

INFLAMABILIDADE DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA UTILIZAÇÃO EM CORTINAS DE SEGURANÇA NA INTERFACE URBANO-RURAL

Fernanda Moura Fonseca Lucas¹

Josamar Gomes da Silva Junior¹

Rudolfo de Cerqueira Jacobs¹

Bruna Kovalsyki²

Antonio Carlos Batista³

Tiago de Souza Ferreira¹

Alexandre França Tetto³

RESUMO: Os incêndios florestais representam um perigo constante ao bem-estar humano. Uma técnica de atenuar e prevenir os danos causados por incêndios é o uso de cortinas de segurança em áreas de interface urbano-rural. O objetivo do presente estudo foi avaliar a potencialidade das espécies *Eugenia uniflora* L. (pitangueira), *Lafoensia pacari* Saint-Hilaire (dedaleiro), *Leucaena leucocephala* Lam. (leucena) e *Persea americana* Mill. (Abacateiro), para atuar na silvicultura preventiva por meio de avaliação de traços funcionais e teste de inflamabilidade laboratorial. Avaliando os atributos funcionais, cada espécie foi classificada quanto ao seu potencial para a composição de cortinas de segurança, pela avaliação de fatores positivos a resistência ao fogo. Para o teste de inflamabilidade, realizou-se a queima controlada em um epirradiador, na qual foi utilizado material vegetal fino maduro recém coletado, sendo determinado: tempo de ignição, duração da combustão, altura de chama e frequência de ignição. Após as avaliações, foi observado que há indícios de relação direta entre os valores encontrados de inflamabilidade e as características morfológicas foliares. Constatou-se que as espécies *P. americana* e *E. uniflora* apresentam maior aptidão para compor cortinas de segurança.

Palavras-chave: aceiros verdes, silvicultura preventiva, florestas urbanas.

FLAMMABILITY OF TREE SPECIES FOR USE IN SAFETY CURTAINS IN THE URBAN-RURAL INTERFACE

ABSTRACT: Forest fires pose a constant danger to human well-being. One technique to mitigate and prevent damage caused by fires is the use of safety curtains in areas of urban-rural interface. The objective of the present study was to evaluate the potential of the species *Eugenia uniflora* L. (pitangueira), *Lafoensia pacari* Saint-Hilaire (foxglove), *Leucaena leucocephala* Lam. (Leucena) and *Persea americana* Mill. (avocado), to work in preventive silviculture through the evaluation of functional traits and laboratory flammability test. Evaluating the functional attributes, each species was classified according to its potential for the composition of safety curtains, by the evaluation of positive factors to fire resistance. For the flammability test, controlled burning was carried out in an e-radiator, using freshly collected fine plant material, which was determined: ignition time, combustion duration, flame height and ignition frequency. After the evaluations, it was observed that there is evidence of a direct relationship between the values found for flammability and the leaf morphological characteristics. It was found that the species *P. americana* and *E. uniflora* are more apt to compose safety curtains.

Keywords: green firebreaks, preventive forestry, urban forests.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil (fernand4fonseca@gmail.com).

² Doutora em Engenharia Florestal Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil.

³ Universidade Federal do Paraná, Faculdade de Engenharia Florestal, Curitiba-PR, Brasil.

INTRODUÇÃO

Incêndios florestais ocorrem nos ecossistemas terrestres desde o início da evolução das plantas (BOWMAN *et al.*, 2009; PAUSAS e KEELEY, 2009; BOND e SCOTT, 2010), criando comunidades vegetais com composição e estruturas diferentes daquelas esperadas na sua ausência (BOND e KEELEY, 2005). Assim, muitas comunidades vegetais dependem do fogo para a sua persistência, de tal forma que, sem o fogo, essas comunidades são gradativamente substituídas por outros tipos vegetacionais menos inflamáveis (BOND e MIDGLEY, 1995). Potencialmente, todo ecossistema terrestre tem um regime de fogo, porém há ecossistemas sensíveis ao fogo e, mesmo quando esse ocorre em intensidades reduzidas, o índice de mortalidade da flora pode ser elevado (MYERS, 2006).

Além dos impactos sobre os ecossistemas, os incêndios florestais oferecem um risco significativo para as pessoas e as propriedades (MCCOLL-GAUSDEN e PENMAN, 2019), que muitas vezes podem resultar em prejuízos econômicos e perdas de vidas. Áreas de interface urbano-rural apresentam adversidades típicas da gestão urbana, em paralelo com as da gestão de terrenos florestais, sendo que as ocorrências de incêndios florestais são um dos principais problemas encontrados, uma vez que os habitantes dessas áreas dificilmente percebem o potencial de destruição destes eventos, sem que antes tenham sofrido os seus efeitos (FIDALGO, 2012).

O melhor método para atenuar a probabilidade de casas serem danificadas pelo fogo é diminuir a inflamabilidade das áreas circundantes (MOLINA *et al.*, 2017), desse modo, o interesse pelas características da vegetação que podem ser manipuladas para esse fim tem se elevado (MURRAY *et al.*, 2018). Dentre as medidas de prevenção de incêndios florestais na interface urbano-rural, destacam-se a implementação de cortinas de segurança e a utilização de espécies pouco inflamáveis na ornamentação de espaços públicos e propriedades privadas (BIONDI e BATISTA, 2010).

Em pequena escala, a inflamabilidade pode ser diretamente avaliada por meio de testes laboratoriais, investigando a facilidade com que o órgão vegetal em estudo (folha, flor, fruto) queima quando submetido a uma fonte de calor experimental. No entanto, os resultados obtidos em experimentos laboratoriais nem sempre predizem o como uma planta queima sob condições de campo. Isso ocorre porque outras características da planta e do ambiente podem ser mais relevantes no momento da queima, especialmente aquelas relacionadas às taxas de propagação e liberação de calor (PAUSAS *et al.*, 2017). Contudo, a experimentação é a ferramenta básica da ciência, sendo imprescindível para a calibração de modelos que posteriormente poderão ser extrapolados para outros níveis, os quais são úteis para a compreensão dos processos que envolvem o manejo do fogo e o risco de incêndios florestais (PAUSAS e MOREIRA, 2012).

Diante do exposto, o presente estudo visou: i) realizar um levantamento prévio do potencial de queima de espécies ornamentais urbanas, baseado em traços funcionais; ii) testar a inflamabilidade do material fino destas espécies por meio de experimentos laboratoriais. Com estas duas análises, foi possível indicar qual dos exemplares utilizados apresenta melhor aptidão para ser utilizado como cortina de segurança na arborização de vias de interface urbano-rural.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de inflamabilidade foram conduzidos no Laboratório de Incêndios Florestais da Universidade Federal do Paraná, os quais se basearam na metodologia desenvolvida por Valette (1990) e utilizada por Petriccione (2006), Kovalsyki *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2018). As espécies selecionadas para o presente estudo foram *Eugenia uniflora* L. (pitangueira),

Lafoensia pacari Saint-Hilaire (dedaleiro), *Leucaena leucocephala* Lam. (leucena) e *Persea americana* Mill. (Abacateiro). As amostras foram coletadas e experimentadas no mês de abril na cidade de Curitiba, Paraná.

Inicialmente, com intuito de testar um método de pré-seleção de espécies potenciais para a silvicultura preventiva, foi realizada a classificação das espécies supracitadas a partir de seus traços funcionais, utilizando a metodologia proposta por Biondi e Batista (2010), onde são analisadas as seguintes características visuais que podem favorecer a atuação de espécies a compor cortinas de segurança:

- a) Rusticidade: indica-se para composição de cortinas de segurança, espécies que apresentem boa plasticidade, ou seja, capaz de se adaptar a ambientes adversos, como após a passagem do fogo;
- b) Formato da copa: copas ovais e piramidais com poucas ramificações são mais fáceis de formarem uma barreira física, devido à facilidade de se unirem em um espaço pré-estabelecido;
- c) Tipo de folha: folhas com consistência carnosa podem ser um indicativo de alto teor de umidade, característica que reduz a inflamabilidade, sendo classificadas em: coriácea, membranácea, papirácea, crassa ou cartácea. Outro aspecto positivo é a superfície foliar lisa e brilhosa, pois a presença de pelos favorece a ignição.
- d) Aspecto da casca: espécies com casca grossa são mais resistentes aos danos da passagem do fogo, o contrário, espécies com casca lisa apresentam baixa resistência e caso apresentem protuberâncias, podem favorecer a propagação do fogo.
- e) Velocidade de crescimento: espécies com crescimento moderado e rápido tornam-se mais recomendadas para composição devido ao tempo necessário para formação da cortina e para se recuperar de possíveis danos causados pela passagem do fogo.

Estes traços foram distribuídos em uma tabela, onde se somou um fator positivo para cada espécie que os apresentava. Sendo possível, por fim, realizar a classificação de sua potencialidade.

Para os testes em laboratório, seguiu-se o protocolo proposto por Valette (1990), onde se determinou a inflamabilidade de cada espécie em nível de partícula, a partir da obtenção de amostras homogêneas de material vegetal vivo (folhas e ramos < 0,7 cm de diâmetro) proveniente de exemplares em mesmo estágio ontogenético. Para minimizar possíveis contaminações e alterações no teor de umidade, as amostras foram coletadas usando luvas, em dias secos, sem a ocorrência de precipitação no dia anterior. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas até o início dos testes laboratoriais, sendo que o intervalo entre as coletas e os testes não ultrapassou duas horas.

Os testes laboratoriais foram realizados com auxílio de epirradiator (radiador elétrico de 500 W, com disco radiante de 10 cm de diâmetro), com uma faixa de temperatura controlada que variou de 280 a 390 °C. Para maior homogeneidade das condições ambientais durante os experimentos, o epirradiator foi instalado em uma capela livre de corrente de ar. Além disso, houve a instalação de uma chama piloto, localizada 4 cm acima do centro do disco radiante, de forma a permitir maior regularidade da ignição dos gases emitidos durante o processo de combustão (Figura 1).



Figura 1. Epirradiador utilizado nos testes de inflamabilidade

Foram realizadas 50 repetições por espécie e em cada repetição uma amostra equivalente a 1,0 g foi depositada sobre o epirradiator e exposta à fonte de calor gerada pela chama piloto. De acordo com a definição clássica de Anderson (1970), para o propósito do presente estudo, a inflamabilidade foi definida com base em critérios preestabelecidos relacionados com a rapidez na qual uma planta se inflama e sustenta o processo de combustão. A partir disso, o tempo para a ignição (TI – em segundos), a duração da combustão (DC – em segundos), a altura da chama (HC – em centímetros) e a frequência de ignição (FI – em porcentagem) foram determinados. Os dados obtidos foram utilizados para classificar as espécies em valor de inflamabilidade (VI) e índice combustão (IC). As queimas que apresentaram tempo de ignição superior a 60 segundos foram consideradas negativas (vide Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Valor de inflamabilidade (VI), obtido a partir da frequência de ignição (FI) e do tempo de ignição (TI)

TI (s)	FI (%)					
	< 50	50 - 76	78 - 82	84 - 88	90 - 94	96 - 100
> 32,5	0	0	0	1	1	2
27,6 - 32,5	0	0	1	1	2	2
22,6 - 27,5	0	0	1	2	2	2
17,6 - 22,5	1	1	2	2	3	3
12,6 - 17,5	1	1	2	3	3	4
< 12,6	1	2	3	3	4	5

Onde: VI = 0: fracamente inflamável; VI = 1: pouco inflamável; VI = 2: moderadamente inflamável; VI = 3: inflamável; VI = 4: altamente inflamável; VI = 5: extremamente inflamável. Fonte: Valette (1990).

Tabela 2. Índice de combustão (IC), obtido a partir do comprimento da chama.

Índice de combustão	Severidade	Comprimento de chama (cm)
IC1	Muito baixa	< 1
IC2	Baixa	1 a 3
IC3	Média	4 a 7
IC4	Alta	8 a 12
IC5	Muito alta	> 12

Onde: IC1 = intensidade de combustão muito baixa: a chama não chega a cobrir o disco de testes; IC2 = intensidade de combustão baixa: o fogo não atinge a chama piloto, mas cobre o disco; IC3 = intensidade de combustão média: o fogo atinge e incorpora a chama piloto; IC4 = intensidade de combustão alta: a altura chama chega a 8 cm, mas não ultrapassa 12 cm; IC5 = intensidade de combustão muito alta: o fogo ultrapassa 12 cm e engloba a chama piloto. Fonte: Petriccione (2006).

Previamente a realização dos testes de inflamabilidade em laboratório, o teor de umidade das amostras foi determinado. Para isso, uma porção do material vegetal foi coletada e seca em estufa a uma temperatura de 75 °C por 48 horas. Dessa forma, o teor de umidade foi obtido pelo método gravimétrico, conforme a equação:

$$U\% = \left(\frac{MU - MS}{MS} \right) \times 100$$

Em que: U%= teor de umidade da amostra (%); MU= massa úmida da amostra no momento da coleta (g); MS= massa seca da amostra após a secagem em estufa (g).

Para verificar se houve diferença entre as variáveis de inflamabilidade observada para as espécies, procedeu-se a análise de Student-Newman-Keuls (SNK) a 95% de probabilidade, no software *Statgraphics Centurion 18*. Para as queimas classificadas como negativas o tempo de ignição considerado foi de 61 segundos, uma duração de combustão de zero segundos e uma altura de chama de zero centímetros (KOVALSYKI *et al.*, 2016).

RESULTADOS

As espécies foram classificadas em um *ranking* de uso potencial para compor cortinas de segurança (Tabela 3) por meio da avaliação dos traços funcionais. Diante dessa classificação, as espécies *P. americana* e *E. uniflora* foram as que apresentaram o maior número de fatores positivos.

Tabela 3. Avaliação do potencial das espécies: *P. americana*, *E. uniflora*, *L. pacari* e *L. leucocephala* para a composição de cortinas de segurança

Espécies	R.	C.S.	CB	LT	LS	BS	BSD	G	F. positivos
<i>E. uniflora</i>	+	+		+	++	+		+	7
<i>P. americana</i>		+		+	++		+	+	6
<i>L. pacari</i>				+	++	+	+		5
<i>L. leucocephala</i>	+				+			+	3

Em que: R = rusticidade; CS = forma copa; CB = ramificação de copa; LT = textura de folha; LS = superfície foliar; BS = superfície de casca; BSD = pendência da casca; G = velocidade de crescimento e F. positivos = fatores positivos.

Para forma de copa (C.S.) as espécies *E. uniflora* e *P. americana* apresentaram fator positivo por possuírem copa arredonda. A espécie *P. americana* recebeu fator positivo quanto à textura foliar (LT) por apresentar folhas coriáceas assim como *L. pacari*. *E. uniflora* teve fator positivo por ser membranácea. *L. leucocephala* não apresentou fator positivo para LT por ser papirácea.

Para a superfície foliar (LS) a espécie *P. americana* apresentou dois fatores, por ser glabra e turgida. *E. uniflora* e *L. pacari* apresentaram dois fatores positivos por serem glabras e brilhante e *L. leucocephala* apresentou um único fator por apresentar superfície lisa.

Após a classificação dos traços funcionais, as espécies foram submetidas ao teste de inflamabilidade em epirradiator, onde se pode comparar o valor obtido das queimas com as observações das características LT e LS. O teor de umidade, a frequência de ignição e os valores médios das variáveis de inflamabilidade das espécies analisadas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios das variáveis de inflamabilidade encontrado para as espécies: *Persea americana*, *Eugenia uniflora*, *Lafoensia pacari* e *Leucaena leucocephala*.

Espécie	Média			U%	FI (%)	T (°C)
	TI	DC	HC			
<i>Persea americana</i>	46,7a	5,0a	10,8a	150,9	56	337,8
<i>Eugenia uniflora</i>	36,5b	3,5a	9,1a	87,1	74	355,1
<i>Lafoensia pacari</i>	19,7c	15,0b	11,2a	98,0	100	354,6
<i>Leucaena leucocephala</i>	26,3d	16,9b	19,2b	125,1	100	314,5

Em que: TI = tempo para entrar em ignição (s); DC = duração da combustão (s); HC = altura da chama (cm); U= teor de umidade; FI = frequência de ignição; T = temperatura média atingida durante ignição (°C). **Nota:** letras iguais indicam que não há diferença estatística significativa entre as médias a 95% de probabilidade.

Os tempos de ignições para as quatro espécies estudadas apresentaram diferenças estatísticas, sendo o menor encontrado para *L. pacari*, seguido pela *L. leucocephala*, *E. uniflora* e *P. americana*. Em relação à duração da combustão, observou-se que os resultados obtidos para *L. leucocephala* e *L. pacari* são estatisticamente iguais, bem como para *P. americana* e *E. uniflora*, porém estes dois grupos diferem entre si. Para a altura de chama constatou-se que os valores obtidos para *P. americana*, *E. uniflora* e *L. pacari* foram estatisticamente iguais, diferenciando-se apenas de *L. leucocephala*.

Os resultados encontrados nos testes em epirradiador corroboram com os obtidos na análise das características LT e LS, onde *P. americana* apresentou, para ambos, fatores positivos, ou seja, a espécie demonstra potencial para compor cortinas de segurança, pois, além dos fatores positivos, obteve um elevado teor de umidade (150,9%), uma menor frequência de ignição e valor de inflamabilidade zero (Tabela 5).

Tabela 5. Índice de combustão e valor de inflamabilidade das espécies: *P. americana*, *E. uniflora*, *L. pacari* e *L. leucocephala*.

Espécie	IC	VI
<i>P. americana</i>	4	0
<i>E. uniflora</i>	4	0
<i>L. pacari</i>	4	3
<i>L. leucocephala</i>	5	2

Em que: IC = índice de combustão; e VI = valor de inflamabilidade.

Conforme o valor de inflamabilidade, *L. leucocephala* e *L. pacari* apresentaram-se como inflamável e altamente inflamável, respectivamente. As demais espécies estudadas indicaram nível zero de inflamabilidade, sendo classificadas como fracamente inflamáveis. Em relação ao índice de combustão, *E. uniflora*, *L. pacari* e *P. americana* apresentaram altura média de 8 a 12 cm, o que as classifica com intensidade de combustão alta, enquanto *L. leucocephala* desempenhou comportamento superior, o que a classifica com uma intensidade de combustão muito alta.

DISCUSSÃO

Determinar as espécies adequadas para a composição de cortinas de segurança é uma medida importante de prevenção e combate aos incêndios florestais na interface urbano-rural, pois sua presença atua como quebra do material combustível, além disso, segundo Murray *et al.* (2018), a seleção de plantas de baixa inflamabilidade deve estar na lista de prioridades dos

critérios para seleção de espécies a compor jardins públicos, residenciais e plantações em beira de estrada de regiões sujeitas à incêndios.

As espécies *E. uniflora* e *L. leucocephala* apresentaram fator positivo para rusticidade, devido à alta plasticidade que estas apresentam para se desenvolver em ambientes perturbados (SILVA, 2006; COSTA e DURIGAN, 2010), sendo esta fácil adaptação a estes ambientes uma característica favorável para espécies a serem utilizadas na composição de cortinas de segurança.

Segundo Auricchio e Bacchi (2003), *E. uniflora* apresenta uma rara quantidade de tricomas tectores simples, e por isso é classificada como glabra, sendo esta uma importante característica ao tratar de materiais combustíveis, pois a presença de tricomas pode vir a facilitar o processo de ignição, outra característica importante é citada por Tian, Shu e Wang (2007), ao explanarem que as microestruturas da folha podem afetar sua combustibilidade, um exemplo é a quantidade de nervuras existentes, pois uma grande quantidade favorece o transporte de água, tornando a espécie mais úmida o que pode reduzir a sua inflamabilidade.

Segundo Gill e Moore (1996), folhas maduras são consideradas a parte mais inflamável de uma planta, logo a análise morfológica é uma ferramenta importante na classificação de possíveis espécies com baixa inflamabilidade, assim, a relação existente entre os traços foliares e a inflamabilidade pode contribuir para determinar a facilidade que algumas espécies possuem para entrar em ignição (PAUSAS *et al.*, 2012).

Entre as propriedades que afetam a inflamabilidade, destacam-se os aspectos químicos e estruturais. Os traços estruturais que promovem o aumento da inflamabilidade incluem a alta relação entre área superficial e volume, a retenção de biomassa seca (PAPIÓ e TRABAUD, 1990, 1991; VAN WILGEN *et al.*, 1990; SCHWILK, 2003) e os padrões de ramificação, que transportam o fogo do solo até a copa (RUNDEL, 1981; PAPIÓ e TRABAUD, 1991). Por sua vez, os correlatos químicos da inflamabilidade incluem elevados teores de compostos secundários, tais como resinas e terpenos, além de elevado conteúdo de celulose (PHILPOT, 1970; RUNDEL, 1981; DIMITRAKOPOULOS e PANOV, 2001; ALESSIO *et al.*, 2008).

A umidade é uma característica importante tendo em vista que quanto mais úmido for o material combustível, mais calor terá que ser utilizado para dar início à ignição (SOARES *et al.*, 2017). Segundo Petriccione (2006), espera-se uma alta inflamabilidade de espécies que apresentem um baixo teor de umidade. Embora este padrão tenha sido observado para *P. americana*, que apresentou elevado teor de umidade e uma menor frequência de ignição, a hipótese foi anulada ao comparar com as demais espécies que não apresentaram esta relação.

Avaliando conjuntamente os resultados do valor de inflamabilidade com a morfologia foliar (LT e LS), indica-se uma relação entre as características positivas à resistência ao fogo com os valores encontrados de inflamabilidade. Contudo, *L. pacari* apresentou-se contrária a essa assertiva. Estes resultados contrários podem ser influência da atuação de componentes químicos foliares, atenuando a queima do material vegetal. Embora não tenha sido realizado uma análise química neste estudo, é reconhecida em literatura a alta concentração de terpenos nos tecidos foliares de *L. pacari*, o que mostra que esta espécie apresenta menor aptidão para uso em cortinas de segurança quando comparada com as demais (SAMPAIO e LEÃO, 2007; FIRMO; MIRANDA e OLEA, 2016). Segundo Pausas *et al.* (2016), a capacidade de algumas espécies em armazenar compostos inflamáveis as tornam propensas a queimar mesmo em temperaturas relativamente baixas. Desse modo, seria necessário um estudo complementar com a caracterização química foliar para uma melhor compreensão dos resultados obtidos.

A expansão da interface urbano-rural afeta a densidade do fogo (COLANTONI *et al.*, 2020) sendo fundamental que ferramentas de manejo possam ser utilizadas para projetar a redução de riscos de incêndios florestais. Uma destas ferramentas, é a utilização de cortinas de segurança com espécies nativas que promove a conservação *ex situ* e atenua a possível propagação das chamas. Assim, o desenvolvimento de pesquisas que identifiquem traços

funcionais de interesse e que avaliem o comportamento da inflamabilidade, pode subsidiar a construção de listas de espécies potenciais para finalidade.

CONCLUSÃO

Devido aos seus atributos funcionais e aos valores de inflamabilidade relatados, *P. americana* e *E. uniflora*, dentre as quatro espécies analisadas, apresentaram a maior aptidão para compor cortinas de segurança.

Ainda que os resultados demonstrados na caracterização física não estejam exatamente de acordo com os testes experimentais de queima, a metodologia utilizada na caracterização dos traços funcionais tende a relatar a potencialidade da espécie quanto a sua inflamabilidade, podendo ser utilizada como uma pré-seleção de espécies, antecedendo outros estudos laboratoriais. Para comprovar esta classificação, seria necessária a análise da composição química foliar, além da realização de testes em campo para avaliar respostas considerando a arquitetura inteira das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, G. A. *et al.* Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. **International Journal of Wildland Fire**, v. 17, p. 274 - 286, 2008.
- ANDERSON, H. E. Forest fuel ignitability. **Fire Technol.**, v. 6, p. 312 - 319, 1970.
- AURICCHIO, M. T.; BACCHI, E. M. Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas. **Ver. Inst. Adolfo Lutz**, v. 62, n. 1, p. 55 - 61, 2003.
- BATISTA, A. C.; BIONDI, D.; TETTO, A. F.; ASSUNÇÃO, R.; TRES, A.; TRAVENISK, R. C. C.; KOVALSYKI, B. Evaluation of the flammability of trees and shrubs used in the implementation of green barriers in Southern Brazil. General Technical Report PSW-GTR-245. In: **Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Climate Change and Wildfires**, Mexico City, Mexico. November 5 -11, 2012.
- BIONDI, D.; BATISTA, A. C. **Ornamental plant species of Brazil and their potential use as firebreaks**. In: VI International Conference on Forest Fire Research, 2010, Coimbra. Abstracts of VI International Conference on Forest Fire Research. Coimbra - Portugal: ADAI/CEIF, 2010. v. 1. p. 55-55.
- BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; MARTINI, A. **The flammability of ornamental species with potential for use in highways and wildland urban interface (WUI) in Southern Brazil**. In: VIEGAS, D. M (Ed.). *Advances in forest fire research*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014. p. 992 - 997.
- BOND, W. J.; KEELEY, J. E. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p. 387 - 394, 2005.
- BOND, W. J.; MIDGLEY, J. J. Kill thy neighbour: an individualistic argument for the evolution of flammability. **Oikos**, v. 73, p. 79 - 85, 2005.
- BOND, W. J.; SCOTT, A. C. Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous. **New Phytologist**, v. 188, p. 1137 - 1150, 2010.
- BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. **Fire and plants**. Chapman and Hall: London, 1996.
- BOWMAN, D. M. J. S. *et al.* Fire in the earth system. **Science**, v. 324, p. 481 - 484, 2009.
- COLANTONI, A.; EGIDI, G.; QUARANTA, G.; D’ALESSANDRO, R.; VINCI, S.; TURCO, R.; SALVATI, L. Sustainable Land Management, Wildfire Risk and the Role of Grazing in Mediterranean Urban-Rural Interfaces: a regional approach from greece. **Land**, v. 9, n. 1, 21, and 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/land9010021>
- CORNELISSEN J. H. C. *et al.* A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 335 - 380, 2003.
- COSTA, J. N. C.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasora ou ruderal. **Rev. Árvore**, v. 34, n. 5, p. 825 - 833, 2010.

DIMITRAKOPOULOS, A. P.; PANOV, P. I. Pyric properties of some dominant Mediterranean vegetation species. **International Journal of Wildland Fire**, v. 10, p. 23 - 27, 2001.

FIDALGO, E. S. Territórios em mudança e os incêndios na interface urbano-florestal: estudo de caso em Baião. **Cadernos da Geografia**, Coimbra, n. 31, p. 87 - 98, 2012.

FIRMO, W. C. A.; MIRANDA, M. V.; OLEA, R. S.G. Caracterização do “estado da arte” de *Lafoensia pacari* A. St.-Hill (Lythraceae). **Revista Natureza (online)**, v. 12, n. 1, p. 12 - 22, 2016.

GILL, A. M.; MOORE, P. H. R. **Ignitibility of leaves of Australian plants**. CSIRO Plant Industry, Centre for Plant Biodiversity Research, Canberra, 1996. 36 p.

KOVALSYKI, B.; TAKASHINA, I. K.; TRES, A.; TETTO, A. F.; BATISTA, A. C. Inflamabilidade de espécies arbóreas para uso em cortinas de segurança na prevenção de incêndios florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 387 - 391, 2016.

MCCOLL-GAUSDEN, S. C.; PENMAN, T. D. Pathways of change: predicting the effects of fire on flammability. **J Environ Manage**, v. 232, p. 243 - 253, 2019.

MOLINA, J. R.; MARTÍN, T.; SILVA, F. R.; HERRERA, M. A. The ignition index based on flammability of vegetation improves planning in the wildland-urban interface: a case study in Southern Spain. **Landscape and urban planning**, v. 158, p. 129 - 138, 2017.

MURRAY, B. R. *et al.* Selecting low-flammability plants as green firebreaks within sustainable urban garden design. **Fire**, v. 15, p. 1 - 4, 2018.

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo** – manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. USA: TNC, 2006. 28 p.

PAPIÓ, C.; TRABAUD, L. Comparative study of the aerial structure of five shrubs of Mediterranean shrublands. **Forest Science**, v. 37, p. 146 - 159, 1991.

PAPIÓ, C.; TRABAUD, L. Structural characteristics of fuel components of five Mediterranean shrubs. **Forest Ecology and Management**, v. 35, p. 249 - 259, 1990.

PAUSAS, J. G.; ALESSIO, G. A.; MOREIRA, B.; SEGARRA-MORAGUES, J. G. Secondary compounds enhance flammability in a mediterranean plant. **Oecologia**, v. 180, p. 103 - 110, 2016.

PAUSAS, J. G. *et al.* Flammability as an ecological and evolutionary driver. **J. Ecol.**, v. 105, p. 289 - 297, 2017.

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**, v. 59, p. 593 - 601, 2009.

PAUSAS, J. G.; MOREIRA, B. Flammability as a biological concept. **New Phytologist**, v. 194, p. 610 - 613, 2012.

PETRICCIONE, M. **Infiammabilità Della Lettieria di Diverse Specie Vegetali di Ambiente Mediterraneo**. 2006. 48 f. Tese (Doutorado em Biologia Aplicada) - Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Napoli, 2006.

PHILPOT, C. W. Influence of mineral content on the pyrolysis of plant materials. **Forest Science**, v. 16, p. 461 – 471, 1970.

RUNDEL P. Structural and chemical components of flammability. In: **Fire regimes and ecosystem properties**. Washington, DC, USA: US Forest Service General Technical Report WO-26, 1981. p. 183 - 207.

SAMPAIO, B. L.; LEÃO, D. T. Estudo farmacognóstico de *Lafoensia pacari* St.-Hil. (Lythraceae). 2007. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em Farmácia) - Curso de Farmácia da Universidade Estadual de Goiás – Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis, 2007.

SANTOS, M. M.; BATISTA, A. C.; CARVALHO, E. V.; SILVA, F. C.; PEDRO, C. M.; GIONGO, M. Relationships between moisture content and flammability of campestrial Cerrado species in Jalapão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, e.5587, 2018.

SCHWILK, D. W. Flammability is a niche-construction trait: canopy architecture affects fire intensity. **American Naturalist**, v. 162, p. 725 – 733, 2003.

SILVA, S. M. de. Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, 2006
SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2 ed. Curitiba, 2017. 250 p.

TIAN, X.-Rui; SHU, Li-Fu; WANG, Ming-Yu. Study on Eight Tree Species' Combustibility and Fuelbreak Effectiveness. In: 4TH INTERNATIONAL WILDLAND FIRE CONFERENCE, 4, 2007, Sevilas. **Proceedings [...]**. Sevilas (Espanña): 2007.

VALETTE, J. C. Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. **Revue Forestière Française**, v. 42, p. 76 - 92, 1990.

VAN WILGEN, B. W. The role of vegetation structure and fuel chemistry in excluding fire from forest patches in the fire-prone fynbos shrublands of South Africa. **Journal of Ecology**, v. 78, p. 210 – 222, 1990.