



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

ELISEU ANDRÉ DE MELO BARONI

QUEIMADA: uma breve introdução sobre os efeitos no solo e no sistema produtivo



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA

ELISEU ANDRÉ DE MELO BARONI

QUEIMADA: uma breve introdução sobre os efeitos no solo e no sistema produtivo

Artigo Científico apresentado ao curso Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel.

Orientador: Prof. Elaine Lima da Fonseca.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Baroni, Eliseu André de Melo.

Queimada: uma breve introdução sobre os efeitos no solo e no sistema
produtivo / Eliseu André de Melo Baroni, Colorado do Oeste-RO, 2024.
25 f.

Orientador(a): Prof.^a Dra Elaine Lima da Fonseca.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do
Oeste-RO, 2024.

1. Queimadas. 2. Impactos negativos. 3. Sustentabilidade. I. Fonseca,
Elaine Lima da (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140 (Campus Colorado do Oeste)



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na data 02/10/2024 realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **QUEIMADA: uma breve introdução sobre os impactos negativos no solo e no sistema produtivo** apresentada pelo aluno **Eliseu André de Melo Baroni (2016201019002-9)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Agrônômica (Colorado do Oeste)**. Os trabalhos foram iniciados às **15:00** pelo Professor **Elaine Lima da Fonseca** presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Elaine Lima da Fonseca** (Orientadora)
- **Magno Batista Amorim** (Examinador Interno)
- **Heronelson David Silva Ferreira** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[X] APROVADO

Nota: 80

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Elaine Lima da Fonseca** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

COLORADO DO OESTE / RO, 02/10/2024

Documento assinado eletronicamente por **Eliseu André de Melo Baroni**, Discente, em 14/10/2024, às 22:04, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Elaine Lima da Fonseca**, Orientador, em 16/10/2024, às 10:12, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Magno Batista Amorim**, Examinador Interno, em 16/10/2024, às 15:08, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Heronelson David Silva Ferreira**, Examinador Interno, em 17/10/2024, às 12:22, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

QUEIMADA: uma breve introdução sobre os efeitos no solo e no sistema produtivo

RESUMO

As queimadas são amplamente utilizadas em diversas regiões, influenciadas por fatores locais, e representam um dos principais desafios ambientais, especialmente em ecossistemas como a Amazônia e o Cerrado no Brasil. Este estudo busca avaliar os impactos negativos das queimadas na qualidade do solo e na produção agrícola em Rondônia. A pesquisa abordou os efeitos físicos, químicos e biológicos do uso do fogo como método de manejo agrícola. Com base em revisão de literatura e análise comparativa entre solos queimados e não queimados, foram constatadas alterações significativas na estrutura do solo, com redução do Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), resultando em compactação e perda de estabilidade. Além disso, a queima levou à volatilização de matéria orgânica e nutrientes essenciais, além de reduzir a biodiversidade microbiana, prejudicando a fertilidade e a sustentabilidade a longo prazo. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis é essencial para mitigar esses efeitos e promover a conservação do solo.

Palavras-chave: Queimadas; Impactos negativos; Sustentabilidade.

BURNED: a brief introduction to the effects on the soil and the production system

ABSTRACT

Burning is widely used in various regions, influenced by local factors, and represents one of the main environmental challenges, especially in ecosystems like the Amazon and Cerrado in Brazil. This study aims to assess the negative impacts of burning on soil quality and agricultural production in Rondônia. The research focused on the physical, chemical, and biological effects of using fire as an agricultural management method. Based on a literature review and a comparative analysis between burned and unburned soils, significant changes in soil structure were observed, including a reduction in Geometric Mean Diameter (GMD) and Weighted Mean Diameter (WMD), resulting in compaction and loss of stability. Additionally, burning caused the volatilization of organic matter and essential nutrients, as well as a reduction in microbial biodiversity, impairing soil fertility and long-term sustainability. The adoption of sustainable agricultural practices is essential to mitigate these effects and promote soil conservation.

Keywords: Burning; Negative impacts; Sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1 Localização e caracterização da área de estudo.	9
2.2 Procedimentos Metodológicos	10
2.3 Tópicos de Análise	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

As queimadas são uma prática comum em diversas regiões, influenciadas por diversos fatores locais e constituem um dos principais problemas ambientais em diversas regiões do mundo, notadamente em ecossistemas como a Amazônia e o Cerrado no Brasil. As queimadas mais significativas ocorrem na região Amazônica, nos cerrados e nos campos do sul do país (Rheinheimer et al. 2003), a maioria iniciada diretamente pelo ser humano para abrir novas áreas agrícolas ou para renovar pastagens e fornecer capim fresco para o gado.

De acordo com Martinelli; Filoso (2008), esse fenômeno, muitas vezes relacionado à prática de limpeza de terrenos para a agricultura e pecuária, resulta em uma série de consequências negativas para o solo, a biodiversidade e o clima global. O fogo provoca a combustão da cobertura vegetal, que atua como uma fonte natural de nutrientes para o solo. Com a sua eliminação, o solo torna-se menos fértil, dificultando a regeneração da vegetação e a manutenção da produtividade agrícola (Rodrigues et al. 2009).

Outro aspecto crítico das queimadas é a liberação de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), para a atmosfera. Essa liberação contribui significativamente para as mudanças climáticas, exacerbando o efeito estufa e alterando os padrões climáticos locais e globais (Fearnside, 2000). Os solos queimados também apresentam menor capacidade de absorver água, o que pode resultar em secas mais frequentes e intensas, impactando negativamente o ciclo hidrológico (Nepstad et al. 2008).

Rondônia é um estado que apresenta sérios problemas com queimadas. Os focos de incêndio em Rondônia aumentaram em comparação a anos anteriores, especialmente durante a temporada seca, entre julho e setembro, quando as condições climáticas são mais propícias para a propagação do fogo. Rondônia hoje corresponde a 15% de todos os registros feitos no Brasil (Globo, 2024)

A forma de ocupação do Estado a partir da década de 1970, em função dos planos de colonização e exploração da terra estabelecidos pelo governo, ajudou a promover as práticas de queimadas para a abertura de novas áreas agrícolas ou para renovação de pastagens. Isso aconteceu, conforme esclarece Fonseca (2017), porque a ocupação do estado a partir da implantação dos Projetos de Assentamentos Integrados (PIC's) e Colonização e Projetos de

Assentamentos Dirigidos (PAD's) durante o governo militar, ocorreram de planejamento prévio.

Rondônia é um estado que pertence ao território da Amazônia legal (IBGE, 2021) com alta representatividade no agronegócio, grande parte oriunda de pequenos produtores rurais. As atividades realizadas envolvem olericultura, pecuária extensiva e leiteira, cafeicultura à lavoura de cereais e algodão, além de diversas outras atividades que fomentam a economia local e nacional.

Nesse contexto, as técnicas de utilização de fogo como limpeza das áreas foram empregadas de forma massiva e disseminada na cultura dos produtores locais. Cardozo et al. (2014), explica que:

A utilização da queima da biomassa como ferramenta de uso da terra com o intuito de eliminar a vegetação na área de estudo é realizada principalmente em pequenas áreas e ocorrem principalmente em áreas da floresta ombrófila aberta (submontanha, terras baixas e com vegetação secundária e atividades agrárias) e em áreas de savana arborizada, que abrangem atualmente áreas de unidade de conservação de uso sustentável, que podem estar associadas às áreas de pecuária de animais de grande porte e cultivos permanentes diversificados, de extrativismo vegetal em área florestal e áreas exclusivas de pecuária de animais de grande porte, que podem estar associadas a cultivos permanentes diversificados. (CARDOZO et al. 2014, pg. 711).

A pesquisa foi motivada pela observação do crescimento do setor agropecuário em Rondônia, que se destaca como um dos maiores produtores de carne do país. Esse avanço tem atraído a atenção de diversos pesquisadores, especialmente pela prática de abertura de novas áreas com o uso de fogo, um método de baixo custo, porém prejudicial ao meio ambiente. O presente estudo busca dados coletados em campo por outros pesquisadores para analisar os impactos dessa prática no solo. A proposta é realizar uma revisão de literatura (artigos, teses, dissertações e textos on-line) com o objetivo de conscientizar sobre os danos químicos, físicos e biológicos que as queimadas causam ao solo, especialmente em uma região ainda marcada pelo desmatamento com uso de fogo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo.

Rondônia é um estado situado na região Norte do Brasil, reconhecido pela sua rica biodiversidade e extensas áreas de floresta Amazônica. A sua capital é Porto Velho, a maior cidade do estado. Rondônia faz fronteira com o Amazonas a norte, Mato Grosso a leste, e com a Bolívia a sul e oeste. Com uma área territorial de cerca de 237 mil km², é o 13.º maior estado do país e abriga mais de 15 milhões de cabeças de gado.

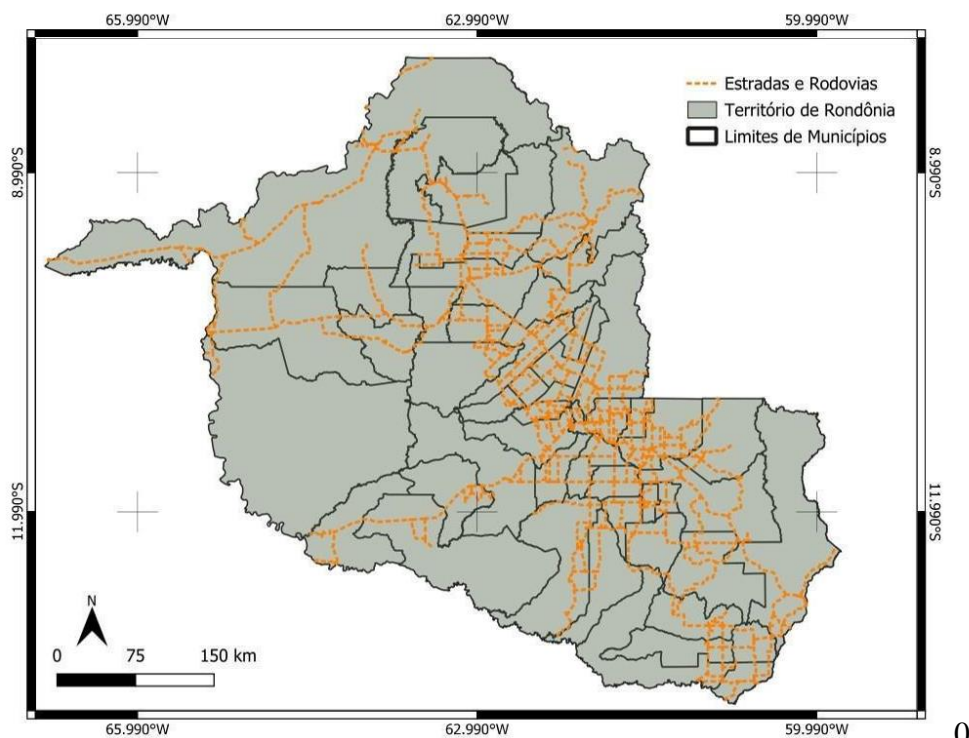


Figura 1 - Delimitação do estado de Rondônia, municípios e principais estradas.

Fonte: IBGE (2021).

O relevo do estado é composto por Planície Amazônica, Encosta Setentrional do Planalto Brasileiro, Chapada dos Parecis e o Vale do Guaporé-Mamoré, com altitude variando de 100 a 1126 metros. O ponto mais alto do estado é o Pico do Tracoá, na Serra dos Pacaás Novos, próximo ao município de Campo Novo de Rondônia. A vegetação predominante é de florestas Amazônicas, com áreas de transição de cerrado, característico da região do cone sul. O clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso, com duas estações bem definidas uma

chuvosa (outubro a abril) e a outra seca (maio a setembro), segundo a classificação de Köppen (Fonseca; Silva Filho, 2018).

O estado tem uma economia diversificada, com destaque para a agricultura, pecuária e mineração. As principais culturas agrícolas incluem soja, milho e café, enquanto a pecuária é dominada pela criação de gado bovino (SEPLAN-RO, 2022). A mineração, especialmente de cassiterita (minério de estanho), também desempenha um papel importante na economia local (CPRM, 2020).

2.2 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa sobre o efeito das queimadas no solo foi realizada a partir de uma revisão narrativa de literatura, com diferentes tipos de documentos (artigos, teses, dissertações, textos on-line). Esse tipo de método permite uma ampla descrição sobre o assunto, mas não esgota todas as fontes de informação, visto que sua realização não é feita por busca e análise sistemática dos dados. Sua importância está na rápida atualização dos estudos sobre a temática. Foram selecionados estudos que apresentavam a descrição do método no título e no corpo do texto de forma abrangente, de modo a contribuir com sua caracterização. Foram elencados 15 estudos de diferentes pesquisadores, conforme o Quadro 1.

Dessa forma, a discussão será fundamentada em referenciais publicados, comparando dados a fim de demonstrar a dificuldade encontrada na utilização do fogo como prática de manejo, partindo do método dedutivo com as análises resultantes. Essa análise referencial possibilita uma visão com vários determinantes para um mesmo enfoque.

Para caracterização da dificuldade com a queimada no Brasil, diversos pesquisadores têm trabalhado e disponibilizado seus resultados para o meio acadêmico. Estreitando para a área do estado de Rondônia, temos poucos artigos de cunho científico, os quais serão utilizados para debate sobre o manejo com fogo.

Quadro 01 - Artigos selecionados para análise.

AUTOR	OBJETIVO DA PESQUISA	LOCAL DA PESQUISA
Vieira et al. (2016)	Avaliar o efeito imediato do fogo sobre atributos físicos, químicos e microbiológicos de solo de pastagem.	Município de Itajubá (MG)
Approbato (2015)	Avaliar os efeitos do elevado CO ₂ (600 ppm) e aquecimento (2 °C de aumento sobre a temperatura ambiente) sobre a fisiologia e bioquímica da forrageira tropical C4 <i>Panicum maximum</i> Jacq. cultivada em um Trop-T-Face (Tropical-Temperature free-air controlled enhancement and free-air carbon dioxide enrichment) sem limitação de água e nutrientes.	Ribeirão Preto-SP
Cavenage et al. (1999)	Analisar as alterações das propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob diferentes culturas e sua capacidade de recuperação.	município de Selvíria, MS.
Bento-Gonçalves et al. (2019)	Apresentar e avaliar a eficácia de medidas de mitigação da erosão do solo aplicadas após incêndios florestais	Terras de Bouro, Portugal
Rheinheim et al. (2003)	Avaliar as modificações nos atributos químicos do solo resultantes da queima das pastagens nativas.	Lages, Santa Catarina
Redin et al. (2011)	Verificar, por meio de revisão de literatura, os possíveis impactos do uso do fogo nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.	Ribeirão Preto-SP
Heringer et al. (2002)	Avaliar a taxa de cobertura, umidade volumétrica e características químicas do solo sob pastagem natural e distintas condições de manejo.	André da Rocha, RS
Potes et al. (2010)	Investigar a composição e o teor de matéria orgânica em perfis de Neossolo da região de São José dos Ausentes, RS, e relacionar os resultados com a ocorrência de queimadas e com o pastejo, empregando como comparação solo sob mata nativa.	São José dos Ausentes, RS
Pomianosk et al. (2006)	Avaliar o impacto das queimadas sobre as características químicas e biológicas do solo no sistema agroflorestal tradicional da bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth) no município de Colombo	Colombo, PR
Grillo et al. (2020)	Avaliar como a combustão de material orgânico afeta a estrutura do solo, a disponibilidade de nutrientes e a formação de compostos tóxicos, como dioxinas, e propor estratégias para mitigar esses efeitos adversos	Estados Unidos
Agbeshie et al. (2022)	Identificar as variações na disponibilidade de nutrientes, na estrutura do solo e nas comunidades microbianas, além de propor medidas de manejo para restaurar a saúde do solo após os incêndios	Canadá

Knelman et al. (2015)	Investigar os efeitos do fogo na composição e funcionalidade das comunidades microbianas em solos de alta elevação. O foco foi analisar como as alterações causadas pelo fogo impactam a biodiversidade microbiana e os processos ecológicos associados.	Estados Unidos.
Pressler et al. (2019)	Realizar uma síntese global sobre as respostas abaixo do solo aos incêndios florestais. O foco principal foi entender como os incêndios impactam a biologia do solo, incluindo alterações nas comunidades microbianas e nos processos de decomposição.	Rio Grande do Sul
Fernández-García et al. (2019)	Revisar como a severidade das queimadas afeta a estrutura da comunidade microbiana do solo. O estudo se concentrou em entender as mudanças na biomassa microbiana e na diversidade após incêndios de diferentes intensidades.	Colombia
Debano et al. (1998)	Revisar os efeitos do fogo nos ecossistemas, com ênfase em como o fogo altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A pesquisa busca compreender os impactos do fogo sobre a estrutura do solo, a ciclagem de nutrientes e a microbiota.	Intermountain West.

2.3 Tópicos de Análise

A análise dos efeitos das queimadas no solo acontece a partir de três aspectos principais: os aspectos físicos, químicos e biológicos.

a) Físico

Os aspectos físicos do solo afetados pelas queimadas incluem diversas alterações estruturais e propriedades físicas que podem impactar a sua fertilidade e capacidade de sustentação da vida vegetal e microbiana. Araújo et al. (2012), comparando os conceitos sobre solo, define alguns indicadores que traçam a qualidade do solo para determinada atividade agrícola, dentre os indicadores, o físico tem suma importância no papel de retenção de água no solo, sendo responsável pela dinâmica hídrica que complementa a evapotranspiração do sistema. Aplica também ao indicador físico, a disposição da composição do solo no crescimento radicular, influenciada pela textura, porosidade e densidade.

O principal efeito ocasionado pela sucessão de queimadas são as erosões de solo e acontece principalmente no início do período chuvoso. A remoção da matéria orgânica da superfície do solo e a morte das raízes comprometem a barreira física que protege o solo contra a força da água. Além disso, o selamento superficial causado pela deposição de elementos minerais das cinzas agrava os problemas hídricos. Esse selamento prejudica a infiltração

adequada da água no solo, o que dificulta a irrigação local e aumenta o escoamento superficial, acelerando o processo de erosão e a formação das curvas d'água (Costa; Rodrigues, 2015).

Garbiate (2011), ao estudar a diferença entre o manejo de cana de açúcar, com limpeza das ruas com fogo para mecanizar a colheita, encontra o problema acarretado pela prática quanto a estabilidade dos agregados do solo, diminuindo o diâmetro dos agregados aumentando a densidade do solo favorecendo a compactação, pois solo sem a formação de grumos tendem a ser menos aerados. Essa elevação de compactação também prejudica a infiltração da água, influenciando ainda mais o escoamento superficial.

b) Químico

A alteração química refere-se à exposição a altas temperaturas, alterando a estrutura das moléculas. Assim, a queima da vegetação proporciona uma deposição de elementos químicos de forma muito rápida sobre a superfície do solo, que podem ser absorvidos rapidamente pelas plantas, mas também lixiviados com maior agilidade pelo fato da exposição.

Essa disponibilização rápida de nutrientes provoca uma falsa melhora no desenvolvimento da planta, como por exemplo a observada por produtores pecuários dias após a queima do capim, onde visualizam uma rebrota intensa, e concluem que a queima trouxe benefícios. Porém, num prazo maior onde, por exemplo, a inserção do gado ocasiona um enfraquecimento da pastagem, uma vez que não há matéria orgânica para subsidiar a manutenção biológica do sistema, necessitando assim de uma adubação, acarretando maior custo para a produção pecuária.

Com o passar do tempo, os efeitos negativos da queima começam a se manifestar. A ausência de matéria orgânica, que foi destruída pelo fogo, resulta em uma menor capacidade do solo de reter nutrientes e água. Isso leva a um enfraquecimento da pastagem, especialmente quando o gado é reintroduzido na área. Sem a matéria orgânica para suportar a atividade biológica do solo, as plantas tornam-se menos resilientes, e a qualidade da pastagem se deteriora (Agbeshie et al. 2022).

Além disso, a queima frequente pode causar um declínio na fertilidade do solo, exigindo intervenções mais intensivas, como a adubação, para manter a produtividade agrícola. Isso não só aumenta os custos de produção, mas também pode ter consequências ambientais negativas,

como o aumento do risco de erosão do solo devido à perda de cobertura vegetal e à degradação da estrutura do solo. Em casos extremos, a repetição desse processo pode levar à desertificação, onde o solo se torna incapaz de sustentar qualquer forma de vida vegetal (Grillo et al. 2020).

Portanto, embora a queima da vegetação possa parecer uma solução rápida para melhorar a fertilidade do solo, os efeitos a longo prazo são prejudiciais. É essencial adotar práticas de manejo sustentável que preservem a matéria orgânica e evitem a degradação do solo, garantindo assim a saúde do ecossistema e a viabilidade econômica das atividades agrícolas e pecuárias (Agbeshie et al. 2022).

c) Biológico

A biologia, ou melhor, a vida encontrada no solo, desempenha um papel crucial na produção agrícola. Produtores de larga escala compreendem a importância dos fixadores de nitrogênio, especialmente para culturas como a soja, onde a fixação biológica do nitrogênio é fundamental para a viabilização econômica e sustentável da produção (Hungria et al. 2007). Microrganismos, como bactérias e fungos, estão presentes em praticamente todos os ecossistemas, incluindo o solo, e desempenham papéis essenciais na decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e manutenção da saúde do solo (Pereira et al. 2020). No Brasil, a adubação nitrogenada exigida pela soja pode superar 420 quilogramas por hectare, o que representa um custo significativo para os produtores, especialmente quando se utiliza ureia como fonte de nitrogênio (Scot, 2023).

Com a descoberta das bactérias fixadoras de nitrogênio, especialmente as do gênero *Rhizobium*, por Johanna Döbereiner (Dobereiner, 1989), esse custo foi drasticamente reduzido. Essas bactérias estabelecem uma relação simbiótica com as raízes das plantas de soja, fornecendo o nitrogênio necessário para as atividades fisiológicas das plantas ao capturá-lo diretamente do ar. Esse processo é fundamental para a sustentabilidade da agricultura, pois reduz a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos e melhora a saúde geral do solo ao promover uma maior atividade biológica.

No entanto, o fogo pode ter impactos profundos sobre a biologia do solo, alterando significativamente as comunidades microbianas e outros organismos essenciais para a manutenção da fertilidade do solo. Estudos mostram que a exposição do solo ao fogo pode levar

a uma mudança na composição da comunidade microbiana, muitas vezes reduzindo a diversidade e alterando a dominância de certos grupos, como fungos, em favor de bactérias (Knelman et al. 2015; Pressler et al. 2019). Além disso, a atividade enzimática no solo, essencial para a decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, pode ser severamente afetada, diminuindo a eficiência desses processos biológicos (Fernández-García et al. 2019).

O impacto do fogo sobre a microbiota do solo não se limita à mudança na composição das comunidades. A redução da biomassa microbiana e a perda de matéria orgânica podem ter consequências de longo prazo para a saúde do solo, levando à degradação estrutural e à redução da capacidade do solo de sustentar a vida vegetal (Debano et al. 1998). A regeneração dessas comunidades microbianas após um incêndio pode ser um processo lento, e a recuperação completa da funcionalidade biológica do solo pode levar anos, dependendo da intensidade do fogo e das condições ambientais subsequentes.

Essas alterações biológicas são críticas porque a saúde do solo está intimamente ligada à produtividade agrícola. A perda de biodiversidade microbiana e a degradação da matéria orgânica reduzem a resiliência do solo a estresses futuros, como secas e pragas, tornando as terras agrícolas mais vulneráveis e menos produtivas. Portanto, é essencial que práticas de manejo que protegem e restauram a biologia do solo, como a aplicação de compostos orgânicos e a manutenção de cobertura vegetal, sejam implementadas em áreas que sofreram com incêndios (Debano et al. 1998).

3 DISCUSSÃO

O uso do fogo como método de manejo agrícola pode causar impactos significativos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo Apporbatto (2015), a prática de queimadas compromete a disponibilidade de recursos hídricos e nutrientes essenciais para as gramíneas, que dominam a maioria das áreas de produção em Rondônia.

Vieira (2016) identificou o aumento da densidade do solo após a queima em seu estudo no sul de Minas Gerais, associando-o à redução do Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e do Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados do solo, o que contribui para a compactação das pastagens ao longo dos anos. De acordo com Fonseca (2017), essa compactação, agravada pelo uso contínuo de áreas de pastagem sem técnicas adequadas de manejo, leva à redução dos teores de Carbono Orgânico no Solo, o que promove a cimentação dos agregados e piora a estrutura do solo.

Os dados da Tabela 1 confirmam essas observações. A análise das amostras de solos queimados e não queimados revela diferenças significativas na qualidade física em ambos os ambientes. A Tabela 1 apresenta os valores do DMG e do DMP, indicadores importantes da estabilidade dos agregados do solo, que refletem diretamente sua saúde e capacidade produtiva.

Tabela 1 - Caracterização física das amostras de solo avaliadas quanto ao fator ambiente.

Ambiente	DMG	DMP
Queimado	4,57 b	4,80 b
Não Queimado	5,29 a	5,01 a
CV % (coeficiente de variação)	7,34	1,82

Fonte: Vieira et al. (2016).

O Diâmetro Médio Geométrico (DMG) das amostras de solo queimado foi de 4,57, enquanto o das amostras de solo não queimado foi de 5,29. Essa diferença significativa indica que as queimadas reduzem o tamanho dos agregados do solo, comprometendo sua estrutura. A redução do DMG é um claro sinal de degradação, pois solos com agregados menores são mais suscetíveis à erosão e menos eficientes na retenção de água. A estabilidade dos agregados é

fundamental para manter a porosidade e garantir uma boa infiltração de água, essencial para o desenvolvimento das plantas.

Já o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) foi de 4,80 no solo queimado, comparado a 5,01 no solo não queimado. Embora essa diferença seja menor do que a observada no DMG, ela ainda é relevante. Um DMP menor sugere que a estrutura do solo queimado está mais compactada, o que pode prejudicar a aeração e dificultar a penetração das raízes. Solos mais compactados apresentam menor capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial e a perda de nutrientes por lixiviação.

Os coeficientes de variação (CV) para o DMG e DMP foram de 7,34% e 1,82%, respectivamente. O CV mais alto para o DMG indica maior variabilidade nos efeitos das queimadas sobre a estrutura do solo, possivelmente devido à heterogeneidade das áreas afetadas. O CV do DMP, por outro lado, é relativamente baixo, mostrando maior consistência nos resultados para este indicador.

Esses resultados demonstram os efeitos negativos das queimadas na qualidade física do solo. A redução tanto no DMG quanto no DMP em solos queimados reflete a desestabilização da estrutura, tornando-os mais compactos e menos porosos (Cavenage et al., 1999). Essa compactação reduz a capacidade de infiltração e retenção de água, fundamentais para a manutenção da umidade do solo e o desenvolvimento saudável das plantas. A menor estabilidade dos agregados também facilita a erosão, especialmente em períodos de chuvas intensas, frequentes na região de Rondônia (Gonçalves et al., 2019).

Embora a queima seja uma técnica de manejo de baixo custo, seus efeitos negativos a longo prazo são significativos. A degradação da qualidade física do solo resulta em menor produtividade agrícola e maior necessidade de insumos, como adubação e irrigação, elevando os custos de produção (Rheinheimer et al., 2003). Além disso, a perda de matéria orgânica e a compactação do solo comprometem a sustentabilidade das atividades agrícolas na região.

Esses achados corroboram pesquisas anteriores, como as de Redin (2011), que ressaltam a importância da estrutura do solo para a retenção de água e prevenção da erosão. Estudos de Heringer et al. (2002) também destacam que a compactação causada pelo fogo reduz a infiltração de água e aumenta o escoamento superficial, agravando a erosão e diminuindo a disponibilidade de água para as plantas.

Adicionalmente, estudos mostram que queimadas intensas podem volatilizar nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, e desestabilizar os agregados do solo, aumentando a vulnerabilidade à erosão hídrica e eólica (Redin, 2011). A queima repetida também pode alterar temporariamente o pH do solo devido à deposição de cinzas, mas esses efeitos são rapidamente superados pelos impactos negativos a longo prazo, como a lixiviação de nutrientes e acidificação (Potes et al., 2010).

Além dos impactos físicos, as queimadas afetam as propriedades químicas e biológicas do solo. A mineralização rápida da matéria orgânica libera temporariamente nutrientes como nitrogênio e fósforo (Debano et al., 2009), mas essas melhorias são efêmeras, seguidas por perdas significativas por lixiviação e volatilização. A queima frequente também reduz a biodiversidade microbiana, eliminando microrganismos benéficos e diminuindo a capacidade do solo de reciclar nutrientes (Pomianoski et al., 2006).

Diante disso, é crucial que os produtores e autoridades adotem alternativas ao uso do fogo, como o plantio direto, adubação verde e práticas agroecológicas, para preservar a qualidade do solo e promover a sustentabilidade agrícola a longo prazo. Essas práticas não apenas mantêm a saúde do solo, mas também protegem o meio ambiente e garantem a viabilidade econômica das atividades agrícolas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática das queimadas no solo tem sido amplamente discutida em diversas pesquisas realizadas em diferentes condições edafoclimáticas. De maneira geral, as análises de amostras de solos queimados e não queimados revelam os impactos negativos na estrutura física do solo. A diminuição dos diâmetros médios dos agregados, tanto geométricos quanto ponderados, evidencia a degradação estrutural provocada pelo fogo, resultando em um solo mais compactado e com menor porosidade. Esses efeitos prejudicam a capacidade de retenção de água, aumentam a vulnerabilidade à erosão e reduzem a produtividade agrícola. Por isso, torna-se essencial adotar práticas de manejo sustentável que assegurem a qualidade do solo e a continuidade da produção agrícola, especialmente na região de Rondônia.

Além das mudanças físicas, as queimadas também causam importantes alterações químicas e biológicas no solo. No aspecto químico, o fogo provoca a volatilização de nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e enxofre, resultando em uma perda significativa desses elementos, que são vitais para o crescimento das plantas. Embora haja um aumento temporário na disponibilidade de alguns nutrientes, como o potássio, devido à deposição de cinzas, essa oferta é rapidamente perdida por processos de lixiviação. No campo biológico, o impacto do fogo afeta drasticamente a microbiota do solo, reduzindo a presença de microrganismos benéficos, como bactérias fixadoras de nitrogênio, no caso de leguminosas e fungos micorrízicos.

Diante desses desafios, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, juntamente com a conscientização dos produtores, é um passo essencial para mitigar os efeitos das queimadas, promover a preservação do solo e assegurar a viabilidade da produção agrícola no longo prazo.

REFERÊNCIAS

APPROBATO, A. U. **Análise fisiológica e bioquímica da forrageira tropical: Panicum Maximum Jacq. (Poaceae) cultivada em elevado CO₂ atmosférico e aquecimento.** 2015. Tese (Doutorado em Ciência, área de concentração: Biologia Comparada) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2015.

AGBESHIE, Alex Amerh; ABUGRE, Simon; ATTA-DARKWA, Thomas; AWUAH, Richard. A review of the effects of forest fire on soil properties. **Journal Of Forestry Research**, [S.L.], v. 33, n. 5, p. 1419-1441, 28 abr. 2022. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-022-01475-4>.

ARAUJO E. A. et al. Qualidade do solo: conceitos indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 187-206, jan./abr. 2012.

CARDOZO, F. da S. et al. Avaliação das áreas queimadas no estado de Rondônia - Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 063/3, p. 705-716, mai./jun. 2014.

CARDOZO, F. da S. **Estimativas de áreas queimadas para o estado de Rondônia e suas implicações na modelagem do balanço de radiação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe, São José dos Campos/SP, 2014.

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

CPRM. **Recursos Minerais do Estado de Rondônia.** Serviço Geológico do Brasil. Porto Velho, RO, 2020.

DEBANO, L. F.; NEARY, D. G.; FFOLLIOTT, P. F. Fire's effects on ecosystems. General Technical Report INT-280. USDA Forest Service, **Intermountain Research Station**, 1998. Disponível em: https://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/INT_280/DeBano_INT-280.php.

DÖBEREINER, J. **Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil.** Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, conferência no mês de março no IEA, p. 144-152, mar. 1989.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; JORDÁN, A. Post-fire soil burn severity and its influence on soil microbial community structure: A **comprehensive review.** *Geoderma*, v. 337, p. 653-662, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.027>.

FONSECA, E.L. **Processos erosivos em superfícies tabulares com evolução de voçorocamento em áreas de pastagens cultivadas (*Braquiária brizantha* cv. marandu) no município de Colorado do Oeste – Rondônia.** Dissertação (Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho, 2017.

FONSECA, E.L.; SILVA FILHO, E.P. Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.11, n.25, jan./abr. de 2017. pp.137-158

GARBIATE, M. V. et al. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Mato Grosso do Sul, v. 35, p. 2145-2155, set. 2011.

GALANG, M. A.; MARKEWITZ, D.; MORRIS, L. A. **Soil phosphorus transformations under forest burning and laboratory heat treatments.** *Geoderma*, Amsterdam, v. 155, n. 3-4, p. 401-408, mar. 2010.

GRILLO, Giorgio; TABASSO, Silvia; CRAVOTTO, Giancarlo; VAN REE, Teunis. **Burning Biomass: environmental impact on the soil.** *Biomass Burning In Sub-Saharan Africa*, [S.L.], p. 15-30, 2020. Springer Netherlands. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0808-2_2.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. Á.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. Taxa de cobertura, umidade volumétrica e características químicas do solo sob pastagem natural e distintas condições de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 295-302, mar. 2002. Município de André da Rocha, RS, Brasil.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA SOJA**, Londrina-PR, Documentos 283, 80 p., jun. 2007.

IBGE. **Amazônia legal.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html#:~:text=A%20Amaz%C3%B4nia%20Legal%20%C3%A9%20dividida,Amap%C3%A1%2C%20Tocantins%20e%20Mato%20Grosso>. Acesso em: 28 de março de 2023.

KNELMAN, J. E.; GRAHAM, E. B.; PRÉVEY, J. S.; ROBESON, M. S.; KELLY, P.; HOOD, E.; SCHMIDT, S. K. Fire effects on microbial community composition and functionality in high-elevation soils. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 120, n. 8, p. 1610-1622, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2015JG003073>.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008.

NEPSTAD, D. C., et al. Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1498, p. 1737-1746, 2008.

PEREIRA, M. T.; SANTANA, E. H. W.; SANTOS, J. S. Importância das Bactérias Ácido Láticas e não Starter (NSLAB) na Tecnologia de Produção dos Derivados Lácteos. *Ensaios e Ciências*, v. 24, n. 4, p. 348-352, dez. 2020.

POMIANOSKI, D. J. W.; DEDECEK, R. A.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J. **Efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo no sistema agroflorestal da Bracatinga.** Boletim de Pesquisa Florestal, n. 52, p. 93-118, jan./jun. 2006. Colombo: Embrapa Florestas.

POTES, M. da L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 23-32, jan./fev. 2010.

PRESSLER, Y.; MOORE, J. C.; COTRUFO, M. F. Belowground responses to wildfire: A global synthesis. *Global Change Biology*, v. 25, n. 3, p. 931-946, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.14494>.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr./jun. 2011. DOI: 10.5902/198050983239.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ciência Rural*, v. 33, n. 1, p. 49-55, jan./fev. 2003.

RODRIGUES, R. R., et al. Regenerating forests in Brazilian hotspots: Functional and taxonomic diversity over space and time. *Biodiversity and Conservation*, v. 18, n. 4, p. 801-820, 2009.

SEPLAN-RO. **Plano Plurianual 2020-2023 de Rondônia. Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão de Rondônia.** Porto Velho, RO, 2022.

SILVA, C. de O. F.; MAGNONI, P. H. J.; MANZIONE, R. L. Sensoriamento remoto orbital para modelagem da evapotranspiração: síntese teórica e aplicações em computação na nuvem. *BIOENG – Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 425-468, nov. 2021.

SOUZA, J. A. de O. **Colonização na década de 1970, Rondônia e a BR – 364.** Espaço em Revista, Rondônia, v. 22, n. 1, p. 82-100, jan./jun. 2020.

VIEIRA, A. C. et al. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Itajubá-MG, v. 9, n. 6, p. 1703-1711, nov. 2016.