

Atendendo a solicitação do(a) autor(a),
o texto completo desta tese/dissertação
será disponibilizado somente a partir de
06/06/2025.

At the author's request, the full text of
this thesis/dissertation will not be
available until Jun 06, 2025.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia



Ministério da Ciência,
Tecnologia e Inovações



MARCOS PAULO FERREIRA

**DINÂMICA TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE FOGO E
REGISTRO DE ESPÉCIES HERBÁCEAS EM ÁREAS DE
CAMPOS DE ALTITUDE NO BRASIL**

2023

MARCOS PAULO FERREIRA

**DINÂMICA TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE FOGO E REGISTRO DE
ESPÉCIES HERBÁCEAS EM ÁREAS DE CAMPOS DE ALTITUDE NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE pelo Programa de Pós-Graduação em DESASTRES NATURAIS.

Área: Desastres Naturais. Linha de pesquisa: Instrumentação e análise de dados.

Orientadora: Profª. Dra. Klécia Gili Massi

Coorientador: Prof. Dr. Enner Herenio de Alcântara

São José dos Campos

2023

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2023]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Ferreira, Marcos Paulo

Dinâmica temporal da ocorrência de fogo e registro de espécies herbáceas em áreas de campos de altitude no Brasil / Marcos Paulo Ferreira. - São José dos Campos : [s.n.], 2023.
56 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Desastres Naturais) - Pós-graduação em Desastres Naturais - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2023.

Orientadora: Klécia Gili Massi

Coorientador: Enner Herenio de Alcântara

1. Serra da Mantiqueira. 2. Áreas protegidas. 3. Série temporal. 4. Fogo. 5. Flora. I. Massi, Klécia Gili, orient. II. Alcântara, Enner Herenio de , coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). VII. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa consiste na primeira avaliação da frequência de ocorrência de fogo em áreas de campos de altitude de quatro unidades de conservação na região sudeste do Brasil, com o objetivo de se compreender como o fogo está afetando este ecossistema em tempo e espaço ao longo de 35 anos (1985-2020). Ademais, foi realizado um levantamento da ocorrência de espécies herbáceas nesses locais, a fim de se avaliar o grau de endemismo, ameaça e a elaboração de uma lista de espécies comuns a esses locais visando contribuir com a restauração de áreas de campos de altitude degradados na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira. Esperamos que os resultados obtidos nesta pesquisa possam auxiliar gestores de unidades de conservação e atores da restauração a manejar e conservar este ecossistema de maneira eficiente, atendendo o objetivo 15 – Vida Terrestre dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research is the first evaluation of fire frequency in high-altitude grasslands of four protected areas in southeastern Brazil, with the aim of understanding how fire is affecting this ecosystem in time and space over 35 years (1985-2020). In addition, a survey of the occurrence of herbaceous species in these locations was carried out, in order to assess the level of endemism, threat species and the elaboration of a list of species common to these locations in order to contribute to the restoration of degraded high-altitude grasslands in the Vale do Paraíba and Serra da Mantiqueira region. We hope the results obtained in this research can be a tool for protected areas managers and actors on restoration to efficiently manage and conserve this ecosystem, meeting the goal 15 – Life on Earth of the Sustainable Development Goals.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Klécia Gili Massi (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituto de Ciência e Tecnologia

São José dos Campos

Profa. Dra. Tatiana Sussel Gonçalves Mendes (Membro da banca)

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituto de Ciência e Tecnologia

São José dos Campos

Prof. Dr. Leonardo Dias Meireles (Membro da banca)

Universidade de São Paulo (USP)

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

São Paulo

São José dos Campos, 06 de junho de 2023.

AGRADECIMENTOS

Estudar e realizar uma pesquisa durante um período de pandemia global não foi uma tarefa fácil, além de lidar com questões pessoais. Por outro lado, ter fé e apoio de pessoas próximas me ajudou e fortaleceu ao longo da trajetória do mestrado.

Agradeço a Deus que me fez chegar onde estou e por me dar forças para continuar e nunca desistir.

Aos meus pais, Inês e Francisco, por todo o apoio em todas as minhas escolhas de vida e por não pouparem esforços para me ajudar atingir os meus objetivos, construindo pontes ao longo do caminho, para que eu pudesse focar nos meus estudos.

Agradeço à UNESP por toda a ajuda e apoio. Um agradecimento especial à minha orientadora, Klécia, que não desistiu de mim e me incentivou a seguir em frente. Muito obrigado.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial aos meus amigos por me ouvirem e me apoiarem, principalmente ao Luis, Yara, Raquel e Tamiris. Eu não poderia ter pessoas melhores ao meu redor.

“Sentir gratidão e não expressá-la é como embrulhar um presente e não entregá-lo.”
—William Arthur Ward

Muito obrigado!

“O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância, é a ilusão do conhecimento”. Stephen Hawkin

RESUMO

FERREIRA, M. P. **Dinâmica temporal da ocorrência de fogo e registro de espécies herbáceas em áreas de campos de altitude no Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Desastres Naturais) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2023.

A ocorrência de eventos extremos, como o aumento da temperatura, o prolongamento do período de estiagem e a redução do regime de chuvas, cria um ambiente favorável para a ocorrência de incêndios. O conhecimento de seu histórico de ocorrência é uma ferramenta importante nos programas de proteção, direcionando as ações de prevenção e combate. O bioma Mata Atlântica possui grande riqueza biológica, sendo considerado um hotspot. Entre os seus ecossistemas associados encontram-se os campos de altitude, cuja flora é constituída por espécies arbustivas e campestres localizadas junto a afloramentos rochosos. Embora existam registros históricos sobre a ocorrência de incêndios nestes locais, pouco se sabe sobre o seu regime atual, bem como sobre a flora impactada por este distúrbio. O objetivo desta pesquisa é entender a dinâmica espacial e temporal dos incêndios ocorridos em áreas de campos de altitude de quatro áreas protegidas e analisar sua composição florística em termos de endemismo e ameaça. A variabilidade interanual do fogo e sua cobertura entre 1985 e 2020 foi realizada usando imagens Landsat e sua caracterização florística por meio de um levantamento no banco de dados Specieslink. Nossos resultados mostram que o fogo em campos de altitude é um evento recorrente e contínuo. As áreas queimadas cobrem uma grande extensão espacial nas áreas protegidas, havendo maior frequência próximo aos limites do parque. A maior riqueza de espécies foi observada no Parque Estadual da Serra do Papagaio (183 espécies), seguido pelo Parque Nacional do Itatiaia (182), Parque Nacional da Serra da Bocaina (94) e Parque Estadual de Campos do Jordão (38). O maior nível de endemismo e espécies ameaçadas foi observado no Parque Nacional do Itatiaia, seguido pelo Parque Estadual da Serra do Papagaio, Parque Nacional da Serra da Bocaina e Parque Estadual de Campos do Jordão. *Asteraceae* foi a família com maior riqueza de espécies e *Baccharis* o gênero com mais espécies. Encontramos 23 espécies comuns em pelo menos quatro áreas protegidas. Dada a presença do fogo como um evento recorrente e a presença de espécies endêmicas e ameaçadas, os campos de altitude devem ser monitorados rotineiramente para criar um plano de combate mais eficaz e áreas de campos de altitude degradados devem ser protegidas e restauradas na região do Vale do Paraíba e Mantiqueira.

Palavras-chave: Serra da Mantiqueira; áreas protegidas; série temporal; fogo; flora.

ABSTRACT

FERREIRA, M. P. Temporal dynamics of fire occurrence and herbaceous species recorded in areas of high-altitude grasslands in Brazil. 2023. São José dos Campos. Dissertation Thesis (Master's degree in Natural Disaster) - São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden), 2023.

The occurrence of extreme events, such as the increase in temperature, the extension of the drought period and the reduction in the rainfall regime, creates a favorable environment for the occurrence of fires. Knowledge of its history is an important tool in protection programs, directing prevention and combat actions. The Atlantic Forest biome has a great biological richness, being considered a hotspot. Among its associated ecosystems are the high-altitude grasslands, whose flora is made up of bush and grassland species located next to rock outcrops. Although there are historical records about the occurrence of fires in these places, little is known about their current regime, as well as the flora impacted by this disturbance. The objective of this research is to understand the spatial and temporal dynamics of fires that occurred in areas of high-altitude grasslands of four protected areas and analyze their floristic composition in terms of endemism and threat. The interannual variability of fire and its coverage between 1985 and 2020 was performed using Landsat images and its floristic characterization through a survey on the Specieslink database. Our results show that fire in high-altitude grasslands is a recurrent and continuous event. A large spatial extent of fire occurrence in the protected areas is occurring, with a higher fire frequency near the park boundaries. Highest species richness was observed in Serra do Papagaio State Park (183 species), followed by Itatiaia National Park (182), Serra da Bocaina National Park (94) and Campos do Jordão State Park (38). Highest level of endemism and threatened species was observed in Itatiaia National Park, followed by Serra do Papagaio State Park, Serra da Bocaina National Park and Campos do Jordão State Park. Asteraceae was the family with the highest species richness and Baccharis the genera that had more species. We found 23 common species in at least four protected areas. Given the presence of fire as a recurring event and the presence of endemic and threatened species, high-altitude grasslands should be routinely monitored to create a more effective firefighting plan and portions of degraded high-altitude grasslands should be protected and restored in the Vale do Paraíba and Mantiqueira region.

Keywords: Serra da Mantiqueira; protected areas; time series; fire; flora.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 ARTIGOS	13
2.1 Artigo – Ferreira, M. P., Alcântara, E., Massi, K. G. Dinâmica temporal da ocorrência de fogo em áreas de campos de altitude no Brasil / <i>Temporal dynamics of fire occurrence in areas of high-altitude grasslands in Brazil</i>.....	13
2.2 Artigo – Ferreira, M. P., Alcântara, E., Massi, K. G. Registro de espécies herbáceas em áreas de campos de altitude do sudeste do Brasil e implicações à sua conservação / <i>Herbaceous species recorded in high-altitude grasslands of southeast Brazil and implications to its conservation / Especies herbáceas registradas en pastizales de altura en el sureste de Brasil e implicaciones para su conservación</i>	34
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Dentre as principais discussões em nível global, as mudanças climáticas são um assunto constante na comunidade internacional devido a sua relação com a ocorrência de impactos ambientais cada vez mais frequentes. Entre as principais consequências advindas das mudanças climáticas estão a extinção de espécies ameaçadas, riscos à segurança alimentar, além daqueles relacionados a eventos extremos como inundações costeiras, chuvas extremas e ondas de calor (NOBRE; MARENGO; SOARES, 2019). O número de desastres registrados aumentou cinco vezes nos últimos 50 anos, impulsionado em parte pelas alterações climáticas induzidas pelo homem e cuja tendência deverá continuar (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2023).

Além das alterações nas paisagens naturais, as mudanças climáticas, ocorridas juntamente com a série de eventos que ainda ocorrerão, podem ser consideradas uma ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros, principalmente para as formações vegetais compostas por florestas com maior riqueza e endemismo de espécies, como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica (ALEIXO et al., 2010). A ocorrência de eventos extremos, como o aumento da temperatura global, a extensão e maior intensidade do período de estiagem, bem como a redução do regime de chuvas, permite a criação de um ambiente favorável à ocorrência de incêndios. Os incêndios florestais são eventos geralmente imprevisíveis que provocam alterações significativas em todos os tipos de ecossistemas (ZAITSEV et al., 2016). Essa perturbação, principalmente por causas antrópicas (SANTOS; NOGUEIRA, 2015; WHITE; WHITE, 2016; CLEMENTE et al., 2017), elimina espécies da fauna e da flora e, consequentemente, modifica os ecossistemas e sua biodiversidade (NUNES et al., 2015).

De acordo com Hardesty et al. (2005), os ecossistemas são divididos em sensíveis, dependentes e independentes do fogo. No Brasil, ecossistemas de savana e campos como o Cerrado e o Pampa são dependentes do fogo e a queima é entendida como um fator ecológico, pois sua manutenção é influenciada positivamente por eventos de queimadas (COUTINHO, 1980, 1990; PIVELLO et al., 2021). Por outro lado, as florestas tropicais úmidas, como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, são ecossistemas sensíveis ao fogo, onde a ocorrência de fogo é rara (MEGGERS, 1994) devido às condições climáticas desses locais e, portanto, considerado um distúrbio. Nas últimas décadas, os incêndios aumentaram na Mata Atlântica, onde já foram detectados 277.529 incêndios entre agosto de 2020 e junho de 2021 (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2021). Além disso, a porção sudeste da Mata

Atlântica, o Vale do Paraíba Paulista, está sujeita a um aumento na probabilidade de queima (GUEDES et al., 2020). A Mata Atlântica tem convivido historicamente com eventos de incêndio (COCHRANE, 2003; AXIMOFF; CARVALHO RODRIGUES, 2011), modificando sua estrutura, composição e capacidade de regeneração da vegetação (SILVA et al., 2005). Além disso, esse bioma é considerado um dos mais alterados do país (MYERS et al., 2000), cujo fogo afeta a dinâmica de sucessão vegetal, o desenvolvimento e o futuro da floresta (SILVERIO et al., 2013) devido a mudanças nas sementes do solo (KENNARD et al., 2002). Dentro do Bioma Mata Atlântica, existem ecossistemas florestais, como florestas tropicais e florestas estacionais, onde o fogo é considerado um distúrbio, mas existem ecossistemas de campos de montanha, como campos de altitude, onde o fogo natural, iniciado por raios, pode ter evoluído com a presença desses ambientes, porém, apesar dessa coexistência, pouco se sabe sobre o regime e o histórico das queimadas.

Os ecossistemas montanhosos ocorrem em todas as zonas climáticas do planeta e cobrem aproximadamente 25% de sua superfície. As montanhas podem distribuir-se na forma de extensas cadeias ou como se fossem ilhas emergentes no meio das planícies. As montanhas possuem grande diversidade topográfica e geológica, o que é fator para altos índices de diversidade biológica em seus ecossistemas (MARTINELLI, 2007; SPEHN; KÖRNER, 2005). Estão presentes em diversas regiões do globo, apresentando diferentes características florísticas e constituem importantes refúgios e corredores ecológicos, além disso, costumam apresentar maior diversidade vegetal do que regiões de menor altitude (KÖRNER, 1999).

Dentre os ecossistemas de montanha, destacam-se os campos de altitude, que são um tipo de formação vegetal composta principalmente por gramíneas e pequenos arbustos restritos a grandes altitudes. No Brasil, os campos de altitude estão presentes principalmente nas montanhas da região sudeste, na Serra do Mar e Serra da Mantiqueira. Sua vegetação é composta por um mosaico de arbustos (com espécies de *Baccharis*, *Vernonia*, *Eupatorieae*, *Tibouchina*, *Leandra* e *Myrtaceae*), algumas árvores pequenas ou raquíticas (*Escallonia*, *Weinmania*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Maytenus* e *Roupala*), gramíneas (*Cortaderia*, *Calamagrostis* e *Andropogon*) e até mesmo bambus (*Chusquea* spp.), além disso, algumas ervas e pteridófitas também podem ser encontradas. Grande parte da vegetação em campos de altitude é distribuída dependendo da topografia local, sistema de drenagem e tipo de solo (SAFFORD, 1999a). Segundo Scarano et al. (2016), é notável a falta de projeções relativas aos efeitos das mudanças climáticas nos campos de altitude e suas espécies locais. Em ecossistemas montanhosos, também há evidências que sugerem que o aquecimento global reduzirá a área

disponível para espécies já adaptadas a esses habitats (SPEHN; KÖRNER, 2005; PEREZ-GARCIA et al., 2013). Além disso, as projeções também apontam para um aumento de espécies invasoras em habitats de alta montanha (BÉLLARD et al., 2013; BERTELSMEIER et al., 2013).

Embora existam registros de paleofogos em campos de altitude datando de aproximadamente 20.000 anos, antes mesmo da chegada dos humanos (BEHLING, 1997; BEHLING et al., 2007; BEHLING; SAFFORD, 2010; VERÍSSIMO et al., 2012), além da citação de ocorrência de incêndio nesses locais por estudiosos (DUSÉN, 1955; BRADE, 1956), pouco se sabe sobre sua dinâmica de ocorrência, com escassos estudos sobre o assunto. Atualmente, a ocorrência de incêndios florestais é uma das maiores ameaças aos campos de altitude do sudeste brasileiro, pois esta vegetação apresenta algumas características que contribuem para a passagem do fogo, como o clima seco e frio, vegetação seca durante o inverno e ventos fortes (BRADE, 1956; SEGADAS-VIANNA; DAU, 1965; SAFFORD, 1999a; RIBEIRO et al., 2007). Além disso, os campos de altitude são circundados por diversas propriedades rurais onde o fogo é utilizado como forma de manejo em algumas atividades agropecuárias, havendo o risco de que o fogo utilizado por esses proprietários rurais acabe se alastrando e atingindo áreas protegidas em unidades de conservação ou mesmo espécies ameaçadas que estão presentes nesses ambientes

Os campos de altitude são o ecossistema que mais difere do restante da Mata Atlântica, além de ser a única região de clima frio e úmido da face leste da América do Sul. Para biólogos, geógrafos e conservacionistas, os campos de altitude deveriam ser priorizados devido à sua diversidade, altos índices de endemismo de flora e conexões com outras formações das Américas, mas isso não ocorre devido ao desinteresse dos pesquisadores brasileiros em ecossistemas montanhosos e o caráter "andínocêntrico" das pesquisas sobre esses ecossistemas na América do Sul (SAFFORD, 1999b).

Para Ireland (2013), o conhecimento do histórico de incêndios e informações estatísticas sobre o tamanho e a área de ocorrência dos incêndios são uma ferramenta importante nos programas de proteção florestal. Além disso, os gestores das áreas protegidas podem utilizar essas informações para melhor direcionar as ações de prevenção e combate. Além disso, o conhecimento dos fatores de ignição é de fundamental importância para estabelecer programas de prevenção e combate a incêndios florestais, principalmente em áreas naturais protegidas (OLIVEIRA et al., 2018). Por outro lado, Lima et al. (2018) apontam que as áreas protegidas no Brasil apresentam baixa capacidade de combate aos incêndios florestais, pois

aproximadamente 51% dos incêndios ocorridos nesses locais queimaram uma área superior a 4 ha entre 2008 e 2012.

A vasta extensão territorial do Brasil e sua cobertura vegetal diversificada, bem como seu significativo número de incêndios florestais, enfatizam a necessidade de aprimorar os sistemas existentes de controle e detecção desses incêndios (CAÚLA et al., 2015). Para Silva (2014) e Morrison (2014), o monitoramento de queimadas por meio de imagens orbitais de satélite é o meio mais eficiente e de baixo custo em países com grande extensão territorial como o Brasil. Nos últimos anos, houve uma melhoria na capacidade de processamento dos dados obtidos pelos sensores de imagem, permitindo obter informações sobre uso e cobertura do solo, bem como áreas queimadas, para grandes áreas. Iniciativas como o MapBiomas têm sido bem-sucedidas nessa forma de obter dados sobre cicatrizes de queimaduras, bem como sobre uso e cobertura da terra.

Tal abordagem permite focar nas quatro prioridades de ação para desastres presentes no Quadro de Sendai (UNITED NATIONS, 2015), a saber: compreensão do risco de desastres; fortalecer a governança do risco de desastres visando sua gestão; investir na redução do risco de desastres para resiliência e melhorar a preparação para desastres para uma resposta eficaz e “reconstruir melhor” na recuperação, reabilitação e reconstrução.

Devido à constante mudança no clima, o fogo causado pelo homem e estratégias inadequadas de manejo do fogo, hipotetizamos uma tendência constante de sua ocorrência em campos de altitude. Em relação a sua fauna, levantamos a hipótese de que áreas protegidas com mais áreas queimadas e mais espécies endêmicas têm maior risco de extinções locais e espécies que são comuns a mais de uma área protegida tendem a ser menos propensas a serem impactadas pelo fogo. Este trabalho visa compreender a dinâmica espacial e temporal dos incêndios ocorridos em quatro unidades de conservação durante 35 anos (1985 a 2020). Os objetivos foram:

- a) Quantificar e comparar as áreas queimadas anualmente em campos de altitude;
- b) Mapear as frequências de queima por ano em campos de altitude;
- c) Analisar a flora dos campos de altitude, verificando o seu grau de endemismo e ameaça.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da tendência de aumento na área de campos de altitude, não significa que não existam pressões relevantes neste ecossistema para a sua degradação relacionado com a ocorrência de incêndios. O fogo é um evento recorrente nos campos de altitude, refletindo uma intensa atividade antrópica no entorno das áreas protegidas, como mostramos. Um entendimento mais profundo sobre a ocorrência de incêndios passados e atuais nesta vegetação é fundamental para prevenir e combater incêndios ilegais, bem como desenvolver metas claras para o manejo do fogo (PIVELLO et al., 2021).

Houve alguns anos que ocorreram grandes eventos de incêndios nas áreas protegidas que foram amplamente divulgados pela mídia, causados principalmente por fatores humanos, que revelaram o conflito que existe entre as áreas protegidas e seu entorno. Além disso, foi observada maior frequência de incêndios nas áreas próximas aos limites dos parques, o que revelou fatores externos de ignição. Durante a estação seca, a ocorrência de fogo está relacionada a causas humanas através das práticas agrícolas, onde os pecuaristas utilizam o fogo para renovar o pasto.

Em relação à flora, tanto o Parque Nacional do Itatiaia quanto o Parque Estadual da Serra do Papagaio apresentaram o maior nível de endemismo e espécies ameaçadas de extinção. Tal riqueza pode estar associada ao fato do Parque Estadual da Serra do Papagaio possuir campos de altitude em dois ecossistemas distintos: afloramentos rochosos (menos densos e com menor biomassa) e formações campestres (mais densas e com maior biomassa). Porém, também é possível que as queimadas ocorridas nessas unidades de conservação estejam sendo responsáveis pela manutenção dessa diversidade de espécies, como já demonstraram outros estudos em áreas queimadas de Cerrado e Campos (FIDELIS; PIVELLO, 2011). Além disso, o Parque Nacional do Itatiaia tem sido alvo de queimadas prescritas por equipes do Prevfogo (Ibama), sendo possível que essas queimadas também estejam contribuindo para a manutenção da alta biodiversidade de plantas nas áreas de campos de altitude desta unidade de conservação (AXIMOFF, 2011).

Por outro lado, como observamos que as áreas de campos de altitude da Serra da Bocaina e da Serra do Papagaio foram as mais ameaçadas pelo fogo, as espécies endêmicas verificadas nessas duas áreas (36 e 102, respectivamente) estão em perigo de extinções locais, caso os incêndios ocorram com maior frequência e intensidade do que no regime natural de queima.

Encontramos 23 espécies comuns em pelo menos três das unidades de conservação estudadas com menor risco de extinção local e que devem ser priorizadas nos esforços de recuperação de campos de altitude degradados na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira. A restauração ecológica pode ser definida como um processo para ajudar a restaurar um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL, 2004).

O conhecimento integrado sobre a distribuição do fogo em campos de altitude de diferentes regiões do Brasil e como essas áreas se comportam sob um regime de fogo natural alterado era escasso até o presente estudo. Assim, incentivamos a investigação através de campanhas de campo para melhor compreensão deste tema em outras regiões com realidades diferentes ou semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 8, p. 194-196, 2010.
- AXIMOFF, I. O que perdemos com a passagem do fogo pelos campos de altitude do estado do Rio de Janeiro. **Biodiversidade Biológica**, v. 2, p. 180-200, 2011.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 129, p. 407-422, 1997.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in the Serra da Bocaina, southeastern Brazil. **Quaternary International**, v. 161, n. 1, p. 22-31, 2007.
- BEHLING, H.; SAFFORD, H. D. Late-glacial and Holocene vegetation, climate and fire dynamics in the Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil. **Global Change Biology**, v. 16, n.6, p. 1661-1671, 2010.
- BÉLLARD, C. et al. Will climate change promote future invasions?. **Global Change Biology**, v. 19, p. 3740–3748, 2013.
- BERTELSMEIER, C.; LUQUE, G.M.; COURCHAMP, F. Increase in quantity and quality of suitable areas for invasive species as climate changes. **Conservation Biology**, v. 27, p. 1458–1467, 2013.
- BRADE, A. C. A flora do Parque Nacional do Itatiaia. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, v. 5, p. 1-114, 1956.
- CAÚLA, R. H. et al. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.
- COUTINHO, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, v. 10, n. 44, p. 7-23, 1980.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 82-105.
- CLEMENTE, S. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; LOUZADA, M. A. P. Focos de calor na Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 669-677, 2017.
- COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913–919, 2003.
- DUSÉN, P. K. H. Contribuições para a flora do Itatiaia. **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia**, v. 4, p. 6-91, 1955.
- FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos Sulinos?. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 12-25, 2011.

GUEDES, B. J. et al. Vulnerability of small forest patches to fire in the Paraíba do Sul river valley, southeast Brazil: implications for restoration of the Atlantic Forest biome. **Forest Ecology and Management**, v. 465, p. 1-11, 2020.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **George Wright Forum**, v. 22, n. 4, p. 78-87, 2005.

HART, E. et al. Use of machine learning techniques to model wind damage to forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 265, p. 16-29, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, 2021. **Portal do monitoramento de queimadas e incêndios florestais**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 15 set. 2022.

IRLAND, L. C. Extreme value analysis of forest fires from New York to Nova Scotia, 1950–2010. **Forest Ecology and Management**, v. 294, p. 150-157, 2013.

KENNARD, D. K. et al. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 162, p. 197–208, 2002.

KÖRNER, Christian. **Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems**. Berlin: Springer-Verlag, 1999.

LEUENBERGER, M. et al. Wildfire susceptibility mapping: deterministic vs. stochastic approaches. **Environmental Modelling & Software**, v. 101, p. 194–203, 2018.

LIMA, G. S. et al. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 113-122, 2018.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 587-597, 2007.

MEGGERS, B. J. Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. **Climate Change**, v. 28, p. 321–338, 1994.

MORRISON, J. H. Caring for country: indigenous people managing country using fire, with particular emphasis on northern Australia. In: INTERNATIONAL WILDLAND FIRE CONFERENCE, 9., 2014, Sydney. **Abstract and Papers...** Sydney: ISDR, 2014.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000.

NOBRE, Carlos Alberto; MARENGO, Jose Antonio; SOARES, Wagner Rodrigues. **Climate change risks in Brazil**. Geneve: Springer, 2019.

NUNES, M. T. et al. Variáveis condicionantes na susceptibilidade de incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 54-62, 2015.

OLIVEIRA, M. V. N.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Quantificação do material combustível em fragmento de Mata Atlântica no nordeste brasileiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p.1-8, 2018.

PEREZ-GARCIA, N. et al. Drastic reduction in the potential habitats for alpine and subalpine vegetation in the Pyrenees due to twenty-first century climate change. **Regional Environmental Change**, v. 13, p. 1157-69 2013.

PIVELO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 233-255, 2021.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO F. R. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 3, n. 4, p. 623-639, 2007.

SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos I. Introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **The Journal of Biogeography**, v. 26, p. 713-738, 1999.

SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos II. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, v. 26, p. 713-737, 1999.

SANTOS, A. C. A.; NOGUEIRA, J. S. Análise do material particulado no Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 254-264, 2015.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P.; MARTINELLI, G. Climate change and "campos de altitude": forecasts, knowledge and action gaps in Brazil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 139-144, 2016.

SEGADAS-VIANNA, F.; DAU, L. Ecology of the Itatiaia range, southeastern Brazil - climates and altitudinal climatic zonation. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 53, p. 31-53. 1965.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL – SER. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. Tucson: SER; 2004.

SILVA, V. F. et al. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma Floresta Estacional Semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 701-716, 2005.

SILVA, R. A. Incêndio Florestal. In: TOCCHETTO, D. **Perícia Ambiental Criminal**. Campinas: Millennium, 2014. p. 351-406.

SILVÉRIO, D. V. et al. Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native Cerrado and exotic pasture grasses. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 368, n. 1619, p. 1-8, 2013.

SPEHN, E.; KÖRNER, C. **Global mountain biodiversity assessment (GMBA): a global diversitas network**. Abstract of poster presentation at the eighth meeting of the subsidiary body on scientific, technical and technological advice of the convention on biological diversity. Montreal: United Nations Environment Programme, 2005.

UNITED NATIONS. **Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030**. United Nations, 2015. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 05 nov. 2022.

VERÍSSIMO, P., N.; SAFFORD, H. D.; BEHLING, H. Holocene vegetation and fire history of the Serra do Caparaó, SE Brazil. **The Holocene**, v. 22, n. 11, p. 1243-1250, 2012.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S. Queimadas controladas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 561-570, 2016.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **Early warnings for all initiative scaled up into action on the ground. 2023.** Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/early-warnings-all-initiative-scaled-action-ground#:~:text=The%20Early%20Warnings%20For%20All%20Initiative%20>. Acesso em: 05 nov. 2022.

ZAITSEV, A. S. et al. Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review. **Applied Soil Ecology**, v. 98, p. 261-271, 2016.