





Artigos

Comportamento do fogo em espécies nativas da Caatinga na região geográfica imediata de Patos-PB

Fire behavior in native species of the Caatinga in the immediate geographical region of Patos-PB

Mellina Nicácio da Luz^I 
Patricia Carneiro Souto^I 
Gilvanete da Silva Henrique^I 
Rita de Cassia Henriques Delfino^I 
Arliston Pereira Leite^{II} 

^IUniversidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, Brasil

^{II}Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil

RESUMO

O uso do fogo de forma controlada pode fornecer resultados positivos, no entanto, o fogo pode se propagar de forma descontrolada na área, provocando danos nos mais diversos aspectos. O objetivo da pesquisa consistiu em avaliar as características de queima de espécies encontradas na região geográfica imediata de Patos/PB quando submetidas à ação do fogo. Foram avaliadas dez espécies em três repetições, que consistiam no material combustível de espécies encontradas na Caatinga. Esses materiais foram coletados em sacos de náilon de 60 kg e secos ao ar para posterior queima. Avaliaram-se a altura e temperatura das chamas; tempo e frequência de ignição; velocidade de propagação; duração da queima; intensidade do fogo e teor de cinzas. Na velocidade de propagação das chamas identificou-se superioridade da *Aristida adscensionis* com $0,0335 \text{ m s}^{-1}$, assim como na intensidade do fogo, em que seus $402,43 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ foram responsáveis pela classificação em muito alta severidade. A máxima duração da queima foi encontrada na *Anadenanthera colubrina*, com 24 min. A *Mimosa tenuiflora* obteve o menor teor de cinzas, o que é favorável para seu potencial energético. A *Cnidocolus quercifolius* é uma espécie de baixa inflamabilidade, tendo em vista a dificuldade de entrar em ignição. Locais com presença abundante de *Aristida adscensionis* devem ser monitorados frequentemente para o risco de ocorrência de incêndios, principalmente em épocas que condições como a elevada temperatura do ar e baixa umidade favorecem à ocorrência do fogo.

Palavras-chave: Inflamabilidade da vegetação; Material combustível florestal; Florestas secas



ABSTRACT

The use of fire in a controlled way in vegetation can provide positive results, however, it can spread in an uncontrolled way in the area, causing damage in the most diverse aspects. The objective of this research was to evaluate the burning characteristics of species found in the immediate geographical region of Patos when submitted to the action of fire. 10 treatments were evaluated with 3 repetitions, consisting of combustible material from the Caatinga. These materials were collected in 60 kg nylon bags and air-dried for subsequent burning. Flame height and temperature, ignition time and frequency, propagation speed, burning duration, fire intensity and the ash content were evaluated. In the speed of propagation of the flames, we identified statistical superiority of *Aristida adscensionis* with 0.0335 m s⁻¹, and also in the intensity of the fire, in which 402.43 kcal m⁻¹s⁻¹ were responsible for the classification in very high severity. The maximum burning duration was found in the *Anadenanthera colubrina* plots, with an average of 24 min. The *Mimosa tenuiflora* obtained the lowest wood ash content, which is favorable for its energy potential. *Cnidocolus quercifolius* is a species of low flammability, in view of the difficulty in igniting and maintaining combustion. Places with the abundant presence of *Aristida adscensionis* should be monitored frequently for the risk of occurrence of fires, especially in times conditions such as high air temperature and low humidity favorable to the occurrence of fire.

Keywords: Vegetation flammability; Forest fuel material; Dry forests

1 INTRODUÇÃO

O uso do fogo de forma controlada, em determinadas práticas, pode ser utilizado para diversos fins ecológicos. A ação do fogo pode beneficiar determinadas espécies que necessitam do mesmo para auxiliar a quebra de dormência de sementes e a rebrota, como também se utiliza o fogo para o desbaste de gramíneas (BONFIM; RIBEIRO; SILVA; BRAGA, 2003; LEMES; MATRICARDI; COSTA; LEAL, 2014). Bonfim, Ribeiro, Silva e Braga (2003) apontam ainda que os agricultores, geralmente, utilizam o fogo devido a sua praticidade nos tratamentos culturais. Nesses locais, o fogo é empregado para a limpeza do terreno e redução da ocorrência de pragas, no entanto, o fogo pode se propagar de forma descontrolada na área e a queimada poderá se transformar em um incêndio, caso não haja devido cuidado na sua execução, provocando danos nos mais diversos aspectos.

Lopes, Silva, Peruchi e Lourenço (2018) verificam a necessidade de intensificar o monitoramento da ocorrência de queimadas e incêndios em virtude destas serem



consideradas as principais causas de destruição e de ameaça à biodiversidade do ambiente. E para isso, é essencial avaliar de forma sistemática os mais diversos fatores que podem influenciar direta ou indiretamente na ocorrência e na propagação do fogo. Assim, White, Ribeiro, White e Ribeiro (2014) apontam a importância de se conhecer o material combustível e como pode ser manejado e manipulado, com o intuito de aprimorar as técnicas de prevenção e combate aos incêndios florestais.

Especialmente na Caatinga, a reduzida quantidade de informações relacionadas às características energéticas das espécies nativas do bioma, prejudicam consideravelmente a avaliação de zonas com alto risco de ocorrência de incêndios na região. Na região semiárida do Nordeste brasileiro encontra-se grande parte do bioma Caatinga, caracterizado por apresentar altas temperaturas do ar, distribuição irregular das chuvas e, conseqüentemente, baixos níveis de umidade, no entanto, estudos sobre a combustibilidade da vegetação ainda são incipientes.

Dessa forma, o objetivo do estudo consistiu em avaliar as características de dez espécies encontradas na região geográfica imediata de Patos-PB, quando submetidas à ação do fogo.

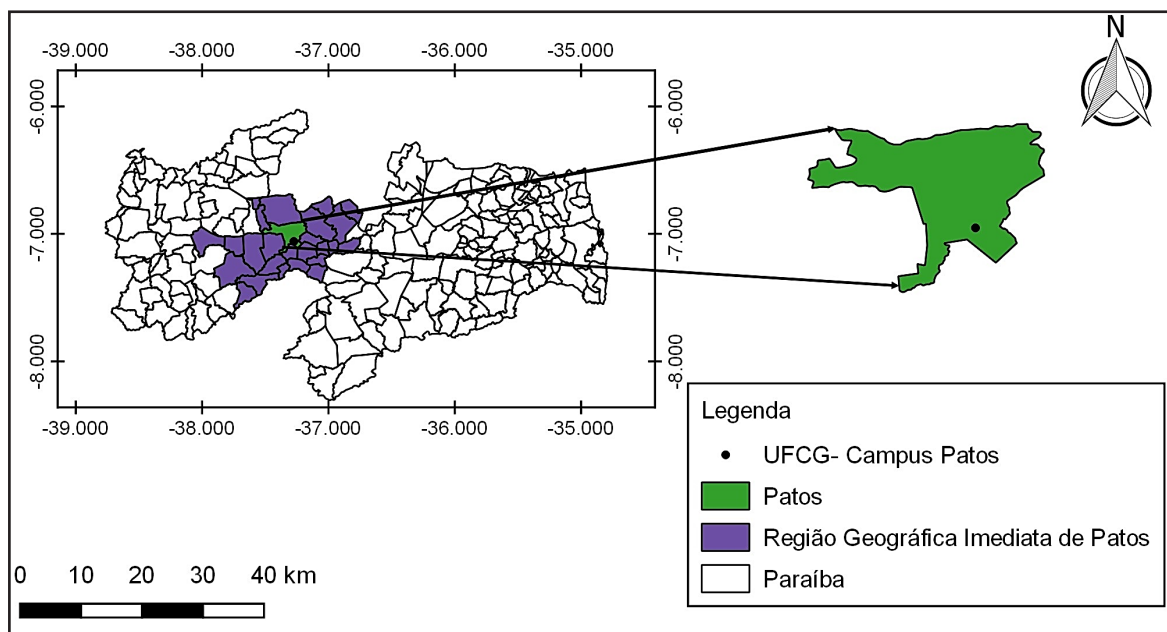
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado na região geográfica imediata de Patos, na Paraíba, Brasil, localizada entre as coordenadas 07°01'32" S e 37°16'40" W (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES; STAPE; SENTELHAS; GONÇALVES; SPAROVEK, 2013), a região apresenta clima do tipo BSh, definido como quente e seco, sendo caracterizado por duas épocas distintas. A localidade possui temperatura média anual de 30°C, umidade relativa do ar cerca de 55% e cerca de 600 mm de precipitação média anual.



Figura 1 – Mapa da região geográfica imediata de Patos-PB



Fonte: Autores (2021)

2.2 Coleta do material vegetal e delineamento experimental

Os materiais combustíveis foram coletados entre os meses de junho/2019 e janeiro/2021 nos municípios de Catingueira, Condado, Malta, Patos, Quixaba, Santa Luzia, Santa Terezinha, São Mamede e Várzea. Foram coletadas amostras de galhos e folhas de dez espécies ocorrentes na região imediata de Patos pelo método destrutivo. Utilizou-se tesouras de poda, facão, foice e podão para a coleta de folhas e galhos com diâmetro $\leq 0,7$ cm com o auxílio de um calibrador de diâmetro. A escolha do uso de galhos finos para a combustão do material se deu pelas definições atribuídas por Soares e Batista (2007), os quais consideram como principal tipo de material combustível na vegetação os ramos finos presentes na copa das árvores.

Cada material constituinte dos tratamentos foi acondicionado em sacos de náilon de 60 kg, sendo vedados e devidamente identificados. Em seguida, os materiais coletados foram secos durante 30 dias em ambiente com circulação de ar no Viveiro Florestal da UFCG em Patos-PB (7 03'34,76" S e 37°16'27,29" W).



Para cada tratamento se obteve 9,0 kg de material combustível seco. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, onde as parcelas, com área de 1 m² cada, foram sorteadas e dispostas aleatoriamente no pátio experimental de aproximadamente 240 m², sendo testados 10 tratamentos (Tabela 1), que consistiam no material combustível das seguintes espécies, em três repetições.

Tabela 1 – Espécies utilizadas para queima dos materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	Família	Porte	Grupo sucessional	Endemismo
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Fabaceae	Arv	Secundária Inicial	Não Endêmica
<i>Aristida adscensionis</i> L.	Capim Panasco	Poaceae	Erv	Pioneira	Não Endêmica
<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G. P. Lewis	Catingueira	Fabaceae	Arv/ Arb	Pioneira	Endêmica
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex. S. Moore	Craibeira	Bignoniaceae	Arv	Clímax	Não Endêmica
<i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl	Faveleira	Euphorbiaceae	Arv/ Arb	Pioneira	Endêmica
<i>Sarcomphalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild (N).	Juazeiro	Rhamnaceae	Arv	Secundária Inicial	Não Endêmica
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema Preta	Fabaceae	Arv/ Arb	Pioneira	Não Endêmica
<i>Croton blanchetianus</i> Baill	Marmeleiro	Euphorbiaceae	Arv/ Arb	Pioneira	Endêmica
<i>Microdesmia rígida</i> (Benth.) Sothers & Prance	Oiticica	Chrysobalanaceae	Arv	Secundária	Endêmica
<i>Aspidosperma pyriformium</i> Mart. & Zucc	Pereiro	Apocynaceae	Arv	Pioneira	Não Endêmica

Fonte: Flora do Brasil (2020); Almeida e Viani (2020)

Em que: Arv – Árvore; Arb – Arbusto; Erv – Erva. * O endemismo refere-se à nível Brasil.

2.3 Variáveis analisadas

Para a determinação do conteúdo de água do material combustível, os sacos de náilon foram levados ao Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Campina Grande em Patos-PB, onde foram colocadas camostras de 100g



de cada tratamento em sacos de papel. As amostras dos materiais combustíveis foram colocadas para secar em estufa a 62°C até obter peso constante, e em seguida, calculou-se o teor de água de cada material através da Equação (1):

$$U(\%) = \frac{MF - MS}{MS} * 100 \quad (1)$$

Onde: U é imidade do material combustível (%); MF é a massa fresca do material combustível; MS é a massa seca do material combustível.

Para o comportamento do fogo, utilizou-se um molde de 1,0 m² para delimitar as parcelas, que foram distanciadas em cerca de 3,0 m, visando evitar o contato e a influência da chama entre os materiais combustíveis. O material combustível das espécies foi alocado seguindo a delimitação do molde no pátio experimental, formando assim pilhas de materiais combustíveis a serem consumidos pelo fogo. O início do processo de queima se deu por meio de um pinga-fogo, sendo cronometrado todo o tempo de combustão. Durante a queima, foi mensurada a altura da chama nos tratamentos utilizando uma vara graduada e a temperatura das chamas, por meio do termômetro digital portátil a laser Incoterm ST-400.

Avaliaram-se, também, outros atributos do comportamento do fogo, como tempo e frequência de ignição (TI e FI), tempo de queima (TQ), velocidade de propagação (VP) e índice de combustibilidade (IC). De posse destes índices, a velocidade de propagação e o índice de combustibilidade foram classificados:

Tabela 2 – Classificação da velocidade de propagação do fogo

Velocidade de propagação (m s⁻¹)	Classificação
< 0,033	Lenta
0,033 - 0,166	Média
0,166 - 1,166	Alta
> 1,166	Extrema

Fonte: Botelho e Ventura (1990)



Tabela 3 – Índice de combustibilidade (IC) para vegetação de Caatinga

Índice de combustão (IC)	Designação do IC	Comprimento da chama (cm)
IC1	Muito baixa	< 10
IC2	Baixa	11 – 30
IC3	Média	31 – 60
IC4	Alta	61 – 120
IC5	Muito Alta	> 120

Fonte: Vasconcelos (2019) – Adaptado de Petriccione (2006)

A escassez de informações acerca do comportamento do fogo de *Cnidoscolus quercifolius* é observado no decorrer da coleta de dados, o qual pode ser explicado pelo desempenho da espécie frente aos parâmetros avaliados desta variável, uma vez que as chamas no material combustível cessaram rapidamente, mesmo após tentativas sucessivas de ignição.

Além destes, foram avaliados a Intensidade do Fogo (I), conforme Byram (1959); Soares e Batista (2007), calculada por meio da Equação (2):

$$I = H . w . r \quad (2)$$

Onde: I é a intensidade do fogo ($\text{kcal m}^{-1}\text{s}^{-1}$); H é o poder calorífico do combustível (kcal kg^{-1}); w é o peso do combustível disponível (kg m^{-2}); r é a velocidade de propagação do fogo (m s^{-1}).

Foram adaptados estudos realizados por Shakesby e Doerr (2006) e McArthur (1967) sobre a intensidade do fogo para as espécies da Caatinga, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Intensidade do fogo e nível de aceitação da severidade para espécies florestais da Caatinga

Intensidade do fogo ($\text{kcal m}^{-1}\text{s}^{-1}$)	Severidade
< 10	Muito baixo
11 – 41	Moderadamente Baixo
42 – 60	Baixo
61 – 81	Moderado
82 – 112	Moderadamente Alto
113 – 143	Alto
> 143	Muito Alto

Fonte: Vasconcelos (2019) – Adaptado de Shakesby e Doerr (2006) e McArthur (1967)



Para o teor de cinzas, os cadinhos de porcelanas foram esterilizados e secos em estufa. Após a retirada da estufa, foram colocados em um dessecador, para posteriormente poder ser identificado o peso inicial. Em seguida, foi adicionado cerca de cerca de 1,6 g de cada amostra no forno tipo mufla a uma temperatura de 600° C por cerca de 6 horas, até que se obteve a coloração do material cinza. Após atingir a cor indicada, as amostras foram colocadas em dessecador e, em seguida, foram pesadas. Por meio destes dados, tornou-se possível avaliar o percentual de cinzas para as amostras, conforme Equação (3):

$$\text{Cinzas(\%)} = \frac{\text{peso (cinzas da mufla)}}{\text{peso (amostra da estufa a 105^\circ)}} * 100 \quad (3)$$

Os dados foram processados e tabulados com o auxílio do programa Microsoft Excel 2016. Por meio do software Sisvar, os dados foram submetidos à aplicação do Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para os parâmetros avaliados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Conteúdo de água

O teor de água dos materiais combustíveis variou de 11,06 a 265,19%, indicando a grande variação em níveis de armazenamento de água das espécies encontradas na Caatinga (Tabela 5). Resultados diferentes foram encontrados por Kovalsyki, Takashina, Tres, Tetto e Batista (2016) ao avaliarem espécies arbóreas no Paraná e registraram variação de 128 a 210,6%. Tal comportamento pode ser justificado pelas distintas condições climáticas e meteorológicas encontradas na região Sul do país e no sertão nordestino, onde a absorção de água pelas espécies é alterada de acordo com o regime pluviométrico encontrado nos diferentes locais.



Tabela 5 – Conteúdo médio de água (%) dos materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	Conteúdo de água (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	69,42
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim Panasco	11,06
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	41,69
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	90,27
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	Faveleira	265,19
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	74,44
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema Preta	89,10
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	93,79
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	90,55
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	68,84

Fonte: Autores (2021)

O tratamento com maior conteúdo de água foi a espécie *Cnidoscolus quercifolius*, indicando que apresenta característica de baixa inflamabilidade devido à capacidade de reter água nos seus galhos e folhas (Tabela 4). Lima, Abdala e Wenzel (2008) explicam que esse teor pode ser inversamente proporcional à capacidade energética das espécies, ou seja, quanto maior o conteúdo de água do material, menor geração de energia partindo dele. Vasconcelos, Souto, Leite, Guedes, Nunes, Justino, Silva, Ramos, Souto e Oliveira (2020) comprovam a teoria citada anteriormente, em que o poder calorífico da *C. quercifolius* resultou em $4.105 \text{ kcal kg}^{-1}$, sendo o menor valor encontrado entre as espécies folhosas, uma vez que possuiu, também, o maior conteúdo de água. É importante salientar, ainda, a ausência de dados para o comportamento do fogo da espécie, uma vez que as chamas nas parcelas não se propagaram e foram extintas naturalmente, logo após a ignição.

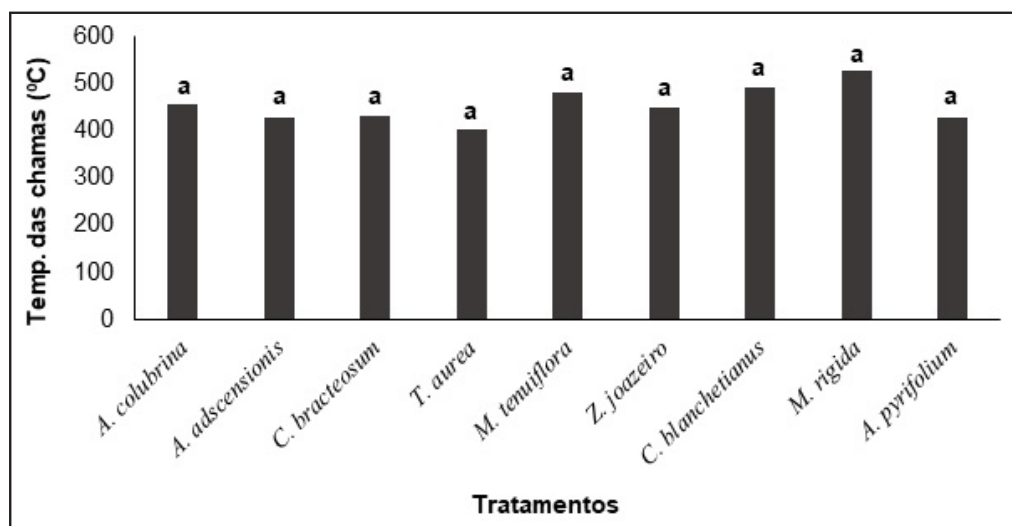
Em contrapartida, a *Aristida adscensionis* registrou o menor conteúdo de água, indicando alta inflamabilidade da espécie. Este resultado pode ser explicado por se tratar de uma espécie do estrato herbáceo, que apresenta diferente capacidade de retenção de água em comparação às espécies florestais. Além disso, tal dado desperta atenção principalmente no semiárido brasileiro, tendo em vista que Silva, Araújo Filho, Ponte, Moita e Cavalcante (2000) indicam a presença predominante da espécie em solos degradados da região.



3.2 Comportamento do fogo

A temperatura observada nas pilhas dos materiais combustíveis durante a queima variou de 403,93 a 529,13°C, no entanto, não houve diferença entre os tratamentos (Figura 2). A maior temperatura foi observada nas parcelas de *Microdesmia rigida*, com média de 529,13°C, sendo a única espécie a ter alcançado níveis acima de 500°C.

Figura 2 – Valores médios de temperatura (°C) nas pilhas de queima das espécies estudadas, na presença das chamas



Fonte: Autores (2021)

Em que: * Letras iguais indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Soares e Batista (2007) descrevem que as altas temperaturas resultantes dos incêndios florestais são importantes integrantes do comportamento do fogo e responsáveis pelos fatores primários de danos, não somente na vegetação, mas no ecossistema como um todo. Além destes fatores, conhecer a temperatura média na presença das chamas em incêndios florestais permite observar, além de outros fatores, a altura de crestamento letal para a vegetação, pois trata-se de um efeito imediato à ação do fogo e é um importante parâmetro para estimar os danos causados pelo incêndio na vegetação.



Para essa variável, pode-se afirmar que a *Cnidoscolus quercifolius* é a espécie resistente à ação do fogo, uma vez que as chamas nas suas parcelas não se propagaram, mas foram extintas de forma natural. É uma espécie potencial para ser indicada ao cultivo nas propriedades rurais como “cortina” de vegetação e cerca-viva, visando favorecer a proteção contra incêndios florestais no semiárido brasileiro.

Não foram observadas diferenças estatísticas para a frequência e o tempo de ignição (Tabela 6), contudo, a *Mimosa tenuiflora*, o *Aspidosperma pyrifolium* e a *Cenostigma bracteosum* necessitaram de maiores quantidades de material vegetal combustível na tentativa de ignição quando comparados às demais espécies. Em contrapartida, nas parcelas de *Aristida adscensionis*, *Tabebuia aurea* e *Anadenanthera colubrina* apenas uma tentativa de ignição foi o suficiente para a combustão.

Tabela 6 – Frequência e tempo médios aproximados de ignição dos materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	FI (Repetições)	TI (s)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	1,00 a	1,67 a
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim panasco	1,00 a	1,33 a
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	3,00 a	2,67 a
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	1,00 a	2,00 a
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	3,00 a	7,17 a
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	2,00 a	1,33 a
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	2,00 a	3,67 a
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	2,00 a	1,00 a
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	3,00 a	4,33 a

Fonte: Autores (2021)

Em que: *Letras iguais na coluna indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Na região geográfica imediata de Patos, *Aristida adscensionis* é comumente encontrada, tanto no interior das formações vegetacionais quanto nas margens de rodovias. A presença da espécie em rodovias é uma problemática, principalmente devido a certas ações antrópicas, como a ocorrência das queimadas acidentais e o descarte de restos de cigarro na margem das estradas, podendo acarretar incêndios



de altas proporções em locais próximos ao asfalto, onde há passagem de veículos e materiais inflamáveis. Neste caso é importante, além do manejo adequado da espécie, a conscientização por parte de moradores e das pessoas que transitam pela região, além de se tomar cuidados na execução de queimadas controladas nesse tipo de vegetação, visando reduzir a ocorrência de incêndio nesses locais.

Resultados próximos ao do presente estudo foram encontrados por Vasconcelos, Souto, Leite, Guedes, Nunes, Justino, Silva, Ramos, Souto e Oliveira (2020) para o tempo de ignição nas espécies arbóreas avaliadas, em que foram necessários cerca de 6,75 segundos para as parcelas de *A. pyrifolium* iniciarem a combustão; como também 4,25 segundos para a *C. bracteosum*, indicando comportamento do fogo semelhantes para as espécies estudadas.

O material combustível das espécies *Aristida adscensionis*, *Tabebuia aurea*, *Sarcomphalus joazeiro*, *Croton blanchetianus*, *Microdesmia rigida* e *Aspidosperma pyrifolium* registraram as maiores médias de altura das chamas (HC), as quais variaram de 115 a 161,67 cm, sendo assim superiores aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 – Altura das chamas (HC), Índice de Combustibilidade (IC) e classificação dos materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	HC (cm)	IC	Classificação do IC
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	76,67 b	4	Alto
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim panasco	161,67 a	5	Muito Alto
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	65 b	4	Alto
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	115 a	4	Alto
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	70 b	4	Alto
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	153,33 a	5	Muito Alto
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	130 a	5	Muito Alto
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	118,33 a	4	Alto
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	146,67 a	5	Muito Alto

Fonte: Autores (2021)

Em que: *Letras iguais na coluna indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.



Vasconcelos, Souto, Leite, Guedes, Nunes, Justino, Silva, Ramos, Souto e Oliveira (2020), ao avaliarem o comportamento do fogo de espécies encontradas na Caatinga, constataram a maior altura das chamas nas espécies florestais de *A. pyrifolium*, com 55 cm de altura, seguido pela *C. bracteosum* com 26,25 cm, a qual se assemelhou com o tratamento testemunha de *Pinus* sp., que obteve altura de 32,5 cm. Para o Índice de Combustibilidade (IC), os autores obtiveram, ainda, classificação de médio índice de combustibilidade para *A. pyrifolium* e baixo para a *C. bracteosum*.

Avaliando cinco espécies arbóreas encontradas no Estado do Paraná, Kovalsyki, Takashina, Tres, Tetto e Batista (2016) constataram que apenas o tratamento testemunha *Pinus taeda* obteve índice de combustibilidade 5. Essa comparação mostra o alto potencial de combustão existente nas espécies da Caatinga, sendo um fator de alerta a ser considerado para a região.

O estudo indicou que a maior velocidade de propagação do fogo foi observada no material combustível da *Aristida adscensionis* (Tabela 8), sendo superior estatisticamente às demais espécies. Além disso, *A. adscensionis* foi o único tratamento enquadrado na classificação de média velocidade, enquanto os demais foram classificados em lenta velocidade de propagação.

Tabela 8 – Velocidade média de propagação ($m s^{-1}$) e classificação da velocidade dos diferentes materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	Velocidade de propagação ($m s^{-1}$)	Classificação da VP
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	0,0103 b	Lenta
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim panasco	0,0335 a	Média
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	0,0041 b	Lenta
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	0,0104 b	Lenta
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	0,0025 b	Lenta
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	0,0152 b	Lenta
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	0,0084 b	Lenta
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	0,0069 b	Lenta
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	0,0059 b	Lenta

Fonte: Autores (2021)

Em que: * Letras iguais indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.



Kovalsyki, Casimiro Junior, Assunção, Travenisk, Tetto e Batista (2019), avaliando algumas espécies arbóreas para a composição de cortinas de segurança no Paraná, obtiveram velocidades de propagação que variaram entre 0,0019 e 0,0117 m s⁻¹. No estudo utilizaram o *Pinus taeda* L. como testemunha, pelo fato de ser considerada uma espécie altamente inflamável e que obteve velocidade de propagação em torno de 0,00948 m s⁻¹. Por meio desses dados, é possível inferir que algumas espécies encontradas na Caatinga superam, até mesmo, a máxima velocidade encontrada no artigo citado, como é o caso do capim-panasco e o juazeiro.

Ao avaliar algumas espécies florestais e cactáceas encontradas na Caatinga, Vasconcelos, Souto, Leite, Guedes, Nunes, Justino, Silva, Ramos, Souto e Oliveira (2020) constataram que as espécies arbóreas estudadas também possuíam velocidade de propagação classificada como lenta, onde apenas o tratamento testemunha, o *Pinus* sp., obteve velocidade classificada como média.

Para espécies na caatinga a velocidade de propagação possuiu médias de 0,0035 m s⁻¹ para *Cenostigma bracteosum* e 0,0033 m s⁻¹ para *Aspidosperma pyrifolium* (BORGES; SOUTO; NASCIMENTO NETO; SOUTO; ARAUJO; SILVA, 2021), o que mostra certo padrão de comportamento para as espécies estudadas em comum.

O tempo de combustão total das espécies é apresentado na Figura 3. É possível observar que diferenças estatísticas foram encontradas, com superioridade para *Anadenanthera colubrina*.

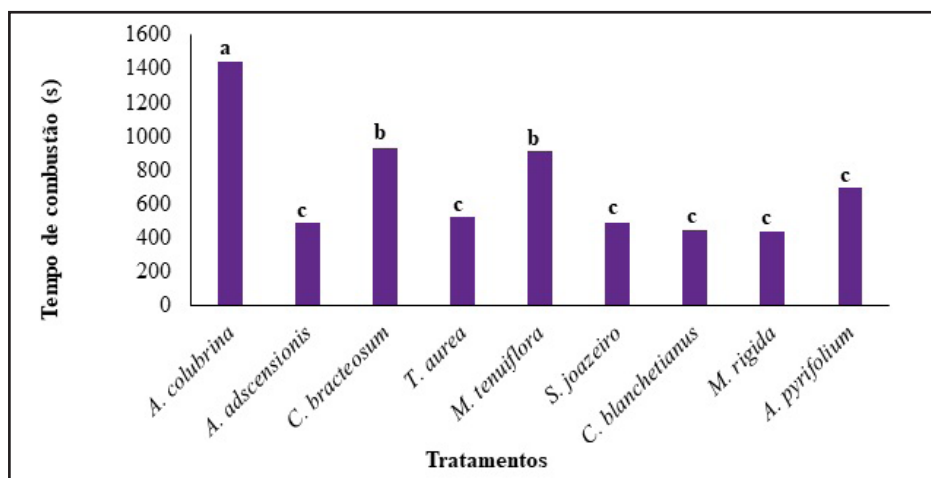
A máxima duração foi encontrada nas parcelas de *Anadenanthera colubrina*, contabilizando média de 24' em processo de combustão, que foi superior estatisticamente às demais. As maiores velocidades seguintes foram observadas na *Cenostigma bracteosum* e *Mimosa tenuiflora*, que atingiram cerca de 15'31" e 15'12", respectivamente, onde observou-se semelhança estatística.

Com exceção da *Cnidoscolus quercifolius*, pode-se inferir que o manejo dos materiais combustíveis presentes no piso florestal nas áreas de Caatinga é imprescindível, tendo em vista os riscos que o fogo descontrolado pode promover



nesse tipo de vegetação. Nesses casos, a construção de aceiros é uma boa alternativa para prevenir a passagem e a propagação das chamas em caso de ocorrência de incêndios, distanciando assim uma das bases do triângulo do fogo e interrompendo a dispersão do mesmo.

Figura 3 – Tempo total de combustão (s) total no material combustível das espécies estudadas



Fonte: Autores (2021)

Em que: * Letras iguais em colunas de mesma cor indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Além de todos os cuidados necessários na realização de queimas experimentais, é essencial estar atento às condições encontradas pela equipe de pesquisa no local, assim como o bem-estar deve ser levado em questão, pois foi possível perceber a intensa radiação e o elevado calor sentido nas proximidades das parcelas, mesmo estando a uma distância considerável. Por meio dessas características, pode-se mensurar o quão difícil se torna o combate a incêndios no interior da vegetação.

3.3 Intensidade do fogo

A maior intensidade foi detectada na *Aristida adscensionis* que resultou em 402,43 kcal m⁻¹ s⁻¹, conseqüentemente obtendo severidade considerada muito alta, o qual foi



superior aos demais tratamentos. *Anadenanthera colubrina*, *Cenostigma bracteosum*, *Tabebuia aurea*, *Mimosa tenuiflora*, *Sarcomphalus joazeiro*, *Croton blanchetianus*, *Microdesmia rigida* e *Aspidosperma pyrifolium* se assemelharam estatisticamente e possuíram intensidades que variaram de 30,19 a 182,83 kcal m⁻¹ s⁻¹ (Tabela 9).

Tabela 9 – Intensidade média do fogo (em kcal m⁻¹ s⁻¹) e níveis de severidade dos materiais combustíveis

Nome Científico	Nome Popular	I (kcal m ⁻¹ s ⁻¹)	Severidade
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	123,28 b	Alto
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim panasco	402,43 a	Muito Alto
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	48,73 b	Baixo
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	124,22 b	Alto
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	30,19 b	Moderadamente Baixo
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	182,83 b	Muito Alto
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	101,4 b	Moderadamente Alto
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	82,36 b	Moderadamente Alto
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	71,39 b	Moderado

Fonte: Autores (2021)

Em que: * Letras iguais indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Mesmo havendo semelhança estatística entre as espécies citadas anteriormente, o grau de severidade entre elas foi distinto, com a *A. adscensionis* e *S. joazeiro* classificados como severidade muito alta, *A. colubrina* e *T. aurea* com severidade alta e *C. blanchetianus* e *M. rigida* sendo moderadamente alto, o que se torna motivo de atenção para locais com a presença dessas espécies, uma vez que os danos e as consequências podem ser piores após a passagem do fogo. Além destas, o *A. pyrifolium*, *C. bracteosum* e *M. tenuiflora* foram classificadas em moderado, baixo e moderadamente baixo, respectivamente. Vale ressaltar que a intensidade do fogo para a *C. quercifolius* foi nula, uma vez que não obteve velocidade de propagação das chamas nas parcelas.

Resultados inferiores foram encontrados por Kovalsyki, Casimiro Junior, Assunção, Travenisk, Tetto e Batista (2019) em que, ao avaliarem o comportamento do fogo em espécies encontradas no Paraná, constataram que a média máxima de



intensidade foi obtida na *M. champaca* com $50,40 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, sendo bastante abaixo quando comparado com o capim panasco e o juazeiro, por exemplo. Também foram constatados resultados distintos por Batista e Biondi (2009) ao avaliarem algumas variáveis de inflamabilidade da *L. lucidum*, no qual obteve intensidade de $24,288 \text{ kW m}^{-1}$, o que, assim como o trabalho anterior, indicam alta capacidade de fogo nas espécies encontradas na caatinga, uma vez que seus resultados são superiores quando comparadas às espécies em outras regiões.

Segundo Fiedler, Canzian, Mafia, Ribeiro e Krause Junior (2015), a intensidade do fogo é uma variável que está associada ao processo de combustão e pelo fato de possuir relação direta com a velocidade de propagação. Os referidos autores ressaltam que, quanto mais veloz o avanço do fogo, maior será a quantidade de energia liberada para o ambiente, e conseqüentemente, mais rapidamente acontecerá a combustão do material.

Soares e Batista (2007) enfatizam que a intensidade do fogo calculada por Byram é considerada bastante aproveitável na descrição do comportamento do fogo. Além disso, indicam que as intensidades dos incêndios florestais podem atingir de 400 a $800 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ em incêndios florestais de proporção normal e até mesmo acima de $800 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ em incêndios de maiores proporções.

3.4 Teor de Cinzas

Para esta variável houve acentuada diferença estatística entre as espécies, com destaque para *Tabebuia aurea* com 9,41% de teor, a qual foi superior aos demais tratamentos. Em sequência, *Sarcomphalus joazeiro* e *Microdesmia rigida* apresentaram teores médios de 8,39% e 8,33%, respectivamente. Em contrapartida, o menor teor médio de cinzas foi observado nas parcelas de *Anadenanthera colubrina* e *Mimosa tenuiflora*, com 4,70% e 4,69%, respectivamente, as quais foram semelhantes estatisticamente (Tabela 10).



Tabela 10 – Teor de cinzas (%) em espécies da Caatinga

Nome Científico	Nome Popular	Teor de Cinzas (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	4,70 f
<i>Aristida adscensionis</i>	Capim Panasco	5,96 d
<i>Cenostigma bracteosum</i>	Catingueira	5,99 d
<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	9,41 a
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema Preta	4,69 f
<i>Sarcomphalus joazeiro</i>	Juazeiro	8,39 b
<i>Croton blanchetianus</i>	Marmeleiro	6,75 c
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	8,33 b
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	Pereiro	5,49 e

Fonte: Autores (2021)

Em que: * Letras iguais indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

A porcentagem de cinzas de material em madeiras tropicais é bastante superior quando comparado às madeiras das espécies de vegetações temperadas (KLOCK; ANDRADE, 2013). Para esta variável, o menor teor possível é o mais desejável, tendo em vista que se trata de constituintes inorgânicos e que, após a queima comportam-se apenas como resíduos, dificultando assim o trabalho para a retirada dos mesmos (FONTES, 1994).

Mimosa tenuiflora obteve o menor teor de cinzas da madeira, não diferindo estatisticamente do angico, o que é favorável para seu potencial energético, visto que Hoffman (2010) aponta a direta relação entre o teor de cinzas e o poder calorífico, pois quanto menor o teor de cinzas, maior é a tendência de aumento do poder calorífico.

Tabebuia aurea registrou maior teor de cinzas dentre os tratamentos, e essa característica prejudica o potencial energético da espécie, uma vez que, como já citado, altos teores de cinzas podem reduzir o poder calorífico das espécies, e podem ainda trazer prejuízos no âmbito comercial, caso seja utilizada para fins de energia. Dias Júnior, Andrade, Protásio, Melo, Brito e Trugilho (2018) apontam que elevados teores de cinzas na madeira não são benéficos, em virtude da maior geração de minerais nas caldeiras de processos de queima.



4 CONCLUSÕES

Cnidoscolus quercifolius é uma espécie de baixa inflamabilidade, podendo ser responsável pela diminuição ou até mesmo interrupção da propagação do fogo em casos de incêndios florestais na Caatinga. Por este motivo é indicada para ser usada na silvicultura preventiva, como cortina de vegetação e cerca-viva, tornando assim o ambiente menos suscetível aos danos ambientais que os incêndios florestais podem causar.

Locais com a presença abundante de *Aristida adscensionis* na região geográfica imediata de Patos devem ser monitorados frequentemente para o risco de ocorrência de incêndios, principalmente no período seco da região, em virtude do alto potencial inflamável observado na espécie, sendo confirmada como “espécie fogo da Caatinga”.

Mimosa tenuiflora é amplamente utilizada na região da semiárida como espécie de alto valor energético, confirmado pelo menor teor de cinzas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C.; VIANI, R. A. G. **Espécies arbóreas plantadas na restauração da Mata Atlântica** (versão 2 – agosto 2020). Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais, LASPEFUFSCar. 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, Alemanha, v. 22, n.6, p. 711-728. jan. 2013.

BATISTA, A. C.; BIONDI, D. Avaliação da inflamabilidade de *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae) para uso potencial em cortinas de segurança na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 435-439, out./dez. 2009.

BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E.; BRAGA, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual Da Serra Do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p. 87-94, fev. 2003.



BORGES, C. H. A.; SOUTO, P. C.; NASCIMENTO NETO, J. H.; SOUTO, J. S.; ARAUJO, E. C. G.; SILVA, T. C. Combustibility of fuel material for forest species. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 13, n. 7, p. 14-17, jul. 2021.

BOTELHO, H.; VENTURA, J. Modelos de comportamento do fogo. In: REGO, F.C.; BOTELHO, H. **A técnica do fogo controlado**. Apartado: Universidade de Trás-OsMontes e Alto Douro, p. 49-55, 1990.

BYRAM, G. M. Combustion of forest fuels. In: Davis, K. P. **Forest fire: control and use**. New York: McGraw-Hill Book Co., p. 61-89. 1959.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; PROTÁSIO, T. P.; MELO, I. C. N. A.; BRITO, J. O.; TRUGILHO, P. F. Pyrolysis and wood by-products of species from the Brazilian semi-arid region. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 117, p. 65-75, mar. 2018.

FIEDLER, N. C.; CANZIAN, W. P.; MAFIA, R. G.; RIBEIRO, G. A.; KRAUSE JUNIOR, J. Intensidade de queima de diferentes retardantes de fogo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 691-696. Jul./ago. 2015.

FLORA DO BRASIL. **Lista de espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020.

FONTES, P. J. P. **Auto suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. 1994. 140 p. Dissertação (Mestrado do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

HOFFMAN, B. S. **O ciclo Combinado com Gaseificação Integrada e a Captura de CO₂: Uma Solução para mitigar as emissões de CO₂ em Termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo?** 2010. 128 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira** – manual didático. Universidade Federal do Paraná. p. 03-87. 2013.

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**, Colombo, v. 36, n. 8, p. 387-391, out./dez. 2016.

KOVALSYKI, B.; CASIMIRO JUNIOR, L. D.; ASSUNÇÃO, R.; TRAVENISK, R. C. C.; TETTO, A. F.; BATISTA, A. C. Avaliação de espécies arbóreas para composição de cortinas de segurança contra incêndios florestais. **Revista Nativa**, Sinop, v. 7, n. 2, p. 197-203, mar. 2019.

LEMES, G. P.; MATRICARDI, E. A. T.; COSTA, O. B.; LEAL, F. A. Avaliação espaço-temporal dos incêndios florestais no Parque Nacional Serra da Canastra no período de 1991 a 2011. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 10, p. 247-266, ago. 2014.

LIMA, E. A.; ABDALA, E. M.; WENZEL, A. A. **Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira**. Embrapa Florestas – Comunicado Técnico 220, Colombo. 2008.



LOPES, E. R. N.; SILVA, A. P. P.; PERUCHI, J. F.; LOURENÇO, R. W. Zoneamento de Risco de Incêndio e Queimadas no Município de Sorocaba – São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 36, p. 117-129, dez. 2018.

MCARTHUR, A. G. **Fire behaviour in eucalypt forests**. Canberra: Forestry and Timber Bureau, leaflet nº 107, 1967.

PETRICCIONE, M. **Infiammabilità della lettiera di diverse specie vegetali di ambiente Mediterraneo**. 2006. 48 p. Tese (Doutorado em Biologia Aplicada) - Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Napoli, Itália, 2006.

SHAKESBY, R.A.; DOERR, S. H. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. **Earth Science Reviews**, [s. l.], n. 74, p. 269-307, fev. 2006.

SILVA, N. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; PONTE, A. E.; MOITA, A. K. F.; CAVALCANTE, A. C. R. Técnicas de manejo no controle do capim-panasco verdadeiro (*Aristida adscensionis* Linn.) In: Reunião Anual da SBZ, 37, Viçosa. 2000. **Anais** [...] Viçosa-MG, 2000. P. 1-3.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007.

VASCONCELOS, A. D. M. **Inflamabilidade de espécies da Caatinga para uso em cortinas de segurança no semiárido paraibano**. 2019. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2019.

VASCONCELOS, A. D. M.; SOUTO, P. C.; LEITE, A. P.; GUEDES, A. F.; NUNES, V. H.; JUSTINO, S. T. P.; SILVA, R. M.; RAMOS, G. G.; SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, R. J. Espécies da caatinga para uso em cortinas de segurança contra incêndios florestais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n. 4, p. 1-20, jun./jul. 2020.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 699-706, set. 2014.

Contribuição de Autoria

1 Mellina Nicácio da Luz

Mestre em Ciências Florestais

<https://orcid.org/0000-0002-6481-9125> • mellina.nicacio@outlook.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Pesquisa; Análise de dados; Validação de dados e experimentos; Recebimento de financiamento; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Escrita – revisão e edição



2 Patricia Carneiro Souto

Doutora em Agronomia, Professora, Pesquisadora

<https://orcid.org/0000-0003-4631-5342> • pcarneirosouto@yahoo.com.br

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Pesquisa; Metodologia; Disponibilização de ferramentas; Supervisão; Design da apresentação de dados; Escrita – revisão e edição

3 Gilvanete da Silva Henrique

Mestre em Ciências Florestais

<https://orcid.org/0000-0001-5363-6684> • gilvanete.hengflorestal@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Metodologia; Escrita – revisão e edição

4 Rita de Cassia Henriques Delfino

Mestre em Ciências Florestais

<https://orcid.org/0000-0002-9474-6780> • kassiahenriques@hotmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Pesquisa; Escrita – revisão e edição

5 Arliston Pereira Leite

Doutor em Agronomia

<https://orcid.org/0000-0003-1981-2319> • arlistonpereira@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Análise de dados; Validação de dados e experimentos

Como citar este artigo

LUZ, M. N.; SOUTO, P. C.; HENRIQUE, G. S.; DELFINO, R. C. H.; LEITE, A. P. Comportamento do fogo em espécies nativas da Caatinga na região geográfica imediata de Patos-PB. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e73573, p. 1-2, 2023. DOI 10.5902/1980509873573. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509873573>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.