

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**FÁBIA MARIA DOS SANTOS SOUZA**

**EFEITOS DO FOGO NA REGENERAÇÃO NATURAL E NAS CARACTERÍSTICAS DE  
MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2020**

**FÁBIA MARIA DOS SANTOS SOUZA**

**EFEITOS DO FOGO NA REGENERAÇÃO NATURAL E NAS CARACTERÍSTICAS DE  
MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres  
Coorientador: Vinícius Barros Rodrigues

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de  
Viçosa - Campus Viçosa

T

S729e  
2020 Souza, Fábيا Maria dos Santos, 1993-  
Efeitos do fogo na regeneração natural e nas características de  
materiais combustíveis em floresta estacional semidecidual / Fábيا  
Maria dos Santos Souza. - Viçosa, MG, 2020.  
59 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Florestas - Conservação. 2. Incêndios florestais. 3. Solo -  
Degradação. 4. Serapilheira. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.943

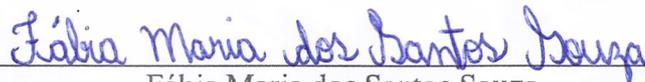
FÁBIA MARIA DOS SANTOS SOUZA

**EFEITOS DO FOGO NA REGENERAÇÃO NATURAL E NAS  
CARACTERÍSTICAS DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FLORESTA  
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de novembro de 2020.

Assentimento:



---

Fábيا Maria dos Santos Souza

Autora



---

Fillipe Tamiozzo Pereira Torres

Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos recebidas.

À minha mãe, que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas, me incentivou, me fortaleceu e me manteve de pé nos momentos mais difíceis durante toda a minha jornada acadêmica e, principalmente, durante o desenvolvimento do mestrado longe de casa. Mãe, você é sem dúvidas, o meu alicerce!

Ao meu pai Hermantino Vieira e minha avó Aurelina de Jesus “*in memoriam*”, que sempre me incentivaram e me motivaram a continuar, mesmo diante de todos os obstáculos.

Aos meus irmãos (as), primos (as), tios (as), sobrinhos (as) cunhada e afilhada, que mesmo com a minha falta devido à distância, me entendem e apoiam, com o carinho de vocês, tudo ficou mais doce e leve.

À todos os meus amigos de São Desidério, em especial à Anna Tathyanne, Mauro Jorge e Thayane Carvalho pelo amor incondicional e por toda a força que me dão para continuar.

Aos amigos que a UFV me deu, Danúsia Souto e Ítalo Nunes, os dias do nosso “TRIODEST” foram os mais complexos, intensos e divertidos, obrigada por me ajudarem em todos os momentos em Viçosa, com ensinamentos na vida pessoal e profissional.

Ao grupo “especial pela educação”, por fazerem os meus dias longe de casa menos doloroso e mais alegres, obrigada por terem me acolhido tão bem em Viçosa.

Às minhas amigas Lydianne Bastos, Ana Nogueira e Mayra Castro, que fizeram dos meus dias de solidão em Viçosa os melhores, vocês me ensinaram tanto, sou eternamente grata por tudo!

Às minhas amigas Jeane Passos e Val Lacerda, que mesmo distante sempre estiveram presentes em minha vida, me orientando, incentivando, apoiando e aguentando ouvir todos os meus desabafos e choros, vocês são mais que especiais em minha vida, obrigada pela nossa cumplicidade de anos, obrigada por tanto!

Às minhas amigas Aline Costa e Thaynara Lopes pelo apoio em campo, na obtenção dos resultados e pelo apoio emocional quando mais precisei.

Ao meu amigo Valdeir Lima pelo apoio e ajuda de todos os dias.

Ao meu orientador Fillipe Torres, pelo esforço e empenho em me ajudar, ainda mais diante das situações complexas de orientação a distância durante a pandemia, pela paciência comigo durante esses anos de Mestrado, pelos ensinamentos e, pela prontidão em todas as horas.

Ao meu coorientador Vinícius Rodrigues, obrigada por todas as dúvidas esclarecidas, pelo esforço e dedicação durante esse período, suas contribuições e orientações foram fundamentais para a finalização desse trabalho.

Às minhas professoras da graduação Luci Ribeiro e Ana Mapeli, que me inspiram a continuar.

À Pós-Graduação em Ciência Florestal.

À Universidade Federal de Viçosa.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio e auxílio concedidos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

SOUZA, Fábيا Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2020. **Efeitos do fogo na regeneração natural e nas características de materiais combustíveis em Floresta Estacional Semidecidual.** Orientador: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Coorientador: Vinícius Barros Rodrigues.

O presente estudo foi realizado no fragmento florestal de Mata Atlântica, com e sem ocorrência de fogo, denominado “Recanto da Cigarra” pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Foram instaladas 20 parcelas, sendo 10 na área queimada e 10 na não queimada. Esse estudo foi dividido em dois capítulos, no primeiro objetivou-se avaliar as mudanças ocorridas no estrato da regeneração natural nas duas áreas. Os parâmetros fitossociológicos e a diversidade funcional da comunidade vegetal foram avaliados no levantamento florístico, realizado nas parcelas instaladas, em 2018 e 2019. Foram coletados 113 e 126 indivíduos e 23 e 16 espécies pertencentes a 13 e nove famílias botânicas na área queimada e não queimada, respectivamente. A espécie *Piper* sp.1 foi a mais representativa, ocorrendo em 100% das parcelas. A quantidade de indivíduos entre os anos reduziu, entretanto não houve diferença estatística entre as áreas. Maior riqueza de espécies foram amostradas em áreas com ocorrência de incêndio de baixa severidade. A presença de espécies do gênero *Piper* ocorre com frequência em áreas de Floresta Estacional com sinais de perturbação. As áreas apresentam valores semelhantes quanto a riqueza de espécies, embora a diversidade de espécies tendeu ao aumento, com ligeiro incremento no índice de equitabilidade devido ao incêndio ter sido de baixa severidade. Portanto, a perturbação que o fogo gerou pode ser considerada um aspecto importante para que ocorra essa diferenciação florística. No segundo capítulo, objetivou-se quantificar o teor de umidade e caracterizar o material combustível do estrato da regeneração natural, nas áreas com e sem a ocorrência do fogo. Vinte amostras do material combustível foram coletadas no período seco (agosto de 2018) e 20 no chuvoso (novembro de 2019), sendo 10 em cada área. A contribuição de massa úmida e seca para cada classe e do teor de umidade, foram obtidas a partir da secagem do material combustível em estufa com temperatura de 70°C por 72 horas. Houve diferença estatística nos valores de massa seca, com novembro sendo menos representativo, porém as áreas queimadas apresentaram os menores valores de massa seca. A maior carga total e o menor teor de umidade foram encontrados na classe I de menor diâmetro. O maior valor médio do teor de umidade foi encontrado em novembro de 2019, e os menores valores desse teor foram amostrados nas áreas queimadas. A menor massa seca em novembro, é justificada pela maior umidade presente em épocas chuvosas, que facilita a

decomposição do material combustível. Na área queimada, a massa seca foi menos representativa, pois o fogo após a sua passagem remove a biomassa. O material com maior probabilidade de começar o processo de ignição é a classe I, a que se destacou, uma vez que apresentou a maior carga média, indicando risco de novos incêndios na área. Além disso, a menor umidade foi encontrada na área queimada, resultado da abertura do dossel após a mortalidade de árvores pós-incêndio, que favorece o acúmulo de material combustível morto e seco, tornando as áreas de Floresta Estacional, mais susceptíveis a ocorrência de novos incêndios.

Palavras-chave: Degradação. Diversidade. Recuperação.

## ABSTRACT

SOUZA, Fábila Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2020. **Effects of fire on natural regeneration and characteristics of combustible materials in a Semideciduous Station Forest.** Advisor: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Co-Advisor: Vinícius Barros Rodrigues.

The present study was carried out in the forest fragment of the Atlantic Forest, with and without fire occurrence, named “Recanto da Cigarra” belonging to the Federal University of Viçosa, Minas Gerais. Twenty plots were installed, ten in the burnt area and ten in the unburnt area. Our study was split into two chapters, in the first one we evaluate the changes that occurred in the stratum of natural regeneration in both areas. The phytosociological parameters and the functional diversity of the plant community were evaluated in the floristic survey, carried out in the installed plots in 2018 and 2019. We collected 113 and 126 individuals and 23 and 16 species belonging to 13 and nine botanical families in the burned and unburned area, respectively. *Piper* sp.1 species was the most representative, occurring in 100% of the plots. The number of individuals between the years decreased, however there was no difference between the areas. The greater species richness is sampled in areas with low severity fires. The presence of the genus *Piper* species occurs frequently in areas of seasonal forest with signs of disturbance. The areas show similar species richness, although the diversity of species tended to increase, with a slight increase in the level of equitability due to the low severity of the fire. Therefore, the disturbance that the fire generated is considered an important aspect for this floristic differentiation to take place. In the second chapter, we quantify the moisture content and characterize the combustible material of the natural regeneration stratum, in areas with and without fire occurrence. Twenty samples of the combustible material were collected in the dry period (August 2018) and twenty in the rainy period (November 2019), ten in each area. The contribution of wet and dry mass for each class and the moisture content, were obtained from drying the combustible material in an oven with a temperature of 70° C for 72 hours. There was a statistical difference in the dry mass values, with November being less representative, however the burnt areas showed the lowest dry mass values. The highest total load and the lowest moisture content were found in the smallest diameter class I. The highest average moisture content was found in November 2019, and the lowest moisture content was sampled in the burnt areas. The lower dry mass in November is justified by the higher humidity present in rainy seasons, which facilitates the decomposition of the combustible material. In the burnt area, the dry mass was less representative, since the fire after its passage removes the biomass.

The material having the highest probability to start the ignition process is class I, which stood out, since it had the highest average load, indicating the risk of new fires in the area. In addition, the lowest humidity was found in the burnet area, resulting from the opening of the canopy after the mortality of post-fire trees, which favors the accumulation of dead and dry combustible material, making the Seasonal Forest areas more susceptible to new fire occurrences.

Keywords: Degradation. Diversity. Regeneration.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
RESUMO .....	15
ABSTRACT .....	16
CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA COM E SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL.....	17
1.0. INTRODUÇÃO .....	17
2.0. METODOLOGIA .....	18
2.1. Área de estudo.....	18
2.2. Amostragem e análise de dados.....	20
3.0. RESULTADOS.....	22
4.0. DISCUSSÃO .....	29
5.0. CONCLUSÃO .....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
RESUMO .....	41
ABSTRACT .....	42
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA COM E SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL.....	43
1.0. INTRODUÇÃO .....	43
2.0. METODOLOGIA .....	44
2.1. Área de estudo.....	44

2.2. Quantificação e umidade do material combustível.....	46
2.3. Análise estatística.....	48
3.0. RESULTADOS.....	48
3.1. Quantificação do material combustível.....	48
3.2. Teor de umidade do material combustível .....	50
4.0. DISCUSSÃO .....	51
4.1. Quantificação do material combustível.....	51
4.2. Teor de umidade do material combustível .....	52
5.0. CONCLUSÃO .....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
CONCLUSÕES GERAIS .....	59

## INTRODUÇÃO GERAL

A utilização do fogo ocorre desde os tempos mais antigos da civilização, como ferramenta para limpeza do terreno, ou para melhorar a fertilidade do solo, promovendo aumento na disponibilidade de nutrientes e na sua capacidade reprodutiva (Camargos et al. 2010; Heydari et al. 2019). Todavia, a falta de conhecimento sobre o comportamento do fogo e o seu uso indiscriminado têm sido um dos principais problemas ambientais, tornando os incêndios florestais uma questão ambiental e ecológica importante a nível mundial (Zhang et al. 2016).

Os incêndios florestais são considerados um dos regimes de perturbação mais impressionantes que ocasionam em extensas áreas de florestas nativas destruídas no Brasil (Onofre et al. 2010) e esses incêndios apresentam mudanças em sua gravidade, frequência e sazonalidade (Fuentes-Ramirez et al. 2020).

A variação da severidade do fogo afeta os solos das florestas de maneiras diferentes, podendo comprometer algumas propriedades do ecossistema. Como consequência, os incêndios florestais podem alterar padrões e processos ecológicos importantes, incluindo efeitos na composição, diversidade da vegetação (Vega et al. 2018; Heydari et al. 2016), ciclos biogeoquímicos (Fuentes-Ramirez et al. 2020) ou sobre o ambiente natural como um todo (Camargos et al. 2010). Ademais, a severidade influencia na perda de matéria orgânica, na remoção de espécies do sub-bosque (Keeley, 2009), na mortalidade de árvores (Hicke et al. 2012) e na abertura do dossel (Barlow et al. 2012; Reis et al. 2018), sendo que a recuperação da vegetação pós-incêndio pode ocorrer a curto, médio ou a longo prazo (Abascal et al. 2004; Pickup et al. 2013).

Embora a recuperação florestal pós-incêndio tenha sido estudada em diferentes biomas pelo mundo (Keyser et al. 2017; Richardson et al. 2018; Vega et al. 2018; Zanzarini et al. 2019; Prestes et al. 2020), ainda existem várias lacunas a preencher neste campo de pesquisa. O conhecimento da influência da intensidade do fogo sobre a composição da vegetação e sobre o material combustível é decisivo para avaliar as respostas do ecossistema aos impactos causados pelos incêndios florestais (Camargos et al. 2010). Logo, é importante ter um conhecimento ecológico e florístico da estrutura da vegetação após passagem do fogo e, acompanhar o processo de sucessão da vegetação ao longo do seu restabelecimento, visto que essas estratégias auxiliam projetos que visam a recuperação de áreas degradadas pela ação fogo.

Diante do exposto, esse trabalho fornecerá informações sobre os efeitos do fogo em Fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, sendo que seus objetivos são: avaliar as mudanças ocorridas no estrato da regeneração natural, quantificar o teor de umidade e caracterizar o material combustível do estrato da regeneração natural, em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa (MG), com duas características ambientais distintas: com e sem a ocorrência do fogo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal, I.F., Tárrega, R., Calabuig, E.L., 2004. Ten years of recovery after experimental fire in a heathland: Effects of sowing native species. *Forest Ecol. Manag.* 203, 147-156.
- Barlow, J., Parry, L., Gardner, T.A., Ferreira, J., Aragão, L.E.O.C., Carmenta, R., Berenguer, E., Vieira, I.C.G., Souza, C., Cochrane, M.A., 2012. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biol. Conserv.* 154, 1-8.
- Camargos, V.L., Martins, S.V., Ribeiro, G.A., Carmo, F.M.S., Silva, A.F., 2010. Avaliação do impacto do fogo no estrato de regeneração em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Rev. Árvore.* 34, 1055-1063.
- Fuentes-Ramirez, A., Salas-Eljatib, C., Gonzalez, M., Urrutia-Estrada, J., Arroyo-Vargas, P., Santibanez, P., 2020. Initial response of understory vegetation and tree regeneration to a mixed-severity fire in old-growth *Araucaria – Nothofagus* forests. *Appl. Veg. Sci.* 1, 1-13.
- Heydari, M., Faramarzi, M., Pothier, D., 2016. Post-fire recovery of herbaceous species composition and diversity, and soil quality indicators one year after wildfire in a semi-arid oak woodland. *Ecol. Eng.* 94, 688-697.
- Heydari, M., Moradizadeh, H., Omidipour, R., Mezbani, A., Pothier, D., 2019. Spatio-temporal changes in the understory heterogeneity, diversity, and composition after fires of different severities in a semiarid oak (*Quercus brantii* Lindl.) forest. *Land Degrad. Dev.* 30, 1-11.
- Hicke, J.A., Johnson, M.C., Hayes, J.L., Preisler, H.K., 2012. Effects of bark beetle-caused tree mortality on wildfire. *Forest. Ecol. Manag.* 271, 81-90.
- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *Int. J. Wildland Fire.* 18, 116-126.
- Keyser, T.L., Arthur, M., Loftis, D.L., 2017. Repeated burning alters the structure and composition of hardwood regeneration in oak-dominated forests of eastern Kentucky, USA. *Forest. Ecol. Manag.* 393, 1-11.
- Onofre, F.F., Engel, V.L., Cassola, H., 2010. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. *Sci. For.* 38, 39-52.
- Pickup, M., Wilson, S., Freudenberger, D., Nicholls, N., Gould, L., Hnatiuk, S., Delandre, J., 2013. Post-fire recovery of revegetated woodland communities in South-Eastern Australia. *Austral. Ecol.* 38, 300-312.
- Prestes, N.C.C.S., Massi, K.G., Silva, E.A., Nogueira, D.S., Oliveira, E.A., Freitag, R., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Keller, M., Feldpausch, T.R., 2020. Fire effects on understory forest regeneration in southern Amazonia. *Front. For. Glob. Change.* 3, 10.
- Reis, B.P., Zatelli, K.S., Torres, F.T.P., Martins, S.V., 2018. Influence of fire on the natural regeneration of a semideciduous seasonal rainforest fragment. *Floresta e Ambient.* 25, e20170174.

Richardson, S.J., King, S., Rose, A.L., McGlone, M.S., Holdaway, R.J., 2018. Post-fire recovery of a dryland forest remnant in the Wither Hills, Marlborough. *New Zeal. J. Ecol.* 42, 222-228.

Vega, S.G., Heras, J., Moya, D., 2018. Post-fire regeneration and diversity response to burn severity in *Pinus halepensis* Mill. *Forests.* 9, 299.

Zanzarini, V., Zanchetta, D., Fidelis, A., 2019. Do we need intervention after pine tree removal? The use of different management techniques to enhance Cerrado natural regeneration. *Perspec. Ecol. Conser.* 17, 146-150.

Zhang, Y., Lim, S., Sharples, J.J., 2016. Modelling spatial patterns of wildfire occurrence in South-Eastern Australia. *Geomat. Nat. Haz. Risk.* 7, 1800-1815.

## RESUMO

SOUZA, Fábila Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2020. **Avaliação da regeneração natural em fragmento de Mata Atlântica com e sem ocorrência de incêndio florestal.** Orientador: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Coorientador: Vinícius Barros Rodrigues.

O incêndio florestal é considerado uma questão ambiental e ecológica importante mundialmente, pois causa impactos populacionais, ecossistêmicos e econômicos, fazendo necessário o monitoramento e pesquisas adicionais para entender a recuperação florestal pós-incêndio. Objetivou-se avaliar as mudanças ocorridas no estrato da regeneração natural, em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa (MG), com e sem a ocorrência do fogo. Parâmetros fitossociológicos e a diversidade funcional da comunidade vegetal foram avaliados em levantamento florístico em 20 parcelas, sendo 10 na área queimada e 10 na área não queimada, em 2018 e 2019, a fim de acompanhar a regeneração natural. Foram coletados 113 e 126 indivíduos, 23 e 16 espécies e 13 e nove famílias botânicas, na área queimada e não queimada, respectivamente. *Piper* sp.1, apresentou os maiores valores para os parâmetros de densidade relativa, frequência absoluta e valor de cobertura, ocorrendo em 100% das parcelas. Houve redução da quantidade de indivíduos entre os anos, mas não houve diferença entre as áreas. Áreas com ocorrência de incêndio de baixa severidade, apresentam maior riqueza de espécies. Espécies do gênero *Piper* ocorrem com frequência em áreas de Floresta Estacional Semidecidual com sinais de perturbação. A maior diversidade de Shannon encontrada foi na área queimada, embora sejam necessários mais anos, para que essa diferença se acentue. O maior valor de equitabilidade na área queimada é explicado pela baixa severidade do fogo, que incrementou ligeiramente o índice. O valor de Jaccard e a análise de agrupamento, confirmam a formação de grupos com baixa similaridade, evidenciando heterogeneidade florística entre as duas áreas e a perturbação que o fogo causou é considerada um aspecto importante para que ocorra essa diferenciação florística. Portanto, incêndios florestais de baixa gravidade em áreas de Mata Atlântica, podem aumentar os valores de diversidade de espécies, com incremento no índice de equitabilidade, evidenciando baixa semelhança florística entre áreas queimada e não queimada.

Palavras-chave: Composição florística. Restauração. Florestas tropicais.

## ABSTRACT

SOUZA, Fábila Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2020. **Evaluation of natural regeneration in Atlantic Forest fragment with and without forest fire.** Advisor: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Co-Advisor: Vinícius Barros Rodrigues.

Forest fire is considered an important environmental and ecological issue worldwide, as it causes population, ecosystem and economic impacts, making additional monitoring and research necessary to understand post-fire forest recovery. We evaluate the changes that occurred in the stratum of natural regeneration, in a fragment of Atlantic Forest in the municipality of Viçosa (MG), with and without fire occurrence. Phytosociological parameters and the functional diversity of the plant community were evaluated in a floristic survey in 20 plots, 10 in the burnt area and 10 in the unburnt area, in 2018 and 2019, in order to monitor natural regeneration. We collected 113 and 126 individuals, 23 and 16 species and 13 and nine botanical families, in the burnt and unburnt areas, respectively. *Piper* sp.1 showed the highest values for the parameters of relative density, absolute frequency and coverage value, occurring in 100% of the plots. There was a reduction in the number of individuals between years, but there was no difference between areas. Areas with low-severity fires showed greater species richness. Species of the genus *Piper* occur frequently in areas of Seasonal Semideciduous Forest with signs of disturbance. The greatest diversity of Shannon found was in the burnt area, although more years are needed for this difference to become wider. The higher level of fairness in the burnt area is explained by the low severity of the fire, which slightly increased the index. The Jaccard value and the cluster analysis confirm the formation of groups with low similarity, showing floristic heterogeneity between the two areas and the disturbance that the fire caused is considered an important aspect for this floristic differentiation to occur. Therefore, forest fires of low gravity in areas of Atlantic Forest, can increase the values of species diversity, with an increase in the level of equitability, showing low floristic similarity between burnt and unburnt areas.

Keywords: Floristic composition. Restoration. Tropical forests.

## **CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA COM E SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL**

### **1.0. INTRODUÇÃO**

O incêndio florestal é considerado uma questão ambiental e ecológica importante mundialmente (Zhang et al. 2016), que aparece no registro geológico (fósseis de carvão vegetal), desde o surgimento das plantas terrestres (Bowman et al. 2009). Evidências mostram que o regime de incêndio foi afetado pelas oscilações climáticas, tanto na sua frequência quanto em sua gravidade, influenciando nos padrões e processos globais do ecossistema (Molina et al. 2017). Esses incêndios causam impactos populacionais, ecossistêmicos e econômicos, como gastos para seu combate (Zhang et al. 2016) e afetam a distribuição e estrutura da vegetação (Bhadouria et al. 2017).

Monitoramento e pesquisas adicionais são necessários para entender a recuperação florestal pós-incêndio (Roccaforte et al. 2018) e auxiliar na tomada de decisões, tanto para priorizar as ações de controle de incêndios em larga escala, quanto para identificar as mudanças na composição florística da vegetação (Wang et al. 2017). Conhecer a ecologia e a dinâmica das comunidades de plantas, como elas se regeneram após sofrer perturbação e quais atributos são fundamentais para que esse processo aconteça, ajuda a identificar as problemáticas da regeneração florestal (Trauernicht et al. 2018).

Existem muitos trabalhos sobre a recuperação florestal pós-incêndio em vários biomas no Brasil, como na Amazônia (Cochrane e Laurance, 2002; Silvério et al. 2019; Prestes et al. 2020) e no Cerrado (Souchie et al. 2017; Zanzarini et al. 2019), bem como em outras áreas de florestas no mundo (Keyser et al. 2017; Richardson et al. 2018; Svatek et al. 2018; Vega et al. 2018). Entretanto, os efeitos após a ocorrência de incêndios florestais na vegetação, suas consequências na diversidade de espécies e no estabelecimento de plântulas em florestas tropicais úmidas, ainda são muito questionados (Baker et al. 2008; Bhadouria et al. 2017).

Em florestas tropicais, o principal meio de regeneração das espécies após a ocorrência de distúrbios naturais ou antrópicos, como o fogo, dá-se através do banco de sementes do solo, pela chuva de sementes, ou pelo mecanismo de regeneração por rebrotas (Charles-Dominique et al. 2015). Entretanto, os resultados encontrados sobre os efeitos do fogo na regeneração natural, mostram uma complexa resposta da vegetação a distúrbios na composição, na dinâmica sucessional e na densidade de espécies (Camargos et al. 2010; Melo e Durigan, 2010; Santos et al. 2019). Alguns estudos apontam ainda para modificações ecológicas significativas, que vão

desde alterações no microclima (Rocca et al. 2014) até na germinação de sementes (Lipoma et al. 2018). Esses estudos indicam um potencial de regeneração variável, o qual muda conforme as características ecológicas da vegetação e da severidade do fogo (duração, frequência e época de ocorrência) (Morgan et al. 2014; Camargos et al. 2015; Bohlman et al. 2016).

Estudo realizado sobre o efeito do fogo em floresta tropical mostrou que incêndios de baixa intensidade causou modificação na estrutura do estrato superior da floresta, com o incremento significativo de espécies de *Cecropia* sp. (Reis et al. 2018). Além disso, afetaram os mecanismos de mortalidade e regeneração de árvores (Svatek et al. 2018), com diminuição na abundância e na riqueza de espécies da vegetação (Cochrane e Laurance, 2002; Costa et al. 2017). Embora o conhecimento sobre os impactos do fogo tenha avançado nos últimos anos (Cochrane, 2003; Sansevero et al. 2017), poucos estudos analisaram esses impactos na Mata Atlântica brasileira (Melo e Durigan, 2010), a fim de identificar o comportamento do fogo de origem antrópica no estrato inferior e seus possíveis efeitos na dinâmica da regeneração natural da comunidade vegetal.

Diante do exposto, o objetivo geral foi avaliar as mudanças ocorridas no estrato da regeneração natural, em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa (MG), com duas características ambientais distintas: com e sem a ocorrência do fogo. Propôs-se testar as seguintes hipóteses: (I) o fogo, mesmo de baixa intensidade, altera a estrutura e composição florística da comunidade vegetal, pois provoca a morte de mudas e árvores; (II) a diversidade de espécies é maior na área que foi acometida pelo fogo, visto que o fogo remove indivíduos dominantes, facilitando o desenvolvimento de outras espécies; (III) a expressividade da síndrome de zoocórica é maior na área não queimada, visto que a área não foi perturbada e é esperado uma maior presença de animais dispersores, que são atraídos pelos frutos; (IV) espera-se que o número de espécies com sucessão secundária inicial seja maior na área queimada, uma vez a área passou pelo distúrbio causado pelo fogo e a comunidade vegetal vai recompondo com o incremento de espécies com sucessões posteriores.

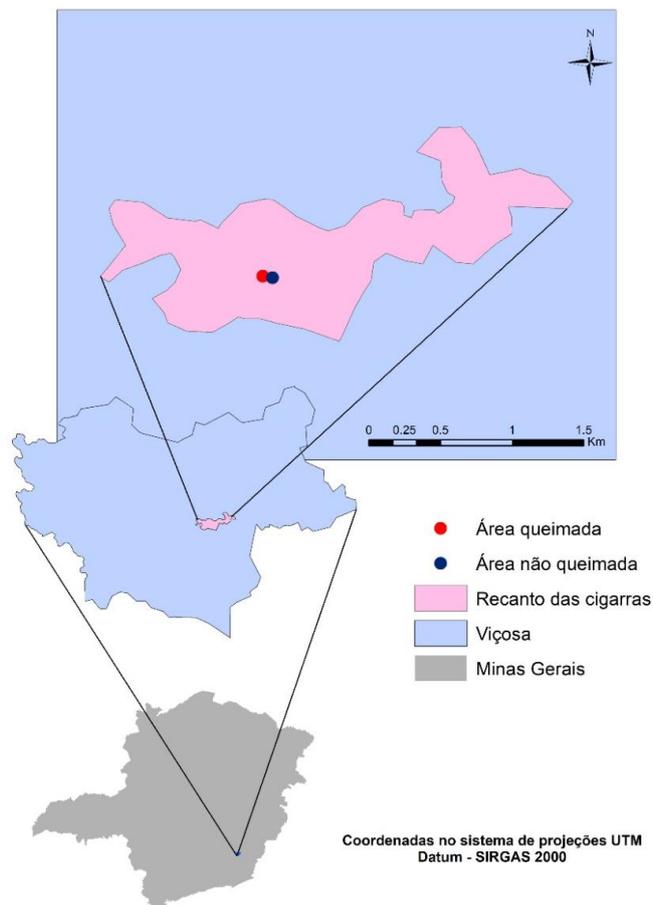
## **2.0. METODOLOGIA**

### **2.1. Área de estudo**

O trabalho foi realizado em um fragmento florestal, conhecido como “Recanto da Cigarra” situado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG

(20°45'26.7"S; 42°51'46.2"W) (Figura 1). O local de estudo está inserido no bioma Mata Atlântica, o qual compreende diferentes formações florestais, sendo a área estudada ocupada por Floresta Estacional Semidecidual (Costa et al. 2013).

Figura 1 – Local de estudo, situado no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil.



Fonte: A autora (2020)

A área total do fragmento é de 75ha, com altitude variando entre 725 a 745 m (Camargos et al. 2013). O clima da região é do tipo Cwb (Köppen), mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos (Miranda et al. 2012). Apresenta uma precipitação média anual de 1.229 mm e temperatura média anual de 20 °C (INMET, 2019).

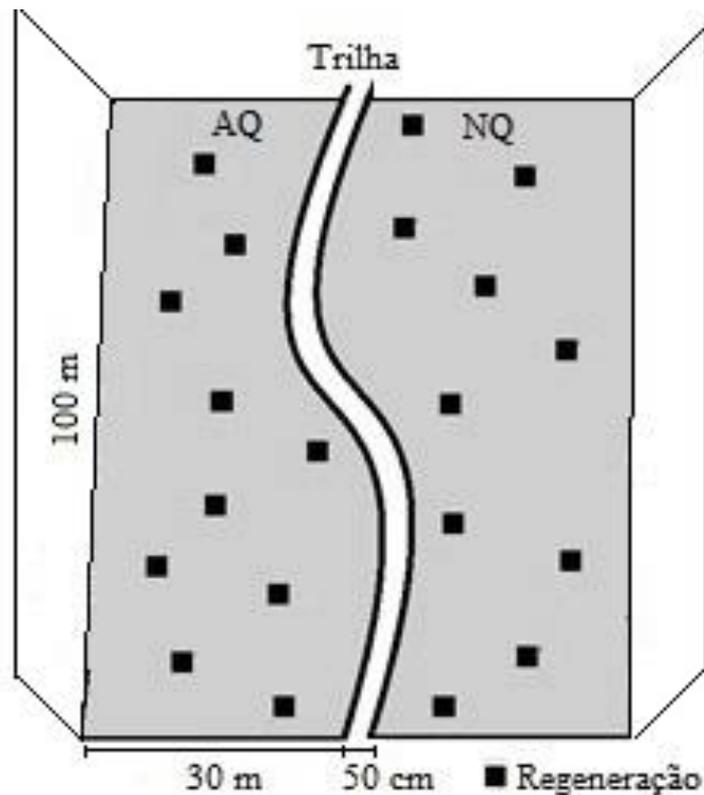
Em 19 de outubro de 2014, um incêndio de origem antrópica ocorreu na área queimando cerca de 30 hectares de vegetação nativa. O fogo desceu aproximadamente 30 metros de encosta chegando até uma trilha (50 cm de largura média) que delimitou a área queimada, estabelecendo um limite entre a área queimada e não queimada. Ambas as áreas estavam no mesmo estágio

de sucessão antes deste evento. Embora o incêndio não tenha sido medido, ele mostrou uma intensidade baixa ao chegar à área, uma vez que não conseguiu superar a barreira da trilha.

## 2.2. Amostragem e análise de dados

O levantamento da vegetação foi realizado em 20 parcelas, de 1 x 1 m interdistantes em 10 m, perfazendo um total de 100 m<sup>2</sup>, sendo 10 parcelas na área queimada (AQ) e 10 na área não queimada (NQ). Essas parcelas foram montadas (com cano PVC) e identificadas para se ter o máximo de precisão na coleta das informações entre os levantamentos de 2018 e 2019 (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Croqui da área de estudo, sendo AQ a área queimada e NQ a área não queimada, localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil. Quadrados preenchidos: parcelas de regeneração natural de 1m x 1m



Fonte: A autora (2020)

Figura 3 – Parcela de regeneração natural de 1m x 1m na área de estudo, localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil



Fonte: A autora (2020)

Em 2018, a altura, números de fustes, circunferência ao nível do solo e do peito dos indivíduos com circunferência do coleto  $< 5$  cm, foram obtidos para se calcular os parâmetros fitossociológicos da área. A fim de acompanhar a regeneração, em 2019, coletou-se as mesmas informações dos indivíduos identificados anteriormente e daqueles que surgiram após a primeira avaliação. A identificação botânica foi realizada em campo com base nos caracteres vegetativos das espécies ou por consultadas à literatura de Souza e Lorenzi (2012).

Os parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência; dominância e índice de valor de cobertura, foram calculados para a avaliação da estrutura horizontal da regeneração natural. Esses parâmetros permitem a ordenação das espécies hierarquicamente segundo sua importância na comunidade.

O índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e o índice de diversidade específica de Simpson complementar ( $1-D$ ), foram calculados para avaliar a diversidade florística das duas áreas, sendo que quanto maior os valores encontrados para esses dois índices, maior a indicação que a área é diversa (Nóbrega et al. 2011).

O índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) foi calculado, permitindo representar a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre todas as espécies existentes (Uhl e Murphy, 1981).

A riqueza máxima foi estimada com Jackknife de 1ª ordem. O agrupamento pelo método média de grupo (UPGMA) com base nos índices de similaridade de Jaccard, foram calculados no programa PAST versão 2.17c, a partir de uma matriz de presença e ausência das espécies amostradas em todas as parcelas das duas áreas.

A comparação da composição florística nos dois anos, entre as duas áreas, queimada (AQ) e não queimada (NQ), foi feita por meio do índice de similaridade de Jaccard (SJ), que expressa a semelhança entre ambientes, baseando-se no número de espécies comuns. A fim de avaliar se houve diferença estatística entre as áreas realizou-se Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM) (Crawley, 2012). As parcelas foram adicionadas como efeito aleatório no modelo estatístico.

A síndrome de dispersão (anemocórica, autocórica, barocórica e zoocórica) e os grupos sucessionais (pioneiras e secundárias iniciais e tardias) das plantas foram avaliados para se determinar a diversidade funcional da área (Calegari et al. 2013).

### 3.0. RESULTADOS

No levantamento florístico da área queimada (AQ), foram encontrados 113 indivíduos, distribuídos em 23 espécies e 13 famílias botânicas, respectivamente. Na área não queimada (NQ), foram 126 indivíduos, distribuídos em 16 espécies e 9 famílias botânicas, respectivamente. Quatro espécies não foram identificadas, por não apresentarem partes reprodutivas no período do levantamento (Tabela 1).

Na área queimada, as famílias com maiores números de espécies foram, Melastomataceae e Rubiaceae, com quatro espécies cada, seguida por Arecaceae, Piperaceae, Rosaceae, Siparunaceae, com duas espécies cada. Na área não queimada, as famílias mais representativas foram, Piperaceae e Rubiaceae, com três espécies cada, seguida por Arecaceae, Melastomataceae e Meliaceae, com duas espécies cada. As demais famílias presentes nas duas áreas, apresentaram apenas uma espécie cada (Tabela 1).

Tabela 1: Famílias botânicas, espécies, grupo ecológico (GE) e síndrome de dispersão (SD) identificadas em levantamento fitossociológico em 2018 e 2019, em área queimada (AQ) e não queimada (NQ), em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG

FAMÍLIA/ESPÉCIE	GE	SD	2018		2019	
			AQ	NQ	AQ	NQ
ANNONACEAE						
<i>Guatteria</i> sp.	Nc	Zo	X		X	
AQUIFOLIACEAE						
<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	Si	Zo		X		X
ARECACEAE						
<i>Archontophoenix alexandrae</i> H. Wendl. & Drude	Pi	Zo	X	X	X	

<i>Licuala grandis</i> H. Wendl.	Pi	Zo		X		X
ASTERACEAE						
<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	Pi	An	X			
EUPHORBIACEAE						
NI 4 (Euphorbiaceae)	Nc	Nc		X		
FABACEAE						
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Si	An		X		
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Si	Au	X			
MELASTOMATACEAE						
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Pi	Zo	X	X		
<i>Miconia</i> sp.	Pi	Zo	X	X		
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Si	An	X			X
<i>Tibouchina</i> sp.	Si	An				X
MELIACEAE						
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Si	An	X			
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	St	Zo		X		X
<i>Trichilia</i> sp.1	St	Zo		X		
MYRTACEAE						
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	Si	Zo	X			
PIPERACEAE						
<i>Piper aduncum</i> L.	Pi	Zo		X		X
<i>Piper</i> sp.1	St	Zo	X	X	X	X
<i>Piper</i> sp.2	St	Zo	X	X	X	X
ROSACEAE						
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	St	Zo	X			X
<i>Prunus serrulata</i> Lindl.	St	Zo	X			X
RUBIACEAE						
<i>Psychotria sessilis</i> (Vell.) Müll. Arg.	Si	Zo	X	X	X	
<i>Psychotria</i> sp.1	Nc	Zo	X	X	X	X
<i>Psychotria</i> sp.2	Nc	Zo	X		X	
<i>Psychotria</i> sp.3	Nc	Zo	X		X	X
SIPARUNCCEAE						
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Si	Zo	X	X	X	X
<i>Siparuna</i> sp.	Si	Zo	X		X	
SOLANACEAE						
<i>Cestrum</i> sp.	Pi	Zo	X			
URTICACEAE						
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Pi	Zo	X			
NÃO IDENTIFICADOS						
NI 1	Nc	Nc	X			X
NI 2	Nc	Nc		X		
NI 3	Nc	Nc	X			

Legenda: pioneira (Pi), secundária inicial (Si), secundária tardia (St), autocórica (Au), anemocórica (An), zoocórica (Zo) e não classificado (Nc).

Analisando a estrutura do estrato da regeneração, observa-se que houve dominância de algumas espécies na comunidade vegetal. Os maiores valores encontrados para os parâmetros avaliados de densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e valor de cobertura (VC) foi apresentado por *Piper* sp.1, mostrando-se dominante nas duas áreas, ocorrendo em 100% das parcelas (Tabela 2).

*Miconia* sp. e *Archontophoenix alexandrae* apresentaram valores de DR, FA e VC significativos na área queimada, já na área não queimada, ocorreram com valores menores. *Licuala grandis* estava presente apenas na área não queimada, com DR (6,34%) e VC (3,19), ocorrendo em 80% das parcelas. Já *Piper* sp.2, ocorreu nas duas áreas, com valores mais representativos na área não queimada (DR=7,14; FA=60% e VC=9,33) (Tabela 2).

Tabela 2: Número de indivíduos (N), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e valor de cobertura (VC) das espécies amostradas na área queimada (AQ) e não queimada (NQ) em 2018, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG

ESPÉCIES	ÁREA QUEIMADA				ÁREA NÃO QUEIMADA			
	N	DR (%)	FA (%)	VC (%)	N	DR (%)	FA (%)	VC (%)
<i>Piper</i> sp.1	70	61,94	90	43,95	93	73,80	100	61,46
<i>Miconia</i> sp.	8	7,07	50	6,05	1	0,79	10	0,94
<i>Archontophoenix alexandrae</i>	5	4,42	20	2,99	1	0,79	10	0,40
<i>Cestrum</i> sp.	4	3,53	10	3,99	-	-	-	-
<i>Piper</i> sp.2	3	2,65	20	2,46	9	7,14	60	9,33
<i>Guatteria</i> sp.	2	1,76	20	1,34	-	-	-	-
<i>Siparuna</i> sp.	2	1,76	20	3,15	-	-	-	-
<i>Psychotria sessilis</i>	2	1,76	20	2,99	2	1,58	10	13,02
<i>Psychotria</i> sp.1	2	1,76	20	2,34	2	1,58	20	3,03
NI 1	2	1,76	20	2,94	-	-	-	-
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	0,88	10	0,73	-	-	-	-
<i>Cedrela fissilis</i>	1	0,88	10	0,50	-	-	-	-
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	1	0,88	10	1,01	1	0,79	10	0,41
<i>Myrcia fallax</i>	1	0,88	10	1,61	-	-	-	-
NI 3	1	0,88	10	0,75	-	-	-	-
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	1	0,88	10	0,57	-	-	-	-
<i>Piptocarpha macrophoda</i>	1	0,88	10	7,19	-	-	-	-
<i>Prunus sellowii</i>	1	0,88	10	6,11	-	-	-	-
<i>Prunus serrulata</i>	1	0,88	10	6,11	-	-	-	-
<i>Psychotria</i> sp.2	1	0,88	10	1,01	-	-	-	-
<i>Psychotria</i> sp.3	1	0,88	10	0,86	-	-	-	-
<i>Siparuna guianensis</i>	1	0,88	10	0,59	2	1,58	20	2,09
<i>Tibouchina granulosa</i>	1	0,88	10	0,62	-	-	-	-

<i>Anadenanthera peregrina</i>	-	-	-	-	1	0,79	10	0,41
<i>Ilex cerasifolia</i>	-	-	-	-	1	0,79	10	0,64
<i>Licuala grandis</i>	-	-	-	-	8	6,34	80	3,19
NI 2	-	-	-	-	1	0,79	10	1,14
NI 4 (Euphorbiaceae)	-	-	-	-	1	0,79	10	0,45
<i>Piper aduncum</i>	-	-	-	-	1	0,79	10	2,59
<i>Trichilia lepidota</i>	-	-	-	-	1	0,79	10	0,41
<i>Trichilia</i> sp.1	-	-	-	-	1	0,79	10	3,61
Total	113	100	100	100	126	100	100	100

Legenda: indivíduos (N), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e valor de cobertura (VC), área queimada (AQ) e não queimada (NQ).

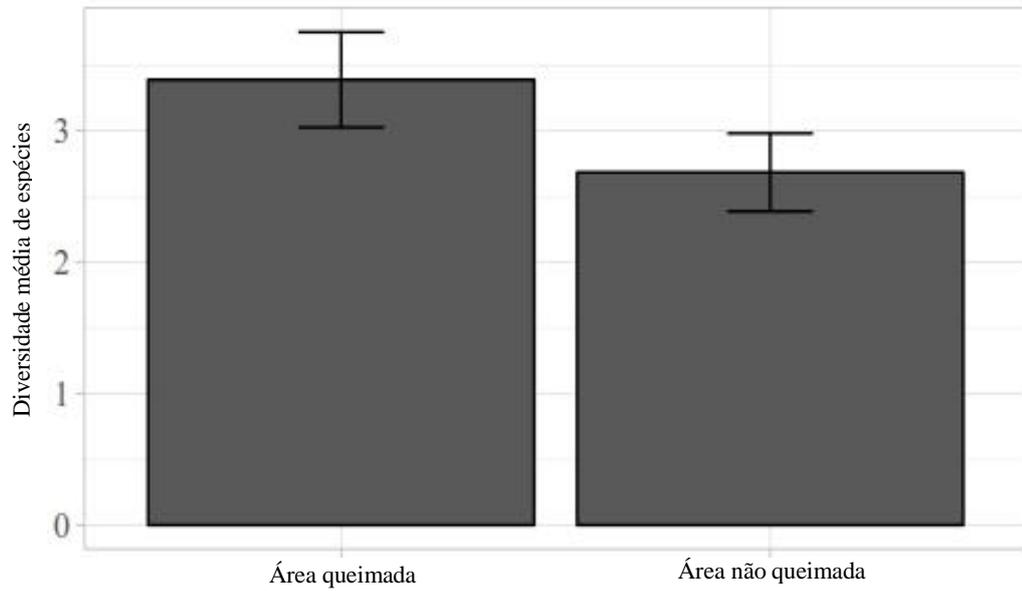
Alguns dos índices avaliados mostraram tendências de redução entre área queimada e não queimada, embora os resultados dos índices para a área queimada, foram mais representativos em sua maioria (Tabela 3). Não houve diferença significativa na diversidade entre as áreas queimada e não queimada ( $p=0.511$ ) ou no número de indivíduos ( $p=0.4002$ ) (Gráficos 4 e 5).

O dendrograma de similaridade entre as parcelas (Figura 6), mostra diferença na composição de espécies entre a área queimada e não queimada, apresentando heterogeneidade espacial florística entre as duas áreas.

Tabela 3: Índices avaliados no levantamento florístico realizado no ano de 2018, na área queimada (AQ) e não queimada (NQ), em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG

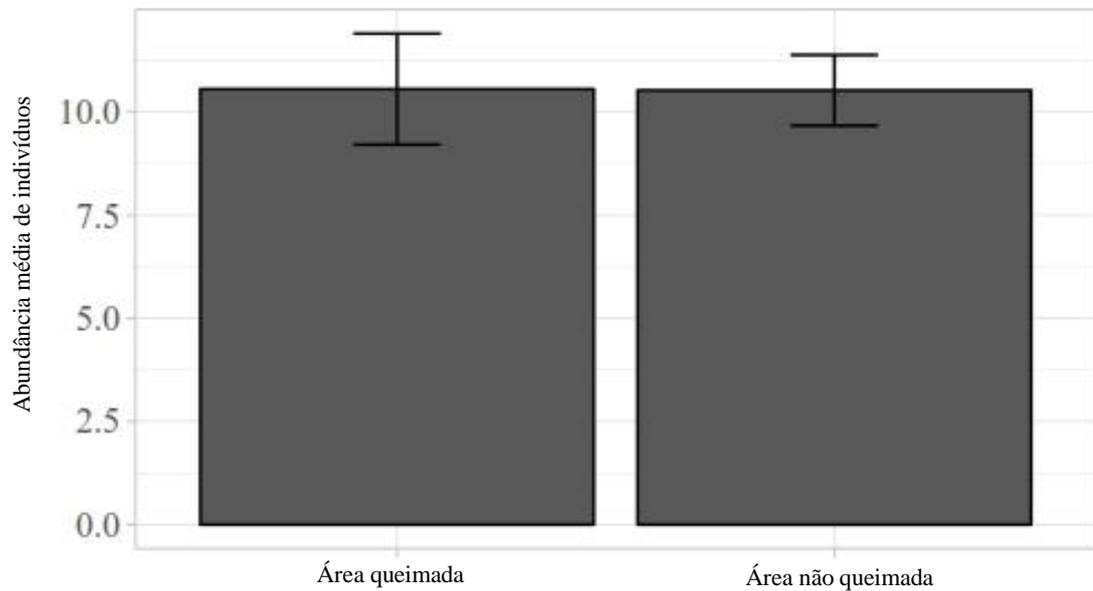
ÍNDICES	ÁREA QUEIMADA (AQ)	ÁREA NÃO QUEIMADA (NQ)
Shannon (H')	1,73	1,16
Simpson (1-D)	0,61	0,45
Pielou (J')	0,55	0,42
Estimador Jackknife1	10	10
Jaccard (SJ)	0,25	

Figura 4 – Diversidade média de espécies entre as áreas queimada e não queimada em 2018, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG ( $p=0.511$ )



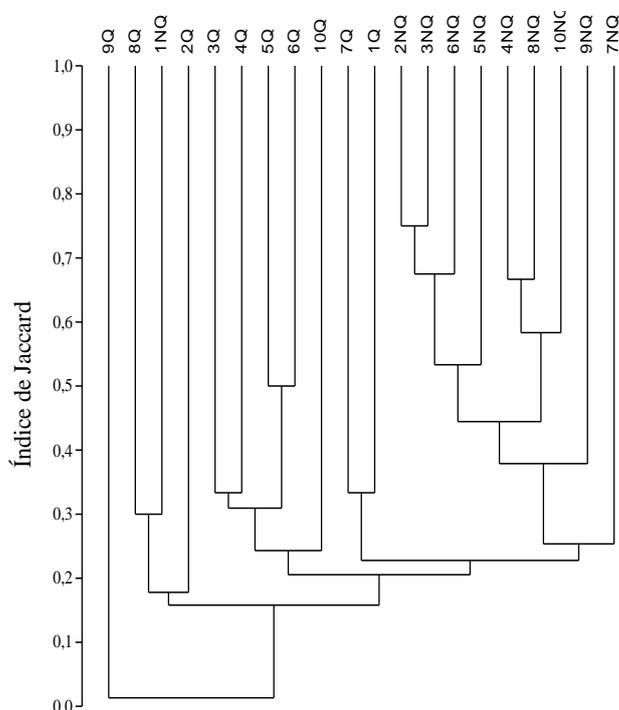
Fonte: A autora (2020)

Figura 5 – Abundância média de indivíduos entre as áreas queimada e não queimada em 2018, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG ( $p=0.4002$ )



Fonte: A autora (2020)

Figura 6 – Dendrograma obtido pelo método média de grupo (UPGMA), com base no índice de Jaccard, para as espécies amostradas, na área queimada e não queimada, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG



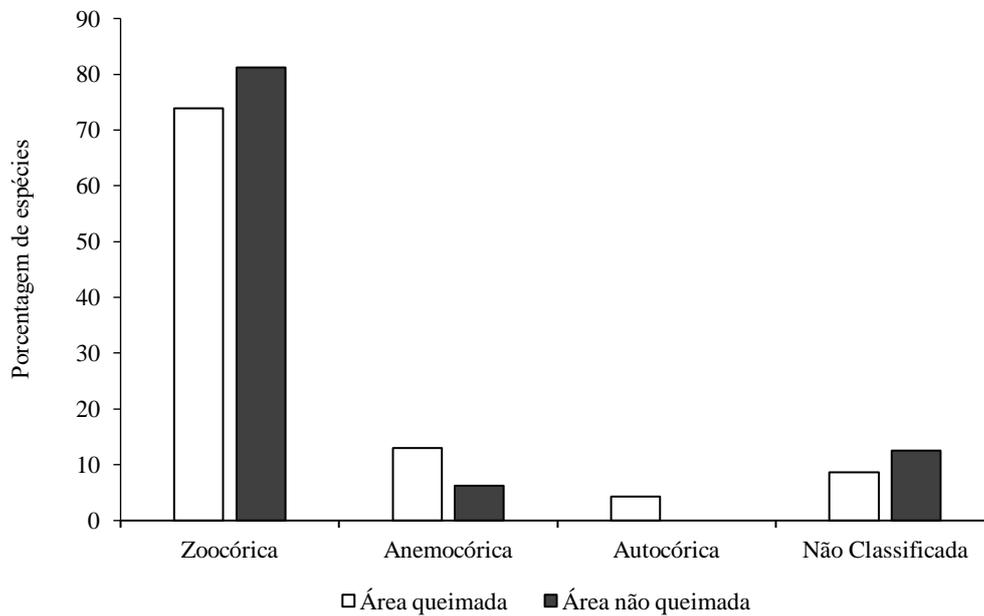
Fonte: A autora (2020)

A síndrome de dispersão predominante foi a zoocórica, equivalendo a 76% das espécies presente no estudo. Sendo que na área queimada, foram amostradas 17 espécies com essa síndrome e na área não queimada, 13 espécies (Figura 7). O grupo sucessional na área queimada teve 30% de espécies secundárias iniciais e na área não queimada, 31% de pioneiras (Figura 8).

A partir do acompanhamento da regeneração, observa-se que houve uma redução da quantidade de indivíduos entre os anos ( $p=0.006$ ), mas não houve diferença entre as áreas ( $p=0.614$ ) (Figura 9), além disso, das 23 espécies encontradas no levantamento em 2018, oito delas não ocorreram em 2019 (Tabela 1), destas, a mais representativa foi *Cestrum* sp., espécie zoocórica e pioneira. Ao analisar os grupos funcionais das oito espécies, observa-se que estas foram representadas em sua maioria por zoocóricas (5), espécies pioneiras (3) e secundárias iniciais (3). Contudo, em 2019 houve a chegada apenas de *Tibouchina* sp., que é secundária inicial e anemocórica.

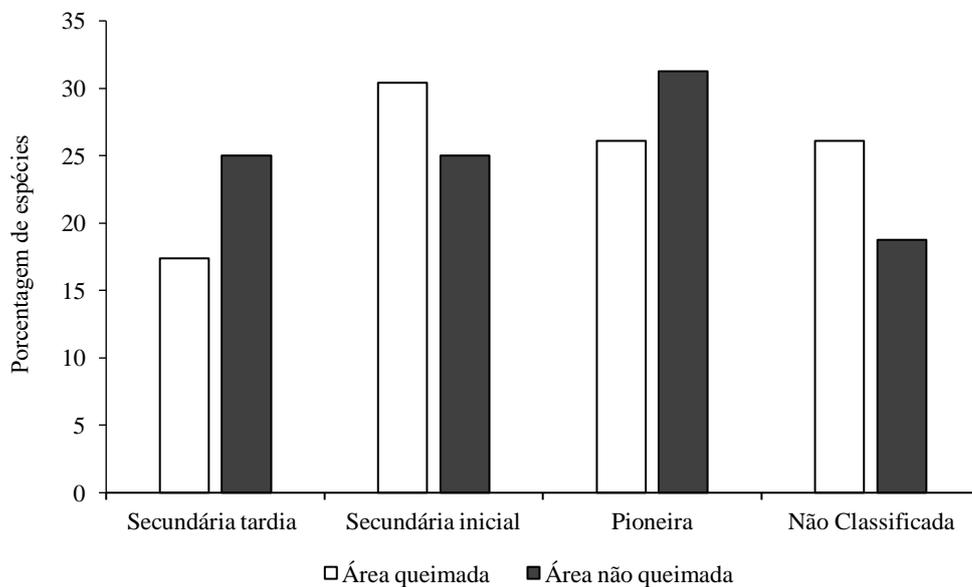
O mesmo comportamento ocorreu entre área queimada (AQ) e não queimada (NQ), sendo que mais cinco espécies sumiram em 2019, sendo duas na AQ e três na NQ, estas também apresentaram valores poucos significativos e são pertencentes aos mesmos grupos ecológicos.

Figura 7 – Porcentagem das síndromes de dispersão das espécies encontradas no inventário realizado na área queimada e não queimada, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG



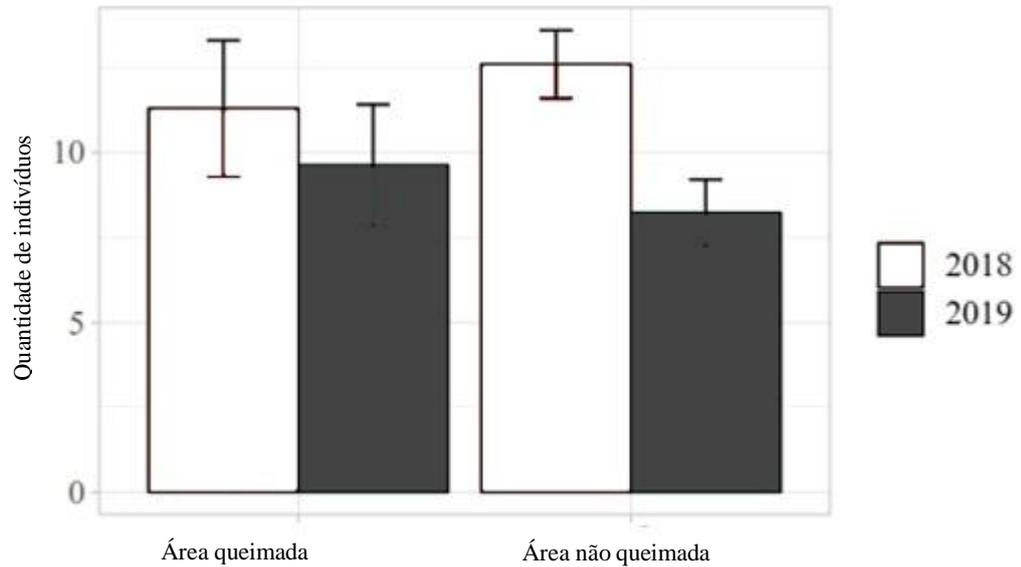
Fonte: A autora (2020)

Figura 8 – Porcentagem dos grupos sucessionais das espécies encontradas no inventário realizado na área queimada e não queimada, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG



Fonte: A autora (2020)

Figura 9 – Quantidade de indivíduos presentes nos levantamentos realizados nos anos de 2018 e 2019, nas áreas queimada e não queimada, em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG ( $p=0.006$  entre anos); ( $p=0.614$  entre as áreas)



Fonte: A autora (2020)

#### 4.0. DISCUSSÃO

O ambiente da área queimada (AQ) revelou semelhança ao ambiente da área não queimada (NQ), em relação ao parâmetro de riqueza geral. Esses resultados são semelhantes aos encontrados em áreas de sub-bosque de florestas de araucárias no Chile, onde as riquezas das espécies foram expressivas na floresta não queimada, ou em áreas com ocorrência de incêndios de baixa severidade (Fuentes-Ramirez et al. 2020), uma vez que é comum uma redução da riqueza das espécies em relação ao aumento intensidade da perturbação (Blair et al. 2016).

Estudos realizados em Florestas Estacionais Semidecíduais (Spósito e Stehmann, 2006; França e Stehmann, 2013; Franco et al. 2014; Freitas e Magalhães, 2014), têm mostrado a importância das famílias representativas na composição florística desse estudo, com maior relevância para a família Rubiaceae, devido ao seu elevado número de espécies arbustivas características de sub-bosque (Franco et al. 2014; Torres-Leite et al. 2018). As famílias Melastomataceae, Myrtaceae e Rubiaceae, são importantes no desenvolvimento da comunidade, desde a sucessão inicial, principalmente no componente de sub-bosque da floresta, enquanto Meliaceae é indicativa da modificação de uma floresta pioneira para outra com estágio sucessional mais avançado (Tabarelli et al. 1994).

As espécies com parâmetros fitossociológicos mais representativos *Piper* sp.1, *Miconia* sp., *Licuala grandis* e *Piper* sp.2 não ocorreram em fragmento próximo ao local de estudo, em levantamento florístico realizado em 2005, para caracterizar o estrato da regeneração antes do experimento com fogo, utilizando o mesmo critério de inclusão (Camargos et al. 2010), entretanto os mesmos autores encontraram espécies dos gêneros *Piper* e *Miconia* ao avaliar o banco de sementes do solo, antes e depois do tratamento com fogo (Camargos et al. 2013). Esses dois gêneros ocorreram com frequência em área de Floresta Estacional Semidecidual com sinais de perturbação por ocorrência de queimada (Yamamoto et al. 2005), além disso, *Piper* ocorre com número representativo de espécies presentes na sucessão secundária da floresta (Pinheiro e Monteiro, 2008), corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

A elevada frequência das espécies exóticas *Licuala grandis* e *Archontophoenix alexandrae*, demonstrou seu sucesso reprodutivo na área, justificado pela alta tolerância a condições ecológicas severas (Heydari et al. 2016). Essas espécies foram utilizadas para a ornamentação do *campus* da Universidade Federal de Viçosa e, por serem espécies com síndrome de dispersão zoocórica, a propagação pode ter sido facilitada pelos animais, que dispersaram as sementes nas proximidades onde está localizada a área de estudo. A presença de espécies exóticas não dominantes também podem favorecer a chegada de espécies nativas (Durigan et al. 2013) devido sua facilidade em germinar e desenvolver plântulas, contribuindo para a deposição da camada de serrapilheira e húmus e do aumento da complexidade estrutural da área, mas o seu monitoramento é necessário, já que quando são dominantes podem inibir o desenvolvimento de espécies nativas (Durigan et al. 2013; Aranha et al. 2018).

Os maiores valores obtidos para os índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Simpson complementar (1-D) foram na área queimada, sugerindo que esse ambiente apresenta diversidade de espécies relativamente alta, quando comparada com a área não queimada. Entretanto, o teste de hipóteses realizado, mostra que não houve diferença estatística significativa, na diversidade entre as áreas, assim, pode-se dizer, hipoteticamente, que o esperado é que essa diferença se acentue daqui alguns anos, uma vez que os índices apontaram para uma maior diversidade na área queimada. Estudos realizados em áreas de Floresta Estacional Semidecidual com estágio mais avançado de regeneração, apresentaram valores para o índice de Shannon de 2,26 (Silva et al. 2004), 3,35 (Ferreira-Júnior et al. 2008) e 3,15 (Franco et al. 2014), contudo, valores acima de 3,11 para o índice de diversidade, indicam formações vegetais bem conservadas (Saporetto-Júnior et al. 2003).

Ao avaliar o fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, próximo ao local do presente estudo em 2005 e 2007, antes e depois do tratamento fogo, os valores encontrados foram  $H' = 2,63$  e  $2,16$ , respectivamente (Camargos et al. 2010), esses resultados diferem dos que foram encontrados no presente estudo, uma vez que os valores desse índice para a área queimada são maiores. Essa maior diversidade em função de uma perturbação local também foi relatada em outra área de Mata Atlântica (Rabelo et al. 2015) e isso é justificado pelos atributos do regime do fogo (gravidade, recorrência ou duração) (Fernández-Garcia et al. 2020). Contudo, quando se trata do fogo de origem antrópica, nem sempre é possível conhecer as informações referente ao regime do fogo,

Alguns estudos apontam para a importância da severidade e tempo do fogo na mudança da comunidade vegetal, uma vez que locais com ocorrência de incêndios de baixa gravidade apresentam valores mais altos de diversidade (Morgan et al. 2015; Blair et al. 2016; Heydari et al. 2019) e a recorrência dos incêndios também aumentam o índice de diversidade de Shannon (Fernández-Garcia et al. 2020). Em contrapartida, locais recém queimados (Costa et al. 2017), com incêndios de alta intensidade (Silva et al. 2017a) ou de longa duração, apresentam uma diminuição significativa na cobertura florestal e na diversidade de espécies (Makarov et al. 2019). Nesse sentido, os padrões de estrutura e composição da vegetação afetada por diferentes níveis de severidade do fogo são importantes para serem avaliados desde o início do incêndio, pois podem ajudar a entender melhor os possíveis caminhos para a recuperação da floresta (Fuentes-Ramirez et al. 2020).

A ocorrência de incêndios em florestas, induziu a mortalidade das árvores e randomizou o seu padrão espacial, mantendo grandes indivíduos espaçados (Svatek et al. 2018). Isso favorece a abertura de dossel com a formação de clareiras, que incidem luz e possibilitam a germinação de sementes presentes na serrapilheira (Martins et al. 2008; Heydari et al. 2019). Um padrão semelhante foi encontrado no local presente estudo, no qual a área queimada apresentou uma maior abertura do dossel com formação de clareiras, o que contribuiu com a maior diversidade de espécies nessa área (Reis et al. 2018). Entretanto, o esperado é que após a reconstrução da área queimada, com o crescimento das arbóreas e com a dominância renovada de espécies adaptadas a condição de ambiente com baixa luminosidade, resulte em diversidade reduzida (Bello et al. 2013).

Os valores encontrados para o índice de equitabilidade Pielou ( $AQ = 0,55/NQ = 0,42$ ) sugerem baixa uniformidade nas proporções do número de indivíduos/número de espécies, pois quanto mais próximo de 1 o valor desse índice, mais ele indica uniformidade máxima (Rode et

al. 2009), sendo assim, ainda é necessário o incremento de 45 e 58% de espécies, para atingir a diversidade máxima da comunidade vegetal da área queimada e não queimada, respectivamente (Ferreira-Júnior et al. 2008). O valor superior encontrado para a área queimada, pode ser explicado pela baixa severidade do fogo, que pode aumentar ligeiramente o índice de equitabilidade (Heydari et al. 2019).

Os valores do estimador Jackknife de primeira ordem encontrados indicam uma riqueza potencial inferior ou próxima aos valores observados nas áreas (AQ=10 espécies estimadas; 23 observadas; NQ=10 espécies estimadas; 16 observadas). Este estimador não paramétrico faz uma projeção do número total de espécies a partir da heterogeneidade entre amostras (Heltsche e Forrester, 1983) e, esses resultados sugerem que houve suficiência amostral na coleta.

Valores de Jaccard acima de 0,25% indicam alta similaridade (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974), assim, segundo esse conceito, a similaridade analisada entre as áreas (SJ=0,25), podem ser consideradas como baixa, sugerindo composição florística heterogênea. O estudo realizado em um fragmento próximo à área desse estudo, encontrou alta similaridade entre as áreas (SJ=0,35), sendo que o segundo levantamento foi realizado dois anos após experimento com fogo (Camargos et al. 2010). Já o levantamento desse estudo foi realizado quatro anos depois da ocorrência do fogo de origem antrópica.

A análise de agrupamento confirmou a formação de grupos com baixos níveis de similaridade, principalmente na área queimada, evidenciando a heterogeneidade florística entre as duas áreas avaliadas. Houve formação de um grupo pelas parcelas da área queimada e outro na área não queimada. Contudo, perturbação que o fogo causou, é considerada um aspecto importante para que ocorra essa diferenciação florística (Kunz et al. 2009).

A predominância de espécies com síndrome de dispersão zoocóricas na regeneração natural segue o conhecido padrão encontrado em Florestas Tropicais (Camargos et al. 2010; Sansevero et al. 2011; Coutinho et al. 2019), na qual 50 a 90% das árvores e arbustos são dispersas por animais (Howe e Smallwood, 1982). A alta quantidade de espécies zoocóricas na área não queimada confirma a terceira hipótese estabelecida no estudo, uma vez que, a área não foi perturbada e isso contribui com uma maior presença de animais que são atraídos pelos frutos, dispersam as sementes (Martínez et al., 2015) e, posteriormente, possibilita o desenvolvimento e estabelecimento das espécies vegetais (Rocha et al. 2016), influenciando na regeneração natural da área (Sansevero et al. 2011). Essa condição é um indicativo de comunidades vegetais em estádios avançados de sucessão ou que estão em bom estado de conservação (Stefanello et

al. 2010) e se deve à presença de remanescentes florestais próximos (Martínez et al., 2015), que formam um contínuo com a área estudada.

A expressividade de espécies pioneiras na área não queimada, também foi relatada em área de Mata Atlântica (Marcuzzo et al. 2014), essas espécies melhoram a qualidade do solo, diminuindo a compactação e auxiliando na produção de serrapilheira, aumentando a fauna do solo e o recrutamento de espécies com sucessão secundária (Rocha et al., 2016). Já na área queimada, confirmando a quarta hipótese levantada no trabalho, as espécies mais representativas foram as secundárias iniciais, resultado semelhante ao encontrado anteriormente em fragmento com a mesma formação florestal (Camargo et al. 2010). Além disso, a presença de espécies secundárias iniciais com maior representatividade na área queimada também foi relatada em outra área de Floresta Estacional Semidecidual em Mata Atlântica, e é explicada pela sua capacidade de rebrotar após o fogo, o que auxilia no processo de recuperação da riqueza florística em áreas perturbadas após ocorrência do fogo (Melo e Durigan, 2010).

Com o acompanhamento da regeneração, foi possível identificar que houve uma redução no número de indivíduos entre os anos. Isso pode ser justificado pelas características específicas desses indivíduos, ação de predadores e patógenos, além de fatores ambientais como maior ou menor período de chuvas (Aguiar et al. 2019). O grupo de espécies que não ocorreram em 2019, apresentaram valores fitossociológicos baixo no levantamento em 2018, todavia tratam-se de espécies de grupos ecológicos importantes, caracterizadas como zoocóricas, pioneiras e secundárias iniciais, que foram responsáveis pela colonização inicial da área perturbada (Silva et al. 2017b).

Os baixos valores encontrados para essas espécies em 2018 e a ausência das mesmas em 2019, podem ser explicados pela fase intermediária da sucessão que se encontra o local estudado. Uma vez que, ao decorrer dos anos, espécies pioneiras alteram as condições e/ou a disponibilidade de recursos em um habitat, de maneira que favoreça a entrada e o desenvolvimento de espécies mais exigentes, pertencentes a grupos sucessionais posteriores (Martins, 2013).

## 5.0. CONCLUSÃO

O fogo de baixa intensidade alterou a estrutura e composição florística da área queimada, uma vez que os padrões de similaridade florística evidenciaram baixa semelhança entre as áreas com a formação de um grupo pelas parcelas da área queimada e outro na área não queimada. Incêndios de baixa severidade em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, aumentam os valores de diversidade de espécies e incrementam ligeiramente o índice de equitabilidade. A maior quantidade de espécies zoocóricas foi na área não queimada, visto que a área não foi perturbada pelo distúrbio causado pelo fogo e isso contribui com a atração de animais que dispersam sementes e possibilitam o desenvolvimento de outras espécies vegetais. O grupo sucessional das espécies secundárias iniciais foi mais representativo na área queimada, pois essas espécies possuem capacidade de rebrotar após o fogo. Esses resultados confirmam as hipóteses estabelecidas nesse estudo e indicam a necessidade de um acompanhamento da diversidade por mais tempo, a fim de conhecer as características ecológicas que vão se modificando nas áreas perturbadas ao longo dos anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, S.H.S., Carvalho, J.O.P., Ruschel, A.R., Ramos, E.M.L.S., Rocha, E.S., Castro, T.C., Silva, B.M.F., 2019. Dinâmica da regeneração natural de espécies madeireiras durante três décadas da exploração florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Brasil. *Sci. For.* 47, 157-166.
- Aranha, B.A., Gorenstein, M.R., Souza, S.C.P.M., Batista, J.L.F., 2018. 65 anos depois: Diversidade e composição florística de uma floresta ribeirinha reflorestada por meio do plantio de espécies exóticas. *Sci. Plena* 14, 082401.
- Baker, P.J.; Bunyavejchewin, S., Robinson, A.P. 2008. The impacts of large-scale, low-intensity fires on the forests of continental South-east Asia. *Int. J. Wildland Fire.* 17, 782.
- Bello, F., Vandewalle, M., Reitalu, T., Leps, J., Prentice, H.C., Lavorel, S., Sykes, M.T. 2013. Evidence for scale- and disturbance-dependent trait assembly patterns in dry semi-natural grasslands. *Ecology.* 101, 1237-1244.
- Bhadouria, R., Srivastava, P., Singh, R., Tripathi, S., Singh, H., Raghubanshi, A.S., 2017. Tree seedling establishment in dry tropics: an urgent need of interaction studies. *Environ. Syst. Decis.* 37, 88-100.
- Blair, D.P., McBurney, L.M., Blanchard, W., Banks, S.C., Lindenmayer, D.B., 2016. Disturbance gradient shows logging affects plant functional groups more than fire. *Ecol. Appl.* 26, 2280-2301.
- Bohlman, G.N., North, M., Safford, H.D., 2016. Shrub removal in reforested post-fire areas increases native plant species richness. *Forest Ecol. Manag.* 374, 195-210.
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., Antonio, C.M.D., Defries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.I., Scott, A.C., Swetnam, T.W., Vander Werf, G.R., Pyne, S.J., 2009. Fire in the Earth System. *Sci.* 324, 481-484.
- Calegari, L., Martins, S.V., Campos, L.C., Silva, E., Gleriani, J.M., 2013. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. *Rev. Árvore.* 37, 71-880.
- Camargos, V.L., Martins, S.V., Ribeiro, G.A., Carmo, F.M.S., Silva, A.F., 2010. Avaliação do impacto do fogo no estrato de regeneração em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. *Rev. Árvore.* 34, 1055-1063.
- Camargos, V.L., Martins, S.V., Ribeiro, G.A., Silva, Carmo, F.M.S., Silva, A.F., 2013. Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta Estacional Semidecidual. *Cienc. Florest.* 23, 19-28.
- Camargos, V.L., Ribeiro, G.A., Silva, A.F., Martins, S.V., Carmo, F.M.S., 2015. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais. *Cienc. Florest.* 25, 537-545.

- Charles-Dominique, T., Beckett, H., Midgley, G.F., Bond, W.J., 2015. Bud protection: A key trait for species sorting in a forest-savanna mosaic. *New Phytol.* 207, 1052-1060.
- Cochrane M.A., Laurance W.F., 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *J. Trop. Ecol.* 18, 311-325.
- Cochrane, M.A., 2003. Fire science for rainforests. *Nature.* 421, 913-919.
- Costa, M.B., Menezes, L.F.T., Nascimento, M.T., 2017. Post-fire regeneration in seasonally dry tropical forest fragments in southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 89, 2687-2695.
- Costa, T.A., Soares, V.P., Ribeiro, C.A.A.S., Gleriani, J.M., 2013. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu, Viçosa, MG. *Floresta e Ambient.* 20, 281-295.
- Coutinho, P.R.O.S., Valcarcel, R., Rodrigues, P.J.F.P., Braga, J.M.A., 2019. Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil *Ciênc. Florest.* 29, 1307-1323.
- Crawley, M., 2012. *The R Book*, segunda ed. London, UK.
- Durigan, G., Ivanauskas, N.M., Zakia, M.J.B., Abreu, R.C.R., 2013. Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. *Nat. Conservação.* 11, 23-30.
- Fernández-García, V., Marcos, E., Fulé, P.Z., Reyes, O., Santana, V.M., Calvo, L., 2020. Fire regimes shape diversity and traits of vegetation under diferente climatic conditions. *Sci. Total Environ.* 716, e137137.
- Ferreira-Júnior, E.V., Soares, T.S., Costa, M.F.F., Silva, V.S.M., 2008. Composição, diversidade e similaridade florística de uma floresta tropical semidecídua submontana em Marcelândia – MT. *Acta Amaz.* 38, 673-680.
- França, G.S., Stehmann, J.R., 2013. Florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia.* 64, 607-624.
- Franco, B.K.S., Martins, S.V., Faria, P.C.L., Ribeiro, G.A., Neto, A.M., 2014. Estrato de regeneração natural de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. *Rev. Árvore.* 38, 31-40.
- Freitas, W.K., Magalhães, L.M.S., 2014. Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual da Serra da Concórdia, RJ. *Floresta.* 44, 259-270.
- Fuentes-Ramirez, A., Salas-Eljatib, C., Gonzalez, M., Urrutia-Estrada, J., Arroyo-Vargas, P., Santibanez, P., 2020. Initial response of understory vegetation and tree regeneration to a mixed-severity fire in old-growth *Araucaria – Nothofagus* forests. *Appl. Veg. Sci.* 1, 1-13.
- Heltshel, J.F., Forrester, N.E., 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics.* 39, 1-12.

- Heydari, M., Faramarzi, M., Pothier, D., 2016. Post-fire recovery of herbaceous species composition and diversity, and soil quality indicators one year after wildfire in a semi-arid oak woodland Ecol. Eng. 94, 688-697.
- Heydari, M., Moradizadeh, H., Omidipour, R., Mezbani, A., Pothier, D., 2019. Spatio-temporal changes in the understory heterogeneity, diversity, and composition after fires of different severities in a semiarid oak (*Quercus brantii* Lindl.) forest. Land Degrad. Dev. 30, 1-11.
- Howe, H.F., Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. Ann. Rev. Ecol. Syst. 13, 201-228.
- Instituto Nacional De Meteorologia – INMET (2019). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa [online]. Brasília, INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 30 de Out. 2019.
- Keyser, T.L., Arthur, M., Loftis, D.L., 2017. Repeated burning alters the structure and composition of hardwood regeneration in oak-dominated forests of eastern Kentucky, USA. Forest. Ecol. Manag. 393, 1-11.
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., Silva, E. Stefanello, D., 2009. Análise da similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central Rev. Bras. Bot. 32, 725-736.
- Lipoma, M.L., Funes, G., Díaz, S., 2018. Fire effects on the soil seed bank and post-fire resilience of a semi-arid shrubland in central Argentina. Austral Ecol. 43, 46-55.
- Makarov, V.P., Malykh, O.F., Gorbunov, I.V., Pak, L.N., Winter Yu, V., Banshchikova, E.A., Zhelibo, T.V., 2019. Influence of fires on pine floristic diversity of the Eastern Transbaikalian territory. J. For. Res. 1, 77-81.
- Marcuzzo, S.B., Araújo, M.M., Rorato, D.G. Machado, J., 2014. Comparação entre áreas em restauração e área de referência no Rio Grande do Sul, Brasil. Rev. Árvore. 38, 961-972.
- Martínez, O.J.A., Ackerman, E.J.M., Montiel, D.J., Parrotta, J.A. 2015. Seed dispersal turns an experimental plantation on degraded land into a novel forest in urban northern Puerto Rico. Forest Ecol. Manag. 357, 68-75.
- Martins, S.V., 2013. Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanentes, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração, terceira ed. Viçosa, Minas Gerais.
- Martins, S.V., Gleriani, J.M. Amara, C.H., Ribeiro, T.M. 2008. Caracterização do dossel e do estrato de regeneração natural no sub-bosque e em clareiras de uma florestal estacional semidecidual no município de Viçosa, MG. Rev. Árvore. 32, 759-767.
- Melo, A.C.G., 2010. Durigan, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). Braz. J. Bot. 33, 37-50.

- Miranda, A.N., Martins S.V., Silva, K.A., Gleriani, J.M., 2012. Relações ecológicas entre estratos de uma área restaurada, com 40 anos, Viçosa-MG. *Floresta e Ambient.* 19, 393-404.
- Molina, J.R., Moreno, N., Moreno, R., 2017. Influence of fire regime on forest structure and restoration of a nativeforest type in the southern Andean Range. *Ecol. Eng.* 102, 390-396.
- Morgan, P., Keane, R.E., Dillon, G.K., Jain, T.B., Hudak, A.T., Karau, E.C., Sikkink, P.G., Holden, Z.A., Strand, E.K., 2014. Challenges of assessing fire and burn severity using field measures, remote sensing and modeling. *Int. J. Wildland Fire.* 23, 1045-1060.
- Morgan, P., Moy, M., Droske, C.A., Lewis, S.A., Lentile, L.B., Robichaud, P.R., Hudak, A.T., Williams, C.J., 2015. Vegetation response to burn severity, native grass seeding, and salvage logging. *Fire Ecol.* 11, 31-58.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 1974. *Aims and methods of vegetation Ecology*, primeira ed. NewYork.
- Nóbrega, G.A., Eisenlohr, P.V., Paciência, M.L.B., Prado, J., Aidar, M.P.M., 2011. A composição florística e a diversidade de Pteridófitas diferem entre a Floresta de Restinga e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba/SP. *Biota Neotrop.* 11, 153-164.
- Pinheiro, M.H.O., Monteiro, R. 2008. Florística de uma Floresta Estacional Semidecidual, localizada em ecótono savânico-florestal, no município de Bauru, SP, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 22, 1085-1094.
- Prestes, N.C.C.S., Massi, K.G., Silva, E.A., Nogueira, D.S., Oliveira, E.A., Freitag, R., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Keller, M., Feldpausch, T.R., 2020. Fire effects on understory forest regeneration in southern Amazonia. *Front. For. Glob. Change.* 3, 10.
- Rabelo, F.R.C., Rodal, M.J.N., Silva, A.C.B.L., Lima, A.L.A. 2015. Dinâmica da vegetação em um fragmento de mata atlântica no nordeste do Brasil. *Cienc. Florest.* 25, 23-36.
- Reis, B.P., Zatelli, K.S., Torres, F.T.P., Martins, S.V., 2018. Influence of fire on the natural regeneration of a semideciduous seasonal rainforest fragment. *Floresta e Ambient.* 25, e20170174.
- Richardson, S.J., King, S., Rose, A.L., McGlone, M.S., Holdaway, R.J., 2018. Post-fire recovery of a dryland forest remnant in the Wither Hills, Marlborough. *New Zeal. J. Ecol.* 42, 222-228.
- Rocca, M.E., Brown, P.M., Macdonald, L.H., Carrico, C.M., 2014. Impactos das mudanças climáticas nos regimes de incêndio e nos principais serviços ecossistêmicos nas florestas das Montanhas Rochosas. *Forest Ecol. Manag.* 327, 290-305.
- Roccaforte, J.P., Meador, A.S., Waltz, A.E.M., Gaylord, M.L., Stoddard, M.T., Huffman, D.W., 2018. Delayed tree mortality, bark beetle activity, and regeneration dynamics five years following the Wallow Fire, Arizona, USA: Assessing trajectories towards resiliency. *Forest Ecol. Manag.* 428, 20-26.

- Rocha, G.P.E., Vieira, D.L.M., Simon, M.F., 2016. Fast natural regeneration in abandoned pastures in southern Amazonia. *Forest Ecol. Manag.* 370, 93-101.
- Rode, R., Filho, A.F., Galvão, F., Machado, S.A., 2009. Comparação florística entre uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. *Rev. Cerne.* 15, 101-115.
- Sansevero, J.B.B., Prieto, P.V., Moraes, L.F.D., Rodrigues, P.J.F.P., 2011. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. *Restor. Ecol.* 19, 379-389.
- Sansevero, J.B.B., Prieto, P.V., Sánchez-Tapia, A. Braga, J.M.A., Rodrigues, J.F.P., 2017. Past land-use and ecological resilience in a lowland Brazilian Atlantic Forest: implications for passive Restoration. *New Forests.* 48, 573-586.
- Santos, J.F.C., Gleriani, J.M., Velloso, S.G.S., Souza, G.S.A., Amaral, C.H., Torres, F.T.P., Medeiros, N.G., Reis, M., 2019. Wildfires as a major challenge for natural regeneration in Atlantic Forest. *J. Trop. Ecol.* 650, 809-821.
- Saporetto-Júnior, A., Meira Neto, J.A., Almado, R.P., 2003. Fitossociologia de Cerrado *sensu stricto* no município de Abaeté, MG. *Rev. Árvore.* 27, 413-419.
- Silva, C.T., Reis, G.G., Reis, M.G.F., Silva, E., Chaves, R.A., 2004. Avaliação temporal da florística arbórea de uma floresta secundária no município de Viçosa, Minas Gerais. *Rev. Árvore.* 28, 429-441.
- Silva, K.G., Venturin, N., Carvalho, W.A.C., Batista, A.P.B., Belan, L.L., 2017a. Spatial and temporal distribution of species diversity in semideciduous seasonal forests with occurrence of fire. *Rev. Biol. Trop.* 65, 525-534.
- Silva, W.M., Zorzanelli, J.P.F., Moreau, J.S., Abreu, K.M.P., Kunz, S.H., 2017b. Estrutura e sucessão ecológica de uma comunidade florestal urbana no sul do Espírito Santo. *Rodriguésia.* 68, 301-314.
- Silvério, D.V., Brando, P.M., Bustamante, M.M.C., Putz, F.E., Marra, D.M., Levick, S.R., Trumbore, S.E., 2019. Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. *J. Ecol.* 107, 656-667.
- Souchie, F.F., Pinto, J.R.R., Lenza, E., Gomes, L., Maracahipes-Santos, L., Silvério, D.V., 2017. Post-fire resprouting strategies of woody vegetation in the Brazilian savanna. *Acta Bot. Bras.* 31, 260-266.
- Souza, V.C., Lorenzi, H., 2012. Botânica sistemática: guia ilustrado para a identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGIII, terceira ed. Nova Odessa, São Paulo.
- Spósito, T.C., Stehmann, J.R., 2006. Heterogeneidade florística e estrutural de remanescentes florestais da Área de Proteção Ambiental ao Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), Minas Gerais, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 20, 347-362.

- Stefanello, D., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., Silva, E., Kunz, S.H., 2010. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência, MT. *Acta Amaz.* 40, 141-150.
- Svatek, M., Rejzek, M., Kvasnica, J., Repka, R., Matula, R. 2018. Incêndios frequentes controlam o padrão espacial, a mortalidade e a regeneração de árvores em florestas abertas da Argentina. *Forest. Ecol. Manag.* 408, 129-136.
- Tabarelli, M., Villani, J.P., Mantovani, W., 1994. Estudo comparativo da vegetação de dois trechos de floresta secundária no Núcleo Santa Virginia, Parque Estadual da Serra do Mar, SP. *Rev. Inst. Florest.* 6, 1-11.
- Torres-Leite, F., Hollunder, R.K., Garbin, M.L., Carrijo, T.T., 2018. Florística de Rubiaceae em um remanescente de Floresta Atlântica do Espírito Santo, Brasil. *Rodriguésia.* 69, 561-576.
- Trauernicht, C., Ticktin, T., Fraiola, H., Hastings, Z., Tsuneyoshi, T., 2018. Active restoration enhances recovery of a Hawaiian mesic forest after fire. *Forest Ecol. Manag.* 411, 1-11.
- Uhl, C., Murphy, P.G., 1981. Composition, structure, and regeneration of a tierra firme forest in the Amazon Basin of Venezuela. *J. Trop. Ecol.* 22, 219-237.
- Vega, G.S., Heras, J., Moya, D., 2018. Post-fire regeneration and diversity response to burn severity in *Pinus halepensis* Mill. *Forests.* 9, 299.
- Wang, X., Xu, J., Xu, L., 2017. Effects of prescribed fire on germination and plant community of *Carex cinerascens* and *Artemisia selengensis* in Poyang Lake, Chin. *S. Afr. J. Bot.* 113, 111-118.
- Yamamoto, L.F., Kinoshita, L.S., Martins, E.F.R., 2005. Florística dos componentes arbóreo e arbustivo de um trecho da Floresta Estacional Semidecídua Montana, município de Pedreira, estado de São Paulo. *Rev. Brasil. Bot.* 28, 191-202.
- Zanzarini, V., Zanchetta, D., Fidelis, A., 2019. Do we need intervention after pine tree removal? The use of different management techniques to enhance Cerrado natural regeneration. *Perspec. Ecol. Conser.* 17, 146-150.
- Zhang, Y., Lim, S., Sharples, J.J., 2016. Modelling spatial patterns of wildfire occurrence in South-Eastern Australia. *Geomat. Nat. Haz. Risk.* 7, 1800-1815.

## RESUMO

SOUZA, Fábيا Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2020. **Caracterização do material combustível em fragmento de Mata Atlântica com e sem ocorrência de incêndio florestal.** Orientador: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Coorientador: Vinícius Barros Rodrigues.

O termo incêndio florestal é utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente, e consome os diversos tipos de material combustível na floresta. Objetivou-se avaliar o teor de umidade e caracterizar o material combustível do estrato da regeneração natural, em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa (MG), com e sem a ocorrência do fogo. O material combustível foi coletado no período seco (agosto de 2018) e chuvoso (novembro de 2019), com 20 amostras coletadas em cada ano, sendo 10 em cada área. A contribuição de massa seca e úmida do material combustível, separado em classes, e do teor de umidade, foram obtidos após secagem do material em estufa a uma temperatura de 70°C por 72 horas. Houve diferença estatística nos valores de massa seca, sendo novembro menos representativo, entretanto os menores valores foram encontrados nas áreas queimadas. A classe I apresentou a maior contribuição para a carga total e o menor teor de umidade. O período chuvoso em novembro de 2019 apresentou o maior valor médio de umidade do material combustível e os menores valores de umidade foram encontrados nas áreas queimadas. A menor massa seca encontrada em novembro, é explicada pela maior umidade do período chuvoso, que favoreceu a rápida decomposição do material. A menor massa seca encontrado nas áreas queimadas, é justificada pelo processo de remoção da biomassa, que é o mais perceptível após a passagem do fogo. A classe I de menor diâmetro e com maior carga média, facilita a ocorrência de novos incêndios, pois trata-se do material com maior probabilidade de começar o processo de ignição. A menor umidade na área queimada é resultado do processo de abertura do dossel, ocasionado pela mortalidade de árvores pós-incêndio, que favorece o acúmulo de combustível morto e seco, o que torna as áreas de Florestal Estacional Semidecidual mais propícias a ocorrências de novos incêndios. Logo, é fundamental interligar os dados aqui obtidos com variáveis meteorológicas, a fim de estabelecer programas de prevenção aos incêndios em vegetação, nesse caso, voltados para as áreas de Floresta Estacional Semidecidual na Mata Atlântica.

Palavras-chave: Florestas úmidas. Serapilheira. Perturbação.

## ABSTRACT

SOUZA, Fábila Maria dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2020. **Characterization of combustible material in an Atlantic Forest fragment with and without forest fire.** Advisor: Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. Co-Advisor: Vinícius Barros Rodrigues.

The term forest fire is used to define an uncontrolled fire that spreads freely and consumes the different types of combustible material in the forest. We evaluate the moisture content and characterize the combustible material of the natural regeneration stratum, in a fragment of the Atlantic Forest in the municipality of Viçosa (MG), with and without fire occurrence. The combustible material was collected in the dry (August 2018) and rainy (November 2019) seasons, with twenty samples collected each year, ten in each area. The contribution of dry and wet mass of the combustible material, separated into classes, and of the moisture content, were obtained after drying the material in an oven at a temperature of 70°C for 72 hours. There was a statistical difference in the dry mass values, with November being less representative, however the lowest values were found in the burnt areas. Class I showed the greatest contribution to the total load and the lowest moisture content. The rainy season in November 2019 had the highest average moisture value of the combustible material and the lowest moisture values were found in the burnt areas. The lower dry mass found in November, is explained by the higher humidity of the rainy season, which favored the rapid decomposition of the material. The lower dry mass found in the burnt areas is justified by the process of removing biomass, which is the most noticeable after the fire has passed. Class I, with a smaller diameter and with a higher average load, facilitates the occurrence of new fires, since it is the material most likely to start the ignition process. The lower humidity in the burnt area is the result of the canopy opening process, caused by the mortality of post-fire trees, which favors the accumulation of dead and dry combustible, which makes the Semideciduous Seasonal Forest areas more conducive to the occurrence of new fires. Therefore, it is essential to link the data obtained here with meteorological variables, in order to establish programs for the prevention of fires in vegetation, in this case, aimed at the areas of Seasonal Semideciduous Forest in the Atlantic Forest.

Keywords: Rainforests. Litter. Perturbation.

## **CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA COM E SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL**

### **1.0. INTRODUÇÃO**

O termo incêndio florestal é utilizado para definir um fogo incontrollado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível na floresta (Soares e Batista, 2007). Registros fossilizados de carvão vegetal indicam que esses incêndios ocorrem desde o surgimento das plantas terrestres, há 420 milhões de anos, contudo, os estudos específicos sobre o comportamento do fogo tiveram mais enfoque quando as florestas nativas e os reflorestamentos começaram a ter valor econômico associado (Scott e Glasspool, 2006; White et al. 2014).

O incêndio florestal é considerado um elemento de perturbação natural, sendo essencial para o funcionamento de muitos ambientes (Reis et al. 2018). Nas savanas, por exemplo, muitas espécies possuem adaptações que possibilitam resistência ao evento, sendo que a sua floração, germinação e dispersão são facilitadas após passagem do fogo. Em ambientes mais sensíveis como a floresta tropical, a ocorrência de incêndios afeta significativamente o funcionamento desse ecossistema (Schmidt et al. 2016) e pode levar a perda da biodiversidade ou de locais passíveis ao ecoturismo (White et al. 2014), causando impacto sobre condições bióticas e abióticas com prejuízos incalculáveis (Adámek et al. 2015).

As ocorrências de incêndios em florestas podem alterar severamente a composição e estrutura dos fragmentos florestais, induzindo a mortalidade de árvores (Hicke et al. 2016; Svátek et al. 2018), removendo espécies do sub-bosque ou ocasionando em maior abertura do dossel (Jenkins et al. 2012; Reis et al. 2018). A frequência de ocorrência desses incêndios irá refletir nas mudanças da vegetação, a qual modificará a intensidade dos futuros incêndios (Bright et al. 2017). Nesse sentido, a intensidade e a gravidade do fogo são bem mais altas em florestas anteriormente queimadas, as quais apresentam uma maior quantidade de material combustível com baixos níveis de umidade, resultantes da abertura do dossel, o que possibilita uma maior penetração do fogo pela floresta em caso de novas ocorrências (Barlow et al. 2012).

O material combustível encontrado no ambiente é considerado todo e qualquer tipo de matéria orgânica, viva ou morta, capaz de entrar em combustão e queimar (Caldeira et al. 2019). É fundamental para que o incêndio florestal ocorra e propague, desde que outras condições propícias estejam presentes como o oxigênio, por exemplo (Seger et al. 2018). Ainda segundo

os mesmos autores, a quantidade de material combustível presente no ambiente determina a estrutura das chamas e a intensidade de calor liberado pelo fogo. Todavia, a umidade do material combustível é a propriedade mais importante que controla a inflamabilidade dos combustíveis facilitando sua ignição (Torres et al. 2019), e é utilizada para estimar os parâmetros ligados ao comportamento do fogo, tais como intensidade e velocidade de propagação (Pereira et al. 2012).

Estudos sobre a caracterização dos materiais combustíveis têm sido realizado em diversos biomas, como no Cerrado (Conceição e Pivello, 2011), Amazônia (Almeida et al. 2015) e na Mata Atlântica (Mateus et al. 2013). Os estudos realizados nesse último bioma, em Fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual, têm mostrado que a quantidade do material combustível encontrado pode variar em razão da composição florística (Godinho et al. 2014) de acordo com o estágio de sucessão da floresta, temperatura ou umidade (Archanjo et al. 2012).

Embora o entendimento sobre os impactos do fogo tenha avançado nos últimos anos (Sansevero et al. 2017), ainda existe lacunas quanto as mudanças das características do material combustível em áreas de Mata Atlântica e como essas áreas queimadas se tornam mais susceptíveis às novas ocorrências. Visto que, mesmo em áreas próximas, cada lugar tem as suas especificidades quanto ao comportamento do fogo, fazendo necessário a realização de estudos locais (Pezzatti et al. 2013). Esses estudos são importantes e fornecem informações para a realização das atividades de avaliação do perigo e tomada de decisões mais acertadas sobre as estratégias de restauração para a diminuição dos danos causados (Linn et al. 2013; Seger et al. 2018).

Nesse sentido, esse estudo teve por objetivo avaliar o teor de umidade e caracterizar o material combustível do estrato da regeneração natural, em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa (MG), com duas características ambientais distintas: com e sem a ocorrência do fogo, bem como, responder a seguinte pergunta: a passagem do fogo pode aumentar o risco de futuros incêndios em áreas de Mata Atlântica pela mudança das características dos materiais combustíveis?

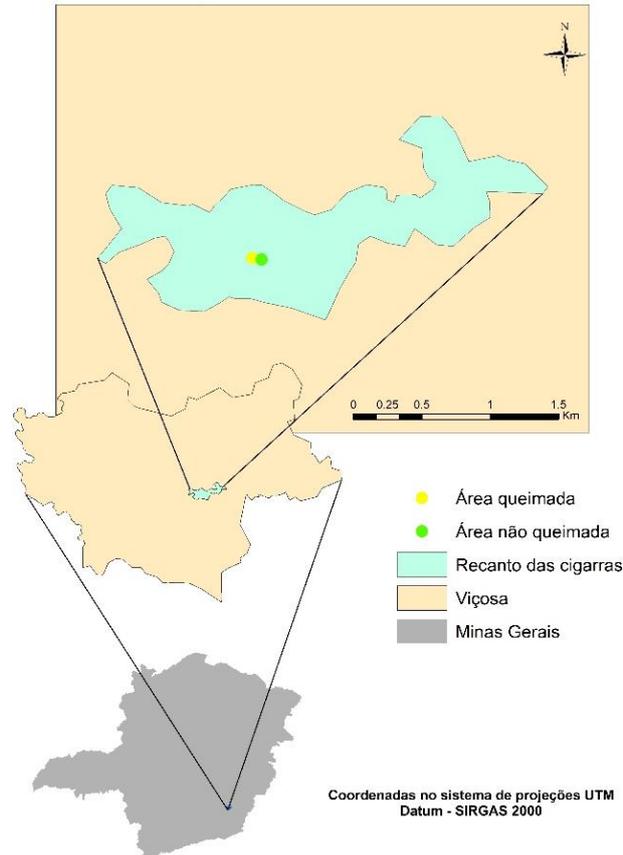
## **2.0. METODOLOGIA**

### **2.1. Área de estudo**

O trabalho foi realizado em uma área localizada no “Recanto das Cigarras” situado no *campus* da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG (20°45’26.7”S

42°51'46.2"W) (Figura 1). O local estudado está inserido no bioma Mata Atlântica, o qual compreende diferentes formações florestais, que nesse caso é ocupada por Floresta Estacional Semidecidual (Costa et al. 2013).

Figura 1 – Local de estudo, localizado no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil



Fonte: A autora (2020)

A área total do fragmento é de 75ha, com altitude variando entre 725 a 745 m (Camargos et al. 2013). O clima da região é Cwb (Köppen), mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos (Miranda et al. 2012). Apresenta temperatura média anual de 20 °C, com precipitação média anual de 1.229 mm. No mês de agosto, que é o mês mais seco, a precipitação é de 18 mm, já no mês chuvoso Novembro, a precipitação média é de 204 mm (INMET, 2019).

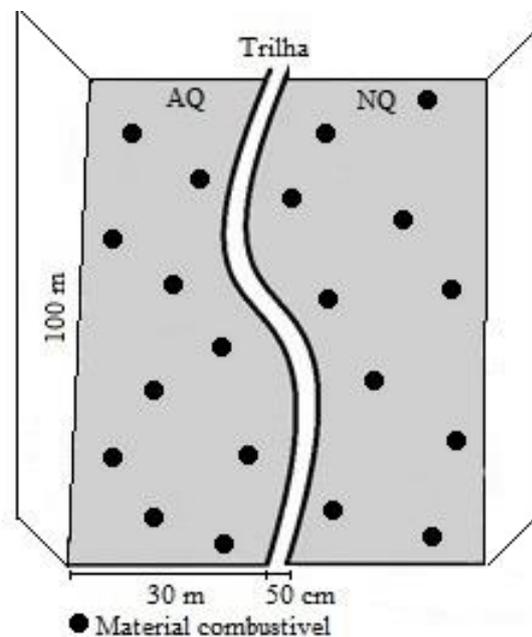
Em 19 de outubro de 2014, um incêndio de origem antrópica ocorreu na área queimando cerca de 30 hectares de vegetação nativa. O fogo desceu aproximadamente 30 metros de encosta chegando até uma trilha (50 cm de largura média) que delimitou a área queimada, estabelecendo um limite entre a área queimada e não queimada. Ambas as áreas estavam no mesmo estágio

de sucessão antes desse evento. Embora o incêndio não tenha sido medido, ele mostrou uma intensidade baixa ao chegar à área, uma vez que não conseguiu superar a barreira de 50 cm da trilha.

## 2.2. Quantificação e umidade do material combustível

A coleta do material combustível foi realizada no período seco em agosto de 2018 e no período chuvoso em novembro 2019. Dentro de cada fragmento, determinou-se uma área retangular de 0,3 hectares na parte mais plana do terreno, onde definiu-se Área Queimada (AQ) como local atingido pelo fogo e Não Queimada (NQ) como a área não atingida. O material acumulado foi quantificado por meio de 20 amostras (em cada ano), sendo 10 coletadas em AQ e 10 em NQ, com distância aproximada de 10 m entre cada módulo, em pontos distribuídos ao longo da área estudada (Figura 2), com auxílio de um gabarito de 0,5 m x 0,5 m (Figura 3).

Figura 2 – Croqui da área de estudo, sendo AQ a área queimada e NQ não queimada, localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil. Círculos abertos: amostras de material combustível de 0,5 m x 0,5 m



Fonte: A autora (2020)

Figura 3 –Delimitação da área de coleta do material combustível, com auxílio de um gabarito de 0,5 m x 0,5 m, localizado no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil



Fonte: A autora (2020)

O material combustível coletado nas parcelas experimentais foi encaminhado para o Laboratório de Incêndios Florestais e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Viçosa, triado e separado em classes (Tabela 1) e colocados em sacos de papel devidamente identificado.

Tabela 1 – Classificação do tamanho e umidade do material combustível coletado na área de estudo, localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil (\*tempo de resposta para que os combustíveis entrem em equilíbrio com a umidade atmosférica de acordo com Brown, 1982)

Diâmetro (cm)	Classe	t (hora)*
<0,7	I	1
0,7 – 2,5	II	10
2,5 – 7,5	III	100
>7,5	IV	1000

O material foi pesado em balança digital para determinação do peso úmido e colocado para secagem em estufa de circulação e renovação de ar a uma temperatura de 70°C por 72 horas até atingir peso constante e, posteriormente, foi pesado para determinação da massa seca. Sabendo-se a massa inicial (massa fresca) e a massa final (massa seca) das amostras, calculou-se o teor de umidade do material combustível coletado através da fórmula apresentada a seguir (Batista, 1990):

$$U\% = \frac{MF - MS}{MS} * 100$$

MS

ONDE:

U%= teor de umidade do material combustível em %;

MF= massa do material fresco no momento da coleta em grama;

MS= massa do material combustível seco em estufa em grama.

Após calcular o teor de umidade das amostras, utilizou-se os valores da massa em estado seco para determinar a carga de cada amostra coletada, em seguida, somando-se esses valores, obteve-se a carga do material combustível total para cada uma das quatro classes.

### **2.3. Análise estatística**

A fim de detectar as diferenças nos valores da massa seca entre os dois períodos, em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso) os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ), sob erros Poisson, e Teste Tukey utilizando o programa R (R Core Team 2018).

## **3.0. RESULTADOS**

### **3.1. Quantificação do material combustível**

Foram coletadas 24,89 kg de biomassa úmida nas 40 parcelas de 0,25 m<sup>2</sup> em agosto de 2018 e novembro 2019. Esse material apresentou teor de umidade de 74,41%, com massa seca de 12,31 kg (Tabela 2).

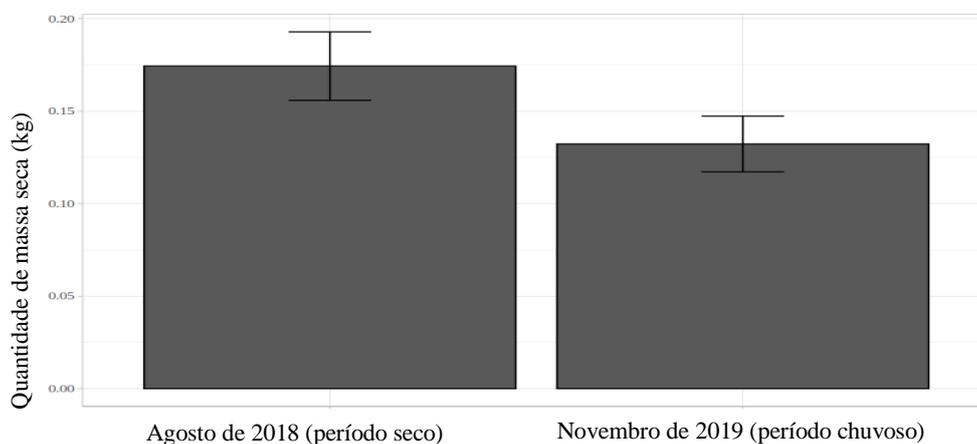
Houve diferença estatística entre os períodos para os valores de massa seca, com o período chuvoso em novembro de 2019 sendo menos representativo (Figura 4), enquanto nas áreas, embora não tenha diferido estatisticamente, observa-se que as áreas queimadas apresentaram menores valores (24,4 t/ha) que as não queimadas (27,2 t/ha) (Tabela 3).

Dentre as classes de material combustível pré-estabelecida, a classe I representou 88,22% da carga total do material combustível coletado, sendo então a mais abundante e a classe III teve menor representatividade, com apenas 1,16% em relação a carga total (Tabela 4).

Tabela 2 – Soma do material combustível úmido e seco, coletado na área queimada e não queimada em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso), localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil (MC= material combustível; MU= massa úmida; MS= massa seca; \*peso em kg)

MC/Ano	2018	2019	Total
MU	12,44*	12,45*	24,89*
MS	7,13*	5,18*	12,31*

Figura 4 – Contribuição em massa seca do material combustível coletado no local de estudo em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso), localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil



Fonte: A autora (2020)

Tabela 3 – Soma da massa seca do material combustível, coletado na área queimada e não queimada em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso), localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil (MS= massa seca; AQ= área queimada; NQ= não queimada; \*peso em t/ha)

MS/Ano	2018	2019	Total
AQ	14,0*	10,4*	24,4*
NQ	16,8*	10,4*	27,2*
Total	30,8*	20,8*	51,6*

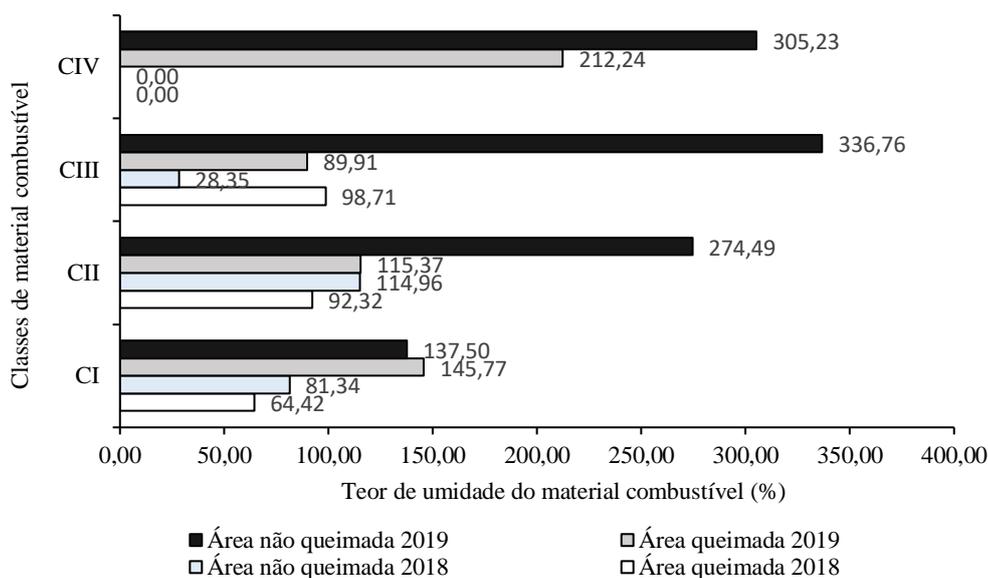
Tabela 4 – Carga média das classes do material combustível coletado na área queimada e não queimada em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso), localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil (\* peso em kg/m<sup>2</sup>)

Classes	Carga	(%) em relação a carga total
I	22,09*	88,22
II	1,86*	7,43
III	0,29*	1,16
IV	0,8*	3,19
Total	25,04*	100,00

### 3.2. Teor de umidade do material combustível

Ao analisar os valores referentes as classes pré-estabelecidas, observa-se que classe I teve menor e a classe II maior contribuição para o teor de umidade na área de estudo. Quanto as médias dos teores de umidade nos dois períodos, observa-se que o chuvoso apresentou o maior valor médio de umidade do material combustível (período seco 2018=480, 11%; período chuvoso 2019=1617, 27 %). Enquanto as áreas avaliadas, nota-se que os menores valores da umidade foram encontrados nas áreas queimadas (AQ=818,75%; NQ=1278,63%) (Figura 5).

Figura 5 – Teor de umidade médio das classes de material combustível coletados no local de estudo em agosto de 2018 (período seco) e novembro de 2019 (período chuvoso), localizada no Recanto das Cigarras, Viçosa, Minas Gerais Brasil



Fonte: A autora (2020)

## **4.0. DISCUSSÃO**

### **4.1. Quantificação do material combustível**

A quantidade de massa úmida coletada no local de estudo, encontra-se acima do relatado em áreas de floresta estacional semidecidual (White et al. 2014; Oliveira et al. 2018). Os principais fatores que influenciam diretamente na quantidade de material combustível encontrada em um determinado ecossistema são as espécies, o espaçamento e a idade da vegetação (Chandler et al. 1983; Soares e Batista, 2007). Além disso, o acúmulo de biomassa úmida encontrada no estudo, pode ser explicado pela alta produção de material combustível em florestas sucessionais tropicais úmidas, pois nessas áreas ocorrem maior número de espécies decíduas, além de mudança na composição vegetal, entretanto, essa taxa de acumulação tende a estabilizar-se com a maturidade da floresta (Meguro et al. 1979).

O menor valor de massa seca encontrada em novembro de 2019, ocorreu devido a coleta do material combustível nesse ano ter sido no período chuvoso, o que influenciou diretamente no aumento da umidade e favoreceu a decomposição da biomassa, conseqüentemente, isso diminuiu os valores encontrados de peso seco, esse resultado foi semelhante ao encontrado por Freire e colaboradores (2010). Nesse caso, em agosto de 2018 o material seco acumulado foi maior por não ter encontrado condições favoráveis para decomposição (Santos et al. 2017).

Embora o valor de massa seca entre as áreas não terem diferido estatisticamente, a menor contribuição para a soma do valor total de massa seca encontrado nas áreas queimadas (24,4 t/ha), concorda com o estudo realizado por Reis e colaboradores (2018) na mesma área, e pode ter ocorrido em razão da remoção da biomassa, que é um dos processos mais percebíveis pós-incêndios nos ecossistemas florestais. Essa baixa diferença para os valores de massa seca entre as áreas do estudo, pode ser explicado pelo fogo ter sido de baixa intensidade, o que reflete diretamente na menor quantidade de combustível disponível (material seco) (Freitas e Sant'anna, 2004; Redin et al. 2011; Barlow et al. 2012). Já, em vegetações savânicas, por exemplo, a ampla cobertura com gramíneas de baixa umidade na estação seca, apresenta um grande acúmulo de biomassa morta e seca e, tornam-se altamente inflamável (Neves et al. 2011). Nas fitofisionomias de cerrado especificamente, 80% da biomassa é consumida em um incêndio, entretanto, um ano após a queima 65% da biomassa é recomposta e a quantidade de material combustível disponível aumenta (Miranda et al. 2010).

Analisando a carga média do material combustível, nota-se que a classe de menor diâmetro (classe I) contribui com a maior porcentagem em relação a carga total do material combustível coletado (88,22%). White e colaboradores (2014), ao analisarem as classes individualmente, identificaram que CI contribuiu com a maior carga do material combustível (70%), essa alta porcentagem também foi observada em outros estudos (Oliveira et al. 2018; Seger et al. 2018). A probabilidade de início do processo de combustão, depende principalmente do teor de umidade dos materiais combustíveis mortos com diâmetro inferior a 0,7 cm (Schroeder e Buck, 1970). Nesse sentido, a área de estudo requer uma maior atenção e vigilância por parte de autoridades competentes, uma vez que a maior porcentagem de material combustível encontrada se enquadra na classe C1 com diâmetro <0,7 cm, tal qual aumenta as chances de ocorrência de mais incêndios florestais no fragmento estudado.

#### **4.2. Teor de umidade do material combustível**

A classe pré-estabelecida CI teve menor e a CII maior contribuição para o teor de umidade na área de estudo. Esse resultado corrobora com o que prevê a metodologia de Brown (1982), em que o tempo de resposta para que cada uma dessas classes entre em equilíbrio com a umidade atmosférica é de 1 hora e 10 horas, respectivamente. Griebeler e colaboradores (2020), também relataram menor contribuição para o teor de umidade em CI, representados por materiais de menor diâmetro, como folhas e galhos finos e maior contribuição para os materiais combustíveis lenhosos de maior diâmetro. Corroborando com esses resultados, Torres e colaboradores (2019) identificaram que a umidade do material combustível de maior diâmetro CII demora mais a perder a umidade recebida pela precipitação.

O maior teor de umidade encontrado em novembro 2019, pode ser considerado alto devido a coleta ter ocorrido no período chuvoso, e em 2018 ter sido no mês de agosto, que é mais seco. Esse maior valor no teor de umidade em mês chuvoso, também foi relatado em estudo de quantificação de material combustível realizado por Santos e colaboradores (2017). A quantidade de chuva afeta diretamente o número de incêndios em vegetação, ou seja, quando o local passa por longos períodos de estiagem, o potencial de propagação dos incêndios é afetado de várias formas, principalmente pela secagem do material combustível, que aumenta a probabilidade de ocorrência do incêndio (Torres et al. 2010).

Os teores de umidade do material combustível do estudo em geral, apresentaram valores considerados altos, os quais não são capazes de queimar. Isso se deve à “umidade de extinção”,

na qual teores de umidade na faixa de 25 e 30% são considerados perigosos, com alta probabilidade de ignição do material, assim, umidade acima desse limite impede a combustão e a propagação dos incêndios (Souto et al. 2009). Entretanto, essa umidade é reflexo das condições atmosféricas e pode variar rapidamente (Torres et al. 2019), além disso, segundo Torres e colaboradores (2009), não basta que os fatores diretamente associados à ocorrência dos incêndios em vegetação sejam favoráveis, para que os incêndios ocorram também é necessária uma fonte de ignição para dar início ao processo de combustão.

O menor teor de umidade encontrado na área queimada quando comparado a área não queimada é justificado pela presença de dossel mais aberto, que foi confirmado no estudo realizado por Reis e colaboradores (2018) na mesma área. A abertura do dossel ocorre pela mudança na copa da floresta, a qual é resultante da mortalidade de árvores, que são maiores em florestas tropicais úmidas, quando os incêndios entram em florestas queimadas (Barlow et al. 2012). Essas variações são mais acentuadas em florestas com reincidência de incêndios, os quais têm efeito de longo prazo na composição da vegetação, que conseqüentemente modificam a distribuição (Jenkins et al. 2012) e moldam o material combustível (Bright et al. 2017).

As mudanças na copa da floresta resultam em níveis de umidade mais baixos e em arranjos espaciais do material combustível, os quais influenciam diretamente as condições microclimáticas da área (Linn et al. 2013; Hoffman et al. 2015). Essas modificações na composição, estrutura e clima, podem prosseguir por décadas, favorecendo condições ambientais e formação de material combustível distintas para a ocorrência de mais incêndios florestais ao longo do tempo (Jenkins et al. 2012; Hoffman et al. 2015).

Devido a acumulação de material lenhoso após a mortalidade das árvores, a produção de material combustível morto e seco favorece a reincidência de incêndios florestais em áreas anteriormente queimadas (Hicke et al. 2012), levando a um processo de retroalimentação do fogo e degradação (Uhl e Kauffman, 1990). Portanto, a taxa de propagação do incêndio pela floresta será maior, uma vez que o local está mais seco e a energia necessária para acender o combustível em um novo incêndio é menor (Simard et al. 2010).

## 5.0. CONCLUSÃO

A ocorrência de incêndio em florestas tropicais úmidas causa a remoção da biomassa vegetal. A classe I de menor diâmetro e com maior carga média no estudo, chama atenção para o risco de ocorrência de incêndios florestais, uma vez que trata-se do material com maior probabilidade de começar o processo de ignição. Os teores de umidade do material combustível encontrado nos dois períodos foram altos, apresentando baixa capacidade de ignição, embora a umidade seja reflexo das condições atmosféricas, as quais podem variar. Contudo, o menor teor de umidade da área queimada, favorece o acúmulo de material combustível morto e seco e tornam as áreas de Floresta Estacional Semidecidual mais propícias a novos incêndios florestais. A diversidade de resultados encontrados mostra a necessidade de estudos específicos, fazendo necessário unificar as informações obtidas nesse trabalho com as variáveis meteorológicas da área, a fim de realizar programas de prevenção de incêndios em vegetação, nesse caso, voltados para áreas de Floresta Estacional Semidecidual, na Mata Atlântica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adámek, M., Bobek, P., Hadincová, V., Wild, J., Kopecký, M., 2015. Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest. Ecol. Manag.* 336, 81-90.
- Almeida, E.J., Luizão, F., Rodrigues, D.J., 2015. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. *Acta. Amaz.* 45, 157-166.
- Archanjo, K.M.P.A., Silva, G.F., Chichorro, J.F., Soares, C.P.B., 2012. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. *Rev. Floresta.* 42, 145-160.
- Barlow, J., Parry, L., Gardner, T.A., Ferreira, J., Aragão, L.E.O.C., Carmenta, R., Berenguer, E., Vieira, I.C.G., Souza, C., Cochrane, M.A., 2012. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biol. Conserv.* 154, 1-8.
- Batista, A.C., 1990. Incêndios florestais. Recife, Pernambuco.
- Bright, B.C., Hudak, A.T., Meddens, A.J.H., Hawbaker, T.J., Briggs, J.S., Kennedy, R.E., 2017. Prediction of forest canopy and surface fuels from lidar and satellite time series data in a bark beetle-affected forest. *Forests.* 8, 322.
- Brown, J.K., Oberheu, R.D., Johnston, C.M., 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior West. Ogden, Utah.
- Caldeira, M.V.W., Godinho, T.O., Moreira, F.L., Campanharo, I.F., Castro, K.C., Mendonça, A.R., Trazzi, P.A., 2019. Litter as an ecological indicator of forest restoration processes in a dense ombrophylous lowland forest. *Floresta e Ambient.* 26, e20180411.
- Camargos, V.L., Martins, S.V., Ribeiro, G.A., Silva, Carmo, F.M.S., Silva, A.F., 2013. Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta Estacional Semidecidual. *Cienc. Florest.* 23, 19-28.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D., 1983. Fire in forestry. New York, EUA.
- Conceição, A.A., Pivello, V.R., 2011. Biomassa combustível em Campo Sujo no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Rev. Bio. Brasil.* 2, 3-10.
- Costa, T.A., Soares, V.P., Ribeiro, C.A.A.S., Gleriani, J.M., 2013. Conflitos de Uso da Terra na Microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. *Floresta e Ambient.* 20, 281-295.
- Freire, J.L., Júnior, J.C.B.D., Lira, M.A., Ferreira, R.L.C., Santos, M.V.F., Freitas, E.V., 2010. Decomposição de serrapilheira em bosque de sabiá na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.* 39, 1659-1665.
- Freitas C.L., Sant'Anna G.L., 2004. Efeitos do fogo nos ecossistemas florestais. *Revista da Madeira.* 13, 106-112.

- Godinho, T.O., Caldeira, M.V.W., Rocha, J.H.T., Caliman, J.P., Trazzi, P.A., 2014. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Es. Rev. Cerne. 20, 11-20.
- Griebeler, A.M., Turchetto, F., Rorato, D.G., Schumacher, M.V., Facco, A.T., 2020. Caracterização quali-quantitativa do material combustível e estoque de carbono em vegetação de capoeira, Santa Maria, RS. Braz. J. Dev. 6, 11038-11046.
- Hicke, J.A., Johnson, M.C., Hayes, J.L., Preisler, H.K., 2012. Effects of bark beetle-caused tree mortality on wildfire. Forest Ecol. Manag. 271, 81-90.
- Hicke, J.A., Meddens, A.J.H., Kolden, C.A., 2016. Recent tree mortality in the Western United States from bark beetles and forest fires. For. Sci. 62, 141-153.
- Hoffman, C.N., Linn, R., Parsons, R., Sieg, C., Winterkamp, J., 2015. Modeling spatial and temporal dynamics of wind flow and potential fire behavior following a mountain pine beetle outbreak in a lodgepole pine forest. Agric. For. Meteorol. 204, 79-93.
- Instituto Nacional De Meteorologia – INMET (2019). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa [online]. Brasília, INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 30 de Dez. 2019.
- Jenkins, M.J., Page, W.G., Hebertson, E.G., Alexander, M.E., 2012. Fuels and fire behavior dynamics in bark beetle-attacked forests in Western North America and implications for fire management. Forest Ecol. Manag. 275, 23-34.
- Linn, R.R., Sieg, C.H., Hoffman, C.M., Winterkamp, J.L., McMillin, J.D., 2013. Modeling wind fields and fire propagation following bark beetle outbreaks in spatially-heterogeneous pinyon-juniper woodland fuel complexes. Agric. For. Meteorol. 173, 139-153.
- Martins S.V., Rodrigues R.R., 1999. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no município de Campinas, SP. Acta Bot. Bras. 22, 405-412.
- Mateus, F.A., Miranda, C.C., Valcarcel, R., Figueiredo, P.H.A., 2013. Estoque e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na Mata Atlântica. Floresta e Ambient. 20, 336-343
- Meguro, M., Vinuesa, G.N., Delitti, W.B.C., 1979. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária, São Paulo: I, produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. Boletim de Botânica. 7, 11-31.
- Miranda, A.N., Martins S.V., Silva, K.A., Gleriani, J.M., 2012. Relações ecológicas entre estratos de uma área restaurada, com 40 anos, Viçosa-MG. Floresta e Ambient. 19, 393-404.
- Miranda, H.S., Neto, W.N., Neves, B.M.C., 2010. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: Miranda, H.S. (org.). Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo. Brasília-IBAMA, 23- 33.
- Neves, A.C.O., Bedê, L.C., Martins, R.P., 2011. Revisão sobre os efeitos do fogo em Eriocaulaceae como subsídio para a sua conservação. Bio. Brasil. 2, 50-66.
- Oliveira, M.V.N., White, B.L.A., Ribeiro, G.T., 2018. Quantificação do material combustível em fragmento de Mata Atlântica no nordeste brasileiro. Pesq. Flor. Bras. 38, e201701449.

- Pereira, J.F., Batista, A.C., Soares, R.V., 2012. Variação da umidade do material combustível florestal em função de índices de perigo de incêndios. *Rev. Cerne*. 18, 371-376.
- Pezzatti, G.B., Zumbrunnen, T., Bürgi, M., Ambrosetti, P., Conedera, M., 2013. Fire regime shifts as a consequence of fire policy and socio-economic development: an analysis based on the change point approach. *Forest. Policy. Econ.* 29, 7-18.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Redin, M., Santos, G.F., Miguel, P., Denega, G.L., Lupatini, M., Doneda, A., Souza, E.L., 2011. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Rev. Cienc. Florest.* 21, 381-392.
- Reis, B.P., Zatelli, K.S., Torres, F.T.P., Martins, S.V., 2018. Influence of fire on the natural regeneration of a semideciduous seasonal rainforest fragment. *Floresta e Ambient.* 25, e20170174.
- Sansevero, J.B.B., Prieto, P.V., Sánchez-Tapia, A. Braga, J.M.A., Rodrigues, J.F.P., 2017. Past land-use and ecological resilience in a lowland Brazilian Atlantic Forest: implications for passive Restoration. *New Forests*. 48, 573-586.
- Santos, J.C.H., Sabino, M., Bortoline, A.T.P., Silva, A.G.M.F., Neto, A.P.M., Mendes, B.R.S., Mata, D.P., Araujo, K.Z., Pirolla, M.L., 2017. Quantificação de material combustível na serapilheira de plantio de *Tectona grandis* Linn. *F. Sci. Elec. Arch.* 10, 68-72.
- Schmidt, I.B., Fonseca, C.B., Ferreira, M.C., Sato, M.N., 2016. Experiências Internacionais de Manejo Integrado do Fogo em áreas Protegidas - recomendações para implementação de manejo integrado de fogo no Cerrado. *Rev. Bio. Bras.* 6, 41-54.
- Schroeder, M.J., Buck, C.C., 1970. Fire weather. USDA Forest Service, Agriculture Handbook. 360, 229 p.
- Scott, A.C.; Glasspool, I.J., 2006. The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 103, 10861-10865.
- Seger, C.D., Batista, A.C., Tetto, A.F., Soares, R.V., Biondi, D., 2018. Caracterização do material combustível fino da estepe gramíneo-lenhosa no estado do Paraná, Brasil. *Rev. Cienc. Florest.* 28, 863-874.
- Simard, M., Romme, W.H., Griffin, J.M., Turner, M.G., 2010. Do mountain pine beetle outbreaks change the probability of active crown fire in lodgepole pine forests? *Ecol. Monogr.* 81, 3-24.
- Soares, R.V., Batista, A.C., 2007. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, Paraná.
- Souto, P.C., Júnior, J.E.V.C., Almeida, F.C.P., Martins, S., Araújo, I.E.L., Souto, J.S., 2009. Quantificação do material combustível em plantios florestais e em remanescente de Mata Atlântica no Brejo da Paraíba, Brasil. *Rev. Engenharia Ambiental.* 6, 473-481.

- Svátek, M. Rejžek, M., Kvasnica, L., Řepka, R., Matula, R., 2018. Frequent fires control tree spatial pattern, mortality and regeneration in Argentine open woodlands. *Forest Ecol. Manag.* 408, 129-136.
- Torres, F.T.P., Junior, M.R.S., Lima, G.L., 2019. Influência dos elementos meteorológicos sobre o comportamento do fogo. *Rev. Bras. Meteorol.* 34, 33-41.
- Torres, F.T.P., Ribeiro, G.A., Martins, S.A., Lima, G.S., 2010. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. *R. Árvore.* 34, 297-303.
- Torres, F.T.P., Ribeiro, G.A., Martins, S.V., Lima, G.S., 2009. Relações entre incêndios em vegetação e elementos meteorológicos na cidade de Juiz de Fora, MG. *Rev. Bras. Meteorol.* 24, 379-389.
- Uhl, C., Kauffman, J.B., 1990. Deforestation fire susceptibility and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecol.* 71, 437-449.
- White, B.L.A., Ribeiro, A.S., White, L.A.S., Ribeiro, G.T., 2014. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Rev. Cienc. Florest.* 24, 699-70.

## CONCLUSÕES GERAIS

O fragmento de Mata Atlântica com duas características ambientais distintas, queimado e não queimado, apresentaram baixa semelhança florística entre eles. As espécies foram caracterizadas como zoocóricas, pioneiras e secundárias iniciais, indicando desenvolvimento para a fase intermediária da sucessão da floresta. As áreas apresentam valores semelhantes quanto a riqueza de espécies, embora a diversidade de espécies tendeu ao aumento na área queimada, com ligeiro incremento no índice de equitabilidade, uma vez que o incêndio foi de baixa severidade. Áreas queimadas apresentam menor quantidade de biomassa vegetal. A classe I, de menor diâmetro, apresentou maior carga média, o que é considerado um risco, pois trata-se da classe com maior probabilidade de começar o processo de ignição. O menor teor de umidade encontrado na área queimada favorece a produção de material combustível morto e soco, tornando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual mais propícias para a ocorrência de novos incêndios. Esses resultados podem ser usados como estratégias para a realização de projetos de recuperação da vegetação após a ocorrência de incêndios florestais em áreas de florestas tropicais úmidas.