup> )	333 ± 5,9	450 ± 5,4	105 ± 1,8	448 ± 1,1	144 ± 0,8	334 ± 1
SiO <sup>2</sup> (g Kg <sup>-1</sup> )	175,9	119,4	233,3	168,6	103,4	138,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g Kg <sup>-1</sup> )	203,2	191,7	279,4	154,7	237,4	216,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g Kg <sup>-1</sup> )	85,9	77,2	143,1	83,3	213,1	89,1

\* Média ± desvio padrão,

pH em água determinado na relação 1:2,5 (solo:solução); Matéria Orgânica do solo (MOS) determinada pelo método de oxidação via úmida (WALKLEY; BLACK, 1934); Argila, Silte e Areia determinados pelo método da pipeta (DAY, 1965); óxidos totais determinados por digestão sulfúrica ácida (VETTORI, 1969).

## 2.2 Determinação de macro e micronutrientes



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Foram mensurados os macronutrientes: Fósforo (P) disponível (Mehlich-1 de extração -  $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0122 \text{ mol L}^{-1}$ ; Potássio ( $\text{K}^+$ ) (fotometria de chama); Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Os micronutrientes disponíveis ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ ) foram extraídos pelo método de Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0122 \text{ mol L}^{-1}$ ) e Bor ( $\text{B}^+$ ) ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0122 \text{ mol L}^{-1}$ ), extraído em água quente. Foram realizadas duas repetições por análise.

### 2.3 Análises estatísticas

Para os resultados de macro e micronutrientes e atributos eletroquímicos, realizou-se a Análise de Variância (ANAVA, fator único) para comparar aos parâmetros avaliados antes e após o aquecimento dos solos em cada temperatura. Para os dados com significativa ( $P < 0,05$ ) diferença entre as medias, foi realizada teste Tukey a 5% de significância.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1 Macronutrientes

O teor de P-disponível aumentou significativamente com o aquecimento em todos os solos (Figura 1). Com exceção ao LVAd1, os teores iniciais de P (tratamento controle,  $20^\circ \text{C}$ ) são semelhantes. Entretanto, o aumento na quantidade de P-disponível extraída em solução Mehlich-1 foi diferente. Como exemplo, para o LVwf teve-se um aumento de  $26 \text{ mg dm}^{-3}$  de P com o aquecimento a  $500^\circ \text{C}$ . Já para o LVAd2 o aumento foi de apenas  $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$  com o aquecimento a  $500\text{-}600^\circ \text{C}$ . Considerando todos os solos, o aumento médio total ( $20 - 600^\circ \text{C}$ ) do P-disponível foi de  $15,5 \text{ mg dm}^{-3}$ . A temperatura de  $100^\circ \text{C}$  não foi suficiente para alterar o





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

teor de P disponível nos solos. Alterações significativas ocorreram no intervalo de 200 – 500°C.

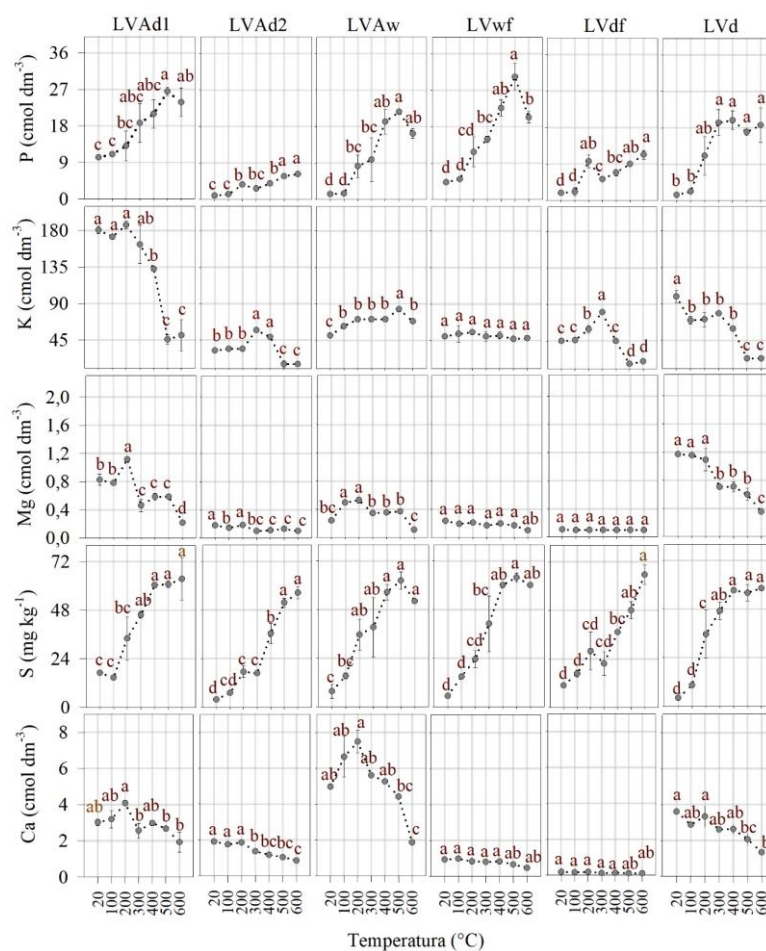


Figura 1 - Alteração na quantidade extraída dos macronutrientes (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) em função do aquecimento dos Latossolos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Os teores de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e P disponíveis, em todos os solos, aumentaram significativamente com o aquecimento, principalmente após 100° C. A liberação desses nutrientes é atribuída a mineralização da matéria orgânica, especialmente para o P, pois o aquecimento converte sua forma orgânica para inorgânica (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) (CADE-MENUM, et al.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2000), tornando-se mais disponível no solo (CERTINI, 2005). Ressalta-se, entretanto, que essa forma inorgânica de P pode ser adsorvida nos óxidos de Fe formados em temperaturas elevadas, o que reduziria a disponibilidade de P (THOMAZ, 2017). Thomaz (2017) observou um aumento da quantidade de P e S extraída até a temperatura de 350° C, diminuindo em temperaturas superiores a essa. Como observado na Figura 4, a diminuição da quantidade extraída de P e S não foi observada.

Para o K trocável (Figura 1), foi observado diferença quanto ao seu comportamento entre os solos. No LVwf não foi observado efeito do aquecimento na quantidade extraída de K. No LVAd2, LVAw e LVdf foi observado um aumento na quantidade extraída de K na faixa de temperatura entre 300 e 500°C. Para o LVAd1 e LVd, solos com maiores teores iniciais de K trocável, uma redução significativa na quantidade extraída foi observada com o aquecimento. A tendência de diminuição também foi observada para  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis. No LVAd1 e LVAw foi observado um aumento da quantidade extraída de Ca até 200°C, com posterior diminuição até 600° C. Isso também foi observado para o Mg no LVAw. Os solos LVAd2, LVwf e LVdf apresentaram baixos teores de Mg trocável e alterações significativas não foram observadas com o aquecimento. Os solos que apresentaram teores mais elevados de Mg (LVAd1 e LVd) tiveram uma redução na quantidade extraída com o aquecimento.

A disponibilidade de nutrientes em solos afetados pelo aquecimento está diretamente relacionada com a temperatura aplicada, com as alterações da MOS e das propriedades do solo (THOMAZ, 2017). A degradação significativa da MOS se inicia a partir de 300°C (THOMAZ, 2017), como também encontrado por Forgeard e Frenot (1996). Entretanto, todos os nutrientes em grande parte dos solos têm aumento em sua disponibilidade a partir de 200°C. Deve-se considerar, neste caso, que a degradação e alteração da matéria orgânica se inicia a temperaturas baixas, justificando a liberação de nutrientes anterior a perda efetiva da MOS (GIOVANNINI; LUCCHESI; GIACHETTI, 1988).

A perda de nutrientes por volatilização com o aquecimento do solo e consequente combustão do material orgânico também é abordada em alguns trabalhos (NEARY et al.,



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1999). Cada nutriente apresenta uma resposta individual ao aquecimento, estabelecendo-se assim, temperaturas limites para sua volatilização. Nutrientes como S (TIEDEMANN, 1987) e nitrogênio (HOSKING, 1938), são considerados sensíveis por serem volatilizados em baixas temperaturas, como 200 a 375°C, respectivamente. Já K e P são definidos como moderadamente sensíveis, com temperaturas limites de 774°C (RAISON; KHANNA; WOODS, 1985). Por fim, os nutrientes poucos sensíveis ao aquecimento são Mg, Ca e Mn, os quais são volatilizados a altas temperaturas, como 1107°C, 1484°C e 1962°C, respectivamente (DEBANO, 1991). Neste caso, os solos foram submetidos a temperaturas inferiores às necessárias para volatilização dos nutrientes avaliados, por este motivo não é esperado a volatilização destes.

### 3.2 Micronutrientes

Para todos os micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn e Mn) (Figura 2) foi observado um aumento bastante significativo da quantidade extraída com posterior diminuição. Para B e Fe, esse aumento aconteceu na faixa de temperatura de 200° C a 300° C, reduzindo com as temperaturas mais elevadas a valores próximos ao tratamento controle (20° C). O teor de Fe consideravelmente aumentou na temperatura de 300° C e 200° C para os solos LVwf e LVdf, respectivamente. Para Cu, Mn e Zn o pico da quantidade extraída desses micronutrientes aconteceu em uma faixa de temperatura um pouco mais elevada (300-400° C), também decrescendo na temperatura mais elevada (600° C) a valores próximos do tratamento controle.

Kang e Sajjapongse (1980) sugere que a maior disponibilidade de micronutrientes a temperaturas intermediárias está relacionada principalmente com a alteração da matéria orgânica. No estudo de Thomaz (2017) o aquecimento a 250° C em um Cambissolo húmico levou a um aumento da quantidade extraída de Fe e Mn, entretanto, nenhum efeito foi observado para B e Cu e uma redução significativa foi observada para o Zn. Com exceção a alguns solos, esse padrão de aumento da quantidade extraída até uma determinada





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

temperatura seguido de diminuição também foi observado para os macronutrientes Ca, Mg e K (FIGURA 1). O aumento da disponibilidade pode estar relacionado com a mineralização da matéria orgânica e, a diminuição, com alterações da matriz (orgânica e mineral) do solo fazendo com que os elementos não sejam extraídos da mesma forma anterior ao aquecimento.

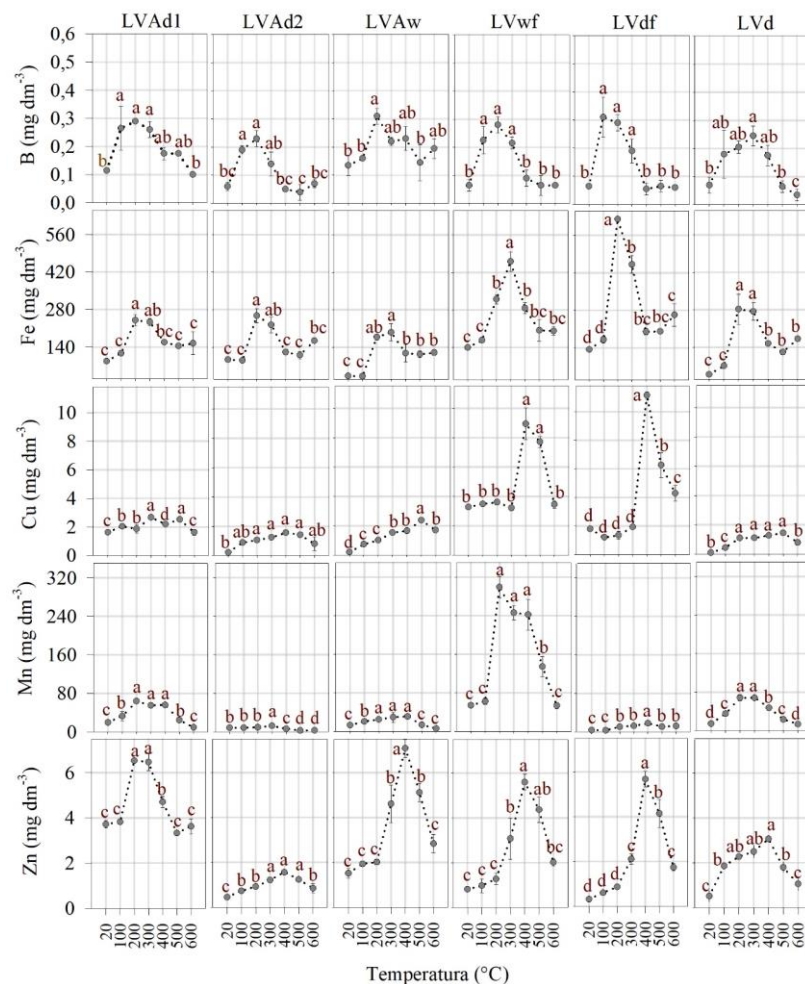


Figura 2 - Alteração na quantidade extraída dos micronutrientes (B, Fe, Cu, Mn e Zn) em função do aquecimento dos Latossolos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Considerações finais



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Neste trabalho, seis Latossolos foram submetidos ao aquecimento em diferentes temperaturas (20 a 600°C) em condições laboratoriais, tendo seus atributos químicos alterados. Os Latossolos estudados apresentaram comportamento semelhante quanto à alteração dos seus atributos químicos quando submetidos ao aquecimento. A relação entre temperatura e alteração dos atributos químicos não é diretamente proporcional e depende das alterações da matéria orgânica e mineralogia do solo. Em geral, os Latossolos submetidos a uma temperatura de 300° C apresentaram um aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes, enquanto temperaturas mais elevadas (acima de 300°C) levaram a uma diminuição da disponibilidade de nutrientes.

### Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado. Ao CNPq e à FAPEMIG. Ao Departamento de Ciência do Solo (UFLA) por disponibilizar as instalações de seus laboratórios para a realização das análises.

### Referências bibliográficas

ALCAÑIZ, M. et al. Effects of prescribed fires on soil properties: A review. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 613-614, p.944-957, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.144>.

BADÍA, D. et al. Burn effects on soil properties associated to heat transfer under contrasting moisture content. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 601-602, p.1119-1128, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.254>.

CADE-MENUN, B. J. et al. Phosphorus forms and related soil chemistry of Podzolic soils on northern Vancouver Island. I. A comparison of two forest types. **Canadian Journal Of Forest Research**, [s.l.], v. 30, n. 11, p.1714-1725, nov. 2000. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/x00-098>.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. **Oecologia**, [s.l.], v. 143, n. 1, p.1-10, 2 fev. 2005. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.1862-1866, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542007000600039>.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling**. Madison: America Society of Agronomy, 1965. Part. 1, p. 545-567.

DEBANO, L. F. The effect of fire on soil. In: HARVEY, A. E.; NEUENSCHWANDER, L. F. (Ed.). **Management and productivity of western-montane forest soils**. Ogden: General Technical Report Int-280. Intermountain Forest And Range Experimental Station, United States Department Of Agriculture, Forest Service, 1991.

FORGEARD, F.; FRENOT, Y. Effects of burning on Heathland soil chemical properties: na experimental study on the effect of heating and ash deposits. **Journal of Applied Ecology**, [s.l.], v. 33, p.803-811, ago. 1996.

GARCÍA-CORONA, R. et al. Effects of heating on some soil physical properties related to its hydrological behaviour in two north-western Spanish soils. **International Journal Of Wildland Fire**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.195-199, 2004. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/wf03068>.

GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S.; GIACHETTI, M. Effects of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. **Soil Science**, [s.l.], v.146, p.255-261, 1988.

HOSKING, J. S. The ignition at low temperatures of the organic matter in soils. **The Journal Of Agricultural Science**, [s.i.], v. 28, n. 3, p.393-400, jul. 1938.

KANG, B. T.; SAJJAPONGSE, A. Effect of heating on properties of some soils from Southern Nigeria and growth of rice. **Plant And Soil**, [s.l.], v. 55, n. 1, p.85-95, fev. 1980. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02149712>.

LIMA JUNIOR, J. A. et al. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 16, n. 5, p.514-520, maio 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000500007>.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MATAIX-SOLERA, J. et al. Can terra rossa become water repellent by burning? A laboratory approach. **Geoderma**, [s.l.], v. 147, n. 3-4, p.178-184, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.08.013>.

MATAIX-SOLERA, J. et al. Fire effects on soil aggregation: A review. **Earth-science Reviews**, [s.l.], v. 109, n. 1-2, p.44-60, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.08.002>.

NEARY, D. G et al. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 122, n. 1-2, p.51-71, set. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-1127\(99\)00032-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00032-8).

RAISON, R. J.; KHANNA, P. K.; WOODS, P. V. Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires. *Canadian Journal Of Forest Research*, [s.l.], v. 15, n. 1, p.132-140, fev. 1985. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/x85-022>.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DOERR, S. H. Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slash-and-burn agriculture. **Catena**, [s.l.], v. 122, p.209-215, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.06.016>.

THOMAZ, E. L. Realistic soil-heating gradient temperature linearly changes most of the soil chemical properties. **Soil Science And Plant Nutrition**, [s.l.], v. 63, n. 1, p.84-91, 2 jan. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2016.1255538>.

THOMAZ, E. L.; FACHIN, P. A. Effects of heating on soil physical properties by using realistic peak temperature gradients. **Geoderma**, [s.l.], v. 230-231, p.243-249, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.025>.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Escritório de Pedologia e Fertilidade de Solos, 34p, 1969.

TIEDEMANN, A. R. Combustion Losses of Sulfur from Forest Foliage and Litter. **Forest Science**, [s.i.], v. 33, n. 1, p.216-223, mar. 1987.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, v. 37, p.29-38, 1934.