

## TEMPO DE LETALIDADE DO CÂMBIO DE DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS DO CERRADO A 60°C<sup>1</sup>

### CAMBIUM LETHALITY TIME IN TWO TREE SPECIES OF CERRADO AT 60°C

Ademilson CONEGLIAN<sup>2,3</sup>; Bianca Garcia dos SANTOS<sup>2</sup>; Dywre Bento da COSTA<sup>2</sup>; Steffane Lorrayne da LUZ BRITO<sup>2</sup>; Stephany Diolino CUNHA<sup>2</sup>; Ismael Martins PEREIRA<sup>2</sup>

**RESUMO** - As queimadas nos ecossistemas naturais ocorrem de forma frequente e descontrolada, principalmente devido às ações antrópicas. Este trabalho objetivou analisar o tempo de letalidade do câmbio da casca na temperatura de 60 °C em duas espécies florestais, *Tachigali paniculata* Aubl. (carvoeiro) e *Cecropia pachystachya* Trécul (embaúba), ambas nativas do bioma Cerrado. Coletaram-se amostras de 10 árvores, distribuídas em duas classes diamétricas de 5 - 15 e 15 - 25 cm, contendo cinco indivíduos em cada classe. Foram retiradas amostras de 10 x 10 cm da casca (floema + periderme) de cada árvore, na altura do peito (DAP) de ambas as espécies. Após a verificação dos pressupostos de normalidade e de homogeneidade de variâncias residuais, os dados foram submetidos à análise de regressão para verificar as variáveis interligadas à resistência do câmbio a exposição ao fogo. *Cecropia pachystachya* (embaúba) apresentou uma espessura de casca de 2,40 mm a 6,53 mm e tempo de 55 segundos a 2 minutos e 23 segundos para que câmbio atingisse a temperatura letal de 60°C, enquanto para espécie *Tachigali paniculata* (carvoeiro) obteve uma espessura de casca que variou de 4,97 a 15,60 mm e o tempo de 1 minuto e 26 segundos a 4 minutos 19 segundos para a letalidades do câmbio. Portanto, o carvoeiro é 65% mais resistente ao calor do fogo, quando comparada com embaúba. Desse modo, as espécies florestais com maior espessura de casca apresentam maior tempo de resistência a exposição de incêndios florestais, sendo que a presença da casca (floema + periderme) são cruciais para a sobrevivência das espécies do Bioma Cerrado.

Palavras-chave: Fogo; Temperatura letal; Transferência de calor; Casca.

**ABSTRACT** - Fire in natural ecosystems occur frequent and uncontrolled, mainly due to the climatic changes. This paper aimed to analyze the time of bark exchange lethality in the temperature of 60 °C in two forest species *Tachigali paniculata* Aubl. (carvoeiro) and *Cecropia pachystachya* Trécul (embaúba), both native species to the Cerrado biome. We collected the samples of 10 trees, distributed in two diametric classes, 5 - 15 e 15 - 25 cm, with five individuals each class. The samples were taken from the bark of each tree in sizes of 10 x 10 cm, removed in the diameter of the breast height (DAP). After verifying the assumptions of normality and homogeneity of residual variances, the data were subjected to regression analysis to verify the variables linked to cambium resistance to fire. The species *Cecropia pachystachya* (embaúba) presented a bark thickness of 2,40 mm to 6,53mm and a time of 55 seconds to 2 minutes and 23 seconds for cambium to reach a lethal temperature of 60 °C, while for the species *Tachigali paniculata* (cavoeiro) it obtained 4,97 mm to 15,60mm and the time of 1 minute and 26 seconds to 4 minutes and 19 seconds for lethal temperature. The latter species being 65% more resistant to the heat of fire, compared to the previous one. Thus, forest species with greater bark thickness have longer time of resistance to the exposure to forest fires, and the presence of bark (phloem and periderm) is crucial for the species survival in Cerrado Biome.

Keywords: Fire; Lethality temperature; Heat transfer; Bark.

<sup>1</sup> Recebido para análise em 31.01.2022. Aceito para publicação em 22.07.2022. Publicado em 19.12.2022.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Goiás – Campus Sudeste/Unidade Universitária de Ipameri, Rodovia GO 330. Km 241, Anel viário, S/N, Setor Universitário, Ipameri – GO, CEP: 75780-000.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: coneglian@ueg.br.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso descontrolado e a falta de conhecimento sobre o manejo do fogo têm sido os principais responsáveis por problemas ambientais, podendo citar os danos causados à fauna e flora, incluindo a destruição de habitats, queima de madeira e altos custos para controle dos incêndios (Santos et al., 2006). Dessa forma, o Cerrado destaca-se com aceleradas taxas de destruição e desmatamento, que superam o bioma amazônico (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2022), tendo em vista que o uso do fogo é recorrente pelos pecuaristas para formação de pastagens e abertura de frentes agrícolas, principalmente nas épocas mais secas do ano, provocando mudanças florísticas e na estrutura da vegetação (Medeiros e Miranda, 2005; Borghi et al., 2018).

No cerrado, o clima seco no inverno contribui de forma significativa para os acontecimentos de incêndios. De acordo com o INPE (2022), no ano de 2021, a área queimada em território nacional foi de 274.408 km<sup>2</sup>, e somente no bioma Cerrado essa área foi de aproximadamente 137.631 km<sup>2</sup>. Sendo assim, com frequentes queimadas os indivíduos arbóreos podem não sobreviver aos danos da biomassa aérea, e consequentemente das demais partes do vegetal (Hoffmann et al., 2009).

A principal causa para morte de plantas em incêndios florestais ocorre quando o câmbio vascular atinge uma temperatura letal de 60 °C, por um tempo de exposição entre um e dois minutos nas regiões da base da árvore, portanto, o vegetal é exposto ao seu limite de sobrevivência, ocorrendo o perecimento de células do câmbio como descrito por Uhl e Kauffman (1990), impedindo o fluxo de seiva do tecido meristemático do câmbio, devido ao anelamento ou a necrose do floema (Michaletz et al. (2012).

Apesar da grande frequência de incêndios no Cerrado, as espécies deste bioma apresentam características que são apontadas como adaptações para tolerar a queima, como a espessura da casca dos troncos (Simon e Pennington, 2012). De acordo com Soares et al., (2007), a casca é um dos mais importantes mecanismos de proteção da árvore contra os incêndios florestais, por ser um excelente isolante térmico na proteção do câmbio, adicionado à caracterização da arquitetura e espessura da casca (Vale et al., 2009; Coneglian et al., 2020).

Dessa forma, se faz necessário a realização de estudos com espécies nativas deste bioma, que comprovem que as mesmas podem tolerar o fogo durante determinado tempo, levando em consideração a espessura da casca das espécies,

sendo que, muitas espécies ainda não foram estudadas como o *Tachigali paniculata* Aubl. (carvoeiro) e a *Cecropia pachystachya* Trécul (embaúba). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o tempo de letalidade do câmbio até atingir temperatura de 60 °C em duas espécies arbóreas, *Tachigali paniculata* Aubl. e do *C. pachystachya* Trécul, nativas do bioma Cerrado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta das amostras

A coleta das amostras das duas espécies arbóreas pioneiras do Cerrado foi realizada na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Sul - Unidade Universitária de Ipameri (coordenadas geográficas 17° 43' 19" latitude S e 48° 09' 35" longitude W e altitude de 764 m). O clima foi classificado como Aw (tropical estacional) com precipitação anual de aproximadamente 1.600 mm, sendo caracterizada por duas estações bem definidas, uma seca no inverno e outra chuvosa no verão, com temperatura média de 23 °C (Alvares et al., 2013).

Na área pré-estabelecida foram selecionadas dez árvores diferentes de ambas as espécies e retirado uma amostra da casca (periderme + floema) de cada árvore, na forma de painel com tamanhos aproximados de 10 x 10 cm, com auxílio de ferramentas de corte. As amostras foram removidas no diâmetro da altura do peito (DAP), cinco indivíduos na classe diamétrica de 5 - 15 cm e cinco indivíduos na classe de 15 - 25 cm, respectivamente.

### 2.2 Ensaio de laboratório

As amostras representativas das duas espécies foram mensuradas e submetidas à análise, até que a temperatura do câmbio atingisse 60 °C. O método aplicado foi proposto por Gava et al. (1995) com adaptações aplicadas por Coneglian et al. (2018) e Coneglian et al. (2020), em que a amostra foi apoiada entre duas placas de argila refratária. Abaixo dessa estrutura foi instalado um bico de Busen que produziu uma chama pontual de 900 °C, na parte externa da casca (Figura 1). Com auxílio de um pirômetro digital foi observada a temperatura da parte interna da casca (câmbio), cronometrando-se o tempo necessário para a temperatura atingisse 60 °C (temperatura letal). Após todo procedimento, as amostras foram submetidas à estufa com circulação forçada e temperatura de 65 °C para coleta de peso seco.

### 2.3 Análise estatística

Após verificar os dados de normalidade e de homogeneidade de variâncias residuais dos dados, eles foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão para verificar a correlação da resistência do câmbio a exposição do fogo e o tempo necessário para atingir uma temperatura letal de 60 °C.

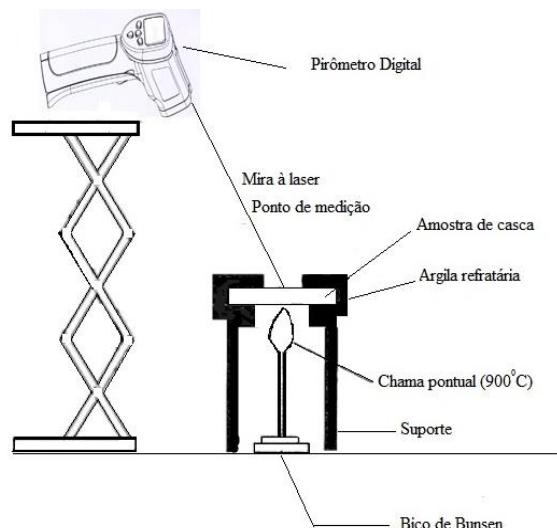


Figura 1. Representação dos equipamentos utilizados para determinação da temperatura letal das espécies *Tachigali paniculata* e *Cecropia pachystachya*. Fonte: Coneglian et al. 2020.

Figure 1. Representation of the equipment used to determine the lethal temperature of the species *Tachigali paniculata* and *Cecropia pachystachya*. By Coneglian et al. 2020.

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 (A e B) representa a correlação entre o tempo de letalidade das espécies *C. pachystachya* e *T. paniculata* em função da variável espessura da casca e temperatura letal de 60 °C, respectivamente. É possível verificar um comportamento diferenciado entre as espécies, com relação ao tempo necessário para se atingir a temperatura letal no câmbio em função da espessura da casca. Ou seja, o tempo letal de *C. pachystachya* e *T. paniculata* em função da temperatura de 60 °C encontrado foram de 2 minutos e 4 minutos, respectivamente (Figura 2 A e B). Sendo assim, a diferença encontrada entre as espécies pode ser explicada devido as camadas suberificadas, que formam uma camada de proteção na estrutura da casca (floema e periderme) que no caso do carvoeiro é mais espessa. A temperatura e o tempo de exposição da madeira à

chama são bastante oscilantes entre as espécies, porém, em geral são de menor intensidade na superfície. Contudo, esse tempo muitas vezes não é condizente ao calor que o câmbio recebe, pois, a variação na espessura da casca, diâmetro da árvore e diferentes idades, afetam a resiliência ao fogo pelas características evolutivas da espessura do felema, lignotubérculos e a espessura do ritidoma (Liesenfeld et al., 2016 e Van der Weide e Hartnett, 2011). No entanto, como se pode observar na figura 2 (C e D), se por acaso o tempo de um incêndio fosse de 4 minutos, toda a espessura da casca da *Cecropia pachystachya* atingiria a temperatura letal do câmbio. Porém, esse fato não ocorre com *Tachigali paniculata* que demonstra um valor superior quando é imposta a temperatura letal. Todavia, em muitas espécies a manifestação das características, que são denotadas como adaptação a uma maior resistência à queima, é atribuída principalmente à espessura da casca dos troncos, sendo este o mais importante entre os mecanismos de proteção da árvore contra incêndios florestais, por ser um ótimo isolante térmico (Vale et al., 2009), explicando assim, o fato de *T. paniculata* ter apresentado maior tolerância a altas temperaturas (Tabela 1).

Verifica-se que a amostra de *C. pachystachya* que possui espessura de 6,53 mm, apresenta como o maior tempo de resistência um valor de 2 minutos 23 segundos. No entanto, a *T. paniculata* exibe uma espessura maior, com um valor de 15,60 mm e obtém um tempo de resistência ao calor de 4 minutos 19 segundos, 65 % maior comparado com a espécie *C. pachystachya*. Esses dados apresentados anteriormente estão em consonância aos encontrados por outros autores, como por exemplo: Gava et al. (1995) estudaram *Eucalyptus tereticornis* Sm. com espessuras de 3,3 mm e tempo médio resistência de 3 min, enquanto que para *Eucalyptus torelliana* F. Muell., cuja espessura de casca era de 12,2 mm, o tempo necessário foi de 6 minutos para a temperatura ser letal, indicando baixa resistência a incêndios florestais. Vale et al. (2009) estudando *Vochysia thyrsoidea*, concluíram que quanto maior a espessura da casca, maior é o tempo para que se alcance a temperatura letal do câmbio. Vale e Elias (2014) estudaram três espécies florestais do Cerrado, *Sclerolobium paniculatum* (também conhecido popularmente por carvoeiro), *Pterodon pubescens* (sucupira) e *Vochysia thyrsoidea* (gomeira), cujos valores de espessura e temperaturas letais foram de 13,3 mm (7,23 min.), 19,17 mm (14,58 min.), 22,00 mm (8,21 min.) respectivamente.

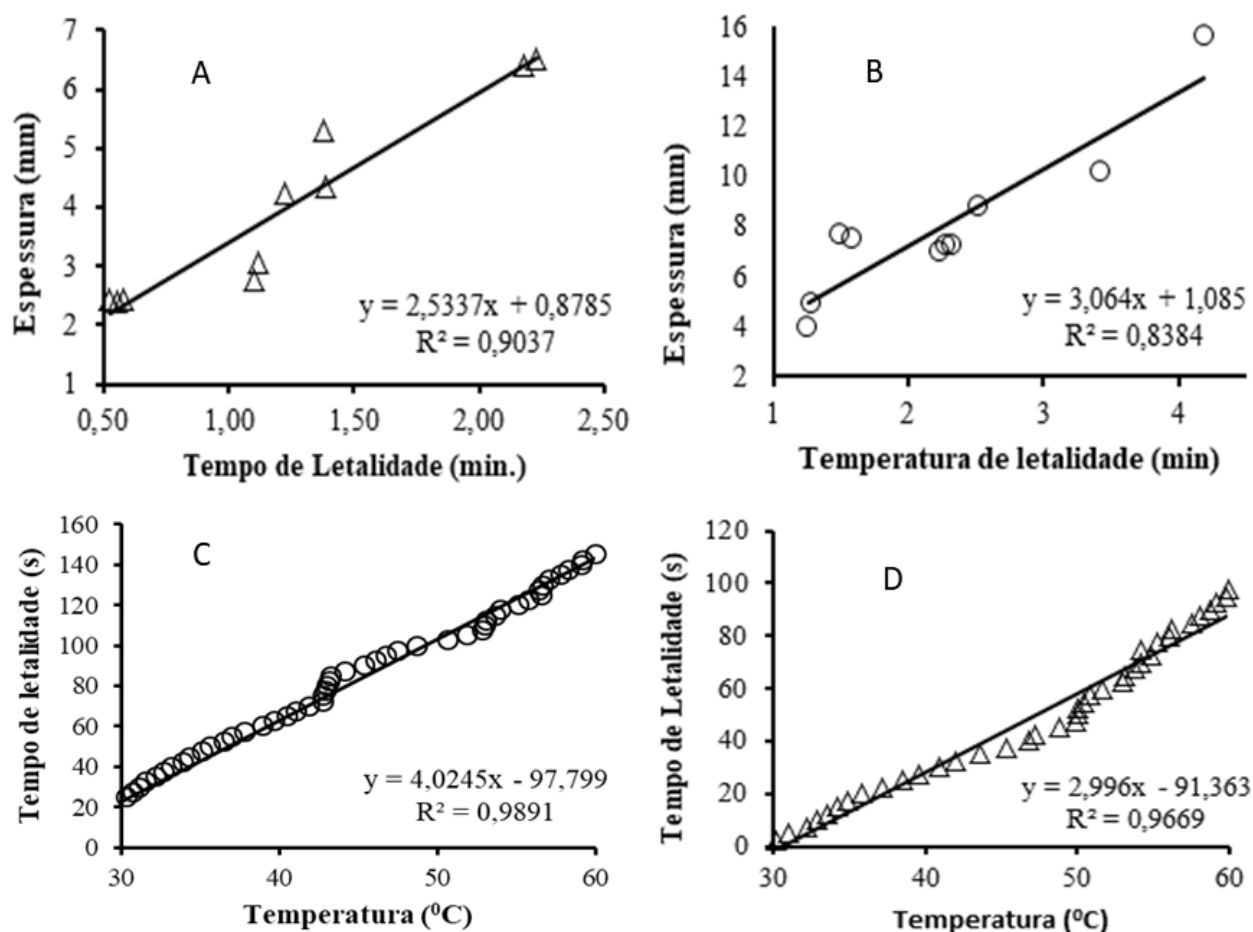


Figura 2. Gráficos representando a curva do tempo de letalidade do câmbio de *Cecropia pachystachya* (A) e *Tachigali paniculata* (B) em função da variação da espessura da casca. Gráficos representando o tempo de letalidade de *Cecropia pachystachya* (C) e *Tachigali paniculata* (D) em função da temperatura de 60 °C.

Figure 2. Graphs representing the lethality time curve of the bark of *Cecropia pachystachya* (A) e *Tachigali paniculata* (B) as a function of the variation in bark thickness. Graphs represented the lethality time of *Cecropia pachystachya* (C) e *Tachigali paniculata* (D) as a function of the temperature of 60 °C.

Catry et al. (2013) avaliando *Eucalyptus globulus* com espessura de casca de 11 mm, definiram uma espécie resistente a incêndio florestal. Estudos conduzidos por Coneglian et al. (2020), de duas espécies florestais, *Eucalyptus urophylla* (clone GG100) e a *Acacia mangium* apresentam resistência ao incêndio florestal, com valores médios de espessura de 7,6 e 12,9 mm e o tempo de resistência a temperatura letal (60°C) de 3 e 7 minutos, respectivamente. Desse modo, as espécies florestais com maior espessura de casca, são mais tolerantes à exposição ao calor em incêndios florestais.

Todavia, quando comparamos os resultados do carvoeiro *T. paniculata* de 15,60 mm e um tempo de resistência ao calor de 4 minutos e 19 segundos, aos apresentados por Vale e Elias (2014),

estudando *Sclerolobium paniculatum*, este apresentou uma espessura total de casca de 13,3 mm e um tempo de resistência ao calor de 7 minutos e 23 segundos, com o maior coeficiente de determinação entre a espessura total da casca e o tempo de elevação da temperatura, para atingir 60°C.

Essa inferência no tempo entre as espécies citadas, pode estar correlacionada à influência da arquitetura da casca na transferência de calor e na desigualdade da umidade das amostras, podendo induzir de forma direta na condução de calor que chega ao câmbio (Kayll, 1963). Outro fator relacionado a essa variação de tempo, podem estar relacionado a diferentes massas específicas e demais componentes anatômicos (Silva et al, 2019).

Tabela 1. Representação dos dados em função da casca das espécies *Cecropia pachystachya* e *Tachigali paniculata* com o tempo médio necessário para que o câmbio atingisse temperatura letal de 60 °C.

Table 1. Representation of data as a function of the bark of the species *Cecropia pachystachya* and *Tachigali paniculata* with the average time required for the cambium to reach a lethal temperature of 60 °C.

<i>Cecropia pachystachya</i>		<i>Tachigali paniculata</i>	
Classe diamétrica (5 – 15cm)		Classe diamétrica (5 – 15 cm)	
Espessura (mm)	Tempo (min/s)	Espessura (mm)	Tempo (min/s)
2,40	55 s	7,67	1min 49 s
2,75	1min 10s	7,50	1min 58s
2,45	58 s	7,23	2min 28s
2,43	52s	4,97	1min 26s
3,05	1min 12s	10,17	3min 43s
Classe diamétrica (15 – 25 cm)		Classe diamétrica (15 – 25 cm)	
Espessura (mm)	Tempo (min/s)	Espessura (mm)	Tempo (min/s)
6,40	2min 18s.	7,27	2min 32s
4,22	1min 22s.	15,60	4min 19s
5,31	1min 38s.	7,00	2min 23s
6,53	2min 23s.	8,77	2min 52s
4,34	1min 39s	4,90	1min 29s

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que as espécies estudadas do Bioma Cerrado apresentam características diferentes nas variáveis de tempo de resistência à exposição do fogo e espessura de casca.

*Cecropia pachystachya* apresentou uma variação de espessura de 2,40 a 6,53 mm com tempo de resistência a temperatura letal do câmbio (60°C) de 55 segundos a 2 minutos e 23 segundos, respectivamente. Já *Tachigali paniculata* obteve a menor espessura, de 4,97 cm com resistência ao tempo letal de 1 minuto e 26 segundos e maior espessura de 15,60 mm com tempo de resistência ao calor letal de 4 minutos e 19 segundos, 65% maior comparado com a espécie *Cecropia pachystachya*.

Desse modo, as espécies florestais com maior espessura de casca, apresentam maior resistência à exposição ao calor em incêndios florestais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 6, p. 711-728, 2013.
- BORGHI, E. et al. Recuperação de pastagens degradadas. In: NOBRE, M.M.; OLIVEIRA, I.R. (Ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. p. 105-138.
- CARVALHO, A. **Madeiras "salvadas" de fogos florestais**. Alcobaça: INIA, Departamento de Tecnologia dos Produtos Florestais, 1986. p. 13-21.
- CONEGLIAN, A. et al. Avaliação de danos causados por incêndio florestal em plantios de *Acacia mangium* Willd., utilizados como processo de estabilização de voçoroca. *Revista Científica de Engenharia Florestal*, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2014.

CONEGLIAN, A. et al. Danos do fogo causados a um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, em Ipameri-GO. **Agrarian Academy**, v.5, n. 9, p. 347, 2018.

\_\_\_\_\_. et al. Atuação da espessura da casca de duas espécies florestais sobre a resistência ao tempo de letalidade do câmbio. **Caderno de Pesquisa**, v. 31, n.3, p. 01-11, 2020.

GAVA, J.L. et al. Influência da espessura da casca de *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus tereticornis* sobre a variação da temperatura do câmbio durante a ocorrência de um incêndio florestal. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, n. 48-49, p.126-132, 1995.

HOFFMANN, W.A. et al. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savana-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, v. 90, p. 1326-1337, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL - INPE. **Sensoriamento Remoto - Programa Queimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/paineis-de-monitoramento-da-ocorrencia-de-focos-de-fogo-ativo/home>>. Acesso em: jun. 2022.

KAYLL, A.J. et al. **A technique for studying the fire tolerance of living tree trunks**. Ontario: Government of Canada/Department of Forestry, 1963. 22 p.

LIESENFELD, M.V.A. et al. Ecologia do fogo e o impacto na vegetação da Amazônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 505-517, 2016.

MEDEIROS, M.B.; MIRANDA, H.S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 493-500, 2005.

MICHALETZ, S.T. et al. Moving beyond the cambium necrosis hypothesis of post-fire tree mortality: cavitation and deformation of xylem in forest fires. **New Phytologist**, v. 194, n. 1, p. 254-263, 2012. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.04021.x.

SANTOS, J.F. et al. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SILVA, V.P.G. et al. avaliação do detrimento causado por incêndio em plantio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Ipameri-GO. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 82, 2019.

SIMON, M.F; PENNINGTON, T. Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. **International Journal of Plant Sciences**, v. 173, p. 711-723, 2012.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios Florestais: controle, efeito e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007. 264 p.

UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 437-499, 1990.

VALE, A.T. et al. Influência das propriedades da casca de *Vochysia thyrsoidea* na transferência de calor para o câmbio. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. v. 13, p. 1-10, 2009.

\_\_\_\_\_.; ELIAS, P.S. Nível de proteção térmica da casca de quatro espécies lenhosas e a relação da arquitetura da casca com a transferência de calor. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 979-987, 2014.

VAN DER WEIDE, B.L.; HARTNETT, D. C. Fire resistance of tree species explains historical gallery forest community composition. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 9, p. 1530-1538, 2011. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.01.044.