

## INTRODUÇÃO

O Bioma Mata Atlântica é o terceiro mais afetado por focos de incêndios no Brasil. Segundo o Programa de Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) as condições de seca, com chuva abaixo da média climatológica, favorecem à ocorrência dos focos de queimadas e incêndios florestais. Conforme o mapa de Biomas do IBGE, 98 % do território paranaense é de Mata Atlântica. Seu solo é pobre, pouco iluminado, úmido, raso, de elevada acidez, pouca oxigenação e coberto por serrapilheira, que provém nutrientes para vegetação exuberante deste bioma. Na região de Curitiba a Mata de Araucária domina, com temperaturas moderadas e índices pluviométricos elevados (LINHARES, 1998).

A camada superficial do solo é mais afetada pelo fogo, que pode provocar alterações físicas, químicas, mineralógicas e biológicas (BENTO-GONÇALVES, et al., 2012). A temperatura e intensidade da queima dependem do clima e época do ano em que ocorrem (POTES et al., 2010) e seus maiores efeitos são observados após 20 minutos de queima, a partir de 200 °C e nos primeiros 2 cm de profundidade (DEBANO, 1989). As temperaturas médias verificadas em incêndio florestal variam entre 600 °C e 800 °C, podendo ser inferior a 300 °C ou superior a 1.000 °C, conforme a intensidade do fogo (SOARES & BATISTA, 2007).

O pequeno número de informações sobre os efeitos das queimadas do solo de Mata Atlântica, em especial, Mata de Araucárias do Paraná, e o aumento de focos de incêndio nos instigou a analisar o efeito simulado de queimada em solo de Mata Atlântica nativa da cidade de Curitiba. Esses dados podem servir como parte de estratégia na defesa do solo e sua recuperação, no desenvolvimento e implementação de medidas que promovam a diminuição do impacto das queimadas neste ecossistema.

## APRESENTAÇÃO DE DADOS

### Coleta de solo

O local escolhido para coleta de solo foi o Bosque do Papa João Paulo II, que abriga mata nativa preservada com mais 300 araucárias na área central de Curitiba. Em área reservada, afastada da circulação de pessoal, próximo a uma araucária, de coordenadas geográficas Latitude – 25.0409123 e Longitude -49.26908 (Figura 1). A primeira coleta de solo foi realizada em dia ensolarado e frio de inverno, de máxima de 18 °C e mínima de 7 °C. A temperatura média do mês de junho em Curitiba foi de 13,9 °C, a precipitação registrada foi de 101 mm e a umidade média foi de 84%. A segunda coleta de solo foi realizada em dia ensolarado e quente de primavera, de máxima de 22 °C e mínima de 14 °C. A temperatura média do mês de outubro em Curitiba foi de 17,4 °C, a precipitação registrada foi de 142 mm e a umidade média foi de 83% (Climate-Data.org). A temperatura e umidades das amostras na hora da coleta e antes dos testes em laboratório aparecem na “Tabela 1”.



Fonte: autores.

**Figura 1 – Coleta de amostras de solo de Mata Atlântica em área central de Curitiba.** Montou-se uma malha quadrática de 15 cm x 15 cm x 15 cm, com auxílio de estacas e cordão (PFEFFERKORN et al., 1975) (A); coletou-se, com ajuda de pá, 3 amostras de 5 cm de profundidade cada, que foram armazenadas em sacos plásticos e devidamente identificadas (adaptado de SILVA, 2016) (B); antes de cada coleta (C) e da realização de testes em laboratório (D) foi medida a temperatura e a umidade do solo com o uso de Termo-higrômetro digital.

**Tabela 1 – Dados de temperatura e umidade de amostras de solo de Mata atlântica.** Os dados foram coletados com auxílio do aparelho Termo-higrômetro digital, antes da coleta de cada camada de solo e antes do início dos testes em laboratório. Em azul, dados referentes a coleta 1 realizada no mês de junho, estação de inverno em Curitiba; e em laranja, dados referentes a coleta 2 realizada no mês de outubro, primavera em Curitiba.

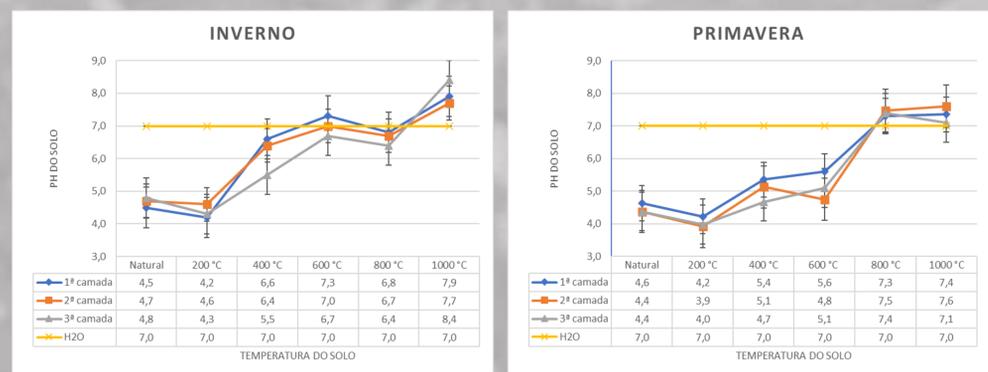
Temperatura ambiente: 15,9 °C Umidade relativa do ar: 31 % Hora da coleta			Temperatura ambiente: 17,4 °C Umidade relativa do ar: 41 % Hora da coleta		
Camada de solo	Temperatura do solo	Umidade	Camada de solo	Temperatura do solo	Umidade
1ª	18 °C ± 0,2	27 %	1ª	18 °C ± 0,2	29 %
2ª	16 °C ± 0,2	35 %	2ª	16 °C ± 0,2	35 %
3ª	16 °C ± 0,2	39 %	3ª	16 °C ± 0,2	39 %
Temperatura ambiente: 13,7 °C Umidade relativa do ar: 31 % Antes dos testes em laboratório			Temperatura ambiente: 15,4 °C Umidade relativa do ar: 27 % Antes dos testes em laboratório		
Camada de solo	Temperatura do solo	Umidade	Camada de solo	Temperatura do solo	Umidade
1ª	14,8 °C ± 0,2	79 %	1ª	17,8 °C ± 0,2	61 %
2ª	15,0 °C ± 0,2	78 %	2ª	18,1 °C ± 0,2	61 %
3ª	15,1 °C ± 0,2	77 %	3ª	18,1 °C ± 0,2	62 %

Fonte: autores.

### Análise do solo: aferição de pH

O solo natural ou após simulação de queimada em forno mufla foi analisado. O solo de Mata Atlântica coletado é naturalmente ácido. Sua queima a 200 °C acidificou ainda mais o solo. No entanto, a partir de 400 °C o pH do solo foi alcalinizado. Não foi possível medir o pH após 1.200 °C, pois o solo fusionou, se transformou em rocha e grudou no cadinho. A “Figura 2” mostra as aferições de pH das amostras de solo na coleta de inverno e de primavera antes e depois de cada simulação de queimada.

A alcalinização do solo coletado na primavera foi lenta e gradual em comparação com amostras da coleta de inverno. Havia diferença de temperatura (em média 3 °C mais quente) e de umidade (17% mais seco) no início do processo de queima das diferentes amostras, que interferiram na mineralização do solo, retardando-a.



Fonte: autores.

**Figura 2 – Análise do pH médio das amostras de solo da coleta de inverno e de primavera antes e depois de queimada simulada em diferentes temperaturas.** Duas amostras de 20 g de cada camada de solo foram acomodadas no interior de forno mufla (adaptado de SILVA, 2016) e expostas a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1.000 °C e 1.200 °C por 20 minutos (DEBANO, 1989). Ao esfriar, foram pesadas. As tabelas apresentam o peso médio de duas simulações com duas repetições cada. Em azul, dados referentes a coleta 1 realizada no mês de junho, estação de inverno em Curitiba; e em laranja, dados referentes a coleta 2 realizada no mês de outubro, primavera em Curitiba.

### Análise do solo: desidratação pelo aumento da temperatura

O fogo provoca mudanças pontuais ou definitivas no teor de umidade e na disponibilidade de água no solo. A “Tabela 2” apresenta a desidratação das amostras de solo coletadas nas estações de inverno e de primavera, após simulação de queimada.

Como esperado o solo foi desidratando com o aumento da temperatura. As maiores perdas de peso em gramas das amostras de solo da estação primavera podem ser explicadas pelo menor índice de umidade no início da simulação de queima. Em temperaturas de 1.000 °C iniciou o processo de compactação do solo. Reações químicas envolvidas nestes processos podem explicar as diferenças de peso acima do esperado, nas amostras de 1ª e 2ª camadas da coleta 1 e 2ª e 3ª camadas da coleta 2.

**Tabela 2 – Peso médio (em gramas) das amostras das três camadas de solo, coletadas no inverno ou na primavera, após simulação de queimada em diferentes temperaturas.** Duas amostras de 20 g de cada camada de solo foram acomodadas no interior de forno mufla (adaptado de SILVA, 2016) e expostas a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1.000 °C e 1.200 °C por 20 minutos (DEBANO, 1989). Ao esfriar, foram pesadas. As tabelas apresentam o peso médio de duas simulações com duas repetições cada. Em azul, dados referentes a coleta 1 realizada no mês de junho, estação de inverno em Curitiba; e em laranja, dados referentes a coleta 2 realizada no mês de outubro, primavera em Curitiba.

Amostra	Peso (g) do solo coletado no inverno após simulação de queimada						Peso (g) do solo coletado na primavera após simulação de queimada					
	Natural	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C	1.000 °C	Natural	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C	1.000 °C
1ª camada	20,00	15,40	13,62	13,08	12,14	13,00	20,00	12,92	11,69	10,86	9,55	8,42
2ª camada	20,00	15,15	14,17	13,15	12,27	14,14	20,00	13,72	12,14	12,67	10,21	10,29
3ª camada	20,00	14,80	14,59	13,62	13,02	12,80	20,00	14,16	13,07	13,12	10,58	11,24

Fonte: autores.

### AGRADECIMENTOS

Isabela Maria de Paula Milião  
Daniel Birk  
Gabriela Guzzati Francisco

APOIO

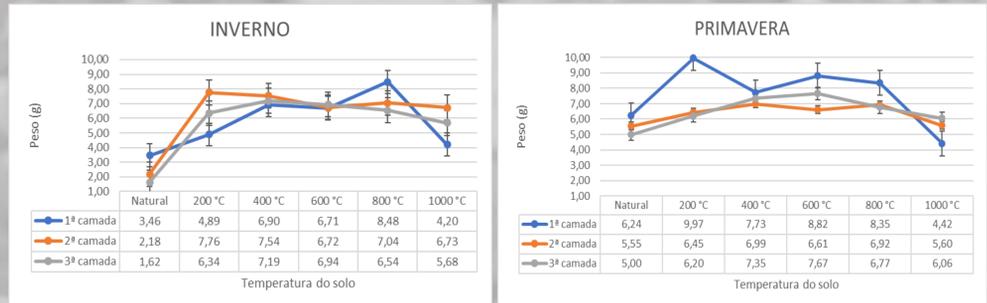


### Análise do solo: capacidade de absorção de água

A “Figura 3” revela dados de reabsorção de água pela amostra de solo queimada, simulando passagem de água da chuva. Na estação de inverno o solo natural se mostrou menos absorvente nas três camadas de solo testadas, quando comparado com a coleta de primavera. No entanto, durante seu acondicionamento no laboratório mostrou-se mais úmido. A maior umidade inicial das amostras naturais, possivelmente, diminuiu sua capacidade de absorção de água.

Já as amostras que passaram pela simulação de queimada e consequente desidratação reabsorveram mais água. A primeira camada da coleta de inverno, por apresentar maior mineralização, apresentou menor capacidade de umidificação. Enquanto, a primeira camada da coleta 2, por apresentar mais matéria orgânica no solo e maior desidratação após simulação de queimada, reabsorveu mais água.

A perda de nutrientes durante e depois do fogo quando a temperatura chega a 400 °C, pode explicar as diferenças observadas na reidratação das amostras de solo coletada tanto na estação de inverno como na estação de primavera.



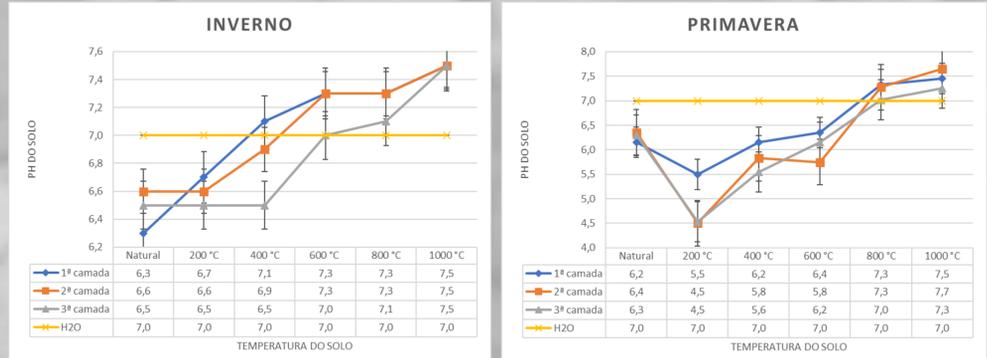
Fonte: autores.

**Figura 3 – Capacidade de reabsorção média de água do solo, replicando chuva, antes e depois de simulação de queimada em diferentes temperaturas, em amostras coletadas nas estações de inverno e de primavera.** Duas amostras de 20 g de cada camada de solo foram acomodadas no interior de forno mufla (adaptado de SILVA, 2016) e expostas a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1.000 °C e 1.200 °C por 20 minutos (DEBANO, 1989). Pesou-se 20 g de solo ou amostra queimada resfriada e, com auxílio de peneira, filtro *perflex*, *becker* e proveta, despejou-se 40 ml de água sobre a amostra (1:2). Aguardou-se um minuto para pesar novamente o solo (elaborado por autores). Os gráficos apresentam a média da diferença entre peso seco e úmido de duas simulações com duas repetições cada.

### Análise do solo: aferição do pH da água que passa pelo solo

A maior reabsorção de água pelo solo queimado ou a sua compactação modificam a sua porosidade e a sua permeabilidade, dificultando a penetração da água e a recarga dos lençóis freáticos, facilitada pela cobertura de serrapilheira. A “Figura 4” divulga os dados de pH da água que não foi absorvida pelas amostras de solo após encenação de chuva e chegaria ao lençol freático.

A água representada como de chuva, de pH neutro, após passar pelo solo ácido natural de Mata Atlântica, fica levemente ácida. Após simulação de queimada, o solo que sofreu alcalinização, passa a basificar a água que o atravessa.



Fonte: autores.

**Figura 4 – Análise de pH da água da encenação de chuva não absorvida pelo solo, antes e depois de simulação de queimada em diferentes temperaturas, de amostras coletadas nas estações de inverno e de primavera.** Duas amostras de 20 g de cada camada de solo foram acomodadas no interior de forno mufla (adaptado de SILVA, 2016) e expostas a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1.000 °C e 1.200 °C por 20 minutos (DEBANO, 1989). Pesou-se 20 g de solo ou amostra queimada resfriada e, com auxílio de peneira, filtro *perflex*, *becker* e proveta, despejou-se 40 ml de água sobre a amostra (1:2). Aguardou-se um minuto para pesar novamente o solo (elaborado por autores). O pH da água que passou pela amostra foi aferido. Os gráficos apresentam o pH médio de duas simulações com duas repetições cada.

### Análise do solo: variação de coloração das amostras de solo em função da exposição ao aumento de temperatura e busca por seres vivos

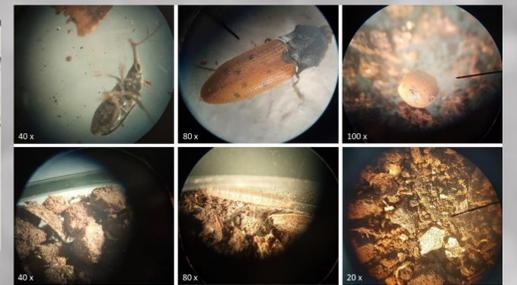
A “Figura 5” demonstra a variação de coloração das amostras de solo em função da exposição ao aumento de temperatura. O solo natural de Mata Atlântica, escuro úmido e rico em matéria orgânica, ficou seco quando queimado à 200 °C e virou carvão, à 400 °C. A partir de 600 °C de queima simulada, o solo passou a mudar de coloração, evidenciando óxidos de ferro. Após torrar à 1.000 °C começou a compactar e sua coloração ficou alaranjada. No teste simulado de queimada à 1.200 °C, os grãos de solo fusionaram, formaram rocha e se fundiram ao cadinho.

O solo de Mata Atlântica coletado apresenta muitas folhas, galhos, sementes de vegetais, que protegem ampla variedade de insetos em todas as fases de desenvolvimento. A “Figura 6” mostra alguns exemplos de seres vivos encontrados no solo coletado na estação de inverno.



Fonte: autores.

**Figura 5 – Observação do solo de Mata Atlântica antes e depois de simulação de queimada em diferentes temperaturas.** Duas amostras de 20 g de cada camada de solo foram acomodadas no interior de forno mufla (adaptado de SILVA, 2016) e expostas a temperaturas de 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1.000 °C e 1.200 °C por 20 minutos (DEBANO, 1989). Ao esfriar, foram acondicionadas em placas de Petri para observação.



Fonte: autores.

**Figura 6 – Busca e apreciação de seres vivos presentes na amostra de solo de Mata Atlântica coletada na estação de inverno.** Parte do solo coletado e reservado foi analisado em busca de seres vivos. Fauna e flora foram fotografadas com auxílio de lentes de lupas ou microscópio ótico. O aumento está representado na figura.

### Perspectivas

Outras análises físicas, químicas e microbiológicas do solo estão programadas para continuação do projeto, assim como a coleta de solo nas estações de verão e outono.

## CONCLUSÕES

A ação do fogo em solo de Mata Atlântica provoca, de forma direta ou indireta, uma série de modificações de natureza física, química e biológica. Muda o pH do solo, que alcaliniza gradativamente, sendo que a temperatura e a umidade podem retardar esse processo. Desidrata o solo mudando suas características físicas e químicas, aumentando sua capacidade de reabsorção de água, especialmente na camada mais superficial (até 5 cm). A mineralização da matéria orgânica do solo altera o pH e a quantidade de água que chega ao lençol freático e temperatura acima de 1.000 °C provoca fusão dos grãos do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; ÚBEDA, X.; MARTIN, D. Fire and soils: Key concepts and recent advances. *Geoderma*, 191, p. 3-13, 2012.
- Climate-Data.org Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/curitiba-2010/4junho-6> Acesso em: 30 jun. 2021. E, < https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/curitiba-2010/outubro-10> Acesso em: 25 out. 2021.
- DEBANO, L. F. NEARY, D. G.; FOLLIOTT, P. F. Soil Physical Properties. In: NEARY, D.; RYAN, K. C.; DEBANO, L. F. (Eds.) Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Ogden, v. 4, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2005. p. 29-52 (General. Technique. Report. 42). Disponível em: < https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rms\_gtr042\_4.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Queimadas**. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal> Último acesso em: 04 jun. 2021.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/> Acesso em: 27 out. 2021.
- LINHARES, Sérgio & GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia Hoje - Vol 3*. São Paulo: ed. Ática, 1998.
- PFEFFERKORN, H.W., MUSTAFA, H.; HASS, H. Quantitative charakterisierung ober-karboner Abdruckfossil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 150: 253-269, 1975.
- SILVA, G.O. Departamento de Física, da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Efeito da queimada de solo: estudo fotoacústico e análise multivariada, 2016. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: [s.n.] 2007. 250 p.