



O IMPACTO DO FOGO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS E BIODIVERSOS

Juliana Mitie **Pereira**¹; Ana Carolina Vilela de **Lima**²; Waldemore **Moriconi**³; Kátia Sampaio **Malagodi-Braga**⁴

Nº 20414

RESUMO – Os sistemas agroflorestais (SAFs) são considerados um modelo alternativo para o uso sustentável da terra e vem sendo cada vez mais adotados por agricultores familiares. Contudo, dependendo do contexto em que eles se desenvolvem, esses sistemas podem sofrer com a ameaça de incêndios. No contexto das mudanças climáticas, o aumento da temperatura da Terra poderá tornar os incêndios cada vez mais frequentes e, portanto, avaliar os impactos ecológicos e econômicos do fogo em SAFs poderá contribuir para minimizar os danos. Assim, aproveitando a ocorrência de um incêndio acidental em um SAF, de uma área experimental da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna (SP), realizou-se o levantamento das condições de sobrevivência e a mortalidade das diferentes espécies. Dentre os resultados obtidos, verificou-se que mais de 33% (n=41) das plantas queimadas apresentaram rebrota na base do tronco principal ou nas proximidades deste, junto ao solo. Essa rebrota, que é reconhecida como uma adaptação ao fogo, pode funcionar como um mecanismo de recuperação da biomassa acima do solo, em plantas que foram danificadas total ou parcialmente pela queima, contribuindo para uma recuperação mais rápida do sistema. Neste estudo, as espécies que apresentaram rebrotam foram aquelas que compõem os estágios iniciais do processo de sucessão ecológica, exibindo, portanto, capacidade de resistir ao fogo. Contudo, além da necessidade de avaliar o desenvolvimento dessas plantas após a rebrota, estudos em outros contextos serão necessários para que esse conhecimento possa ser aplicado para aumentar a resistência e a resiliência dos SAFs aos incêndios.

Palavras-chaves: Sistemas Agroflorestais, rebrota, incêndio, resistência.



ABSTRACT – *Agroforestry systems (AFS) are considered to be an alternative model for sustainable land use and are being increasingly adopted by family farms. However, depending on the location where they are developed, these systems can suffer from the threat of fires. In the climate changing context, the rising average of Earth's temperature can increase the occurrence of fires. Therefore, evaluating the ecological and economic impacts of fires in AFS could contribute to minimize possible damages to AFS. Considering an event of accidental fire in an AFS situated in an experimental area of Embrapa Meio Ambiente in Jaguariúna (SP), a data survey was carried out concerning the survival conditions and mortality of the different plant species. Among the results obtained, we found that more than 33% (n=41) of the burnt plants showed regrowth at the base or near the trunk, close to the soil. This sprouting, which is recognized as an adaptation to fire, can act as a mechanism for recovering the above-ground biomass in plants that have been totally or partially damaged by burning, contributing to a faster recovery of the system. In this study, species that showed regrowth were those that colonize the environment in the initial stages of the ecological succession process, showing the ability to withstand fire. However, besides the need to evaluate the development of these plants after regrowth, further studies will be required in others contexts, so that this knowledge could be applied to increase the resistance and resilience of AFS to fires.*

Keywords: Agroforestry systems, regrowth, fire, resistance.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais cada vez mais são reconhecidos como uma estratégia produtiva que busca assegurar a sustentabilidade nas suas dimensões social, econômica e ambiental. Esse reconhecimento é respaldado no Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e nas diretrizes de diferentes políticas públicas que recomendam que sejam intensificadas ações para a sua consolidação como modelo sustentável aplicado à agricultura, bem como as ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação. No Brasil, um número crescente de agricultores familiares, vem adotando Sistemas Agroflorestais agroecológicos e biodiversos (SAFs) e, só no Estado de São Paulo, de 2013 a 2018, foram implantados 497 ha de SAFs através do Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável (PDRS – SIMA/SP), a grande maioria deles, em parcelas de agricultores familiares.

Embora, os SAFs possam também ser considerados uma opção sustentável de uso da terra para reduzir riscos de incêndios florestais (DAMIANIDIS *et al.*, 2020), dependendo do contexto em que eles se desenvolvem, também podem sofrer com a ameaça de incêndios. Qualquer que seja



sua origem, natural ou antrópica, esses incêndios nos SAFs podem impactar fortemente a reprodução social e econômica dos agricultores familiares que os adotam. A proximidade dos SAFs a áreas degradadas, não manejadas e da malha rodoviária, por exemplo, podem favorecer tanto a incidência quanto uma maior frequência de incêndios nestes sistemas. Também é preciso considerar que o aumento da temperatura, um indicador importante das mudanças climáticas, pode resultar em uma maior evaporação da umidade do solo, secando-o mais rapidamente e tornando a vegetação, acima dele, mais inflamável.

No bioma Mata Atlântica, especificamente para a Floresta Estacional Semidecidual, onde se insere boa parte dos SAFs no estado de São Paulo, as informações sobre a resistência das diferentes espécies vegetais ao fogo são escassas e os estudos realizados em fragmentos atingidos por incêndios, apontam a rebrota como uma estratégia importante das plantas para a ocupação destas áreas (SILVA *et al.*, 2005). Contudo, ainda não se sabe se essa mesma resposta ao fogo poderia ser obtida nas arbóreas nativas no contexto dos SAFs e, mesmo, em projetos de restauração ambiental. Considerando que esse conhecimento pode contribuir para desenhar SAFs que apresentam maior resiliência ao impacto do fogo e a importância crescente dos SAFs para a agricultura familiar e para a restauração ambiental no estado de São Paulo, este estudo teve por objetivo avaliar a sobrevivência das espécies arbóreas e de produção em um SAF, após a ocorrência de um incêndio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na área agricultável (AA) de um Sistema Agroflorestal agroecológico e biodiversos, com cultivo de Macaúbas (SAF Macaúbas), no campo experimental da Embrapa Meio Ambiente, conhecido como Sítio Agroecológico, localizado às margens da rodovia Governador Doutor Adhemar Pereira de Barros (SP-340), no município de Jaguariúna (SP), Brasil (22°43'23" S e 47°00'55" O (Google Earth)). O SAF Macaúbas foi desenhado visando a recuperação ecológica e produtiva de uma área degradada e sua diversidade florística teve o propósito de atender a legislação vigente (Resolução SMA-44, de 30/06/2008).

A implantação do SAF Macaúbas foi realizada em sistema de mutirão, envolvendo colaboração entre técnicos, pesquisadores e agricultores, em duas etapas: novembro de 2009 e janeiro de 2010. Esse sistema foi estabelecido em uma parcela de 0,86 ha ocupada originalmente por pastagem degradada, dominada por braquiária (*Braquiaria decumbens*). Segundo a classificação de Köppen o clima do local é do tipo tropical úmido (Cwa) com temperatura média acima de 18º C em todos os meses sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes entre 24º C e



25º C e forte precipitação anual, acima de 1500 mm. O solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura franco-argilo-arenosa e o terreno possui uma declividade de 8 a 12% (CANUTO *et al.*, 2013).

O desenho do SAF Macaúbas foi planejado para ocupar uma área de preservação permanente (APP) e uma área agricultável (AA), utilizando módulos básicos compostos por 3 linhas de plantas, sendo a linha central destinada às espécies de uso econômico (árvores frutíferas, banana e macaúba) e, as laterais, às espécies arbóreas com funções ecológicas (biomassa e biodiversidade). Esses módulos foram implantados em terraços previamente definidos no terreno, com o objetivo de conter o processo de erosão laminar prevalente na área. A área agricultável (AA) foi composta por seis módulos (terraços de 1 a 6), intercalados por faixas destinadas ao cultivo de plantas anuais, formando aleias (CANUTO *et al.*, 2013).

No dia 1º de novembro de 2019, o SAF Macaúbas foi atingido por um incêndio que se originou na margem da rodovia SP-340 e espalhou-se pela vegetação do entorno atingindo, além do SAF, outras parcelas do Sítio Agroecológico.

2.2 Coleta de dados

O levantamento de mortalidade vegetal e das condições de sobrevivência das plantas, após o incêndio, ocorreu em duas etapas: 20 de dezembro de 2019 e 22 de janeiro de 2020. Cada planta presente nos seis terraços da AA do SAF Macaúbas, foi vistoriada e classificada como: viva não queimada, morta não queimada, queimada e morta, parcialmente queimada e queimada com rebrota. Quanto às condições de sobrevivência dessas plantas antes do incêndio, foram utilizados dados do último levantamento realizado na AA, ocorrido em 2017 (dados não publicados).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os levantamentos realizados nos dias 20 de dezembro de 2019 e 22 de janeiro de 2020, na área agricultável do SAF Macaúbas (Jaguariúna - SP), verificou-se que 68,9% das plantas não foram atingidas pelo fogo e 31,1% foram sendo que, deste percentual, 13,0% sofreram apenas queima parcial, 10,3% foram totalmente queimadas e apresentaram rebrota e 7,8% foram encontradas queimadas e mortas (Figura 1). Nenhuma rebrota foi observada na parte superior das plantas completamente queimadas, mas apenas na região basal do tronco principal, junto ao solo, ou próximo a ele.

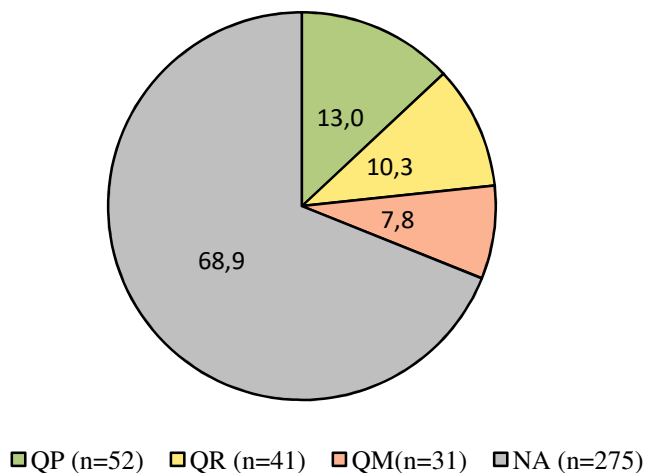


Figura 1. Percentual de plantas queimadas – parcialmente (QP), com rebrota (QR) e mortas (QM) – e não atingidas pelo incêndio ocorrido em 1º de novembro de 2019.

Como as linhas nos terraços e entre eles não apresentam o mesmo tamanho, sendo ainda interrompidas no terraço seis por uma área testemunha (Figura 2), as diferentes espécies, em geral, não se distribuem de forma regular nas linhas e nos terraços e o incêndio atingiu com maior intensidade os terraços iniciais e algumas espécies foram mais impactadas pelo fogo que outras.

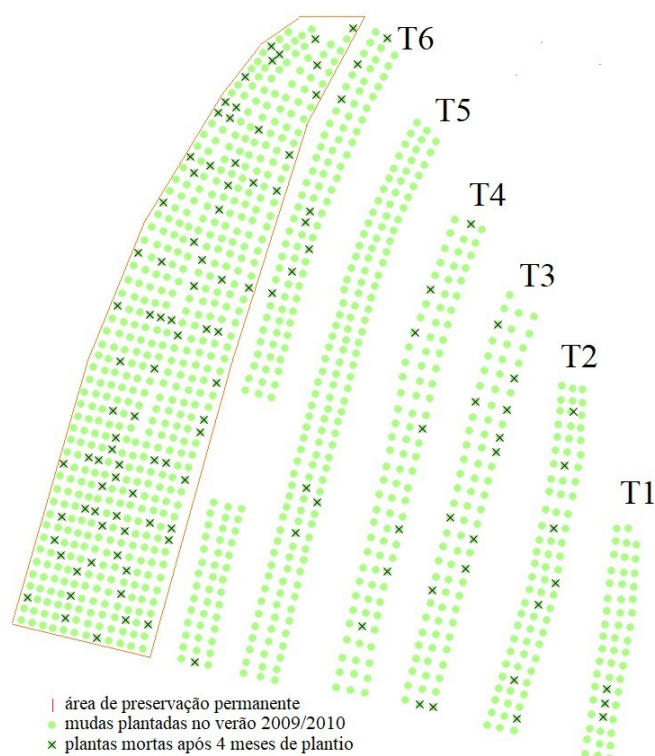


Figura 2. Distribuição espacial das plantas no Sistema Agroflorestal com cultivo de macaúbas com seis terraços (T1 a T6) na área agricultável (CANUTO *et al.*, 2013, modificado).

Os três primeiros terraços apresentaram mais de 70% de suas plantas atingidas pelo incêndio e uma porcentagem superior a 13,8% para as plantas queimadas e mortas, que chegou a quase 25% (n=12) no terraço 2 (Figura 3). Contudo, como o último levantamento de sobrevivência dessas plantas ocorreu há cerca de 2 anos, não se pode afirmar que o fogo tenha sido responsável por essa mortalidade ou parte dela.

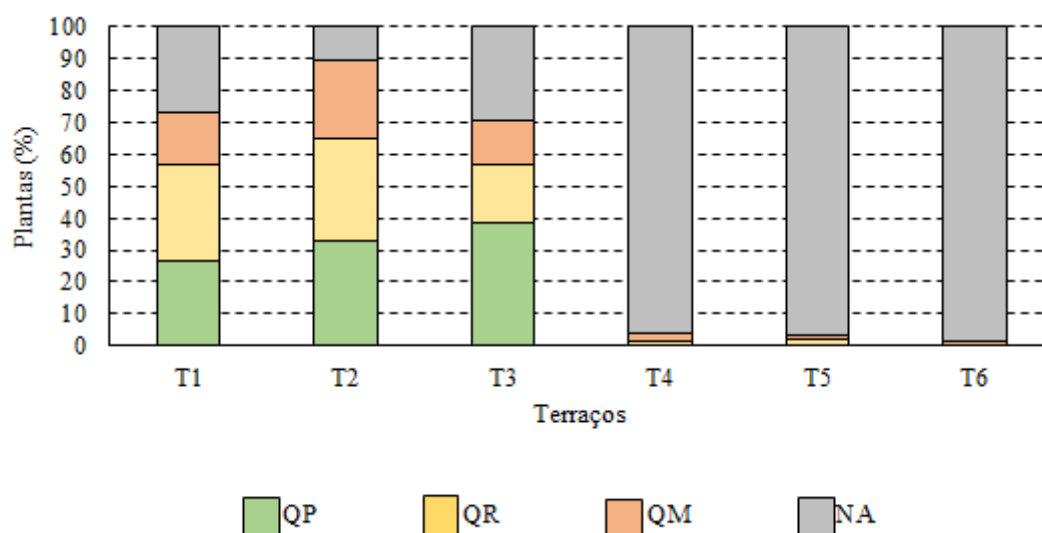


Figura 3. Percentual de plantas queimadas - parcialmente (QP), com rebrota (QR) e mortas (QM) - e de plantas não atingidas pelo incêndio (NA) em cada terraço (T1 a T6).

Tendo o incêndio se originado nas margens da rodovia e sendo os três primeiros terraços mais próximos desta e também menores em extensão (Figura 2), era esperado que o impacto do fogo fosse maior, atingindo todo o seu comprimento. Além disso, esses primeiros terraços apresentam uma menor densidade de plantas arbóreas e um maior volume de capim braquiária, servindo como um combustível para o incêndio. Nos terraços 4, 5 e 6 o percentual de plantas atingidas pelo incêndio foi inferior a 4%, sendo de 1,4% (n=1) no terraço 6 (Figura 3).

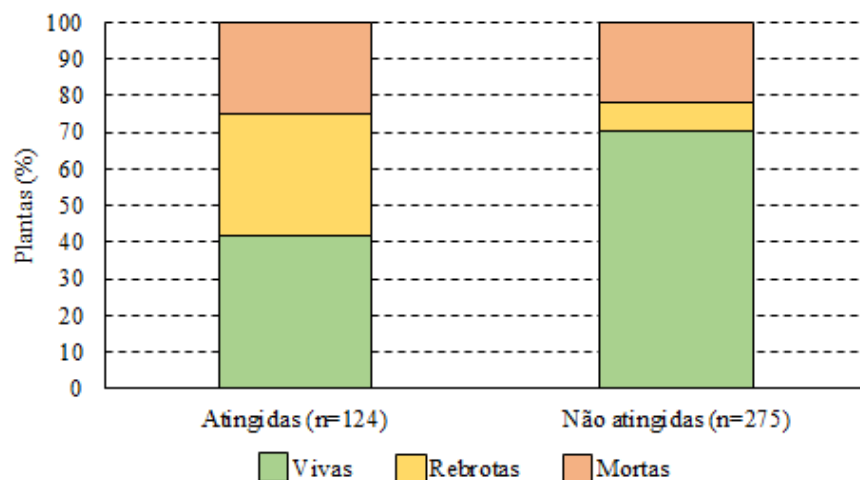


Figura 4: Percentual de plantas vivas, com rebrotas e mortas, para as plantas atingidas e não atingidas pelo incêndio ocorrido em 1º de novembro de 2019.

É interessante notar que o percentual de plantas com rebrota, dentre aquelas que foram queimadas, foi muito superior ao obtido para as plantas não queimadas (Figura 4). Fato também observado para as espécies de amora (*Morus nigra* L.), pau-viola (*Citharexylum myrianthum* Cham.), ingá (*Inga marginata* Willd.), mulungu (*Erythrina speciosa* Andrews), goiaba (*Psidium guajava* L.) e capixingui (*Croton floribundus* Spreng.) cuja porcentagem de indivíduos queimados com rebrota foi superior àquela obtida para os indivíduos não atingidos pelo fogo (Figura 5. A e B). A porcentagem de indivíduos queimados com rebrota foi superior a 65% para as espécies de pau-viola, capixingui, mulungu e goiaba (Figura 5. A e B). As três primeiras espécies pertencem às fases iniciais do processo de sucessão ecológica (BARBOSA, 2017) sugerindo uma relação entre esta característica e a capacidade de rebrota.

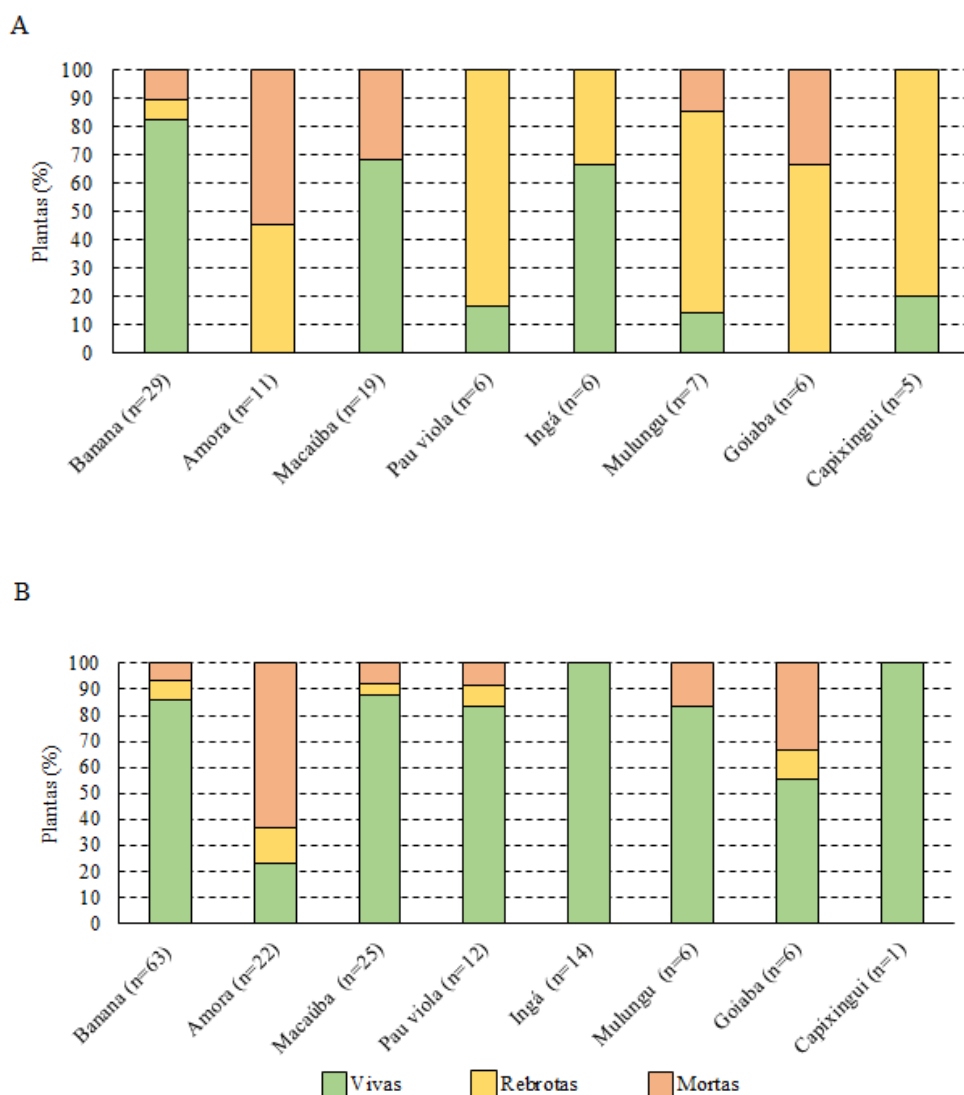


Figura 5. Percentual de plantas vivas, com rebrota e mortas de cada espécie, em relação (A) ao total de indivíduos atingidos e (B) não atingidos pelo incêndio ocorrido em 1º de novembro de 2019.

Vale ressaltar que as rebrotas observadas nas plantas, não queimadas, ocorreram na parte aérea das plantas, geralmente, após herbivoria. Já nas plantas queimadas, a rebrota ocorreu na base do tronco ou junto da raiz (Figura 6), originando-se, portanto, de uma gema caulinar basal ou radicular. Esta avaliação das rebrotas foi feita de forma visual durante os levantamentos de sobrevivência sendo necessária a escavação do solo para obter-se precisão na determinação da sua origem.



Figura 6. Sistema agroflorestal com cultivo de macaúbas: à direita, terraço 3 durante o incêndio; à esquerda, brotação radicular em ingá (*Inga marginata* Willd.)

Uma forma de avaliar a resiliência de uma espécie às condições adversas é a regeneração por rebrota (PENHA, 1998). A rebrota é conhecida como uma das adaptações ao fogo (RIBEIRO; PEDRONI; PEIXOTO, 2012) e pode funcionar como um mecanismo de recuperação da biomassa acima do solo que foi danificada total ou parcialmente pela queima (MOREIRA *et al.*, 2008). Considerando que as estruturas reprodutivas do indivíduo poderiam ter sido comprometidas pelo incêndio, a rebrota surge como um importante mecanismo para sua sobrevivência (MEDEIROS; MIRANDA, 2008). O fogo pode ainda propiciar a germinação de sementes contidas na serrapilheira das espécies do sistema ou mesmo trazidas pelos vários agentes de dispersão até o local. Os resultados obtidos neste estudo, podem indicar que as espécies queimadas e com rebrota no SAF em questão apresentam resistência e uma alta capacidade de recuperação após a queima.

As espécies lenhosas podem apresentar vários tipos de rebrotas como uma resposta ao fogo de acordo com o grau de dano (SOUCHIE, 2015). Danos mais leves se caracterizam por rebrotas epígeas localizadas na parte aérea da planta, danos mais severos por hipógeas na parte subterrânea, quando não há morte do indivíduo, e danos moderados por uma junção dos dois anteriores (MEDEIROS; MIRANDA, 2005).

As porcentagens de plantas queimadas e mortas obtidas, daquelas atingidas pelo incêndio, foram similares a porcentagem de plantas mortas não atingidas pelo incêndio (Figura 4). Essa semelhança se evidencia nas espécies de banana, amora, mulungu e goiaba (Figura 5. A e B). Isto pode ser um indício de que os indivíduos queimados e mortos já poderiam estar mortos no sistema antes do incêndio e, nesse caso, a morte teria sido motivada por fatores não conhecidos. A



inexistência de um levantamento sobre as condições de sobrevivência das espécies, mais próximo ao incêndio, dificulta a identificação do fogo como *causa mortis*.

Os resultados obtidos trazem uma contribuição importante sobre a resistência ao fogo apresentada por espécies comumente utilizadas em SAFs. Contudo, além da necessidade de se avaliar o desenvolvimento dessas plantas, após a rebrota, estudos em outros contextos serão necessários para que esse conhecimento possa ser aplicado para aumentar a resistência e a resiliência dos SAFs aos incêndios.

4 CONCLUSÃO

As espécies de amora, pau-viola, ingá, mulungu, goiaba e capixingui, comumente utilizadas em SAFs, apresentaram percentual elevado de indivíduos com rebrota após a queima, demonstrando resistência ao fogo e capacidade de regeneração. Do ponto de vista ambiental, em áreas muito vulneráveis a incêndios, deve-se considerar o benefício em aumentar a abundância de espécies das fases iniciais da sucessão ecológica resistentes ao fogo.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Embrapa pela oportunidade do estágio e àqueles que combateram o incêndio, impedindo um prejuízo maior.

6 REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. M. (Org.). **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2017. 344 p. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2019/10/lista-especies-rad-2019.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- CANUTO, J. C. *et al.*. Implantação e acompanhamento de um sistema agroflorestal com cultivo diversificado. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013. Resumo 14264.
- DAMIANIDIS, C. *et al.* Agroforestry as a sustainable land use option to reduce wildfires risk in European Mediterranean areas. **Agroforestry Systems**, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10457-020-00482-w>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- MEDEIROS, M. B. de; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo cujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 493–500, set 2005.
- MEDEIROS, M. B. de; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 65 n. 1, p. 53-68, 2008.
- MOREIRA, F. *et al.* A conceptual model of sprouting responses in relation to fire damage: an example with cork oak (*Quercus suber* L.) trees in Southern Portugal. **Forest Ecology**, p. 77-85, 2008.
- PENHA, A. dos S. **Propagação vegetativa de espécies arbóreas a partir de raízes gemíferas: representatividade na estrutura fitossociológica e descrição dos padrões de rebrota de uma comunidade**



florestal, Campinas, São Paulo. 1998. 115 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RIBEIRO, M. N.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. da S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 203-217, 2012.

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

SOUCHIE, F. F. **Rebrota de indivíduos lenhosos em área de cerrado sentido restrito como resposta ao fogo**. 2015. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – UNB, Brasília.