

ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS INCÊNDIOS E QUEIMAS NA SERRA FINA (MG\SP\RJ) (1985-2022)

Henrique Carvalho de Oliveira¹
Lais Barbosa Fernandes²
Hiago Dalia Oliveira³
Roberto Marques Neto⁴

INTRODUÇÃO

A área conhecida como Serra Fina fica localizada em tríplice divisa entre os estados de Minas Gerais (Passa Quatro, Itamonte e Itanhandu), São Paulo (Queluz, Lavrinhas e Cruzeiro) e Rio de Janeiro (Resende) (figura 1). Partilhando das maiores elevações da Serra da Mantiqueira, a Serra Fina possui sua gênese vinculada a uma intrusão alcalina diretamente relacionada ao rifte continental que levou a separação entre os continentes sul-americano e africano, resultando na abertura do Atlântico Sul (RICCOMINI, 1989; CHIESSI, 2004; ZALAN; OLIVEIRA, 2005). Tal intrusão possui idade cretáceo-paleocena, cronocorrelata ao maciço alcalino do Itatiaia, estrutura congênere da qual se separa por uma brecha tectônica de orientação NW-SE cuja descontinuidade dá passagem ao rio Capivari, um dos afluentes da margem direita do rio Verde em seu alto curso (MARQUES NETO et al. 2022).

A Serra Fina possui majoritariamente relevos escarpados e declivosos, de origem tectônica, com direcionamento geral NE-SW. Também é possível observar topos convexos e planos, bem como patamares reafeiçoados com depósitos coluviais e planícies fluviais em diferentes níveis altimétricos (MARQUES NETO, et al., 2022). As vertentes escarpadas possuem diversos formatos, sendo o divergente-convexo e o convergente-côncavo os mais proeminentes, sendo que as vertentes a barlavento drenam para bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e aquelas a sotavento estão orientadas para a bacia do rio Grande.

O clima da área é do tipo Cwb segundo o sistema classificatório de Köppen. Os volumes de precipitação variam significativamente ao longo do ano, sendo mais altos entre outubro e janeiro e mais baixos entre maio e agosto. Observa-se uma tendência de redução da

¹ Graduando do curso Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - henriquecarvalho.oliveira@estudante.ufjf.br

² Graduanda do curso Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - Barbosa.Lais@outlook.com.br

³ Graduando do curso Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - hiagooliveirabc@gmail.com

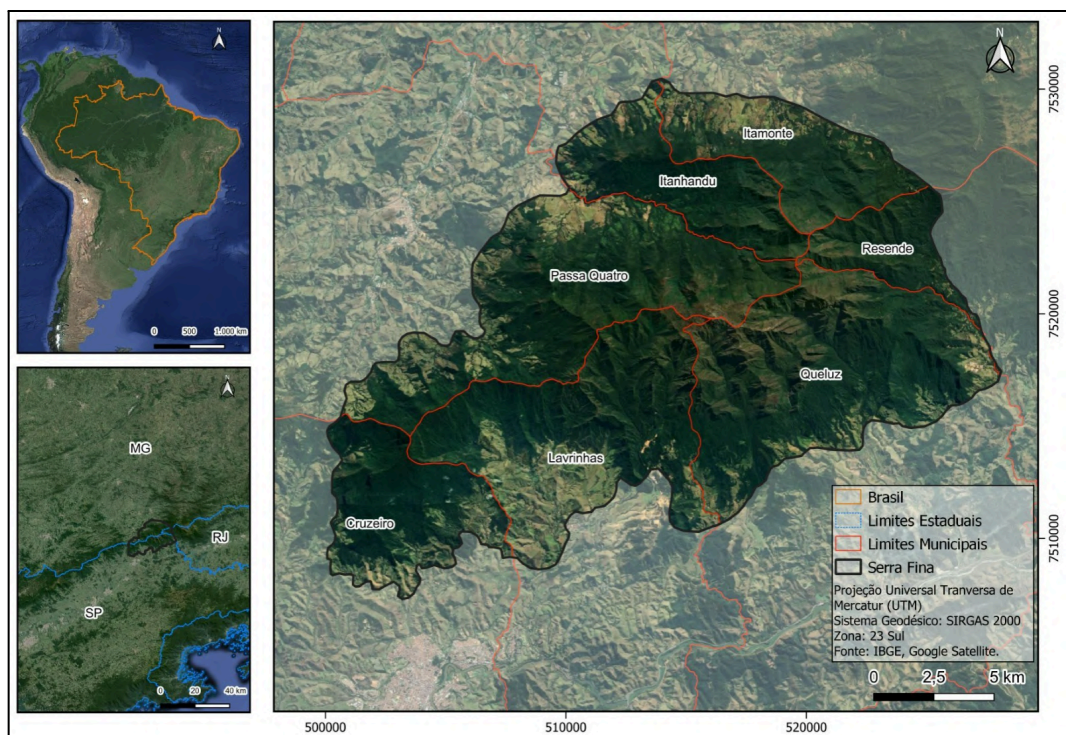
⁴ Professor permanente do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - roberto.marques@ufjf.br

quantidade de chuva à medida que se avança para o interior, especialmente após os limites da Serra Fina (MARQUES NETO, et al., 2023). A variação entre as temperaturas mais elevadas

do mês mais quente (janeiro) e as temperaturas mais baixas do mês mais frio (julho) variam entre 7 e 8 °C, tendo variação anual de aproximadamente 18 °C (MARQUES NETO, et al., 2023).

Diante do exposto, o objetivo aqui estipulado consiste em interpretar a espacialidade das áreas queimadas na Serra Fina entre 1985 e 2022, visando compreender sua distribuição e suas relações com a paisagem, podendo auxiliar futuras ações de mitigação. A base teórico-metodológica utilizada é a abordagem sistêmica de Bertalanffy (1973), se atentando, dessa forma, a um caráter holístico que visa compreender a interação entre diferentes variáveis interdependentes na distribuição espacial da propagação do fogo.

Figura 1: Mapa de localização da Serra Fina.



Fonte: Elaborado pelos autores.

METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as seguintes bases conceituais: (1) Lemos, et al. (2010), que define *incêndio* como a propagação descontrolada do fogo em vegetação podendo estar atrelado a ação humana ou a fenômenos naturais, e *queima* como o uso controlado do fogo com um objetivo específico; (2) Santana Neto et al. (2022, 2023), que

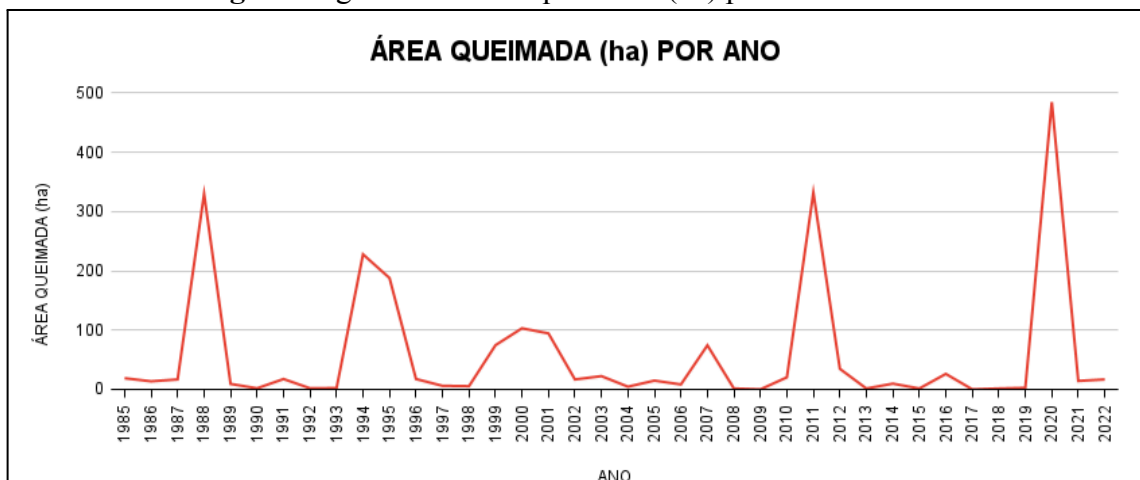
consideram as variáveis topográficas e de uso, ocupação e cobertura do solo como fatores importantes na susceptibilidade a incêndios.

Ademais, foram extraídos os dados de áreas queimadas disponibilizados pelo MapBiomas fogo Coleção 2 (MAPBIOMAS, 2023) para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais por meio do *Google Earth Engine*. Posteriormente, tais dados foram inseridos no SIG Qgis 3.28 e recortados, utilizando o *shape* da área pretendida como camada de referência. Os dados recortados foram transformados de *rasters* em vetor por meio da função “poligonizar”, posteriormente utilizados como camada de referência para que fosse possível recortar os dados de declividade, orientação das vertentes e forma do terreno, obtidos por meio do banco de dados geomorfométricos do Topodata (INPE, 2008), de levantamentos geomorfológicos obtidos em Marques Neto et al. (2020) e informações de uso, ocupação e cobertura da terra obtidos no MapBiomas Coleção 8 (MAPBIOMAS, 2023). Para calcular a área de todas as variáveis extraídas, foi utilizado o complemento *Landscape ecology*. Com os resultados obtidos em formato csv, foram elaborados gráficos no *Google Planilhas* para melhor visualização.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise e interpretação das estimativas de área queimada entre 1985 e 2022, disponível pelo MapBiomas fogo Coleção 2 (MAPBIOMAS, 2023) permitiu constatar que somente nos anos de 2009 e 2017 não foram detectados queimas ou incêndios, sendo os anos de 1988, 1994, 2011 e 2020 aqueles que mais se destacam com relação a sua abrangência (figura 2).

Figura 2: gráfico da área queimada (ha) por ano de 1985 até 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando analisada a quantidade de área queimada entre os anos de 1985 e 2022 para as variáveis físicas (figura 3) e humanas, foi possível desenvolver gráficos (figura 4) com os seguintes resultados:

1 – Área queimada por município: a distribuição das áreas queimadas na Serra Fina mostra que os municípios de São Paulo concentram 76,8% das áreas queimadas segundo a seguinte distribuição: Queluz (35%), Lavrinhas (27,1%) e Cruzeiro (14,7%). Em Minas Gerais, que concentrou 23,1% do total queimado, Passa Quatro tem a maior parte (18,3%), seguido por Itanhandu (3,8%) e Itamonte (1%). O Rio de Janeiro, com o município de Resende, teve apenas 0,1% das áreas queimadas, com um único registro em 2011. Essa distribuição é influenciada pela maior presença de áreas declivosas, campos altimontanos e pastagens no lado paulista da Serra Fina.

2 – Declividade: as áreas com declividade de até 10% foram as que obtiveram menor quantidade de área queimada (7,9%), seguindo pelos valores superiores a 40% (10,2%), 30% a 40% (24,6%), 10% a 20%, (25,1%) e entre 20% e 30% (32,1%). Com relação a esses dados, é possível associar a propagação das áreas queimadas com o aumento da declividade, visto que entre as porções com valor mínimo até as porções com 30% de declive, a porcentagem de área queimada é crescente. A partir das porções com valores de 30% até as porções de valores superiores a 40% de declive a porcentagem de área queimada diminui. Tal diminuição pode estar associada a menor biomassa vegetal contida nessas áreas, bem como a inexistência de atividades humanas de agricultura e pastagem. Tais atividades muitas vezes estão diretamente interligadas à propagação de áreas queimadas, visto que o manejo dessas áreas é recorrentemente levado a efeito pelo uso do fogo.

3 - Orientação das vertentes: na Serra Fina, as vertentes orientadas para sotavento acumularam 54,6% do total das áreas queimadas, enquanto as vertentes a barlavento concentraram 45,3% do total. As vertentes a sotavento, com orientações entre para N-NW e W, recebem mais radiação solar, retendo assim menos umidade, favorecendo a propagação do fogo. Por outro lado, as vertentes a barlavento, com orientações entre S-SE e E, possuem mais umidade e são menos suscetíveis a propagação do fogo. Tais afirmações foram baseadas no trabalho desenvolvido por OLIVEIRA *et al.* (1995) que verificou incidência de incêndios consideravelmente maiores nas vertentes orientadas a norte no maciço da Tijuca. No caso da

Serra Fina, a ocorrência significativa de áreas queimadas nas vertentes a barlavento está relacionada à presença de atividades humanas como agricultura e pastagem.

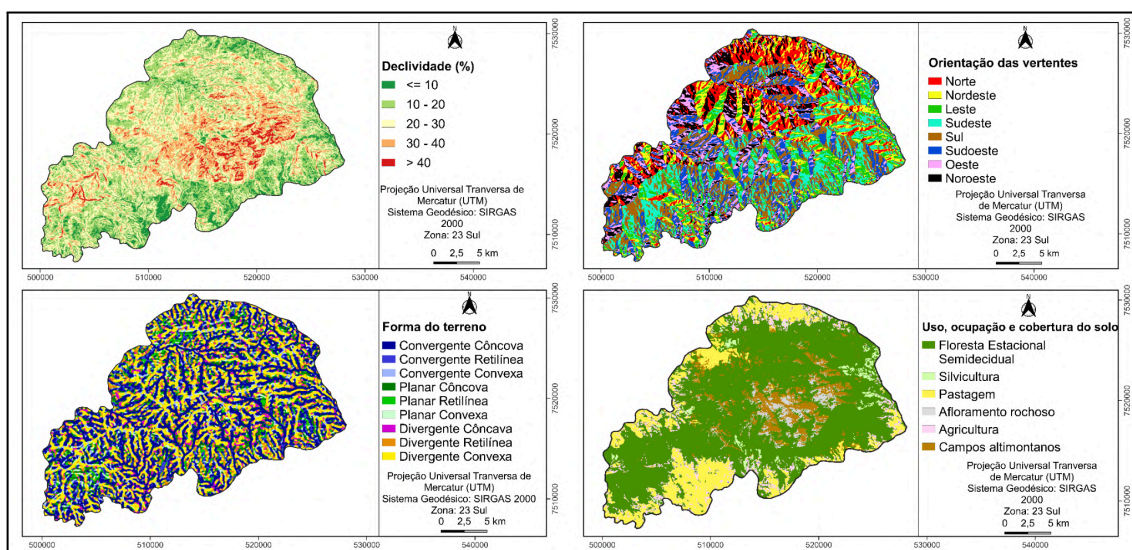
4 – Unidades Geomorfológicas: as unidades geomorfológicas denudacionais na Serra Fina apresentam a maior área queimada, totalizando 89,3%, com 52,5% em taludes e escarpas de falha e 36,8% em patamares reafeiçoados com depósitos coluviais. As formas residuais representam 10,4% das áreas queimadas, enquanto os tipos agradacionais representam apenas 0,2%, todas em planícies fluviais posicionadas em domínios mais baixos. As planícies fluviais altimontanas não apresentaram áreas queimadas. A maior incidência de áreas queimadas em áreas denudacionais está relacionada ao sistema de propagação *morro acima*, no qual o fluxo de gases se intensifica em direção à montante, diretamente vinculado ao acréscimo de declividade (ALMEIDA, *et al.*, 2007), ao contrário das áreas residuais e agradacionais, que possuem declives mais suaves.

5 – Formato do terreno: em relação ao formato do terreno na Serra Fina, as áreas divergentes foram as que apresentaram a maior porcentagem de área queimada, totalizando 62,4%. Dentro dessas, destacam-se as áreas divergentes-convexas (43,9%), seguidas pelas divergentes-côncavas (11%) e divergentes-retilíneas (7,5%). As áreas convergentes representaram 23,6% das áreas queimadas, sendo as áreas convergentes-côncavas (14,7%) as que mais se destacam, seguidas pelas convergentes-convexas (5,9%) e convergentes-retilíneas (3,0%). As áreas planas contabilizaram 14,1% do total de áreas queimadas, distribuídas entre planar-convexas (9,2%), planar-retilíneas (3,9%) e planar-côncavas (1%). A maior incidência de áreas queimadas em áreas divergentes, especialmente nas convexas, deve-se à menor retenção de umidade e à vegetação menos densa e mais seca. As áreas convergentes, com maior concentração de umidade e vegetação mais densa e úmida, tiveram uma porcentagem menor de áreas queimadas, mas ainda mais significativa que as áreas planas devido aos declives mais acentuados, que facilitam a dispersão do fogo.

6 – Uso, ocupação e cobertura da terra: no que se refere à variável em questão, a maior incidência de áreas queimadas é encontrada nos campos altimontanos (43,8%), seguidos pelas áreas de pastagem (19,5%), floresta (19,2%) e agricultura (17,4%). Os campos altimontanos, podendo ser identificados como afloramentos rochosos pelo MapBiomias Coleção 8 (MAPBIOMAS, 2023) devido à sua associação com esse tipo de ambiente. As áreas de pastagem podem apresentar áreas queimadas tanto por ações intencionais de manejo,

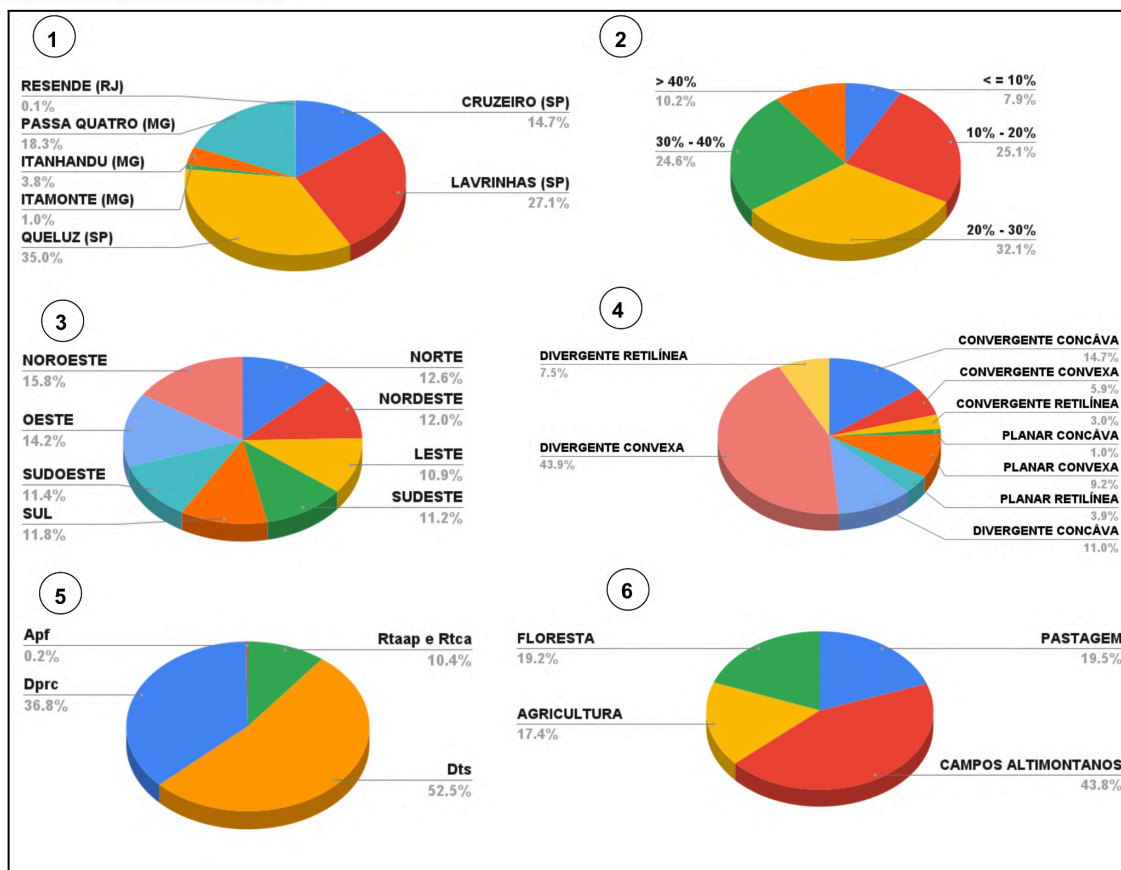
no caso de pastagens não naturais, quanto por dinâmicas naturais em pastagens naturais. As áreas de floresta, por sua vez, estão associadas a vertentes declivosas e próximas a intervenções humanas, como pastagens, áreas agrícolas e trilhas. A agricultura tem a menor ocorrência de áreas queimadas, possivelmente indicando a adoção de práticas de manejo que não envolvem o uso do fogo.

Figura 3: mapas de declividade, orientação das vertentes, formato do terreno e uso, ocupação e cobertura do solo respectivamente.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4: gráficos de área queimada na Serra Fina de 1985 até 2022 para cada classe de cada variável analisada, sendo: 1 - por município; 2 - por classe de declividade; 3 - por classe de orientação das vertentes; 4 - por formato do terreno; 5 - por classe de unidade de relevo; 6 - por classe uso, ocupação e cobertura do solo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das áreas queimadas na Serra Fina entre 1985 e 2022 revelou padrões bem marcados em relação à distribuição espacial e temporal desses eventos. A maior incidência de áreas queimadas em áreas declivosas e com vegetação mais aberta, admitindo assim maior propagação do fogo, como os campos altimontanos, destaca a influência da topografia e da vegetação na catalisação de incêndios. A variação na distribuição das áreas queimadas entre diferentes municípios e tipos de terrenos sugere que fatores como a orientação das vertentes, a declividade e as atividades humanas desempenham papéis cruciais na suscetibilidade e na frequência das áreas queimadas.

Pelo que os dados apontam para os municípios de São Paulo, conclui-se que tal concentração diferencial é devida à presença de áreas propícias à propagação do fogo, dada a maior conspicuidade dos campos altimontanos e pastagens. Em contraste, as áreas com as menores declividades e maior umidade, como as vertentes orientadas a barlavento, apresentaram menor incidência de áreas queimadas. A relação entre a declividade e a propagação das áreas queimadas sugere que, em paisagens montanhosas, áreas com menor

inclinação são menos propensas a propagação do fogo, enquanto declives moderados a elevados têm maior probabilidade de propagação do fogo, por meio do sistema de propagação morro acima.

Em síntese, este estudo indica a influência direta da vegetação, das características topográficas e da atividade humana na espacialização das áreas queimadas, indicando haver uma interação sistêmica entre essas variáveis. Embora tal racionalização se aplique para incêndios e queimas em geral, é inequívoco que a Serra Fina é bastante representativa de como o fenômeno em apreço se comporta no contexto das montanhas tropicais. Estratégias de mitigação e conservação devem levar em consideração essa complexa interação em seus aspectos gerais, bem como considerar as especificidades da Serra Fina enquanto paisagem montanhosa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. M. **Modelagem da propagação do fogo como ferramenta de auxílio a decisão no combate e prevenção de incêndios no Parque Nacional das Emas, GO.** 2012. Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, [S. l.], 2012.

BERTALANFFY, L.V. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1973.

CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ).** 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

INPE. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil [online].** São José dos Campos: INPE, 2015.

MARQUES NETO, R., BRITES, P. M., FERNANDES, L. B., SANCHES, F. O., OLIVEIRA, M. L. D., VIANNA, Y. C. G.. Cinturões de altitude em relevos montanhosos tropicais e a conjunção entre zonalidade e extrazonalidades nos geossistemas montanhosos. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, Juiz de Fora, v. 12, n. 2, p. 320-344, 2022.

MARQUES NETO, R., *et al.*. **Atlas Geoambiental da Serra Fina (MG\SP\RJ).** Juiz de Fora: Programa de Pós Graduação em Geografia UFJF / UNIFAL, 2023. 1 atlas.

OLIVEIRA, R. R., ZAU, A. S., FLORES, D. F, VIANA, M. C., SODRÉ, D. O., SAMPAIO, P. D. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.1, p. 523-541, 1995.

Projeto MapBiomias – **Coleção [coleção 8] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil [online].** 2022.

Projeto MapBiomias – **Coleção [coleção 2] da Série Anual de Mapas de Cicatrizes de áreas queimadas do Brasil [online].** 2022.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil.** São Paulo, 1989. 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SANTANA NETO, V. P., SOARES, D. M., SILVA, T. C., TORRES, F. T. P. Avaliação de dois métodos para o zoneamento de propagação de incêndios florestais no parque estadual de Itacolomi, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 43, 2023.

SANTANA NETO, V. P., LEITE, R. V., SANTOS, V. J., ALVES, S. C., CASTRO, J. S., TORRES, F. T. P., CALIJURI, M. L. Burning Susceptibility Modeling to Reduce Wildfire Impacts: A GIS and Multivariate Statistics Approach. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 1, p. e20210078, 2022.

LEMOS, A. F., ELIAS JUNIOR, E., BEZERRA, F. W. B., ZALUAR, H. L. T., DAU, J. Z. R., FARIA, L. P., MOTTA, M. S., WILLMERSDORF, O. R. Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Brasília: **Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio)**, p. 87, 2010.

ZALAN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.