

OS DANOS CAUSADOS A MACROFAUNA DO SOLO PELAS QUEIMADAS E OS DESAFIOS NA RECUPERAÇÃO DESTAS ÁREAS.

THE DAMAGE CAUSED TO SOIL MACROFAUNA BY WILDFIRES AND THE CHALLENGES IN RESTORING THESE AREAS.

¹GIACHELO, Rodrigo; FERREIRA, Jakson José

^{1e2}Departamento de Ciências Biológicas – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

RESUMO

O trabalho aborda os impactos das queimadas na macrofauna do solo e os desafios na recuperação das áreas afetadas. Focado na biodiversidade edáfica dos biomas brasileiros, ele destaca como as queimadas comprometem a estrutura e a fertilidade do solo ao reduzir a diversidade e abundância de organismos essenciais, como minhocas, formigas e besouros, que contribuem para a ciclagem de nutrientes e a saúde dos ecossistemas. A pesquisa é uma revisão bibliográfica que compila e analisa estudos sobre as consequências ecológicas das queimadas, ressaltando a importância da adoção de práticas de manejo sustentável. As alternativas ao uso do fogo, como adubação alternativa e manutenção da cobertura vegetal, são apontadas como formas de minimizar os danos, promover a recuperação da fauna edáfica e garantir a sustentabilidade dos solos.

Palavras-chave: queimadas; macrofauna do solo; biodiversidade edáfica; conservação do solo.

ABSTRACT

This study addresses the impacts of wildfires on soil macrofauna and the challenges of restoring affected areas. Focusing on the edaphic biodiversity of Brazilian biomes, it highlights how fires compromise soil structure and fertility by reducing the diversity and abundance of essential organisms such as earthworms, ants, and beetles, which contribute to nutrient cycling and ecosystem health. The research is a bibliographic review that compiles and analyzes studies on the ecological consequences of fires, emphasizing the importance of sustainable management practices. Alternatives to fire use, such as alternative fertilization and vegetation cover maintenance, are highlighted as ways to mitigate damage, promote the recovery of soil fauna, and ensure soil sustainability.

Keywords: wildfires; soil macrofauna; edaphic biodiversity; soil conservation.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca entre os países do mundo por sua vasta biodiversidade, que abriga uma rica variedade de fauna e flora. O país é lar da Amazônia, a maior floresta tropical úmida do planeta, e do Pantanal, a maior planície inundável do mundo. Outras formações notáveis incluem o Cerrado, caracterizado por savanas e bosques, a Caatinga, com suas florestas semiáridas, os Campos do Pampa e a Mata Atlântica, uma floresta tropical pluvial (Rodrigues, 2022).

Segundo Alvez e Moraes (2020), o Brasil possui diversas características naturais que interagem entre si, formando as composições de cada um dos nossos seis biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa. Essa

riqueza biológica é essencial para a saúde dos ecossistemas, pois sustenta um amplo espectro de vida animal e vegetal, além de desempenhar um papel crucial na regulação climática e na preservação dos recursos hídricos, contribuindo, assim, para o bem-estar humano (Peixoto *et al.*, 2016).

Um dos problemas enfrentados por esses biomas é que, nas últimas décadas, os efeitos das mudanças climáticas têm contribuído para o aumento da frequência e intensidade dos incêndios. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2024), o Programa Queimadas registrou, de janeiro a setembro de 2024, 209.242 focos de incêndio em todo o país. O Mato Grosso se destaca como o estado com o maior número de ocorrências, contabilizando 45.780 focos nesse mesmo período.

Essas queimadas podem ser atribuídas, em parte, às mudanças climáticas, mas são principalmente resultado do aumento do desmatamento, impulsionado pela expansão da monocultura de soja e da pecuária, além da extração ilegal de madeira e das atividades de garimpo (Caumo *et al.*, 2022).

Rendin, *et al.* (2011) afirmam que, no Brasil, o uso do fogo é frequentemente aplicado para diversas finalidades, como a limpeza de áreas agrícolas e florestais, a renovação de pastagens para melhorar a oferta e a qualidade dos alimentos, a abertura de novas fronteiras agrícolas, o aprimoramento do manejo pré-colheita da cana-de-açúcar e o controle de pragas e doenças em culturas anuais e perenes, incluindo o manejo pós-colheita, entre outras práticas.

Tebaldi *et al.* (2013) mencionam que os incêndios florestais causam uma série de danos econômicos, ecológicos, paisagísticos e sociais em determinadas regiões, especialmente nas áreas protegidas do país. Nesse sentido, o fogo possui um grande potencial para alterar significativamente os ecossistemas naturais. Assim, ele gera alterações, temporárias ou permanentes, na temperatura da superfície do solo, no nível de umidade e na disponibilidade de água e nutrientes essenciais para as plantas (Rendin *et al.*, 2011).

A ocorrência de queimadas em ambientes florestais pode trazer consequências graves, como a perda de biomassa, resultando na exposição do solo e em mudanças drásticas no microclima da superfície. Além disso, esse processo elimina macro e microrganismos essenciais para o ecossistema. Ao mesmo tempo, o uso de queimadas na preparação do solo diminui sua fertilidade, liberando nutrientes de forma imediata, mas por um período curto, o que interrompe a ciclagem

natural. As cinzas, que contêm esses nutrientes, são facilmente transportadas por fatores como vento e água, removendo-os do local de origem e comprometendo ainda mais a recuperação do solo e da vegetação (Marques *et al.*, 2015).

METODOLOGIA

Este trabalho realizou uma revisão integrativa da literatura científica publicada até 2024, com o objetivo de reunir e analisar estudos relevantes sobre os impactos das queimadas nos biomas brasileiros, com ênfase na macrofauna do solo. A revisão bibliográfica permitiu uma compreensão ampla do tema, ao consolidar e interpretar o conhecimento disponível na literatura científica, possibilitando a identificação de lacunas e tendências de pesquisa. A busca por referências foi realizada em bases de dados científicas como Google Scholar, Scielo, e sites de repositórios acadêmicos, utilizando descritores como "macrofauna do solo", "impactos de queimadas no solo", "queimadas e biodiversidade edáfica", "degradação de solos em biomas brasileiros", entre outros. Foram incluídos artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos publicados em português e inglês, no período de quinze anos, com foco em estudos empíricos e revisões teóricas sobre os biomas brasileiros.

Os critérios de inclusão envolveram trabalhos que abordassem diretamente os efeitos das queimadas sobre a macrofauna do solo, a fertilidade e a estrutura do solo em contextos brasileiros. Documentos que tratassem de outros fatores de degradação ou que não apresentassem dados diretamente relacionados aos biomas estudados foram excluídos, para garantir o alinhamento do conteúdo com os objetivos da pesquisa. A análise dos dados foi qualitativa, com uma leitura detalhada de cada estudo selecionado, destacando-se os impactos das queimadas sobre a diversidade e abundância da macrofauna edáfica, as alterações na estrutura e fertilidade do solo e os efeitos sobre os serviços ecossistêmicos associados. Os resultados da revisão foram organizados em categorias temáticas, para facilitar a discussão sobre as consequências das queimadas e a necessidade de práticas de gestão ambiental e conservação da biodiversidade do solo.

DESENVOLVIMENTO

O estudo dos impactos das queimadas sobre a macrofauna do solo é crucial para entender as alterações na biodiversidade edáfica e a sustentabilidade dos ecossistemas (Rendin, *et al.*, 2011). A macrofauna desempenha papel essencial na manutenção da fertilidade do solo, decompondo a matéria orgânica e ciclando nutrientes (Kitamura, *et al.*, 2020). Quando submetido ao fogo, o solo perde organismos chave, como minhocas e insetos, prejudicando a estrutura e a função do ecossistema. Segundo o estudo do Rendin, *et. al.*, (2011), a queima resulta em um aumento de temperatura que afeta diretamente a fauna edáfica, além de modificar a disponibilidade de nutrientes essenciais para a regeneração da vegetação. As perdas de biomassa e as alterações no microclima comprometem a capacidade do solo de sustentar a vegetação e de se regenerar após o incêndio (Silva, 2010).

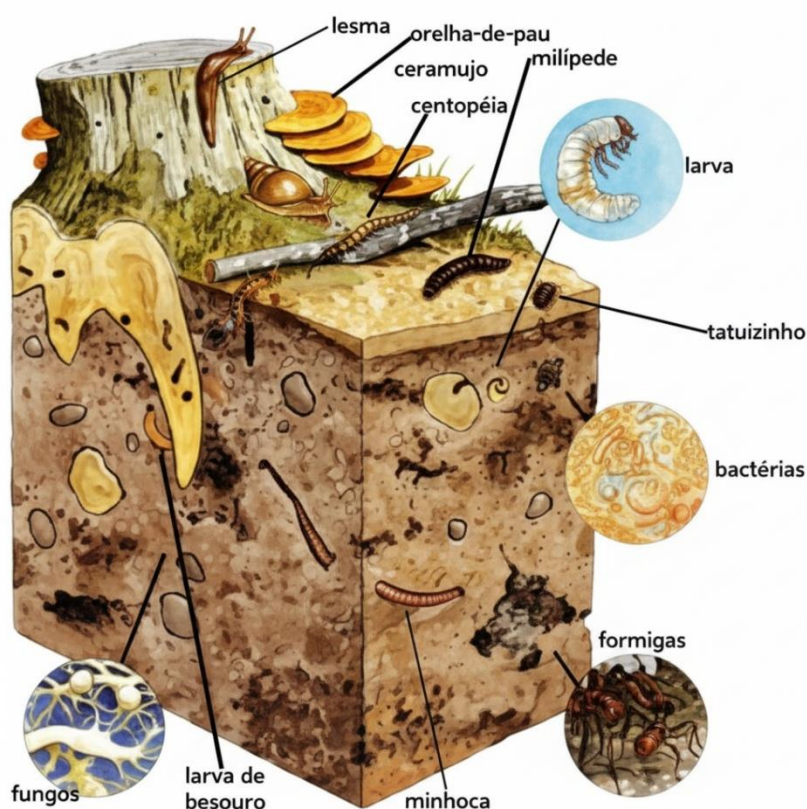


Figura 1 - Organismos que auxiliam na ciclagem de nutrientes do solo.

A macrofauna do solo, composta por organismos com mais de 4 mm, tem importância fundamental no ecossistema edáfico, atuando na ciclagem de nutrientes

e na estruturação do solo (Kitamura *et al.*, 2020). Esses organismos, que incluem minhocas, insetos e outros grupos taxonômicos, reagem às mudanças ambientais e às práticas de manejo, sendo assim indicadores de saúde do solo (Silva, 2010). A presença de macrofauna aumenta a porosidade, infiltração e disponibilidade de nutrientes, promovendo solos mais férteis. No entanto, práticas como queimadas e monocultura prejudicam essa fauna, afetando negativamente o equilíbrio e a qualidade do solo (Tebaldi *et al.*, 2013).

Esses organismos também apresentam diversidade de hábitos alimentares, podendo ser herbívoros, carnívoros, ou decompositores, com papel essencial em cadeias tróficas (Silveira, 2019). A eliminação de cobertura vegetal ou a introdução de práticas de manejo intensivo altera a composição dessas cadeias e afeta a sobrevivência de espécies que, sem serrapilheira, ficam expostas a condições adversas (Silva, 2010). Em geral, a macrofauna contribui significativamente para a fertilidade e aeração do solo, construindo galerias que facilitam o crescimento radicular e o fluxo de água e oxigênio essenciais para plantas e microrganismos (Barros, 2017).

Assim sendo a macrofauna edáfica, é essencial entender o conceito de comunidade, onde diferentes espécies convivem e interagem. Contudo, representar essa complexa diversidade integralmente é um desafio. Além disso, há lacunas sobre o impacto das práticas agrícolas na fauna edáfica, especialmente no contexto da sustentabilidade, destacando a necessidade de novas pesquisas (Araujo, *et. al.*, 2018). A revisão da literatura busca, então, avaliar a densidade da macrofauna em solos com diferentes manejos, comparando a população de organismos.

Estudar a macrofauna edáfica em solos pós-queimada é fundamental para entender os efeitos adversos e o processo de recuperação do ecossistema (Rendin, *et al.*, 2011). Após uma queimada, há significativa alteração no solo, como a perda de matéria orgânica, nutrientes essenciais e a modificação da estrutura física, o que impacta diretamente a fauna do solo.

No entanto, queimadas afetam negativamente a macrofauna ao eliminar grupos sensíveis e ao alterar os habitats, diminuindo a diversidade e a densidade de organismos (Rendin *et al.*, 2011). A perda de cobertura vegetal reduz a disponibilidade de alimento e abrigo, criando um ambiente hostil para a fauna. Além disso, as altas temperaturas da queimada alteram a temperatura e umidade do solo, desfavorecendo organismos que precisam de condições estáveis (Barros, 2017).

Assim, práticas de manejo sustentável e técnicas de recuperação do solo são cruciais para restaurar a biodiversidade e a funcionalidade do solo, incentivando a recuperação da macrofauna e, conseqüentemente, a saúde do ecossistema (Araujo, *et al.*, 2018).

Portanto, a análise do impacto de queimadas na macrofauna oferece importantes indicadores de qualidade e resiliência do solo. Essa análise permite avaliar os níveis de degradação e o potencial para regeneração do solo, essenciais para práticas de manejo voltadas à sustentabilidade ambiental e conservação da biodiversidade.

Nos estudos de Silva (2010), o Quadro 1, mostra os resultados obtidos por sua amostragem em diferentes situações de solo.

Quadro 1 - Resultados obtidos na amostragem feita por Silva, 2010.

Grupo Taxonômico	Adubação Alternativa (AA)	Adubação Convencional (AC)	Solo Queimado (Q)	Testemunha (T)
Arachnida	8	0	0	4
Blattodea (Imaturos)	4	0	0	0
Chilopoda	280	332	8	20
Coleoptera	24	0	4	4
Coleoptera (Imaturos)	24	4	0	8
Diplopoda	0	4	0	0
Diptera (Imaturos)	4	4	0	4
Gastropoda	8	4	4	0
Homoptera	4	0	0	0
Homoptera (Ovos)	1820 ± 1108	776 ± 325	2992 ± 1462	4140 ± 2960
Homoptera (Imaturos)	4	0	44	160
Hymenoptera	52	204	52	24
Isopoda	0	8	0	4
Isoptera	4320	3984	464	1320
Oligochaeta	240 ± 86	252 ± 61	76 ± 23	220 ± 107
Total (ind./m²)	6792 ± 1491	5572 ± 1108	3644 ± 1246	5908 ± 2825

Na pesquisa, foi adotado o método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) para coleta e análise da macrofauna em camadas de 0-20 cm, o que permitiu identificar e contar organismos de diversos grupos taxonômicos. Os resultados evidenciaram que, em áreas queimadas, ocorre uma diminuição significativa na

densidade e na diversidade da macrofauna, particularmente de grupos como Oligochaeta, essenciais para a criação de poros e macroagregados no solo. Esses organismos atuam na formação de galerias, que auxiliam na infiltração de água e oxigênio, além de contribuir para a descompactação do solo, o que facilita o crescimento radicular.

A análise dos dados revelou que as queimadas influenciam negativamente a abundância relativa e a diversidade dos grupos edáficos. Em contrapartida, áreas manejadas com adubação alternativa e cobertura vegetal mostraram uma maior recuperação desses índices, sugerindo que práticas de manejo sustentáveis promovem a restauração da estrutura da comunidade de macrofauna, com destaque para organismos detritívoros e geófagos, que participam ativamente da decomposição de matéria orgânica e, portanto, da ciclagem de nutrientes.

No Quadro 2, nota-se os resultados da amostragem realizada por Barros (2017).

Quadro 2 - Resultados obtidos na amostragem feita por Barros, 2017.

PROFUNDIDADE (CM)	MATA (Nº TOTAL DE ORGANISMOS)	PASTAGEM (Nº TOTAL DE ORGANISMOS)
SERRAPILHEIRA	220	75
0-10	320	58
10-20	145	32
20-30	90	20

Em seus estudos Barros (2017), teve como base a metodologia seguida para a coleta, separação e identificação da macrofauna do solo de acordo com as diretrizes de Aquino (2001), com modificações para otimizar o processo. Inicialmente, a coleta das amostras foi feita no campo, mas a separação e quantificação dos organismos ocorreram na área externa do laboratório, no Laboratório de Geologia e Pedologia da UNESP/Câmpus de Ourinhos, sob supervisão do biólogo Jakson José Ferreira. Essa adaptação foi feita para garantir a integridade dos organismos e melhorar a eficiência do trabalho, sem causar prejuízos aos insetos.

O processo de separação envolveu o uso de uma peneira de 2 mm para passar a terra coletada em cada ponto amostrado, depositando-a em uma bandeja. Os organismos presentes foram então cuidadosamente retirados com pinças e armazenados em recipientes com álcool 70%. Alguns organismos eram visíveis a

olho nu, enquanto outros exigiam o uso de uma lupa, requerendo atenção especial durante o processo.

No laboratório, a identificação taxonômica dos macros invertebrados foi realizada até o nível de ordem, com auxílio de um microscópio digital de Zoom 500x, especialmente útil para a visualização de organismos em fases de metamorfose, como pupa e larval, que são mais difíceis de identificar. Durante a identificação e contagem dos organismos, foi criado um banco de dados para organizar as informações de maneira sistemática. O uso do microscópio digital também permitiu registros fotográficos detalhados dos organismos, facilitando tanto a identificação quanto o armazenamento das informações.

Essas etapas de extração e contagem dos organismos foram realizadas com equipamentos como bandejas, peneiras, lupas, pinças, álcool 70%, recipientes de plástico e computador, proporcionando um método eficiente e preciso para a análise da macrofauna do solo.

A busca nas bases de dados resultou na identificação de 65 artigos, dos quais 54 foram encontrados no Google Acadêmico e 11 na Scielo. Em seguida, foram lidos os títulos e resumos de forma criteriosa para uma seleção preliminar. Após essa triagem, 10 referências cruzadas foram selecionadas, e, ao final, restaram 3 artigos que foram utilizados para compilar os resultados, enquanto os demais foram excluídos. Durante a análise detalhada dos artigos selecionados, foram identificadas e discutidas diversas propriedades e impactos das queimadas na macrofauna edáfica e nos atributos de qualidade do solo, aprofundando a compreensão dos efeitos negativos e das possíveis alternativas de manejo.

Quadro 3 - Os artigos selecionados para compor o presente estudo foram escolhidos a partir de uma pesquisa em bases de dados e incluem informações sobre autor, título, ano de publicação e principais resultados. A seleção foi realizada com base na relevância e contribuição dos estudos para o tema, organizando-se em ordem de exibição cronológica.

Autor/ Ano	Título	Principais resultados
Silva, 2010	MACROFAUNA EDÁFICA, BIOMASSA MICROBIANA E QUALIDADE DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA NO CERRADO AMAPAENSE COM E SEM USO DO	O tratamento com solo queimado (Q) apresentou menor densidade de macrofauna em comparação com os tratamentos de adubação alternativa (AA), adubação convencional (AC) e testemunha (T), indicando que o uso do fogo reduz a biodiversidade edáfica, especialmente em grupos como Isoptera e Oligochaeta, essenciais para a saúde do solo. O tratamento testemunha (T), sem intervenções, mostrou maior densidade desses grupos, evidenciando que a ausência de queima ou adubação preserva melhor a estrutura da comunidade edáfica. Já os

	FOGO E ADUBAÇÃO ALTERNATIVA.	tratamentos com adubação (AA e AC) mantiveram boas densidades de macrofauna, destacando que essas práticas são menos prejudiciais e ajudam a manter a fertilidade e resiliência do solo.
Rendin, et. al., 2011	IMPACTOS DA QUEIMA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO.	As queimadas impactam drasticamente a fauna edáfica e os microrganismos do solo, reduzindo a população de organismos essenciais para a ciclagem de nutrientes e a estruturação do solo. O fogo destrói a matéria orgânica e aumenta a temperatura, eliminando organismos e fontes de alimento. Embora a biomassa microbiana possa aumentar temporariamente devido à liberação de nutrientes, a disponibilidade de nitrogênio diminui, afetando a fertilidade do solo a longo prazo. Esses resultados destacam a necessidade de alternativas ao uso do fogo no manejo, visando preservar a biodiversidade e a saúde do solo em ambientes agrícolas e naturais.
Barros, 2017	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO DE PARTE DOS LOTES DO ASSENTAMENTO RURAL COMPANHEIRO KENO, JACAREZINHO/PR: UMA SÍNTESE INACABADA.	A densidade média de macrofauna em diferentes sistemas de manejo do solo, comparando uma área de mata preservada e uma área de pastagem. Observa-se que a maior concentração de organismos da macrofauna ocorre na camada de serrapilheira e nos primeiros 10 cm do solo, particularmente na área de mata, onde a complexidade do ecossistema e a alta disponibilidade de matéria orgânica sustentam uma biodiversidade maior. Já na pastagem, a densidade de organismos é significativamente menor em todas as camadas, refletindo o impacto da simplificação do ecossistema e a redução de matéria orgânica e cobertura vegetal.

Os estudos analisados destacam que a ação antrópica, especialmente o uso do fogo como prática agrícola, afeta severamente a fauna edáfica e a estrutura do solo, prejudicando processos ecológicos vitais. Rendin, *et al.* (2011) apontam que práticas de manejo, como queimadas e preparo convencional, diminuem a população de micro-organismos e macrofauna, incluindo organismos essenciais como minhocas, formigas e coleópteros. Esses organismos, conhecidos como “engenheiros do solo,” são fundamentais para processos de ciclagem de nutrientes, infiltração de água e formação de agregados no solo, que contribuem para a fertilidade e estruturação do solo (Barros, 2017). A redução desses organismos, observada principalmente em áreas queimadas, reduz a capacidade produtiva do solo e sua resiliência ambiental.

Estudos específicos, como o de Wikars e Schimmel (2001), mostraram que a queima afeta negativamente a diversidade da macrofauna logo após a passagem do fogo, diminuindo significativamente a presença de táxons importantes. Além disso, estudos de Barrat *et al.* (2006) e Malmström *et al.* (2009) reforçam que a mortalidade elevada ocorre devido às altas temperaturas, e, embora alguns grupos de organismos tendam a se recuperar, a diversidade de espécies não é totalmente

restaurada, especialmente em condições repetitivas de queima. Esse impacto a longo prazo compromete não só a população de fauna edáfica, mas também a capacidade do solo em sustentar vegetação e reter nutrientes essenciais.

No estudo de Barros (2017), observou-se que os maiores números de organismos edáficos foram encontrados na camada superficial (0-10 cm) e na serapilheira, devido à maior disponibilidade de matéria orgânica e umidade. Essa característica evidencia como o manejo sem queima, que preserva a cobertura do solo, favorece condições ideais para a vida desses organismos. A comparação entre áreas manejadas com fogo e sistemas de adubação alternativos, como mostrado por Silva (2010), revela que práticas alternativas sem uso de fogo proporcionam melhores condições para a densidade de macrofauna, especialmente nos grupos Oligochaeta e Isoptera, que desempenham funções cruciais na aeração e estruturação do solo.

Além disso, os estudos indicam que o acúmulo de palhada em sistemas de plantio direto, conforme apontado por Marchão (2007), favorece a preservação da macrofauna e de sua função ecossistêmica. Esse acúmulo protege o solo contra a erosão, mantém a umidade e fornece matéria orgânica necessária para a alimentação e reprodução dos organismos do solo. Em contraste, o tratamento de queima reduz esses benefícios, eliminando a matéria orgânica e prejudicando a recuperação da fauna.

O estudo de Silva (2010), explora os efeitos do manejo do solo na macrofauna, especialmente comparando adubação alternativa e solo queimado. Embora a compactação do solo tenha reduzido a resposta da fauna edáfica, o tratamento com adubação alternativa apresentou maior densidade de organismos em relação ao solo queimado, sugerindo que a adição de matéria orgânica e nutrientes beneficia a fauna. Esse resultado é coerente com estudos que mostram que palhada e cobertura orgânica favorecem as condições para a macrofauna.

A pesquisa destaca ainda que a queima, ao eliminar matéria orgânica e aumentar a temperatura do solo, impacta negativamente a biodiversidade (Rendin, *et al.*, 2011), enquanto práticas sustentáveis, como a adubação alternativa, promovem a recuperação do solo e a preservação da fauna edáfica (Silva, 2010). Dessa forma, o estudo evidencia que alternativas ao uso do fogo são essenciais para a sustentabilidade do solo em ambientes degradados e compactados.



Figura 2 - Solo queimado

Portanto, a discussão central é que práticas de manejo que evitam o uso do fogo e que mantêm a cobertura vegetal sobre o solo, como a adubação alternativa e o plantio direto, são mais vantajosas para a sustentabilidade do solo. Esses sistemas ajudam a manter a diversidade e a densidade da macrofauna, garantindo maior produtividade e capacidade de recuperação do solo. A queima, por outro lado, não só destrói a estrutura física e biológica do solo, como também prejudica seu equilíbrio ecológico, destacando a importância de adotar práticas agrícolas que priorizem a conservação ambiental e a preservação dos organismos que contribuem para a saúde do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos impactos da prática de queimadas no solo e na fauna edáfica revela a gravidade dos danos causados à biodiversidade e à capacidade produtiva dos ecossistemas agrícolas. A queima de vegetação, ao destruir organismos essenciais como micro-organismos e macrofauna, compromete processos ecológicos fundamentais para a fertilidade do solo, como a ciclagem de nutrientes, a aeração e a retenção de água. Os estudos revisados indicam que, embora alguns grupos de organismos possam se recuperar, a diversidade e a densidade das populações de fauna edáfica não retornam aos níveis iniciais, especialmente em áreas sujeitas a queimas repetitivas.

Por outro lado, práticas de manejo sustentável, como a adubação alternativa e o plantio direto, demonstram ser mais eficientes na preservação da fauna edáfica e na melhoria da estrutura do solo. A manutenção da cobertura vegetal e o acúmulo de palhada favorecem a sobrevivência e a reprodução de organismos essenciais, além de promoverem a recuperação da saúde do solo, garantindo sua resiliência e capacidade produtiva a longo prazo.

Em vista dos resultados apresentados, conclui-se que a substituição do uso do fogo por métodos de manejo mais sustentáveis é crucial para a recuperação e preservação dos ecossistemas agrícolas. Tais práticas não apenas protegem a biodiversidade do solo, mas também promovem a sustentabilidade a longo prazo da agricultura, mantendo a saúde do solo e contribuindo para a segurança alimentar. O incentivo à adoção de tecnologias agrícolas que priorizem a conservação ambiental é, portanto, fundamental para mitigar os impactos negativos da ação antrópica e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais.

Este trabalho ressalta a importância da substituição das queimadas por práticas de manejo sustentável para preservar a macrofauna do solo e manter a fertilidade dos ecossistemas. A análise dos estudos mostra que o uso do fogo causa danos significativos à biodiversidade edáfica, afetando organismos essenciais para a ciclagem de nutrientes, a estrutura e a aeração do solo. Embora algumas espécies possam se recuperar, a diversidade original é difícil de ser restaurada, especialmente em áreas com queimadas frequentes.

Práticas alternativas, como a adubação alternativa e o plantio direto, mostraram-se mais eficazes na recuperação e na conservação da fauna edáfica, mantendo a saúde do solo e garantindo sua resiliência e capacidade produtiva a longo prazo. Dessa forma, a implementação de tecnologias e práticas agrícolas sustentáveis é essencial para minimizar os impactos ambientais, promover a segurança alimentar e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. M.; MORAIS, G. A. **BIOMAS BRASILEIROS, CONHECER PARA PROTEGER. ANAIS DO SEMEX**, n. 12, 2020. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/semex/article/view/6749>. Acesso em: 30 set. 2024.
- AQUINO, A. M. **Manual para macrofauna do solo**. Seropédica/RJ: **Embrapa Agrobiologia**, maio 2001.

ARAUJO, E. C. G. *et al.* Vista do Macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo para agricultura convencional e agrofloresta em Bom Jardim-PE. 2018. Disponível em:

<https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/975/pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

BARRAT, B. I. P. *et al.* Effect of fire on microarthropods in New Zealand indigenous grassland. **Rangeland Ecology & Management**, v. 59, n. 4, p. 383-391, jul. 2006.

BARROS, C. E. **INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO DE PARTE DOS LOTES DO ASSENTAMENTO RURAL COMPANHEIRO KENO, JACAREZINHO/PR: UMA SÍNTESE INACABADA**. 2017. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/444488bb-5766-4250-8d2d-492b1dda81f7/content>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CAUMO, S. E. *et al.* Vista do Impactos na saúde humana causados pela exposição a incêndios florestais: as evidências obtidas nas últimas duas décadas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, 2022, p. 182–218. Disponível em:

<https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15130>. Acesso em: 8 out. 2024.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Situação atual - Programa Queimadas**. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/situacao_atual/. Acesso em: 3 out. 2024.

KITAMURA, A. E. *et al.* Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, p. e20190606, 2020.

MALMSTRÖM, A. *et al.* Dynamics of soil meso and macrofauna during a 5-year period after clearcut burning in a boreal forest. **Applied Soil Ecology**, v. 43, n. 1, p. 61-74, set. 2009.

MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária num Latossolo do Cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. 2007. 153 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

MARQUES, L. F. *et al.* Impacto da queimada na biomassa microbiana de solo em fragmento de mata atlântica no Estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2015.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; DE BRITO, M. A. **CONHECENDO A BIODIVERSIDADE**. 2016. Disponível em:

https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/conhecendo_a_biodiversidade_livro.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

REDIN, M. *et al.* **IMPACTOS DA QUEIMA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO**. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/jkprVJMw5mKbKjd9G4xyQ4p/?format=pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

RODRIGUES, N. A. S. **A educação ambiental para reduzir potenciais riscos de queimadas e incêndios florestais no Brasil**. 2022. Disponível em:

<https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/6367/1/NAYARA%20ALVES%20DE%20SOUSA%20RODRIGUES-TCC-BIOLOGIA.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

SILVA, D. M. M. H. **MACROFAUNA EDÁFICA, BIOMASSA MICROBIANA E QUALIDADE DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA NO CERRADO AMAPAENSE COM E SEM USO DO FOGO E ADUBAÇÃO ALTERNATIVA**. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/580727/1/MACROFAUNA-EDAFICA.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVEIRA, P. H. N. **MACROFAUNA EDÁFICA COMO BIOINDICADOR DE SOLO COM DIFERENTES TIPOS DE USO PARANÁ**. 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7074/1/macrofaunaedaficaqualidade_solo.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

TEBALDI, A. L. C. *et al.* Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 538–549, out. 2013.

WIKARS, L.; SCHIMMEL, J. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. **Forest Ecology and Management**, v. 141, n. 3, p. 189-200, fev. 2001.