



COMO O CALOR DAS QUEIMADAS PRESCRITAS AFETA A ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS TROPICAIS?

UMA ANÁLISE EXPERIMENTAL DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS INTEGRADAS

Yasmmin Tadeu Costa¹
Paulo Angelo Fachin²
Anna Júlia Silva Martins³
Eliziane Pinheiro de Oliveira⁴

RESUMO

A queimada prescrita é uma prática de manejo utilizada em unidades de conservação para promover a regeneração da vegetação, controlar a sucessão ecológica e reduzir o risco de incêndios severos. Contudo, seus impactos nos atributos físicos do solo, especialmente em ambientes tropicais, ainda são pouco conhecidos, o que dificulta a avaliação de sua efetividade conservacionista. Este estudo avaliou como a umidade, a cobertura vegetal e o tipo de solo influenciam a intensidade do aquecimento e a desagregação estrutural do solo, fatores que afetam a suscetibilidade à erosão. Amostras indeformadas de Latossolo e Cambissolo, coletadas no Parque Estadual de Vila Velha (PR), foram submetidas a aquecimento controlado por 30 minutos em forno elétrico, em um delineamento fatorial $2 \times 4 \times 2 \times 2$, variando umidade (<5% e 15–20%), temperatura (controle, 100, 200 e 300 °C) e presença ou ausência de cobertura vegetal. A estabilidade estrutural foi avaliada pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), obtidos após peneiramento e agitação a seco. Os resultados indicaram que o aquecimento reduziu significativamente a agregação em ambos os solos, com maior sensibilidade no Cambissolo. O DMG apresentou reduções progressivas de 25,0%, 30,8% e 33,3% para 100, 200 e 300 °C, respectivamente, em relação ao controle. O IEA variou entre 56,3% e 75,2%, com valores médios superiores no Latossolo. As maiores perdas de DMG ocorreram no Cambissolo com 15% de umidade e sem cobertura vegetal, sendo a cobertura um fator atenuante e a umidade com influência pontual. Conclui-se que o aquecimento compromete a estabilidade estrutural do solo, especialmente em solos com características específicas, reforçando a importância de considerar textura, umidade e cobertura vegetal no manejo com fogo para minimizar impactos negativos.

¹Doutora em Geografia e professora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), yasmmintadeucosta@gmail.com;

²Doutor em Geografia e professora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, fachinpa@gmail.com;

³Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, naju.mmartins11@gmail.com;

⁴Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, elizianepinheiro356@gmail.com.



INTRODUÇÃO

A chegada dos colonizadores europeus nos países tropicais como o Brasil, suprimiu inúmeras práticas tradicionais, entre elas a utilização do fogo como forma de manejo (MOURA et al. 2019). No entanto, o fogo desempenha papel ativo na ciclagem de nutrientes, na composição florística e na diversidade dos ecossistemas tropicais (AUGUSTINE et al., 2014; ALCANIZ et al., 2017). Em ambientes como as savanas, o fogo contribuiu para a substituição de florestas sensíveis por vegetações adaptadas, em resposta às mudanças climáticas e à recorrência de incêndios (EDWARDS et al., 2018).

A queima prescrita tem sido empregada em unidades de conservação como estratégia de manejo para reduzir o acúmulo de biomassa seca, controlar espécies invasoras, interromper a sucessão vegetal e favorecer a regeneração de espécies nativas. Quando bem planejada, essa prática pode mitigar o risco de incêndios de alta severidade (HEINSELMAN, 1973). No entanto, os efeitos do calor gerado por queimadas, mesmo controladas, vão além da vegetação. A exposição do solo à elevação térmica pode alterar suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas (THOMAZ et al., 2014), resultando em perdas de matéria orgânica, deposição de cinzas, volatilização de nutrientes, modificações na microbiota e desestruturação física (MATAIX-SOLERA et al., 2011).

Os impactos sobre os atributos físicos do solo, especialmente a estabilidade de agregados, ainda são pouco compreendidos em ambientes tropicais, comprometendo a avaliação crítica da queima prescrita como prática conservacionista. Compreender como o solo responde ao aquecimento, particularmente em faixas de temperatura moderadas, é essencial para orientar o manejo adequado de áreas sob influência do fogo.

Fatores como umidade do solo, cobertura vegetal e tipo de solo influenciam a intensidade do aquecimento e a propagação térmica no perfil, modulando o grau de desagregação estrutural e, conseqüentemente, a suscetibilidade à erosão. Este trabalho parte da hipótese de que essas variáveis atuam de forma integrada na determinação dos efeitos térmicos sobre a estabilidade dos agregados. Para isso, propõe-se uma abordagem experimental controlada, capaz de isolar e testar as interações entre variáveis ambientais relevantes ao contexto das queimadas prescritas em solos tropicais.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas no Parque Estadual de Vila Velha, localizado no município de Ponta Grossa, Paraná (Figura 1). O parque possui 3.112,11 hectares e está atualmente sob concessão da empresa Soul Parques, em parceria com o Instituto Água e Terra (IAT). A área encontra-se a uma altitude máxima de 1.068 metros e apresenta clima subtropical úmido mesotérmico (Cfb, segundo Köppen), com precipitação bem distribuída ao longo do ano, temperaturas médias de 22 °C no verão e 18 °C no inverno, e ocorrência de geadas. As principais classes de solo na unidade incluem Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos (IAT, 2004).

Foram coletadas 52 amostras indeformadas da camada superficial (0–10 cm), que é a mais afetada pelo calor durante as queimadas (THOMAZ; ANTONELI; DOERR, 2014). As amostras foram retiradas com anéis metálicos de 20 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade em duas áreas distintas: uma sob Cambissolo Háplico de textura areia franca (25°14'28,7"S; 50°00'06,1"O – área denominada “Mini Bosque”) e outra sob Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilosa (25°14'10,24"S; 50°01'18,25"O) (Figura 1). O Cambissolo apresentou maior teor de matéria orgânica (58,0 g kg⁻¹), pH (4,8) e capacidade de troca catiônica (8,03 cmol_a kg⁻¹), além de maior proporção de areia (797 g kg⁻¹). Já o Latossolo apresentou maior teor de argila (276 g kg⁻¹), mas valores mais baixos de matéria orgânica (33,7 g kg⁻¹), pH (4,6) e CTC (2,1 cmol_a kg⁻¹). Ambas as áreas estão inseridas na Formação Furnas, composta majoritariamente por arenitos de granulação média a grossa (IAT, 2004), e foram submetidas a queimadas prescritas há mais de dois anos, conforme informações da gestão do parque.

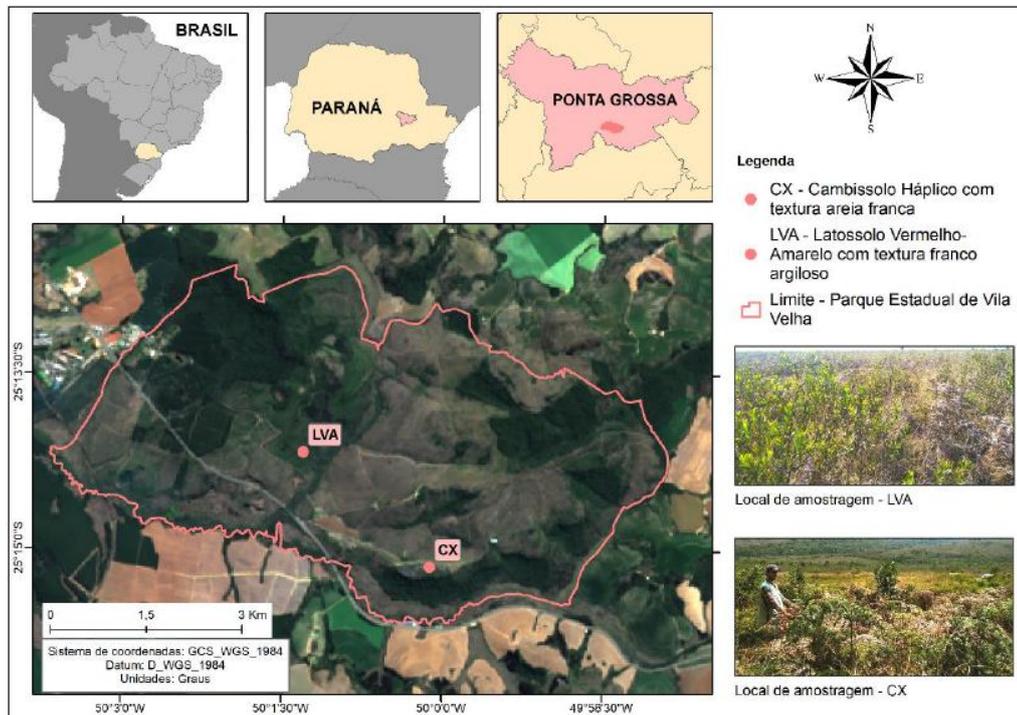
O experimento foi conduzido em laboratório, com o objetivo de simular o aquecimento superficial do solo em condições controladas, buscando representar a magnitude térmica observada em campo durante queimadas prescritas. As amostras foram aquecidas por 30 minutos em forno elétrico convencional (Mueller, modelo Questo), escolhido por sua precisão de controle térmico e por permitir maior disponibilidade de oxigênio durante a combustão, aspecto que se assemelha às condições naturais de campo, onde o fluxo de oxigênio é elevado (COSTA; FACHIN, THOMAZ, 2025). O delineamento experimental seguiu um arranjo fatorial 2×4×2×2, considerando dois níveis de umidade (<5% e entre 15–20%, esta última obtida por capilaridade e aferida com balança de umidade Ohaus MB25), quatro faixas de temperatura (controle, 100 °C,



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

200 °C e 300 °C), presença ou ausência de cobertura vegetal (serapilheira), e quatro repetições por combinação de fatores.

Figura 1 – Localização dos solos amostrados no Parque Estadual de Vila Velha



Fonte: COSTA, Y. T. (2022)

Durante o aquecimento, a temperatura interna do solo foi monitorada por três termopares posicionados a 2,5 cm de profundidade. Após o resfriamento, foi retirada uma subamostra da camada de 0–2,5 cm, excluindo-se uma borda de 2 cm da lateral dos anéis. As análises foram realizadas com base na massa composta de duas subamostras por anel, com média de 260 ± 80 gramas por unidade experimental. Os agregados com diâmetro entre 4 e 8 mm foram selecionados por peneiramento seco e utilizados para a avaliação da estabilidade estrutural do solo. Essa avaliação baseou-se no cálculo do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), que indica a distribuição de frequência dos agregados por classe de tamanho, e no Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), que representa a proporção de macroagregados em relação ao total de agregados, variando de 0 a 100%, conforme metodologia proposta por Castro Filho et al. (2002) e Hillel (1998). Ambas as



variáveis foram determinadas a partir da distribuição das frações macro e microagregadas após agitação em via seca.

Para a análise estatística, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (nível de significância de $p < 0,05$), por se tratar de dados com distribuição não normal. O teste foi utilizado para verificar a significância dos efeitos dos tratamentos e de suas interações sobre a temperatura final atingida nas amostras, a estabilidade dos agregados e o teor de matéria orgânica presente nas diferentes frações de agregados analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

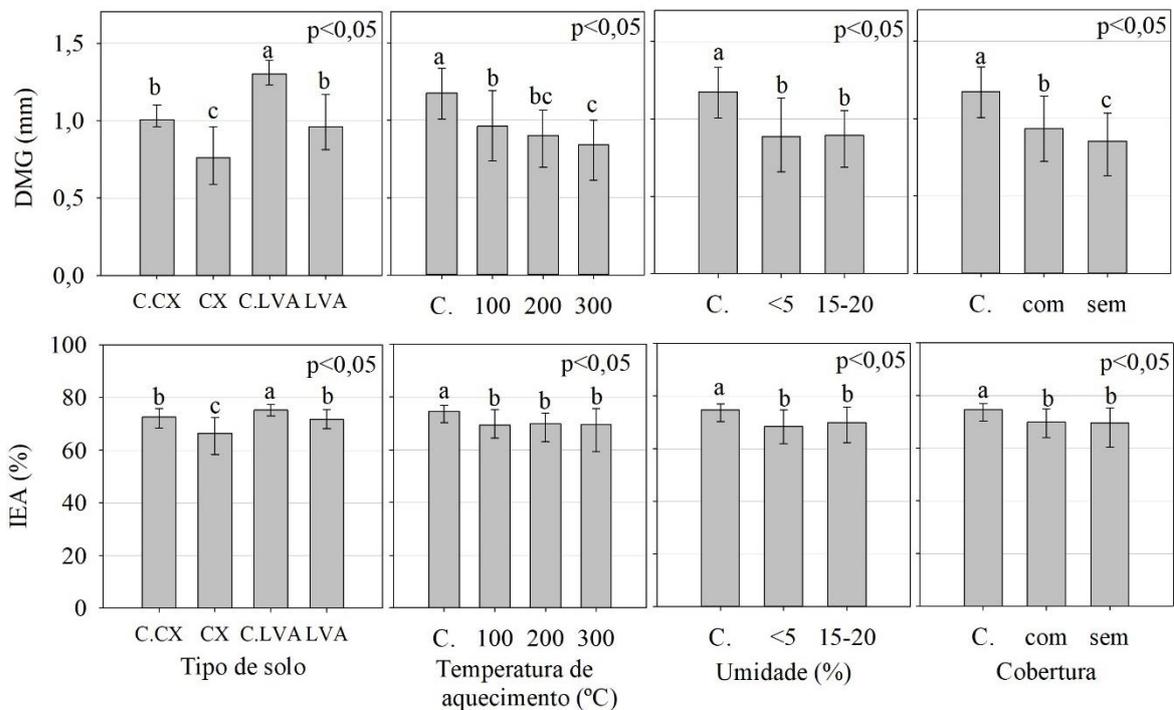
A estabilidade estrutural dos solos, avaliada pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e pelo Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), foi afetada pelas condições de aquecimento simuladas em laboratório, com reduções mais acentuadas observadas no Cambissolo em comparação ao Latossolo. O DMG do Cambissolo variou entre 0,6 e 1,0 mm, representando 40% de variação total, enquanto no Latossolo os valores oscilaram entre 0,8 e 1,3 mm (38,5%) (Figura 2). Já o IEA variou de 56,3% a 75,2% nas amostras avaliadas, sendo a média geral do Latossolo 5,6% superior à do Cambissolo. Essa maior estabilidade no Latossolo pode estar relacionada à sua textura mais argilosa e maior capacidade de reorganização pós-aquecimento, conforme discutido por Castro Filho et al. (2002).

Os testes de Kruskal-Wallis indicaram diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de DMG e IEA dos solos avaliados, reforçando que os efeitos térmicos foram modulados pelas propriedades intrínsecas de cada solo. Ambos os solos apresentaram maiores índices de agregação nas amostras controle em relação às amostras aquecidas, confirmando que o aquecimento reduz a estabilidade estrutural. No Cambissolo, o DMG foi reduzido em 20% e o IEA em 13,2%; no Latossolo, as reduções foram de 23% e 4,8%, respectivamente. Embora o Cambissolo tenha perdido menos em termos de DMG, sua redução em IEA foi mais expressiva, sugerindo maior fragilidade em relação à coesão entre partículas e à macroagregação em condições pós-queima (THOMAZ et al., 2014).

O efeito da temperatura foi particularmente evidente no DMG, que apresentou reduções gradativas com o aumento da intensidade térmica: cerca de 25,0% a 100 °C, 30,8% a 200 °C e 33,3% a 300 °C em comparação às amostras controle. Esses resultados

corroboram a literatura, que aponta o calor como agente desagregador especialmente em sistemas dominados por macroagregados frágeis (MATAIX-SOLERA et al., 2011; SIX et al., 2000). O IEA, por outro lado, foi menos sensível à variação térmica isolada, com redução média de 6,5% sem diferença significativa entre os níveis de temperatura. Essa diferença de comportamento entre os indicadores indica que o aquecimento afeta primeiramente o tamanho dos agregados, enquanto os efeitos sobre a proporção de agregados estáveis podem depender de combinações adicionais de fatores.

Figura 2 – Diâmetro médio geométrico (DMG) e Índice de estabilidade de agregados (IEA) (0-2,5 cm) das amostras controle e amostras após 30 minutos de aquecimento a partir de diferentes tipos de solo (Cambissolo e Latossolo), temperaturas do forno (100; 200 e 300 °C), umidade (< 5 % e 15-20 %), e condições de cobertura (com e sem)



Valor de $p < 0,05$ (amostras controle – $n = 4$; amostras aquecidas – $n = 48$) indica diferença significativa entre medianas dos tratamentos aplicados de acordo com teste de Kruskal-Wallis. Letras semelhantes não diferem entre si pelo teste Dunn ($p < 0,05$; amostras controle – $n = 4$; amostras aquecidas – $n = 48$). C.CX e C.LVA – Amostras controle do Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho Amarelo, respectivamente. CX – Cambissolo Háplico. LVA – Latossolo Vermelho Amarelo.

Fonte: COSTA, Y. T. (2022).

A umidade inicial do solo também modulou os efeitos do aquecimento, ainda que sem padrão único. No Cambissolo, a umidade de 15% atenuou os efeitos térmicos sobre o IEA, com diferença de 13% em relação ao solo com 5% de umidade quando aquecido a 200 °C sem cobertura vegetal. No Latossolo, por outro lado, a maior umidade foi associada a uma leve redução na estabilidade dos agregados, indicando que, em solos



argilosos, a água pode amplificar os efeitos da temperatura ao favorecer microexplosões internas e alterar a coesão dos agregados (NEARY et al., 1999). Esses achados destacam a necessidade de considerar as interações entre variáveis para avaliar adequadamente os efeitos do fogo sobre a estrutura do solo.

A presença de cobertura vegetal (serapilheira) atuou como fator de proteção em determinadas condições, especialmente no Latossolo. Na ausência de cobertura, o Latossolo aquecido a 200 °C com 5% de umidade apresentou reduções de 13% no DMG e 4,5% no IEA em comparação ao solo com cobertura, demonstrando que a serapilheira pode mitigar a transferência direta de calor para o solo, como apontado por Pyne, Andrews e Laven (1996) e confirmado por experimentos conduzidos por Thomaz (2021). No entanto, nem todos os tratamentos com cobertura resultaram em maior estabilidade, o que sugere que sua eficácia também depende da intensidade térmica e do teor de umidade.

As combinações entre temperatura, umidade e cobertura indicaram que o Cambissolo é mais suscetível a alterações estruturais em condições extremas (Tabela 1), especialmente com 15% de umidade e ausência de cobertura vegetal, em que foram registradas reduções sucessivas no DMG de 10% (entre 100 e 200 °C) e 20% (entre 200 e 300 °C). Já no Latossolo, as reduções foram mais discretas nas mesmas condições, com perdas de 10% apenas entre 200 e 300 °C. Esses resultados estão alinhados à Teoria da Hierarquia dos Agregados, segundo a qual macroagregados menos estáveis, comuns em solos arenosos, se desintegram primeiro sob estresse térmico (SIX et al., 1998; 2000).

A redução da estabilidade dos macroagregados pode ter implicações diretas na proteção da matéria orgânica (MO) do solo. Em experimentos laboratoriais e simulações de campo, a exposição térmica intensifica a transformação de macroagregados em microagregados e reduz a proteção física da MO, especialmente quando esta se encontra na forma particulada, ainda não integrada à estrutura do solo (SIX et al., 2000). No Cambissolo, onde há maior proporção de areia e menor CTC, as perdas de agregação após o aquecimento podem favorecer a perda de MO por erosão e oxidação, elevando o risco de degradação. No Latossolo, por outro lado, a adição de MO a agregados mais estáveis tende a favorecer sua preservação, mesmo após perturbações térmicas de intensidade moderada.

Portanto, os resultados obtidos reforçam que queimadas prescritas, embora sejam ferramenta útil de manejo ecológico, devem ser aplicadas com cautela em áreas de solos arenosos como os Cambissolos, onde o risco de desagregação e perda de carbono é maior.

A interação entre as variáveis ambientais modulou fortemente os efeitos do aquecimento, confirmando a hipótese do estudo de que a resposta estrutural do solo não depende apenas da temperatura aplicada, mas também da umidade e da presença de cobertura vegetal.

Tabela 5 – Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) em interação com as variáveis temperatura de aquecimento x umidade x cobertura para cada tipo de solo.

DMG (mm)						
Solo	Umidade	Cobertura	Temperatura			
			Controle	100 °C	200 °C	300 °C
CX	< 5 %	Com	1,0 A	0,7 Aa	0,7 Aa	0,7 Aa
		Sem	1,0 A	0,7 ABa	0,5 Bb	0,7 ABa
	15 – 20 %	Com	1,0 A	1,0 Aa	0,9 ABa	0,8 Ba
		sem	1,0 A	0,9 ABa	0,8 Ba	0,6 Ba
LVA	< 5 %	Com	1,3 A	1,0 ABa	1,1 ABa*	0,9 Ba
		Sem	1,3 A	1,1 Aa	0,9 ABa	1,0 ABa
	15 – 20 %	Com	1,3 A	1,0 ABa	0,9 Ba	0,9 Ba
		Sem	1,3 A	0,9 Bb	0,9 Ba	0,8 Ba
IEA (%)						
Solo	Umidade	Cobertura	Temperatura			
			Controle	100 °C	200 °C	300 °C
CX	< 5 %	Com	74,9 A	61,7 Ba	62,2 Ba	65,6 Ba
		Sem	74,9 A	65,4 Ba	56,4 Cb	64,9 BCa
	15 – 20 %	Com	74,9 A	69,8 ABa	70,4 ABa	67,2 Ba
		Sem	74,9 A	64,8 ABa	70,4 ABa	67,2 Ba
LVA	< 5 %	Com	75,2 A	70,1 Aa	74,5 Aa *	72,1 Aa
		Sem	75,2 A	74,3 Aa	70,2 Ba	74,6 Aa
	15 – 20 %	Com	75,2 A	69,8 Aa	71,3 Aa	71,9 Aa
		Sem	75,2 A	68,4 Bb	70,5 Ba	70,7 Ba

Medianas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Dunn ($p < 0,05$; $n = 4$) entre os valores de temperatura de aquecimento de uma mesma linha. Medianas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Mann-Whitney ($p < 0,05$; $n = 4$) entre os valores umidade para uma mesma condição de cobertura e tipo de solo em cada coluna. * indica diferença significativa pelo teste Mann-Whitney ($p < 0,05$; $n = 4$) entre valores de mesma umidade para cada tipo de solo em cada coluna. CX – Cambissolo Háplico. LVA – Latossolo Vermelho Amarelo.

Fonte: COSTA, Y. T. (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou os efeitos do aquecimento sobre a estabilidade de agregados em solos tropicais submetidos a condições que simulam queimadas prescritas, prática comumente adotada em Unidades de Conservação para reduzir material combustível e conservar ecossistemas. Os resultados demonstraram que o aquecimento reduziu



significativamente os índices de agregação em ambos os solos avaliados, com maior sensibilidade observada no Cambissolo, especialmente sob condições de menor umidade, ausência de cobertura vegetal e temperaturas mais elevadas. O Diâmetro Médio Geométrico (DMG) mostrou-se o indicador mais responsivo às variações ambientais, evidenciando alterações estruturais mais intensas em relação ao Índice de Estabilidade de Agregados (IEA).

As alterações observadas indicam que o calor gerado durante queimadas, mesmo em faixas moderadas de temperatura, pode comprometer a estrutura do solo, aumentando a vulnerabilidade à erosão e à perda de matéria orgânica, efeitos que tendem a ser mais pronunciados em solos arenosos e pouco coesos. A textura do solo, o teor de umidade e a presença de cobertura vegetal atuaram como fatores moduladores da resposta térmica, reforçando a importância de sua consideração no planejamento e manejo do fogo.

Assim, os resultados apontam para a necessidade de aplicação criteriosa de queimadas prescritas, sobretudo em ambientes frágeis como os Cambissolos, onde as perturbações estruturais podem comprometer a função ecológica do solo e a resiliência da paisagem. Estratégias de manejo que integrem o monitoramento das condições do solo e a avaliação prévia de risco podem contribuir para minimizar impactos indesejados e garantir maior eficácia conservacionista às práticas de queima controlada em ambientes tropicais.

Palavras-chave: Queimadas Prescritas, Aquecimento Experimental, Estabilidade de agregados.

REFERÊNCIAS

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>.

AUGUSTINE, D. J. et al. Prescribed fire, soil inorganic nitrogen dynamics, and plant responses in a semiarid grassland. **Journal Of Arid Environments**, [s.l.], v. 104, p.59-66, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.022>.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 45- 51. 2002. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-0e36709e-3f81-38fb-a734-dceb38c2be60>



COSTA, Y. T. **Fogo prescrito em áreas de conservação**: efeito na interação entre agregados e matéria orgânica do solo. 2022. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Guarapuava, 2022.

EDWARDS, E. J.; OSBORNE, C. P.; STROMBERG, C. A. E.; SMITH, S. A.; BOND, W. J.; CHRISTIN, P. A.; COUSINS, A. B.; DUVALL, M. R.; FOX, D. L.; ELOY, L.; SCHMIDT, I. B.; BORGES, S. L.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, T. A. dos. Seasonal fire management by traditional cattle ranchers prevents the spread of wildfire in the Brazilian Cerrado. **Ambio**, [S.L.], v. 48, n. 8, p. 890-899, 14 nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8>.

HEINSELMAN, M. L. Fire in the Virgin Forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. **Quaternary Research**, v. 3, p. 329-382, 1973.

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>.

MOURA, L. C.; SCARIOT, A. O.; SCHMIDT, I. B.; BEATTY, R.; RUSSELL-SMITH, J. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: impacts, consequences, new directions. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 232, p. 600-606, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>.

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).

PYNE, S. J.; ANDREWS, P. L.; LAVEN, R. D. **Introduction to wildland fire**. 2 ed. New York. NY: John Wiley and Sons. Inc. 769 p.. 1996.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PUASTIAN, K.; DORAN, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 62, p. 1367–1377, 1998. <https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x>

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PUASTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biol. Biochem.** v. 32, p. 2099–2103, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00179-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6)

THOMAZ, E. L. Effects of fire on the aggregate stability of clayey soils: a meta-analysis. **Earth-Science Reviews**, [S.L.], v. 221, p. 103802, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103802>.

THOMAZ, E. L. *et al.* Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slash-and-burn agriculture. **Catena**, v. 122, p. 209-215, 2014.