



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS-PB



MELLINA NICÁCIO DA LUZ

**COMPORTAMENTO DO FOGO EM ESPÉCIES NATIVAS NA REGIÃO
GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PATOS-PB**

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2022

MELLINA NICÁCIO DA LUZ

**COMPORTAMENTO DO FOGO EM ESPÉCIES NATIVAS NA REGIÃO
GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PATOS-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Carneiro Souto.

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2022

L979c

Luz, Mellina Nicácio da.

Comportamento do fogo em espécies nativas na região geográfica
imediata de Patos-PB / Mellina Nicácio da Luz. – Patos, 2022.
79 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2021.
"Orientação: Profa. Dra. Patricia Carneiro Souto".
Referências.

1. Ecologia. 2. Inflamabilidade da Vegetação. 3. Material Combustível
Florestal. 4. Caatinga. 5. Manejo e Utilização dos Recursos Florestais. I.
Souto, Patricia Carneiro. II. Título.

CDU 574(043)

MELLINA NICÁCIO DA LUZ

**COMPORTAMENTO DO FOGO EM ESPÉCIES NATIVAS NA REGIÃO
GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PATOS-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande/CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovado em: 26 de agosto de 2021.

Prof.^a Dr.^a Patrícia Carneiro Souto

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Ane Cristine Fortes da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
(1º Examinador)

Prof. Dr. Jacob Silva Souto

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)
(2º Examinador)

Dedico aos meus pais Maria do Socorro Justino Nicácio e Ronaldo Soares da Luz e à toda a família, em especial à minha querida e eterna avó, Elineuza Justino Nicácio (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por todas as glórias em minha vida, por me amparar nos momentos difíceis e por sempre guiar meus caminhos à Sua vontade.

Aos meus pais, Maria do Socorro Justino Nicácio e Ronaldo Soares da Luz por apoiarem, mesmo distante, no meu avanço tanto pessoal quanto profissional. Sem eles, nada disso seria possível.

A minha amada avó Elineuza Justino Nicácio (*in memoriam*), um dos pilares mais importantes da minha vida, que infelizmente partiu e nos deixou bastante saudades. Em muitos momentos fraquejei, mas sei que ela sempre esteve e estará no céu a me impulsionar e me guiar.

Aos meus amigos Sérvio, Thalita, Bruna, Rita, Geovanio, Erika, Alexandro, Andreza, Laís, Clícia, Wellyson, Rafaela, Lígia, Guilherme e Élen. Sem eles, nada disso seria possível. Eternamente grata por todo o apoio e incentivo recebido durante essa jornada.

A equipe do Laboratório de Nutrição Animal, Professor André e Otávio, por todos os ensinamentos compartilhados e pela disposição em auxiliar os discentes de outros cursos. Obrigada a todos!

Às belas amigas do Laboratório de Nutrição de Plantas – LABNUT, por toda ajuda, momentos de descontração e troca de conhecimento. Obrigada a todos!

Aos Motoristas Zé Ferreira e Sandro, pela amizade conquistada com o passar do tempo, pelas ajudas em campo por nos guiar com segurança.

À minha querida orientadora, professora Patrícia Carneiro Souto, pela oportunidade de trabalharmos juntas, por compartilhar seus ensinamentos, pelo companheirismo e pela amizade estabelecida durante toda essa jornada.

A todos os meus amigos e colegas da turma 2019 da Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFCG, por todos os momentos que passamos, por todas as alegrias, nervosismos, pelas trocas de ensinamentos durante o curso e por todo o singelo suporte durante todo o Mestrado.

À Banca Examinadora, por todos os conhecimentos compartilhados e sugestões indicadas, sendo essenciais para exaltar, ainda mais, a pesquisa realizada.

Ao professor Éder Ferreira Arriel, pelos auxílios acadêmicos, por compartilhar seus ensinamentos, pelo incentivo e pela ajuda nos momentos que precisei.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução da pesquisa e para que fosse finalizada com sucesso.

Minha mais sincera GRATIDÃO!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da região geográfica imediata de Patos/PB	24
Figura 2 – Classificação de galhos em campo com auxílio do calibrador de diâmetro	25
Figura 3 – Secagem do material combustível em ambiente ventilado	25
Figura 4 – Representação das parcelas utilizadas nas queimas experimentais	27
Figura 5 – Disposição dos materiais combustíveis das parcelas em campo	27
Figura 6 – Altura da manta do material combustível nas parcelas experimentais	28
Figura 7 – Início do processo de ignição com auxílio do pinga-fogo	29
Figura 8 – Material combustível moído (A), mufla usada para incinerar o material combustível (B) e obtenção das cinzas (C)	31
Figura 9 – Registros de precipitação (mm) para o mês de Abril de 2021 no município de Patos	34
Figura 10 – Combustão em parcela de <i>A. colubrina</i>	39
Figura 11 – Elevação média da temperatura do solo (°C) e dos materiais combustíveis após a queima	39
Figura 12 – Valores médios de temperatura (°C) nas pilhas de queima das espécies estudadas, na presença das chamas	41
Figura 13 – Medição da temperatura das chamas em parcela de <i>M. rigida</i>	42
Figura 14 – Espessura média (cm) nas parcelas com os materiais combustíveis antes e depois das queimas experimentais	43
Figura 15 – Tempo de combustão (s) linear e total no material combustível das espécies estudadas	54
Figura 16 – Proporção das chamas nas parcelas de capim panasco	56
Figura 17 – Presença de fumaça abundante em parcela de catingueira	57
Figura 18 – Aspectos da folha de <i>Microdesmia rigida</i> antes e após a queima experimental..	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da velocidade de propagação do fogo	29
Tabela 2 – Índice de combustibilidade (IC) para vegetação de caatinga	30
Tabela 3 – Intensidade do fogo e nível de aceitação da severidade para espécies florestais da Caatinga	30
Tabela 4 – Conteúdo médio de água (%) dos materiais combustíveis	32
Tabela 5 – Condições meteorológicas obtidas durante a realização da queima	35
Tabela 6 – Temperatura média de diferentes materiais combustíveis e do solo, antes e depois da queima.....	37
Tabela 7 – Volume médio da manta dos materiais combustíveis (m ³) antes e após a queima	46
Tabela 8 – Frequência e tempo médios aproximados de ignição dos materiais combustíveis	47
Tabela 9 – Altura das chamas (HC), Índice de Combustibilidade (IC) e classificação dos materiais combustíveis	50
Tabela 10 – Velocidade média de propagação (m s ⁻¹) e classificação da velocidade dos diferentes materiais combustíveis	52
Tabela 11 – Intensidade média do fogo (em kcal m ⁻¹ s ⁻¹) e níveis de severidade dos materiais combustíveis	60
Tabela 12 – Limites de intensidade do fogo e características dos incêndios florestais nas respectivas magnitudes	61
Tabela 13 – Teor de cinzas (%) em espécies da caatinga	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Incêndios florestais e consequências ao meio ambiente	13
2.1.1 Estudos sobre incêndios florestais no Brasil e no Nordeste	13
2.1.2 Comportamento do fogo e fatores de influência na propagação	15
2.2 Material combustível florestal	16
2.2.1 Inflamabilidade de espécies florestais	16
2.3 Características da caatinga e espécies estudadas	17
2.3.1 <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	18
2.3.2 <i>Aristida adscensionis</i> L.	18
2.3.3 <i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G. P. Lewis	19
2.3.4 <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex. S.Moore	19
2.3.5 <i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	20
2.3.6 <i>Sarcomphalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild (N).	20
2.3.7 <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	21
2.3.8 <i>Croton sonderianus</i> Müll. Arg	22
2.3.9 <i>Microdesmia rigida</i> (Benth.) Sothers & Prance.....	22
2.3.10 <i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Caracterização da área	24
3.2 Coleta do material vegetal e delineamento experimental	24
3.3 Variáveis analisadas	26
3.3.1 Conteúdo de água	26
3.3.2 Comportamento do fogo	27
3.3.3 Teor de cinzas	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Conteúdo de água	32
4.2 Condições meteorológicas do local e Índice de Angstron	34
4.3 Comportamento do fogo	37
4.3.1. Temperatura do material combustível, do solo e elevação de temperatura	37
4.3.2. Temperatura nas pilhas de queima na presença das chamas	41

4.3.3. Espessura e volume da manta antes e após a queima	43
4.3.4. Tempo e Frequência de ignição	47
4.3.5. Altura das chamas e Índice de Combustibilidade	49
4.3.6. Velocidade de propagação	52
4.3.7. Tempo de combustão linear e queima total dos materiais combustíveis	54
4.3.8. Intensidade do fogo	59
4.4. Teor de Cinzas	62
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66

RESUMO

O uso do fogo de forma controlada na vegetação pode fornecer resultados positivos, no entanto, pode se propagar de forma descontrolada na área, provocando danos nos mais diversos aspectos. Dessa forma, o objetivo da pesquisa consistiu em avaliar as características de espécies encontradas na região geográfica imediata de Patos quando submetidas à ação do fogo. Foram coletadas amostras de galhos e folhas de dez espécies ocorrentes na região imediata de Patos. Cada material dos tratamentos foi acondicionado em sacos de náilon de 60 kg e foram devidamente identificados. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, o qual foram testados 10 tratamentos em 3 repetições, que consistiam no material combustível das espécies: angico, capim panasco, catingueira, craibeira, faveleira, juazeiro, jurema preta, marmeleiro, oiticica e pereiro. No comportamento do fogo foram avaliados parâmetros como a temperatura do material e do solo antes e após a queima; altura e temperatura das chamas; tempo e frequência de ignição; velocidade de propagação; duração da queima e intensidade do fogo. Além destes, foi avaliado também o teor das cinzas. As condições meteorológicas sofreram pouca variação, com médias de 33,47°C, 52,33% e 0,93 m s⁻¹ de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, respectivamente. A temperatura do material não divergiu estatisticamente entre os tratamentos, no entanto, houve diferenças estatísticas após a queima, com destaque para a craibeira, marmeleiro e oiticica. Foram encontradas diferenças significativas para a altura das chamas, em que as menores alturas foram observadas na faveleira, catingueira, angico e jurema preta. Contudo, para a temperatura das chamas, os tratamentos foram semelhantes estatisticamente. Algumas espécies obtiveram certa dificuldade de entrar em ignição, como o pereiro e, principalmente a faveleira, que as chamas cessaram rapidamente. Na velocidade de propagação identificou-se superioridade estatística do capim panasco com 0,0335 m s⁻¹, sendo a única espécie classificada como média velocidade e a jurema preta obteve o menor índice, com 0,0025 m s⁻¹, classificada como lenta. Além destes, a velocidade da faveleira foi nula, uma vez que o fogo foi extinto em pouco tempo. A máxima duração da queima foi encontrada nas parcelas de angico, com média de 24 min em processo de combustão, sendo estatisticamente distintos das parcelas de faveleira, as quais contabilizaram cerca de 3 min em combustão. O capim panasco se destacou na intensidade do fogo, em que os 402,43 kcal m⁻¹ s⁻¹ foram responsáveis pela classificação em muito alta severidade. Em contrapartida, espécies como a catingueira e jurema preta foram classificadas em baixo e moderadamente baixo, respectivamente. A jurema preta obteve o menor teor de cinzas da madeira, o que é favorável para seu potencial energético. Quando atingidas pelo fogo, as espécies encontradas na caatinga possuem diferentes respostas. A *C. quercifolius* é uma espécie de baixa inflamabilidade, tendo em vista a dificuldade de entrar em ignição e em manter a combustão. Locais com a presença abundante de *A. adscensionis* devem ser monitorados frequentemente para o risco de ocorrência de incêndios, principalmente em épocas com condições atmosféricas favoráveis à ocorrência do fogo.

Palavras-chave: Inflamabilidade da vegetação. Material combustível florestal. Caatinga.

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. Thus, the objective of this research was to evaluate the characteristics of species found in the immediate geographical region of Patos when submitted to the action of fire. Twig, branches and leaf samples were collected from ten species that occur in the immediate region of Patos. Each treatment material was packed in 60kg nylon bags and were properly identified. The design used was entirely randomized, in which 10 treatments were tested with 3 repetitions, consisting of combustible material from the following species: angico (*Anadenanthera colubrina*), capim panasco (*Aristida adscensionis*), catingueira (*Cenostigma bracteosum*), craibeira (*Tabebuia aurea*), faveleira (*Cnidocolus quercifolius*), juazeiro (*Sarcomphalus joazeiro*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), oiticica (*Microdesmia rigida*) and pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*). In fire behavior, parameters such as material and soil temperature before and after burning, flame height and temperature, ignition time and frequency, propagation speed, burning duration, and fire intensity were evaluated. In addition, the ash content was also evaluated. The meteorological conditions varied little, with averages of 33.47°C, 52.33% and 0.93 m s⁻¹ for temperature, relative humidity and wind speed, respectively. The temperature of the material did not differ statistically between treatments; however, there were statistical differences after burning, especially for the craibeira, marmeleiro and oiticica. Significant differences were found for the height of the flames, where the lowest heights were observed in the faveleira, catingueira, angico and jurema preta. However, for flame temperature, the treatments were statistically similar. Some species had some difficulty in igniting, such as the pereiro and, especially the faveleira, the flames ceased quickly. In the speed of propagation, we identified statistical superiority of capim panasco with 0.0335 m s⁻¹, being the only species classified as medium speed and the jurema preta obtained the lowest rate, with 0.0025 m s⁻¹, classified as slow. Besides these, the velocity of the faveleira was null, since the fire was extinguished in a short time. The maximum burning duration was found in the angico plots, with an average of 24 min in the combustion process, being statistically different from the faveleira plots, which accounted for about 3 min in combustion. The capim panasco stood out in fire intensity, in which 402.43 kcal m⁻¹s⁻¹ were responsible for the classification in very high severity. In contrast, species such as catingueira and jurema preta were rated low and moderately low, respectively. The jurema preta obtained the lowest wood ash content, which is favorable for its energy potential. When affected by fire, the species found in the caatinga have different responses. *C. quercifolius* is a species of low flammability, in view of the difficulty in igniting and maintaining combustion. Places with the abundant presence of *A. adscensionis* should be monitored frequently for the risk of occurrence of fires, especially in times with atmospheric conditions favorable to the occurrence of fire.

Keywords: Vegetation flammability. Forest fuel material. Caatinga.

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios acarretam alto prejuízo econômico e ecológico e podem ocorrer em unidades de conservação, margem de estradas, áreas próximas a centros urbanos, propriedades rurais, dentre outros. Além disso, são considerados um dos maiores problemas referente à povoamentos florestais e florestas nativas no mundo, constituindo um fator relevante em relação à mudança climática global e à emissão de CO₂ na atmosfera (FIEDLER et al., 2006; WHITE; RIBEIRO, 2011; WHITE et al., 2013). Este fenômeno pode ocorrer de origem natural ou por meio de intervenção antrópica, impactando de forma direta nas comunidades do seu entorno.

O uso do fogo de forma controlada, em determinadas práticas, pode fornecer resultados positivos. Algumas espécies necessitam do mesmo para a quebra de dormência de sementes e para a rebrota, como também se utiliza o fogo para o desbaste de gramíneas (BONFIM et al., 2003; LEMES et al., 2014). Bonfim et al. (2003) apontam ainda que os agricultores, geralmente, utilizam o fogo devido a sua praticidade. Nesses locais, o fogo é empregado para a limpeza do terreno, redução da ocorrência de pragas, entre outros. 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 et al. (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. Entre os principais fatores relacionados à ocorrência e propagação dos incêndios florestais destacam-se as condições climáticas, umidade relativa, a temperatura e a velocidade dos ventos, em que a velocidade de propagação do fogo e a intensidade de um incêndio sofrem interferência direta destes parâmetros (NUNES, 2005).

Assim, White et al. (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.

Sabe-se que quanto maior o número de estudos direcionados ao comportamento dos incêndios florestais, mais se torna possível analisar e antecipar possíveis impactos ambientais e situações perigosas, assim como mais certa será a decisão tomada sobre a gestão dos combustíveis e dos incêndios (LINN et al., 2012). Cipriani et al. (2011) afirmam que a prevenção deve estar inserida em qualquer estratégia de controle de incêndios, mesmo em posse

de métodos de combate com alta eficiência, pois é sempre melhor prevenir a ocorrência do fogo. É por essa razão que, nas últimas décadas, pesquisas relacionadas à métodos para prevenção a incêndios vem sendo ativamente realizadas, bem como estudos para combatê-lo (WHITE et al., 2013).

No Brasil, especialmente na Caatinga, a reduzida quantidade de informações relacionada 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, distribuição irregular das chuvas e, consequentemente, baixos níveis de umidade. Espécies como *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Aristida adscensionis* L., *Cenostigma bracteosum* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis, *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, *Cnidoscolus quercifolius* Pohl, *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild (N.), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Croton sonderianus* Müll. Arg, *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc podem ser encontradas nestas áreas, no entanto, estudos sobre sua combustibilidade ainda são incipientes.

Neste caso, conhecer o comportamento do fogo de indivíduos presentes no bioma Caatinga auxiliam no planejamento para ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, além de analisar, de acordo com frequência de espécies, os locais mais propensos à ocorrência de incêndios florestais em grandes proporções, caso haja a passagem do fogo.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa consistiu em avaliar as características quando submetidas à ação do fogo das espécies *A. colubrina*, *A. adscensionis*, *C. bracteosum*, *T. aurea*, *C. quercifolius*, *S. joazeiro*, *M. tenuiflora*, *C. sonderianus*, *M. rigida* e *A. pyrifolium* encontradas na região geográfica imediata de Patos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Incêndios florestais e consequências ao meio ambiente

Os incêndios florestais são conhecidos pelo seu alto poder de destruição, sendo responsáveis por prejuízos incalculáveis, especialmente quando ocorre em plantios comerciais. Além disso, representam um fenômeno adicional para a emissão de gases do efeito estufa, não estando incluídos nos cálculos de emissão de gases por desmatamento, trazendo consequências ambientais e econômicas. A ocorrência deste problema em florestas plantadas é agravado, principalmente, devido à alta produtividade e as consequências financeiras e comerciais que possam vir a ocorrer nos empreendimentos florestais (BATISTA, 2000; FEARNSTIDE, 2002; LORO; HIRAMATSU, 2004; BEUTLIN et al., 2005; BATISTA; BIONDI, 2009; WHITE; RIBEIRO; SOUZA, 2014).

Santos (2004) aponta que o fogo causa prejuízos econômicos, como a perda de florestas e o consequente aumento de gastos para o combate ao incêndio. Assim como prejuízos biológicos, tendo em vista que, tornando-se incontrolável, poderá envolver níveis de mortalidade tanto da fauna e da flora quanto de seres humanos.

A ocorrência de incêndios no componente florestal constitui uma preocupação que mobiliza um conjunto de processos, demandando esforços e recursos com operações para o seu combate em que a previsão do índice de perigo destes incêndios determinam um elemento fundamental para a proteção das florestas contra esta ocorrência, auxiliando na elaboração de planos de combate (LORO; HIRAMATSU, 2004).

Estudos realizados por Sousa et al. (2019) indicaram que a ação do fogo influencia, também, na presença de microrganismos do solo, havendo redução em cerca de 45% da população de fungos capazes de proteger as plantas contra doenças. Vieira et al. (2016) ressaltaram, também, a influência negativa do fogo na qualidade do solo, o qual promoveu impactos negativos na biomassa microbiana do solo.

2.1.1 Estudos sobre incêndios florestais no Brasil e no Nordeste

No Brasil, os incêndios em ecossistemas naturais causam sérias preocupações aos setores ligados ao ambiente, destruindo importantes áreas naturais (KOPROSKI; BATISTA; SOARES, 2004). Nunes et al. (2009) apontam que o incêndio florestal do ano de 1963 no estado do Paraná foi o marco para o início das histórias de incêndios desta natureza no Brasil. A

ocorrência foi considerada como um dos incêndios mais destrutivos já registrados no mundo, destruindo cerca de 2 milhões de hectares e, aproximadamente, 500 mil hectares de florestas primárias, sendo contabilizados 8.000 imóveis destruídos, 570 famílias ficaram desabrigadas e 110 pessoas morreram em consequência do fogo.

Estudos recentes apontam que, dentre os países da América do Sul, o Brasil foi o país com maior número de focos até a data da presente pesquisa – de 01 de janeiro a 20 de junho de 2021, com 18.761 focos de fogo. Mesmo com o alto índice, houve uma diminuição de 13% quando comparado ao mesmo período do ano de 2020 (INPE, 2021a).

Na região Nordeste, Santana et al. (2011) apontaram que os meses com os menores índices de perigo de incêndios foram janeiro, fevereiro, março e abril, os quais correspondem ao período de chuvas na região de Serra Negra do Norte-RN. Em contrapartida, os meses entre agosto e dezembro podem atingir o maior nível de perigo, pois equivale a época de estiagem na área.

Novais et al. (2019), ao quantificarem os focos de calor em mesorregiões da Paraíba de 2000 a 2015, identificaram que os meses de setembro a dezembro registraram o maior número de focos de calor, sendo a mesorregião do Sertão Paraibano a área de maior índice desta ocorrência.

De acordo com dados obtidos pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2018), foram contabilizados no Nordeste cerca de 20.638 detecções de fogo na vegetação durante os meses de janeiro a setembro de 2018, por meio do satélite de referência AQUA da NASA. Na região, destaca-se o estado do Maranhão com o maior índice de focos durante os meses avaliados, sendo detectados 8.848 focos de calor na vegetação; destes, 3.178 foram encontrados apenas no mês de setembro. Em contrapartida, o estado de Alagoas obteve apenas 76 casos durante o mesmo intervalo de tempo, sendo o menor número de focos registrado na região.

Para o ano de 2021, até a data de 30 de junho, foram contabilizados 5.655 focos ativos de fogo no Nordeste, os quais todos os meses avaliados foram superiores ao número de focos encontrados nos respectivos meses do ano anterior. Além disso, para os três primeiros dias do mês de julho já tinham sido contabilizados 59 focos ativos de fogo na região (INPE, 2021b).

Ainda de acordo com o INPE (2021b), no Bioma Caatinga também houve aumento nas detecções de fogo nos meses citados anteriormente, com destaque para o mês de março, no qual esse aumento correspondeu a mais de dez vezes o contabilizado no ano de 2020 (22 focos em março de 2020 e 250 focos em março de 2021). Além disso, ao comparar entre o mês de

janeiro a 20 de junho dos anos de 2020 e 2021, o Bioma obteve o maior aumento de detecção de fogo no país, correspondendo a 187% de elevação em relação ao ano anterior.

2.1.2 Comportamento do fogo e fatores de influência na propagação

De acordo com Fernandes, Botelho e Loureiro (2002), alguns dos parâmetros básicos que descrevem o comportamento do fogo são a velocidade de propagação, as dimensões da chama, a intensidade do fogo, a energia liberada por unidade de área. Outras definições são descritas por Vasconcelos (2019):

Tempo e Frequência de Ignição (TI e FI) – tempo em segundos ao qual o material combustível necessitou para realizar a combustão e número de repetições em que ocorreu a ignição, respectivamente;

Tempo de Queima (TQ) – tempo de combustão total do material combustível, medido em segundos;

Altura da Chama (HC) – altura máxima atingida pelas chamas do material combustível;

Velocidade de Propagação (VP) – prazo utilizado pelo fogo para queimar um metro do material combustível.

A ocorrência e propagação do fogo em um ambiente depende de diversos fatores que, em conjunto, podem dar início ao processo de combustão (BATISTA, 2000). Assim, Fernandes, Botelho e Loureiro (2002) indicam que, entre as variáveis meteorológicas influentes nesse processo, encontram-se:

Umidade relativa – indica a umidade no ar em relação a quantidade máxima que o ar pode conter sob mesmas condições de temperatura e pressão;

Temperatura – influencia diretamente na umidade do material combustível, no qual o aumento da temperatura é inversamente proporcional à facilidade de ignição;

Vento – a velocidade do vento exerce influência na propagação do fogo, sendo influenciado pelo nível de adensamento e de altura do componente arbóreo nos povoamentos florestais.

Precipitação – possui efeito direto na propagação do fogo, sendo importante avaliar não apenas a quantidade, como também a duração das precipitações no local.

Para ocorrer o processo de combustão, é necessário haver três elementos básicos: o material combustível (neste caso, o componente arbóreo), o calor e o comburente (oxigênio), que juntos denominam-se como “triângulo do fogo”. Na ausência de um dos fatores envolvidos

não há possibilidade de iniciar e ocorrer o processo de ignição (SIMIANO; BAUMEL, 2013; LORO; HIRAMATSU, 2004).

O material combustível é considerado um dos fatores do “triângulo do fogo”, que é efetivamente sujeito a alterações de ordem antrópica e, por isso, podem ser controlados. Dessa forma, a quantificação deste tipo de material está fortemente relacionada a ações de combate e prevenção de incêndios florestais (BEUTLING et al., 2005).

2.2 Material combustível florestal

Estudos relacionados ao comportamento do fogo são realizados de acordo com a determinação das características do material combustível florestal, da topografia e das condições climáticas (BEUTLING et al., 2012). Os autores afirmam ainda que todos estes fatores são importantes, contudo, a obtenção dos dados sobre o material combustível florestal são complexos quando comparado a umidade do ar, temperatura e declividade.

Dessa forma, entende-se por combustível florestal toda a matéria orgânica que se encontra depositada na superfície da área, englobando como carga combustível a folhagem, as herbáceas, os arbustos, os ramos e troncos mortos e as sobras de cortes. Os materiais combustíveis finos (como ervas, folhas e galhos finos) inflamam-se rapidamente, em especial quando secos (FERNANDES; BOTELHO; LOUREIRO, 2002; MARTINS, 2010; LORO; HIRAMATSU, 2004). Martins (2010) aponta, ainda, que, independentemente da espécie, o combustível fino morto das plantas constituem o grupo de maior importância nos estudos sobre incêndios florestais. Este destaque se deve ao fato destes materiais variarem o seu teor de umidade rapidamente em virtude das variações meteorológicas ocorridas.

Entre os atributos envolvidos na dinâmica do comportamento do fogo, o material combustível florestal exerce um papel fundamental na ocorrência e na propagação dos incêndios florestais, pois não seria possível haver fogo sem que tenha material combustível. Consideram-se as florestas como grandes fornecedoras destes materiais inflamáveis e, por isso, é necessário compreender o material combustível e o seu comportamento mediante a ação do fogo, visando manejá-lo de forma adequada a fim de reduzir a propagação de possíveis incêndios florestais (SOARES, 1979; WHITE et al., 2014).

2.2.1 Inflamabilidade de espécies florestais

O processo de combustão pode ser definido como o processo de decomposição, sendo o processo inverso da fotossíntese. Esta última trata-se do resultado da interação entre água,

dióxido de carbono e energia solar, produzindo carboidratos e celulose. No caso da combustão, a mesma libera em forma de calor a energia que foi armazenada pela fotossíntese (LORO; HIRAMATSU, 2004).

De acordo com Anderson (1970), a inflamabilidade é considerada o resultado entre o conjunto de fatores, tais como o tempo de ignição, a sustentabilidade (entendida, neste caso, como a capacidade da planta para sustentar a combustão) e a combustibilidade (relacionada a velocidade ou intensidade da combustão). No meio florestal é possível encontrar espécies altamente inflamáveis e plantas que inibem a propagação do fogo, reduzindo, assim, a velocidade e facilitando planos de combate ao fogo. Dessa forma, o tipo de material combustível pode potencializar ou retardar a ação do mesmo (SOUZA; VALE, 2019).

2.3 Características da caatinga e espécies estudadas

De acordo com Silva (2003), um dos fatores marcantes da paisagem do semiárido é a vegetação de caatinga. Trata-se de um bioma caracteristicamente brasileiro, onde predomina a formação vegetal xerófila, constituídas geralmente de folhas pequenas que reduzem a transpiração, os caules suculentos visando o armazenamento de água e as raízes espalhadas para facilitar a captura de água durante os períodos de chuva. A área da Caatinga ocupa cerca de 11% do território nacional, incluindo partes dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (PRADO, 2003).

A diversidade de fisionomias da cobertura vegetal encontrada na região é determinada por fatores como relevo, clima e geologia que, atuando de forma inter-relacionada, resultam em diferentes ambientes ecológicos. Em virtude da diversidade de possibilidades resultantes entre as interações destes fatores, o estudo da Caatinga torna-se complexo, o qual tornam as pesquisas voltadas ao bioma incipientes (RODAL; COSTA; LINS-E-SILVA, 2008; SANTANA et al., 2016).

Essa diversidade ocorre não apenas entre uma área e outra, mas sim em um mesmo local, conforme a estação do ano, onde o contraste é acentuado entre a época seca e a época chuvosa. Em determinado momento o que era seco, acinzentado e sem folhas torna-se encoberto de imenso verde que se espalha na vegetação arbórea e no estrato herbáceo (IBGE, 2004).

Dessa forma, a caatinga é caracterizada por possuir formações xerófilas e caducifólias com alta diversidade, em virtude das diferentes condições climáticas, topográficas, edáficas e antropológicas encontrada nas regiões inseridas no Bioma. Além disso, é formada por árvores e arbustos com algumas características xerofíticas, onde é possível encontrar espécies como o

juazeiro, a catingueira, o marmeleiro, pereiro, angico, aroeira, entre outros (ALVES, 2007; SILVA et al., 2012).

2.3.1 *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

Pertencente à família Fabaceae, o angico-vermelho é uma espécie nativa que ocorre na região Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A árvore é semicaducifolia, podendo alcançar até 20 metros de altura e até 50 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP). Nos biomas Cerrado e Caatinga a espécie apresenta porte menor, com altura variando de 3 a 15 metros (CARVALHO, 2003).

Ainda de acordo com Carvalho (2003), a casca da planta pode obter espessura de até 30 mm, no qual a casca externa é de coloração acinzentada e coberta de acúleos e a casca interna é de coloração esbranquiçada. A espécie possui folhas bipinadas, apresentando até 30 pares de folíolos opostos. As flores são hermafroditas. Seus frutos são deiscentes, de consistência coriácea, castanho-avermelhado, atingindo 8 a 32 cm de comprimento e 1,5 a 3 cm de largura. As sementes da espécie são de coloração marrom-escura e comprimidas ou achatadas, a sua dispersão pode ser autocórica, principalmente barocórica, por gravidade.

A espécie é amplamente utilizada no tratamento de diversas enfermidades como para doenças do aparelho respiratório (gripes, tosses, bronquites), inflamações e problemas estomacais (CORDEIRO; FELIX, 2014).

2.3.2 *Aristida adscensionis* L.

Pertencente à família Gramineae e conhecida popularmente como capim-panasco, trata-se de uma erva anual ramificada a partir da base, possuindo folhas estreitas e delicadas, sendo as sementes facilmente transportadas pelo vento (SILVA; LIMA, 1980).

A espécie apresenta alta capacidade de adaptação às condições encontradas no semiárido, permanecendo na vegetação mesmo nos períodos mais secos, desempenhando um importante papel na permanência e continuidade da cobertura vegetal no solo (PARENTE et al., 2013).

Pereira Filho et al. (2007) apontam que na maioria dos levantamentos realizados na Caatinga há, entre o estrato herbáceo, a predominância de diversos tipos de gramíneas, incluindo a referida espécie. Além disso, o capim panasco pode ser encontrado como parte da

dieta de caprinos e ovinos (PIMENTEL et al., 1992; ARAUJO FILHO et al., 1996; LIMA JÚNIOR, 2006; NÓBREGA et al., 2008).

Silva Neto (2017) aponta que a presença do capim panasco aumenta a probabilidade do material combustível entrar em ignição, com alto potencial de propagação em áreas de caatinga, trazendo riscos nestas áreas, principalmente em épocas mais propensas à ocorrência das chamas na vegetação. No entanto, também são observados benefícios da presença da espécie na superfície do solo, em que Zea et al. (2015) indicam que o capim panasco exerce função de proteger os solos dos processos erosivos, uma vez que há alta densidade da espécie no piso florestal em áreas de caatinga degradadas, as quais obtiveram mais de 1.200.000 plantas ha⁻¹, auxiliando assim na conservação das características presentes no solo.

Dessa forma, pode-se dizer que a presença da espécie é fundamental no manejo, principalmente em virtude da grande quantidade encontrada nestas áreas, resultando assim em maiores teores de matéria orgânica na superfície dos solos.

2.3.3 *Cenostigma bracteosum* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis

Conhecida popularmente como Catingueira, a espécie é pertencente à família Fabaceae, nativa do Brasil. A árvore da espécie alcança altura entre 4 e 10 m, dotada de copa arredondada e baixa. É uma planta caducifólia, não apresenta espinhos e formada por casca quase lisa de coloração acinzentada que se descama em forma de placas finas. É uma planta pioneira, heliófita, xerófita, sendo uma das pioneiras a rebrotar após o início das chuvas, geralmente atingindo, após um mês, a plena vegetação. A madeira da espécie é considerada pesada e de textura média, apresentando alta resistência ao apodrecimento (LORENZI, 1998).

A espécie ocorre naturalmente na região Nordeste do país, tanto em porções úmidas quanto em partes mais secas, sendo endêmica da caatinga (LORENZI, 1998). Na Estação Ecológica Seridó, no município de Serra Negra do Norte, a planta está entre as espécies mais importantes da localidade. (SANTANA et al., 2016).

2.3.4 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore

Pertencente à família Bignoniaceae, a espécie é conhecida popularmente como craibeira, caroba-do-campo, para-tudo, entre outros. Possui grande distribuição no território brasileiro, sendo encontrada no cerrado, no pantanal mato-grossense e na caatinga. As árvores

possuem tronco revestido por casca grossa e podem atingir alturas que variam até 20 m (LORENZI, 1998; BARROS, 2001; CABRAL; BARBOSA; SIMABUKURO, 2003).

A madeira dessa espécie é considerada como moderadamente pesada, dura, de textura média e de baixa resistência ao apodrecimento. Floresce entre os meses de julho a setembro, e a frutificação inicia-se no final do mês de setembro. É considerada como uma planta de usos múltiplos, com a possibilidade de aplicar a madeira na fabricação de vigas, esquadrias, móveis, construção civil e serviços, dentre outros (LORENZI, 1998; FERRAZ; ABLBUQUERQUE; MEUNIER, 2006). Além disso, estudos realizados por Silva, Machado e Albuquerque (2018) indicaram a ocorrência de efeito alelopático da *Tabebuia aurea*, apontando que o extrato das folhas secas afetaram negativamente porcentagem de germinação, a velocidade de germinação e o índice de velocidade de germinação de *Lactuca sativa* L.

2.3.5 *Cnidoscolus quercifolius* Pohl

A espécie conhecida vulgarmente como faveleira pertence à família Euphorbiaceae, é uma planta espinhenta, com pelos urticantes, que pode atingir até 8 metros de altura, dotada de copa alongada ou arredondada e rala. O tronco é curto e ramificado, com casca fina, lenticelado de 20 a 35 cm de diâmetro. Suas folhas são simples, alternas e membranáceas. O fruto é do tipo cápsula, deiscente, recoberto por pelos urticantes, possuindo três sementes (LORENZI, 1998).

A madeira é comumente utilizada para a fabricação de caixotes. As folhas e ramos novos da espécie são considerados de alto valor forrageiro. Além disso, os extratos da casca e das folhas de *Cnidoscolus quercifolius* possuem propriedades anti-inflamatórias, o que permite o uso popular deste material para tratar inflamações (LORENZI, 1998; GOMES et al., 2014).

Estudos realizados por Ramos e Freire (2019), de caráter fisiológico, constataram que a redução da umidade do solo afeta a abertura estomática, reduzindo, entre outros fatores, a taxa de fotossíntese das plantas da espécie.

2.3.6 *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild (N).

A espécie pertence à família Rhamnaceae e é conhecida popularmente como juazeiro, juá-babão, juá-de-boi, juá-bravo, entre outros. O juazeiro é uma planta característica da vegetação dos sertões nordestinos, sendo de maior ocorrência na Caatinga, no Sertão e no Agreste. Trata-se de uma árvore cujas maiores dimensões são de 16 m e 53 cm para altura e diâmetro, respectivamente, podendo ser de tronco reto ou tortuoso. A casca externa é de

coloração cinza-escuro a levemente castanho, rígida e pouco desenvolvida, enquanto a casca interna é de cor amarelada. As folhas são alternas, de consistência membranácea a levemente coriácea e forma ovalada a elíptica. As flores apresentam coloração amarelo-esverdeada e os frutos são uma drupa globosa de cor amarelada. A madeira é utilizada em ferramentas, construções rurais, moirões e marcenaria, dentre outros. A espécie possui também elevado potencial forrageiro, além de ser proveitosa na alimentação humana, no uso medicinal e paisagístico (CARVALHO, 2003).

A espécie apresenta grande importância biológica e econômica, em virtude das suas potencialidades medicinais. No semiárido nordestino a planta é explorada para diversas finalidades, como, por exemplo, o seu fruto, que é amplamente conhecido e utilizado na alimentação humana por possuir alta capacidade nutricional (DANTAS et al., 2014). Estudos realizados por Lavor et al. (2018) indicaram que a espécie possui, até mesmo, potencial odontológico, onde a solução preparada com cascas de juazeiro proporciona a redução de manchas do esmalte dentário.

2.3.7 *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

A espécie, conhecida popularmente como jurema-preta, calumbi e jurema, pertence à família Fabaceae e é considerada como uma planta decídua, heliófita, pioneira, endêmica da caatinga, onde é bastante comum. É uma planta espinhenta, de 4 a 6 m de altura, dotada de copa rala e irregular e de tronco levemente inclinado, com cerca de 20 a 30 cm de diâmetro. Suas folhas são compostas e bipinadas, as flores são de cor branca e o fruto é do tipo vagem (LORENZI, 1998).

A madeira da planta é utilizada para a fabricação de moirões, estacas e pequenas construções, bem como para lenha e carvão, apresentando bom potencial para a produção de carvão vegetal. Trata-se de uma espécie pioneira e rústica e, por isso, é indicada para a composição de reflorestamentos heterogêneos a fim de preservação (LORENZI, 1998; OLIVEIRA et al., 2006; AZEVÊDO et al., 2012).

Azevêdo et al. (2012) indicam, ainda, que a jurema preta é uma espécie nativa da região semiárida, de sistema radicular profundo e que auxilia no seu estabelecimento em áreas degradadas ou em processo de degradação.

2.3.8 *Croton sonderianus* Müll. Arg

O marmeleiro, da família Euphorbiaceae, é considerado o principal arbusto colonizador das caatingas sucessionais do Nordeste do Brasil. Constitui a rica diversidade da flora da caatinga, podendo ser encontrada na região do Seridó e outras. Apresenta valor forrageiro reduzido e grande poder invasor. Em determinadas áreas esta espécie pode apresentar densidade de 10.000 a 45.000 plantas/ha (CARVALHO et al., 2001; DUQUE, 2004; SILVA et al., 2012).

O *Croton sonderianus* possui boa capacidade de rebrota após o corte, preferencialmente entre altura média de corte com cerca de 75 cm (CARVALHO et al., 2001).

É considerada uma planta medicinal, pois o chá das suas folhas é utilizado para o tratamento de inchaço e dores intestinais. A espécie possui, ainda, potencial satisfatório para o caráter forrageiro, sendo consumida por caprinos e ovinos as plântulas, folhas novas, velhas e frutos. Outro destaque da espécie é a sua utilização como potencial madeireiro para agricultores e marceneiros do município de Aurora, Ceará (PRADO, 2003; FRANCO; BARROS, 2006; SOUZA et al., 2018).

2.3.9 *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance

A oiticica, pertencente à família Chrysobalanaceae, pode ser encontrada nos Estados do Piauí até Pernambuco, principalmente no sertão, em áreas com altitude de até 300 m. É uma planta xerófila e pode apresentar grande porte, alcançando, em alguns casos, até 15 m de altura. A planta manifesta bom desenvolvimento quando submetida a diferentes intensidades luminosas, além de apresentar maior velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação em temperatura de 30°C, sendo cerca de 15 dias o prazo para as sementes da espécie germinarem (DUQUE, 2004; DINIZ et al., 2008; DINIZ et al., 2015).

Duque (2004) cita que a oiticica está inserida entre as espécies representativas do bioma Caatinga, indicando que vales nordestinos como o da Paraíba, do Acaraú, do Jaguaribe, do Açu, do Apodi, do Piancó e do Piranhas são alguns dos mais densamente florestados pela espécie.

A *M. rigida* é utilizada na região do cariri paraibano para auxiliar no tratamento da diabetes (AGRA et al., 2007). Além disso, em algumas comunidades da Paraíba, a espécie possui utilidades no âmbito medicinal, na construção, dentre outros (LUCENA et al., 2017).

2.3.10 *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.

O pereiro, também chamado de pereiro-branco, trevo, pau-pereiro e pereiro-de-saia, pertence à família Apocynaceae e pode ser encontrado na Caatinga e no Pantanal. É uma planta decídua, xerófita, heliófita e possui alta capacidade de rebrota quando cortada, mesmo na caatinga seca. É caracterizado por ser de altura muito variável dependendo do local de ocorrência, de folhas membranáceas, flores muito perfumadas e frutos lenhosos (LORENZI, 1998).

O referido autor acrescenta que o pereiro é utilizado para diversas finalidades, o qual a madeira é empregada na confecção de móveis. Além disso, pode ser empregada no paisagismo em geral e na arborização urbana, em virtude do seu pequeno porte e da beleza que a copa apresenta.

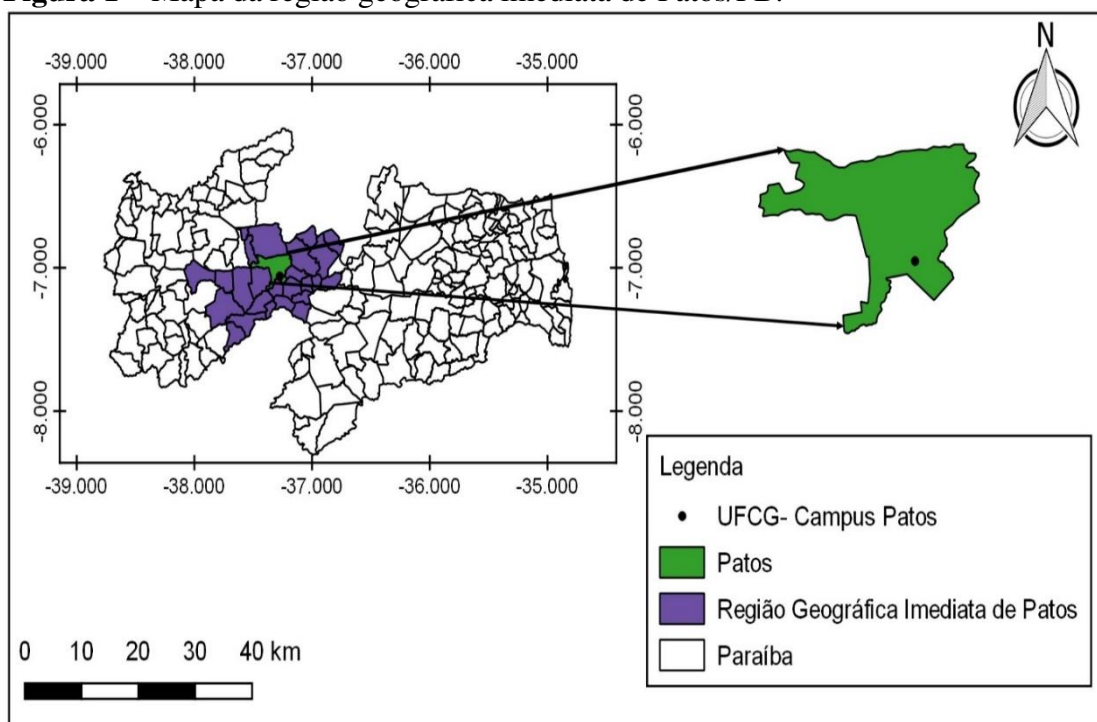
Dados fenológicos de espécies arbóreas obtidos em pesquisa realizada em Alagoinha-PE indicaram, ainda, que a espécie na região de estudo perde suas folhas na época seca, com surgimento imediato de folhas novas e possui duas épocas de floração, que compreende o período chuvoso e o período seco (BARBOSA et al., 1989).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado na região geográfica imediata de Patos, na Paraíba, de coordenadas 07°01'32" S e 37°16'40" W (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), 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.



3.2 Coleta do material vegetal e delineamento experimental

Os materiais combustíveis foram coletados entre os meses de junho/2019 e janeiro/2021, nos municípios de Patos, Quixaba, Malta, Condado, Catingueira, Santa Luzia, Santa Terezinha, São Mamede e Várzea. Para o experimento, foram coletados amostras de galhos e folhas de dez espécies ocorrentes na região imediata de Patos pelo método destrutivo. De acordo com Soares e Batista (2007), são considerados como combustível os ramos finos presentes na copa das árvores. Assim, 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 (Figura 2).

Figura 2 – Classificação de galhos em campo com auxílio do calibrador de diâmetro.



Cada material constituinte dos tratamentos foi acondicionado em sacos de náilon de 60 kg e foram 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), como indica a figura a seguir:

Figura 3 – Secagem do material combustível em ambiente ventilado.



Estes materiais foram acondicionados sobre lonas e espalhados para a secagem homogênea do material. Além disso, os materiais eram revolvidos cerca de três vezes até a secagem completa dos combustíveis.

Assim, para cada tratamento se teve, ao final da coleta e secagem, 9,0 kg de material combustível seco. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, onde as parcelas foram sorteadas e dispostas aleatoriamente na área, sendo assim testados 10 tratamentos, que consistiam no material combustível das seguintes espécies: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), *Aristida adscensionis* L. (capim-panasco), *Cenostigma bracteosum* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (catingueira), *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira), *Cnidoscolus quercifolius* Pohl. (faveleira), *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild (N) (juazeiro), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema preta), *Croton sonderianus* Müll. Arg (marmeleiro), *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance (oiticica) e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc. (pereiro), avaliadas em três repetições por tratamento.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Conteúdo de água

Para a determinação do conteúdo de água do material combustível, o material que foi coletado e armazenado em sacos de náilon foram vedados para evitar a perda de água. Em seguida, os sacos foram levados ao Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Campina Grande em Patos-PB, onde foram colocadas amostras de 100g de cada tratamento em sacos de papel, obtendo-se a Massa Fresca (MF) dos materiais combustíveis. Em seguida, as amostras dos materiais combustíveis foram colocadas para secar em estufa a 62°C até obter peso constante, obtendo-se, por fim, a Massa Seca (MS).

De posse destes dados, tornou-se possível calcular o teor de água de cada material através da seguinte fórmula:

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

Onde:

U = Umidade do material combustível (%);

MF = Massa fresca do material combustível;

MS = Massa seca do material combustível.

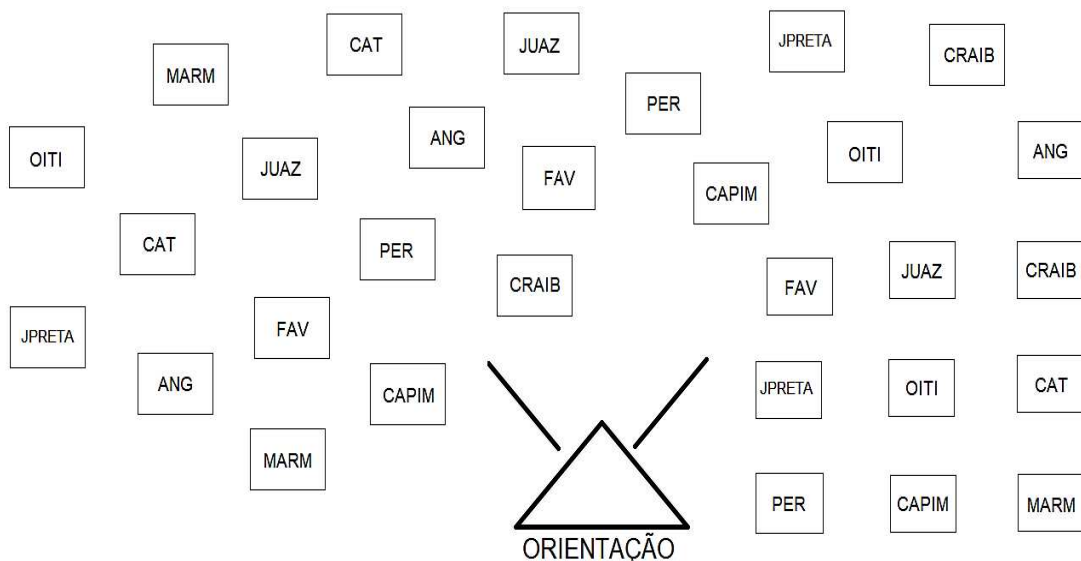
3.3.2 Comportamento do fogo

O comportamento do fogo nas espécies estudadas foi avaliado por meio da queima de 9,0 kg do material combustível seco de cada espécie, sendo 3,0 kg por repetição. Utilizou-se um gabarito de 1,0 m² para delimitar as parcelas, distanciadas cerca de 3,0 m, visando evitar o contato e a influência da chama entre os materiais combustíveis (Figura 4). As queimas experimentais foram distribuídas de acordo com o croqui indicado na Figura 5.

Figura 4 – Representação das parcelas utilizadas nas queimas experimentais.



Figura 5 – Disposição dos materiais combustíveis das parcelas em campo.



Por meio das variáveis meteorológicas mensuradas no dia da queima experimental, foi calculado o Índice de Angstron. Este Índice baseia-se fundamentalmente na temperatura e umidade relativa do ar, ambos medidos às 13 horas e é dado por meio da fórmula:

$$B = 0,05H - 0,1(T - 27) \quad (2)$$

Em que:

B = Índice de Angstron;

H = Umidade relativa do ar (%);

T = Temperatura do ar (°C).

Anteriormente à execução da queima dos materiais combustíveis, foi medida a altura da manta de cada tratamento com o auxílio de uma fita métrica (Figura 6), bem como foi determinada a temperatura do material e do solo utilizando o termômetro digital portátil a laser Incoterm ST-400. O volume da manta, em metros cúbicos, foi determinado conforme a fórmula:

$$v = l \times l \times h \quad (3)$$

Onde:

v = volume da manta (m³);

l = medida dos lados do esquadro (m);

h = altura da manta (m).

Figura 6 – Altura da manta do material combustível nas parcelas experimentais.



O início do processo de queima se deu por meio de um pinga-fogo (Figura 7), sendo cronometrado todo o tempo de combustão. Durante o ato da queima, foi mensurada a altura da chama nos tratamentos utilizando uma vara graduada. Além disso, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento também foram avaliadas por meio do aparelho termo-higrômetro digital e de um anemômetro, respectivamente.

Figura 7 – Início do processo de ignição com auxílio do pinga-fogo.



Avaliou-se, também, outros atributos do comportamento do fogo, inclusive os descritos por Vasconcelos (2019): 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 de acordo com as tabelas seguintes:

Tabela 1 – 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 2 – 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).

Além destes, foram avaliados a Intensidade do Fogo (I), conforme Byram (1959); Soares e Batista (2007), o qual é calculada por meio da seguinte fórmula:

$$I = H \cdot w \cdot r \quad (4)$$

Em que:

I = intensidade do fogo ($\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$);

H = poder calorífico do combustível (kcal kg^{-1});

w = peso do combustível disponível (kg m^{-2});

r = 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 a seguir:

Tabela 3 – Intensidade do fogo e nível de aceitação da severidade para espécies florestais da Caatinga.

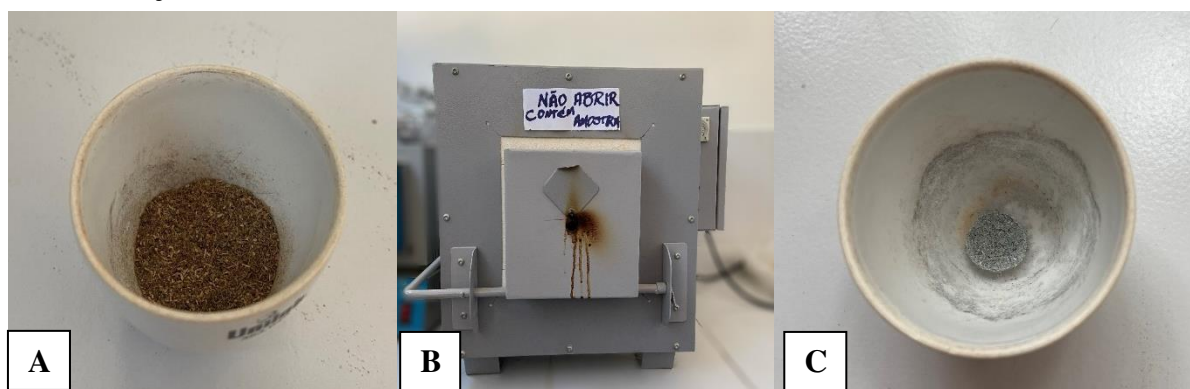
Intensidade do fogo ($\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	Severidade
< 10	Muito baixo
11 – 41	Moderadamente Baixo
42 – 60	Baixo
61 – 81	Moderado
82 – 112	Moderadamente Alto
113 – 143	Alto
> 143	Muito Alto

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

3.3.3 Teor de cinzas

Para o teor de cinzas, os cadinhos de porcelanas foram esterilizados e secos em estufa para evitar a influência de qualquer variação de umidade. Após a retirada da estufa, os cadinhos foram colocados em um dessecador até estabilização, com a temperatura ambiente, 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 (Figura 8).

Figura 8 – Material combustível moído (A), mufla usada para incinerar o material combustível (B) e obtenção das cinzas (C).



Após atingir a cor indicada, as amostras foram colocadas em dessecador para equilibrar-se com a temperatura ambiente e, em seguida, foram pesadas. Por meio destes dados, tornou-se possível avaliar o percentual de cinzas para as amostras:

$$Cinzas(\%) = \frac{\text{peso (cinzas da mufla)}}{\text{peso (amostra da estufa a } 105^{\circ}\text{)}} * 100 \quad (5)$$

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Conteúdo de água

O teor de água dos materiais combustíveis variaram de 11,06 a 265,19%, indicando a grande variação em níveis de armazenamento de água das espécies encontradas na caatinga (Tabela 4). Resultados diferentes foram encontrados por Kovalsyki et al. (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.

Diversos fatores influenciam na propagação do fogo em incêndios, como o tipo de vegetação do local, a topografia, as condições climáticas e o tipo de material combustível, a ação de cada um dos fatores é que irá condicionar o comportamento do fogo do material estudado (TORRES, 2006). Dessa forma, pode-se afirmar que o clima e as condições atmosféricas do local influenciam diretamente na variação do conteúdo de água das espécies. Além disso, é importante ressaltar o papel do conteúdo de água no controle da inflamabilidade dos materiais combustíveis, tanto vivos quanto mortos e na propagação do fogo (BATISTA, 2000; SOARES; BATISTA, 2007).

Tabela 4 – 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 sonderianus</i>	Marmeleiro	93,79
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	90,55
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	68,84

O tratamento com maior conteúdo de água foi a espécie faveleira com 265,19%, indicando que essa espécie apresenta característica de baixa inflamabilidade devido a capacidade de reter água nos seus galhos e folhas (Tabela 4). Esse comportamento é explicado por Lima, Abdala e Wenzel (2008), onde afirmam que esse teor pode ser inversamente proporcional a capacidade energética das espécies, ou seja, quanto maior o conteúdo de água do material, menor geração de energia partindo dele. Vasconcelos et al. (2020) comprovam a teoria citada anteriormente, em que o poder calorífico da faveleira resultou em $4.105 \text{ kcal kg}^{-1}$, sendo o menor valor encontrado entre as espécies folhosas, uma vez que a mesma possuiu, também, o maior conteúdo de água.

A nervura presente nas folhas pode influenciar diretamente na inflamabilidade do material combustível, no sentido de quanto maior as folhas e maior a quantidade de nervação, maior o teor de água encontrado nas espécies, afetando assim na inflamabilidade das mesmas (SOUZA; VALE, 2019). Esse fato foi observado no presente estudo, uma vez que a oiticica e a craibeira contabilizaram cerca de 90% de conteúdo de água no material combustível verde. Isso também pode ter influenciado o conteúdo de água na faveleira, visto que, as nervuras principais da espécie são espessas e encontra-se também tricomas. Essa característica da faveleira indica que a mesma pode ser usada na silvicultura preventiva como cortina de segurança nas propriedades rurais, dificultando ou impedindo a passagem.

Ao avaliar combustíveis provenientes de Mata Atlântica em diferentes formações vegetacionais, Oliveira, White e Ribeiro (2018) constataram que os materiais com diâmetro $\leq 0,7 \text{ cm}$ obtiveram máxima de 41,31% de água em ambiente de mata fechada. De acordo com Weir e Lamb (2014), essas variações de conteúdo de água nos materiais combustíveis podem ser resultado da dinâmica que ocorre no clima. Soares e Batista (2007) também reforçam essa ideia, indicando que o conteúdo de água do material combustível é reflexo do clima e das condições atmosféricas encontradas no local, além do material combustível morto responder mais rapidamente às variações meteorológicas.

Foi possível observar a alta capacidade de armazenamento de água em espécies arbóreas da caatinga na época de maior regime pluviométrico, tendo em vista que as coletas do material combustível foram realizadas no período chuvoso, as quais dentre as espécies florestais estudadas, apenas a catingueira (*Cenostigma bracteosum*) obteve menos de 50% de armazenamento de água nos seus galhos e folhas. Esses resultados são considerados favoráveis no que se refere ao combate e na queima dos materiais combustíveis, pois de acordo com Petriccione (2006), a ocorrência do fogo em incêndios florestais se torna menos potente, uma

vez que o conteúdo de água presente no combustível tende a absorver parte da energia calorífica do fogo para ser liberada.

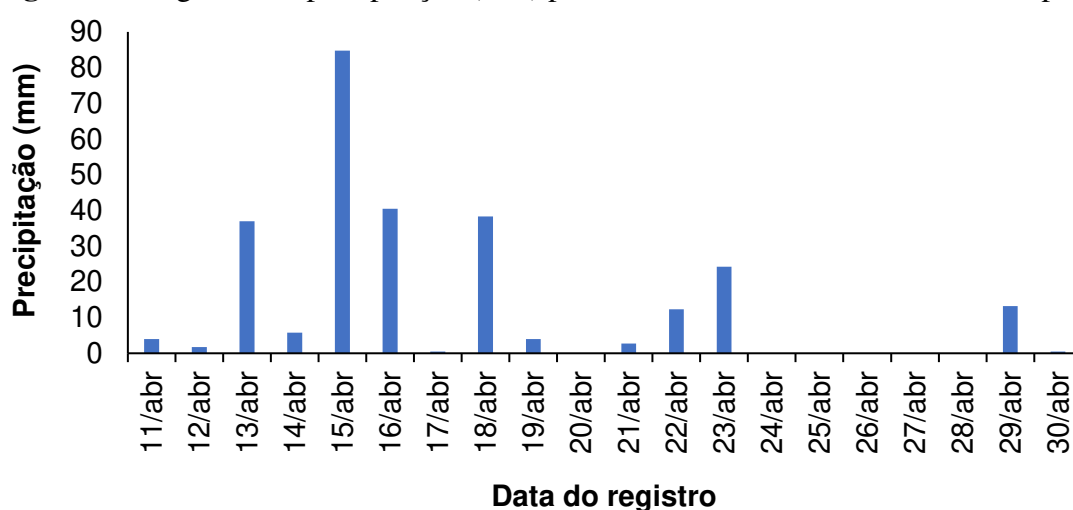
Em contrapartida, o capim panasco registrou o menor conteúdo de água, com apenas 11,06%, indicando alta inflamabilidade da espécie, podendo servir de alerta de perigo de ocorrência de incêndios em locais em que a espécie é abundante. Este resultado desperta atenção principalmente no semiárido brasileiro, uma vez que Silva et al. (2000) indicam a presença predominante da espécie em solos degradados da região. O menor conteúdo de água encontrado no capim panasco 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.

4.2 Condições meteorológicas do local e Índice de Angstron

No mês da coleta de dados, o município de Patos acumulou cerca de 269,5 mm de precipitação (Figura 9), o que pode ter influenciado diretamente na elevação da Umidade Relativa nesta época. Além disso, abril é um dos meses que corresponde ao período chuvoso na região, fato este que explica o nível de chuvas no primeiro semestre do ano.

As queimas experimentais foram realizadas no dia 30 de abril de 2021 e no dia anterior o município registrou 13,2 mm de chuvas, depois de alguns dias sem registro. Essa precipitação observada contribuiu para o aumento da umidade relativa do ar no instante da queima.

Figura 9 – Registros de precipitação (mm) para o mês de Abril de 2021 no município de Patos.



Fonte: AESA (2021).

No momento da queima dos materiais combustíveis foram coletadas as condições meteorológicas, indicadas na tabela 5. Durante o procedimento, houve amplitude térmica de 3,6

°C, consistindo numa média geral de 33,47 °C. Além disso, a Umidade Relativa (UR) do ar e a velocidade dos ventos tiveram valores médios de 52,33% e 0,93 m s⁻¹, respectivamente.

Tabela 5 – Condições meteorológicas obtidas durante a realização da queima.

Épocas da queima	Variáveis meteorológicas			
	Temperatura (°C)	UR (%)	Vv (m s ⁻¹)	Sorteio de Queima
Início da queima	31,3	62	1,3	8,3,4,7,9,2,10,6,5,1
2 horas após início	34,2	50	1,4	9,4,6,2,10,7,5,1,3,8
3 horas após início	34,9	45	0,1	4,2,8,1,5,10,7,3,9,6
Média Geral	33,47	52,33	0,93	-

UR: Umidade Relativa do Ar; VV: Velocidade dos Ventos. 1: Angico; 2: Capim panasco; 3: Catingueira; 4: Craibeira; 5: Faveleira; 6: Jurema preta; 7: Juazeiro; 8: Marmeleiro; 9: Oiticica; 10: Pereiro.

O comportamento do fogo é considerado variável nos incêndios florestais e essa variação ocorre em virtude do ambiente em que se desenvolvem e dos fatores climáticos encontrados no local (MOTTA, 2008), por isso a importância de mensurar tais parâmetros no comportamento do fogo. Soares e Batista (2007) apontam que a temperatura do ar exerce influência direta no processo de combustão e na propagação dos incêndios florestais, uma vez que a quantidade de calor necessária para o combustível atingir a temperatura de ignição também depende da temperatura do ar, que irá auxiliar no aumento da temperatura do material combustível.

Com o passar das horas do dia, nota-se o aumento da temperatura e, conseqüentemente, a diminuição UR e da velocidade dos ventos. Esse comportamento também é explicado por Soares e Batista (2007), em que indicam que a temperatura interfere, inclusive, em outros fatores que atuam na propagação do fogo, como é o caso da umidade e dos ventos na presente pesquisa.

A umidade é considerada um dos fatores mais importantes na propagação dos incêndios florestais, além de ser um parâmetro essencial na avaliação do grau de combate aos incêndios, uma vez que ambientes com UR de 30% ou menos dificultam extremamente o combate (SOARES; BATISTA, 2007). Na tabela 5, é possível observar diminuição na umidade relativa do ar, no entanto, não atingiu valor a ser considerado com alto nível de periculosidade, citado pelos autores anteriormente.

Ao avaliarem a influência dos elementos meteorológicos sobre o comportamento do fogo, Torres, Silva Júnior e Lima (2019) também constataram que o teor de umidade foi o parâmetro mais importante nas variáveis do comportamento do fogo. Além disso, os autores

indicam a importância de se realizarem estudos para compreender o comportamento do fogo a nível local, a fim de considerar a diferente dinâmica meteorológica encontrada nas diferentes regiões e nas diferentes espécies.

Resultados meteorológicos inferiores foram encontrados por Vasconcelos (2019), ao realizar queimas experimentais na mesma localidade do presente trabalho, o qual obteve valores de temperatura do ar de 26 a 31°C e resultados de umidade relativa que variaram entre 29,4 e 39%. No entanto, ao avaliar a velocidade dos ventos, que variaram de 2,5 a 3,6 m s⁻¹, pode-se observar superioridade quando comparado à velocidade aqui apresentada. Isso pode ser justificado pelas épocas distintas das queimas experimentais, assim como o horário das queimas. Além disto, as distintas condições atmosféricas encontradas podem refletir em diferentes comportamentos do fogo para os tratamentos.

Segundo Soares e Batista (2007), sempre que o valor do Índice de Angstron (IA) for menor que 2,5 haverá risco de ocorrência de incêndios, ou seja, as condições meteorológicas do dia estarão favoráveis para este tipo de ocorrência. Neste caso, o IA encontrado para o dia da queima foi de 1,38, o que indica que o ambiente fornecia condições propícias para a ação do fogo naquele momento. Sendo assim, caso fossem realizadas queimas neste período na vegetação local, as chances de perder o controle do fogo seriam altas e com riscos elevados para ocorrência de incêndios florestais em maiores proporções. Daí a importância do uso de índices de riscos de incêndios, como no caso do Índice de Angstron que utiliza apenas os dados de temperatura e umidade relativa, variáveis de fácil aquisição, que pode nortear com eficiência a decisão de realizar ou não a queima, revelando, antecipadamente, a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais.

Além disso, o uso do índice é satisfatório em condições de pesquisa em campo e até mesmo para os produtores rurais que ainda utilizam as queimadas como forma de manejo em suas propriedades, uma vez que se trata de um parâmetro simples para calcular e prático de se obter os dados necessários para observar o risco de ocorrência de incêndios em determinada época.

Alguns estudos utilizam e constataam a eficiência do uso do Índice de Angstron na estimativa de risco de ocorrência de incêndios na vegetação, como apresentado por White e Ribeiro (2010), no Parque Nacional da Serra de Itabaiana/SE; White e Silva (2018) no município de São Cristóvão/SE; Oliveira (2019) no município de Ituiutaba-MG; e Gonçalves e Dias (2020), no município de Jataí/GO.

4.3 Comportamento do fogo

4.3.1. Temperatura do material combustível, do solo e elevação de temperatura

A ação do fogo durante a queima propiciou aumento de temperatura, tanto do material combustível quanto do solo, no entanto, foram encontradas diferenças estatísticas apenas na temperatura do material após a queima (Tabela 6). Dessa forma, foi possível observar que a exposição solar e, principalmente, a ação das chamas nos materiais combustíveis, influenciaram de forma direta na elevação da temperatura do material, como também no aumento da temperatura na superfície do solo.

Tabela 6 – Temperatura média de diferentes materiais combustíveis e do solo, antes e depois da queima.

Tratamento	Temperatura do material combustível (°C)		Temperatura do solo (°C)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Angico	51,17 a	202,20 c	34,80 a	129,57 a
Capim panasco	41,20 a	345,00 b	30,87 a	93,43 a
Catingueira	50,10 a	212,20 c	33,67 a	96,00 a
Craibeira	40,20 a	470,67 a	38,13 a	84,07 a
Jurema Preta	43,93 a	260,67 c	32,83 a	152,40 a
Juazeiro	43,20 a	333,30 b	37,07 a	112,30 a
Marmeleiro	49,63 a	431,67 a	34,83 a	187,67 a
Oiticica	45,47 a	459,70 a	33,00 a	107,83 a
Pereiro	39,70 a	200,40 c	36,00 a	59,23 a

*Colunas com letras iguais indicam que não existe diferença significativa entre as médias ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

No material combustível, o pereiro, a craibeira e o capim panasco obtiveram as menores médias de temperatura antes da passagem do fogo, com 39,7°C, 40,2°C e 41,2°C, respectivamente. Em contrapartida, mesmo não havendo diferença entre os tratamentos, o angico obteve média de 51,17°C. É importante ressaltar que esses resultados podem ter sido potencializados por meio da exposição solar, uma vez que as parcelas foram organizadas por completo para, em seguida, se dar início ao processo de queima.

Após as queimas experimentais, a temperatura dos materiais combustíveis teve elevação, propiciando diferença entre os tratamentos. Das espécies estudadas, a craibeira, o

marmeleiro e a oiticica se destacaram estatisticamente entre as demais, as quais contabilizaram temperaturas que superaram os 400°C, atingindo 470,67°C, 431,67°C e 459,70°C, respectivamente. Além disso, é importante ressaltar que foi encontrada menor temperatura do material nas parcelas de faveleira, apresentando 44,30°C antes e 62,37°C após a queima, sendo reflexo da extinção das chamas nas parcelas a ser queimada. Nesse caso, observa-se que o pereiro com 200,4°C de temperatura após a queima completa e a faveleira que as chamas se apagaram naturalmente são as espécies com menor energia liberada e, por consequência, menores as chamas, sendo um indicativo que a ocorrência de incêndios florestais em locais com a presença destas espécies podem ser de menor proporção e mais fáceis de serem controlados.

Na temperatura do solo não foram detectadas diferenças antes e depois da queima (Tabela 6). As temperaturas médias do solo variaram de 30,87 a 38,13°C antes da queima e as parcelas correspondentes ao marmeleiro, jurema preta e angico registraram as maiores temperaturas após a queima com 187,67°C, 152,40°C e 129,57°C, respectivamente. Essa comparação alerta para a intensa troca de calor ocorrente entre o material combustível e o solo após a ação do fogo, podendo resultar em alterações negativas nas características físicas do solo, como alterações na porosidade total, na distribuição dos poros e na taxa de infiltração (CEDDIA et al., 1999); químicas, com modificações no pH e nutrientes (NOGUEIRA, 2017) e biológicas, como a redução da atividade microbiana (ARAUJO et al., 2003), da mesofauna do solo (OLIVEIRA; FRANKLIN, 1993) e alterações no banco de sementes (ALVINO-RAYOL; RAYOL, 2019) em que, segundo Redin et al. (2011), tais mudanças podem ocorrer de forma pontual ou permanente, além do grau de alteração depender de fatores como a cobertura vegetal, o tipo de solo, a duração do fogo, dentre outros.

Além destas, antes da queima as parcelas de faveleira contabilizaram temperatura média de 34,87°C e após a queima contabilizaram a menor temperatura, 41,9°C, uma vez que as chamas nas parcelas foram extintas naturalmente antes da queima total do material combustível.

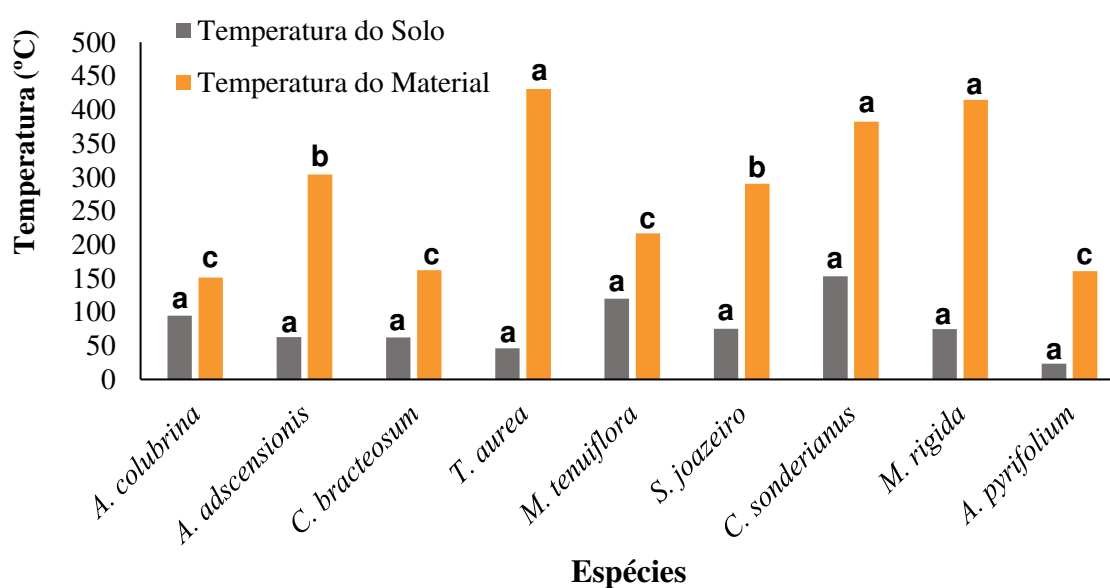
A alta temperatura do solo observada nas parcelas de angico e jurema preta podem estar associadas ao tempo de combustão, uma vez que as espécies obtiveram o maior tempo de duração total da queima (Figura 10), que pode ser explicado pela disposição dos galhos e folíolos na superfície do solo, auxiliando assim na maior sustentabilidade das chamas neste tipo de material.

Figura 10 – Combustão em parcela de *A. colubrina*.



Em virtude da alta variabilidade de temperatura observada antes e depois da queima (Tabela 6), avaliou-se, também, a elevação da temperatura para cada parcela. Com isso, verificou-se que a elevação de temperatura do material combustível antes e após a queima foi mais expressiva que a do solo, havendo diferença entre os tratamentos, ao contrário da elevação da temperatura do solo em que as espécies se assemelharam estatisticamente (Figura 11).

Figura 11 – Elevação média da temperatura do solo (°C) e dos materiais combustíveis após a queima.



* 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.

O material combustível das espécies que registraram as maiores elevações de temperatura foram a craibeira (430,47°C), oiticica (414,23°C) e o marmeleiro (382,03°C), sendo estatisticamente superiores às demais. Em sequência, observa-se o capim panasco e o juazeiro com 303,8 e 290,1°C, respectivamente.

Com exceção da faveleira, a qual foi constatada média de 18,06°C de elevação em virtude da extinção das chamas, a menor diferença de temperatura do material antes e depois das chamas foi observada nas parcelas de angico, com apenas 151,03°C de elevação.

Resultados diferentes foram encontrados por Vasconcelos et al. (2020) ao avaliarem o comportamento do fogo em algumas espécies da caatinga, nas quais as maiores elevações de temperatura dos materiais combustíveis foram encontradas no pereiro, na catingueira e no tratamento testemunha (pinus). No entanto, dentre as espécies florestais estudadas, a faveleira obteve a menor elevação de temperatura do material combustível, corroborando assim com a presente pesquisa. Os autores ressaltam, ainda, a dificuldade e a falta de trabalhos que avaliem esse parâmetro do comportamento do fogo, motivo pelo qual impossibilitam as comparações com outras espécies encontradas tanto no bioma, quanto no restante do país.

O aumento da temperatura do material combustível é responsável por agilizar a diminuição da UR, potencializando, assim, as condições para o início de ignição no material, que, por sua vez, entrará em combustão rapidamente. Nesse sentido, a ausência desse dado em pesquisas de inflamabilidade é alarmante, pois pode comprometer a determinação do grau de severidade e na forma como o fogo se alastra na vegetação, prejudicando na adoção de medidas preventivas em ambientes mais susceptíveis à ação do fogo.

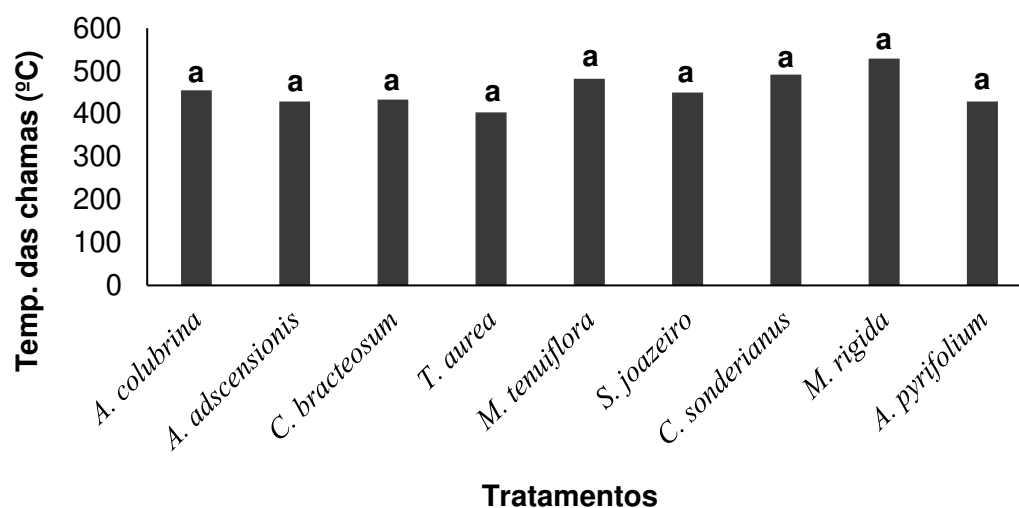
O resultado semelhante encontrado no trabalho de Vasconcelos et al. (2020) e na presente pesquisa, que foi a baixa combustibilidade da faveleira pode ser reflexo, principalmente, da alta capacidade de armazenamento de água em suas estruturas que a espécie possui, fazendo com que, em caso de ocorrência de fogo, parte da energia seja direcionada para a vaporização da água contida nos seus galhos e folhas.

Apesar de haver variabilidade para a média de temperatura observada antes e após a queima na superfície do solo, não houve diferença entre as espécies estudadas. As máximas variações observadas foram no marmeleiro com 152,83°C e na jurema preta com 119,57°C e para os outros tratamentos, as elevações de temperatura foram abaixo de 100°C. Além disso, foi possível observar novamente a elevação de temperatura da faveleira com apenas 7,03°C para o solo. Isso pode ser explicado, também, pela combustão do material combustível não ter sido completa em nenhuma das repetições, fazendo com que as condições meteorológicas e a incidência solar fossem responsáveis por esse mínimo aumento de temperatura.

4.3.2. Temperatura nas pilhas de queima na presença das chamas

A temperatura observada nas pilhas dos materiais combustíveis durante a queima variaram de 403,93 a 529,13°C, no entanto, não houve diferenças entre os tratamentos (Figura 12). A maior temperatura foi observada nas parcelas de oiticica, onde obteve-se a média de 529,13°C, sendo a única espécie a ter alcançado níveis acima de 500°C, seguida pelo marmeleiro com 491,97°C. Para as parcelas de *C. quercifolius* não foram contabilizados dados de temperatura na presença das chamas, em virtudes destas não entrarem em combustão.

Figura 12 – Valores médios de temperatura (°C) nas pilhas de queima das espécies estudadas, na presença das chamas.



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

Nesse parâmetro é importante ressaltar que em algumas parcelas o termômetro a laser apontava instabilidade entre as temperaturas apontadas na figura anterior e a mensagem de “Error” durante a medição (Figura 13), em virtude do equipamento registrar temperaturas máximas de 420°C. Foi possível observar que o aparelho verificou temperaturas acima do limite encontrado nas instruções, no entanto, quando excediam consideravelmente, registrava-se mensagens de erro, como foi o caso da oiticica, do marmeleiro e do juazeiro. Essa condição indica que na queima de alguns materiais combustíveis a temperatura na presença das chamas pode ser muito acima do limite observado, sinalizando um ambiente de difícil combate para os brigadistas e/ou bombeiros, com danos catastróficos para o meio ambiente e maior risco para os combatentes.

Figura 13 – Medição da temperatura das chamas em parcela de *M. rígida*.



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.

Assim como a elevação da temperatura do material combustível, pesquisas que abordam o comportamento da temperatura na presença das chamas em queimas experimentais ainda são incipientes. No entanto, dados como este são importantes na prevenção e no combate aos incêndios florestais, pois o grau de temperatura obtido durante a queima do material combustível das espécies, além das condições atmosféricas já citadas anteriormente, permitem a elaboração de limites aceitáveis para aproximação da equipe de combate em caso de incêndios, tendo em vista que locais com chamas de temperaturas elevadas dificultam a aproximação dos combatentes.

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, de acordo com Soares e Batista (2007), trata-se de um efeito imediato à ação do fogo e é um importante parâmetro para estimar os danos causados pelo incêndio na vegetação. Os autores afirmam, ainda, que a temperatura das chamas depende de inúmeros fatores, tais como a velocidade de propagação, a época de queima, o tipo de material combustível utilizado, características intrínsecas às espécies, dentre outros e as chamas podem alcançar em média 300°C em incêndios de baixa intensidade e cerca de 1250°C ou mais em casos de alta intensidade.

É possível observar que, além da faveleira que não entrou em combustão, a mínima encontrada nos tratamentos foi 403,93°C nas parcelas de craibeira, o que mostra que estas espécies encontradas na caatinga, quando atingidas pelo fogo, liberam elevada energia em

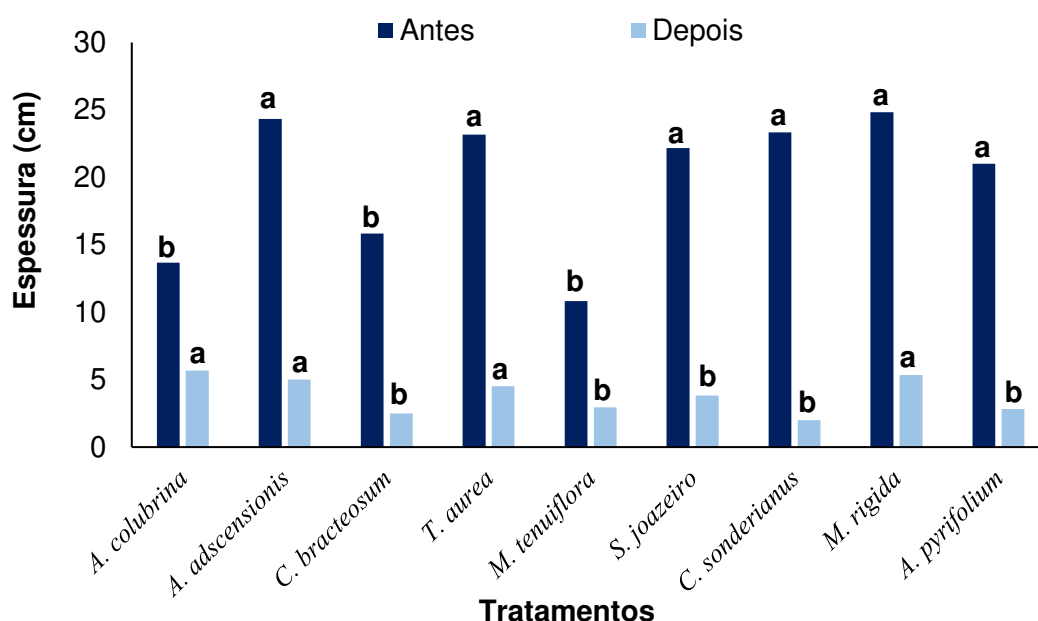
forma de calor, mesmo em condições meteorológicas mais amenas do que o normal para a região, como estava na época em que foi realizada a queima na presente pesquisa.

Para essa variável, pode-se afirmar que a faveleira é a espécie retardante à ação do fogo, uma vez que as chamas nas suas parcelas não se propagaram, mas foram extintas de forma natural. Diante desse fato, é uma espécie potencial para ser indicada e propagada nas propriedades rurais como “cortina” de vegetação para a proteção contra incêndios florestais no semiárido brasileiro.

4.3.3. Espessura e volume da manta antes e após a queima

Os tratamentos diferiram estatisticamente, tanto antes quanto após a queima. As máximas espessuras foram observadas nas parcelas de oiticica, com média de 24,83 cm, seguido pela gramínea capim panasco, que contabilizou 24,33 cm de espessura antes da queima. No entanto, tais espécies foram semelhantes estatisticamente às parcelas de marmeleiro, craibeira, juazeiro e pereiro, com 23,33, 23,17, 22,17 e 21 cm, respectivamente. A menor espessura antes da queima foi observada nas parcelas de jurema preta, com 10,83 cm, a qual não diferiu estatisticamente da catingueira e do angico, com 15,83 e 13,67 cm, respectivamente. Após a queima, a maior espessura foi observada nas parcelas de angico, com 5,67 cm (Figura 14).

Figura 14 – Espessura média (cm) nas parcelas com os materiais combustíveis antes e depois das queimas experimentais.



* 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.

A espessura da manta é outro fator importante que deve ser avaliado no comportamento do fogo, onde Loro e Hiramatsu (2004) associam essa variável à inflamabilidade dos materiais combustíveis. Rothermel (1972) é ainda mais específico, indicando que a espessura do manto exerce relação direta com a velocidade de propagação do fogo e o comprimento das chamas.

As maiores espessuras encontradas nas mantas das espécies avaliadas pode ser explicada pelas características fenotípicas de cada uma, tendo em vista que as folhas da oiticica são compridas quando comparadas com as outras espécies ocorrentes na caatinga, garantindo assim maior espaço entre elas e, conseqüentemente, menos compactação do material, permitindo maior circulação do comburente (oxigênio). Em contrapartida, o capim-panasco, que é uma gramínea que ramifica a partir da base com colmos finos e leves, necessita de grande quantidade de material para atingir os 9 kg de material seco, como foi o caso da quantidade colocada em cada parcela de queima na presente pesquisa. Sendo assim, estes dois distintos fatores contribuíram para a maior espessura nas parcelas dessas duas espécies.

As parcelas de jurema preta registraram as menores espessuras antes da queima, com 10,83 cm, seguido da faveleira e do angico com 13 e 13,67 cm, respectivamente. Verificou-se características semelhantes entre o material combustível do angico e da jurema preta, os quais possuem folíolos que preenchem os espaços deixados pelos galhos finos na superfície. Já no material combustível da faveleira, como os ramos e folhas armazenam bastante água, ao passar pelo processo de secagem ao ar antes da queima há diminuição das suas dimensões, o que resulta numa menor espessura da manta a ser queimada.

Resultado semelhante em relação a faveleira foi encontrado por Vasconcelos (2019) ao estudar essas espécies da caatinga, onde as parcelas correspondentes às espécies registraram a menor espessura média dentre os tratamentos. Em contrapartida, o autor reporta valores inferiores obtidos para o pereiro (6,77 cm) e catingueira com 6,4 cm de espessura média. Essa diferença pode ter sido encontrada em virtude da quantidade de material combustível utilizadas nas pesquisas, onde o referido autor utilizou dois quilos de material combustível por parcela. Além disso, a quantidade das frações de galhos e folhas, provavelmente, também interferiram na espessura das parcelas.

Avaliando o comportamento do fogo em espécies da caatinga, Silva Neto (2017) obteve espessura média do juazeiro pouco acima de 4,0 cm e o tratamento oiticica contabilizou 3,0 cm de espessura. Assim como na pesquisa citada anteriormente, deve ser levado em consideração a quantidade de material manuseada pelo autor, dado que foi utilizado apenas um quilo de material combustível para avaliar o comportamento do fogo das espécies, o que pode ser reflexo da baixa espessura encontrada nas parcelas.

Após a queima do material combustível houve redução expressiva na espessura média das parcelas, com a menor espessura encontrada no marmeleiro com apenas 2 cm, seguido pela catingueira com 2,5 cm de espessura e a jurema preta com 2,95 cm. Nas parcelas de marmeleiro e catingueira, todo o material combustível fino foi consumido pelas chamas, restando apenas galhos que não foram decompostos e cinzas. Na jurema preta ocorreu o mesmo processo, no entanto, por já possuir menores dimensões antes da queima, a redução foi inferior quando comparada às demais.

A grande diminuição na espessura ocorrente após a queima se dá, principalmente, pelo fato de todo o material ter sido consumido pelas chamas na maioria das parcelas, restando apenas em alguns as folhas e galhos desintegrados parcialmente pelo fogo e as cinzas, com exceção das parcelas com faveleira e do capim panasco.

Sabe-se que o arranjo do material combustível é de extrema relevância na propagação do fogo, principalmente no que se refere a continuidade, compactação e distribuição vertical do material. No caso da compactação, a proximidade das partículas combustíveis que irão condicionar a circulação de ar entre elas. Assim, quanto mais compactado o material, menor é a propagação do fogo, uma vez que a circulação de oxigênio é reduzida nas partículas mais compactadas, excluindo assim uma das bases que constituem o triângulo do fogo (SOARES; BATISTA, 2007).

Em relação a diferença antes e depois da queima, foi observada no marmeleiro a maior variação com 21,33 cm, seguido pela oiticica e o capim panasco com 19,5 cm e 19,33 cm, respectivamente. As menores diferenças foram encontradas nas parcelas de faveleira, angico e jurema preta, com 9,33 cm, 8 cm e 7,88 cm, respectivamente. Houve redução nas dimensões das mantas de material combustível de faveleira mesmo não havendo combustão nas parcelas, podendo ser explicado pela disposição e realocação do material com o passar do tempo, onde os ventos podem ter auxiliado na realocação das parcelas, principalmente no interior das mesmas. Além disso, ao observar que as chamas apagaram na parte superior, os galhos e folhas eram mexidos para constatar se havia chamas nas porções mais inferiores, o que pode ter ocasionado certa desestruturação das parcelas.

White, Ribeiro e Souza (2014), ao caracterizarem o material combustível e simularem o comportamento do fogo em povoamentos de eucalipto no litoral norte da Bahia, identificaram espessura média de 5,67 cm na área. Esse valor é bastante reduzido quando comparado às espécies da caatinga utilizadas na presente pesquisa, no entanto, deve-se levar em consideração que os autores não utilizaram pesos pré-estabelecidos de material combustível, visto que a

coleta deste dado foi feita diretamente no povoamento com a quantidade encontrada diretamente no campo.

A espessura e o volume dos materiais combustíveis presentes no solo podem promover e direcionar padrões de comportamento do fogo, facilitando assim a tomada de medidas quando essa porção é expressiva e pode-se tornar uma ameaça (VASCONCELOS, 2019).

Para o volume da manta antes da queima foram contabilizadas as maiores médias no capim panasco, craibeira, juazeiro, marmeleiro, oiticica e pereiro, as quais variaram de 0,210 a 0,248 m³, sendo estatisticamente superiores às demais. O menor volume antes da queima foram encontrados na jurema preta com 0,108 m³. Após a queima as maiores médias foram encontradas nas parcelas de angico, capim panasco, craibeira e oiticica (Tabela 7). O comportamento desta variável é semelhante ao encontrado na espessura da manta, uma vez que o material combustível foi disposto em parcelas que possuíam áreas de 1 m².

Tabela 7 – Volume médio da manta dos materiais combustíveis (m³) antes e após a queima.

Tratamento	Antes da queima (m³)	Após a queima (m³)
Angico	0,137 b	0,057 a
Capim panasco	0,243 a	0,050 a
Catingueira	0,158 b	0,025 b
Craibeira	0,232 a	0,045 a
Jurema preta	0,108 b	0,030 b
Juazeiro	0,222 a	0,038 b
Marmeleiro	0,233 a	0,020 b
Oiticica	0,248 a	0,053 a
Pereiro	0,210 a	0,028 b

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

Materiais combustíveis em grande quantidade ou volume podem acarretar maior dificuldade no controle do incêndio florestal, tanto pelo aumento da produção de calor e comprimento da chama quanto pela dificuldade operacional de interromper a continuidade do material na floresta (SOARES; BATISTA, 2007). Nesse sentido, as espécies com maior volume observado, como no capim panasco, craibeira, juazeiro, marmeleiro, oiticica e pereiro, podem se tornar um problema no caso de ocorrência de fogo em locais com presença abundante desse

material, tendo em vista que produzem mais material combustível por área, potencializando assim as consequências negativas que um incêndio florestal pode causar.

Estudos acerca do volume da manta em comportamento do fogo são importantes, principalmente, para avaliação da quantidade de material combustível disponível na floresta e o quanto poderia ser consumido em caso de incêndios florestais, no entanto, a inclusão desse parâmetro nestes tipos de estudo ainda são pouco encontrados, o que pode dificultar a mensuração dessa variável e a elaboração de medidas em projetos para a prevenção e o combate aos incêndios.

A importância de avaliar a quantidade de combustível em uma área é evidenciada por McArthur e Cheney (2015), que indicam se tratar de uma das principais variáveis que afetam o comportamento do fogo. Os autores abordam, ainda, uma tendência alarmante, em que à medida que a quantidade de combustível dobra, a taxa de propagação dobrará e consequentemente a intensidade do fogo se quadruplicará, podendo até trazer danos irreversíveis para a vegetação em casos de alta disponibilidade de material combustível propenso a combustão.

4.3.4. Tempo e Frequência de ignição

A quantidade de vezes necessárias para iniciar o processo de combustão e o tempo utilizado para o material entrar em combustão estão indicados na tabela 8. Não foram observadas diferenças estatísticas nos referidos parâmetros, contudo, a jurema preta, o pereiro e a catingueira necessitaram de maiores quantidades de tentativa de ignição quando comparados às demais espécies. Em contrapartida, nas parcelas de capim panasco, craibeira e angico apenas uma tentativa foi o suficiente para a combustão nas parcelas serem iniciadas.

Tabela 8 – Frequência e tempo médios aproximados de ignição dos materiais combustíveis.

Tratamento	FI (Repetições)	TI (s)
Angico	1,00 a	1,67 a
Capim panasco	1,00 a	1,33 a
Catingueira	3,00 a	2,67 a
Craibeira	1,00 a	2,00 a
Jurema preta	3,00 a	7,17 a
Juazeiro	2,00 a	1,33 a
Marmeleiro	2,00 a	3,67 a

(Continua)

Oiticica	2,00 a	1,00 a
Pereiro	3,00 a	4,33 a

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

Apesar de não constarem os dados de comportamento do fogo da faveleira devido à alta frequência de parâmetros nulos, a espécie foi a que necessitou de mais tentativas para entrar em ignição e mesmo após quase sete tentativas por parcela da espécie, o fogo ainda se extinguiu. Este comportamento é positivo e favorável ao levar em consideração a passagem do fogo em incêndios florestais, uma vez que a propagação poderá ser interrompida ao chegar nos indivíduos desta espécie.

Nesta variável, como já indicado, o capim panasco e a craibeira resultaram em comportamentos prejudiciais em caso de ocorrência de fogo, em virtude de um único contato com a fonte de calor ser o suficiente para o fogo se propagar nas parcelas, além do fogo intenso também dificultarem a aproximação da equipe. Características como esta são consideradas preocupantes pois uma pequena fonte de ignição pode desencadear em fogo sem controle no local.

Na região geográfica imediata de Patos o capim panasco é comumente encontrado, tanto no interior da vegetação quanto nas margens de rodovias, o que é uma problemática principalmente devido a certas ações antrópicas, como a ocorrência das queimadas e o descarte de restos de cigarro na margem das estradas, podendo acarretar incêndios de altas proporções em locais próximos ao asfalto, com 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, para não lançarem bitucas de cigarro às margens das rodovias, além de tomar cuidados na execução de queimadas nesse tipo de vegetação, visando reduzir a ocorrência de fogo nesses locais.

Para as parcelas de pereiro, após utilizar a fonte de ignição o material combustível entrava em combustão, no entanto, a sustentabilidade das chamas não eram suficientes para que o fogo permanecesse e se propagasse, sendo assim extintos, em que apenas na terceira tentativa as chamas permaneceram e se propagaram dentro das parcelas. Outra espécie com comportamento semelhante foi a jurema preta, que apenas na segunda tentativa os materiais entraram em combustão. Este desempenho é considerado como um bom indicativo na ocorrência de incêndios, em que apontam para a possível dificuldade dos ramos finos e folhas da jurema entrarem em ignição.

Em relação ao tempo necessário para o material entrar em ignição a jurema preta, faveleira e pereiro contabilizaram os maiores tempos, com 7,17, 4,67 e 4,33 segundos, respectivamente. Esse elevado tempo para que o material inicie o processo de combustão é primordial para a ação dos combatentes em incêndios florestais, uma vez que demorado o tempo para isso, mais tempo terá a equipe para a tomada de decisões acerca de combatê-lo e prevenir para que não se espalhe drasticamente. Em contrapartida, em cerca de 1 segundo espécies como a oiticica, capim panasco, juazeiro e angico iniciaram o processo de combustão em suas parcelas, fato esse que pode demonstrar a alta inflamabilidade encontrada no material combustível destas espécies e a susceptibilidade que deve ter os locais com presença abundante das espécies, o que explicaria a rápida ignição dos materiais combustíveis.

Resultados próximos foram encontrados por Vasconcelos et al. (2020) para o tempo de ignição nas espécies arbóreas avaliadas, em que foi necessário cerca de 6,75 segundos para as parcelas de *A. pyrifolium* iniciarem a combustão, como também 5 segundos para a *C. quercifolius* e 4,25 segundos para a *C. bracteosum*, indicando comportamento do fogo semelhantes para as espécies estudadas em comum.

Para a *Tabebuia aurea*, resultados superiores foram encontrados por Ramos et al. (2019), em que a espécie apresentou tempo de ignição em cerca de 17,35 segundos. Essa diferença de tempo para o início da combustão pode ser explicada pelas condições atmosféricas serem controladas na pesquisa, como também o alto teor de água encontrado na espécie, que atingiu 196,28%, sendo também superior a presente pesquisa.

Assim como outros dados coletados, foi possível observar o número reduzido de pesquisas em relação a tal parâmetro, no entanto, ressaltamos a importância de avaliar certas variáveis do comportamento do fogo, pois podem comprometer diretamente a passagem das chamas em incêndios florestais, além de subsidiar e fornecer mais informações que podem auxiliar diretamente nas formas de manejo para a redução desse tipo de ocorrência no ambiente.

4.3.5 Altura das chamas e Índice de Combustibilidade

O material combustível das espécies capim panasco, craibeira, juazeiro, marmeleiro, oiticica e pereiro 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 9).

Tabela 9 – Altura das chamas (HC), Índice de Combustibilidade (IC) e classificação dos materiais combustíveis.

Nome Popular	HC (cm)	IC	Classificação do IC
Angico	76,67 b	4	Alto
Capim panasco	161,67 a	5	Muito Alto
Catingueira	65 b	4	Alto
Craibeira	115 a	4	Alto
Jurema preta	70 b	4	Alto
Juazeiro	153,33 a	5	Muito Alto
Marmeleiro	130 a	5	Muito Alto
Oiticica	118,33 a	4	Alto
Pereiro	146,67 a	5	Muito Alto

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

Na queima dos materiais combustíveis do angico, catingueira e jurema preta, a altura das chamas atingiu entre 65 e 76,67 cm, indicando a altura ainda elevada em casos de ocorrência de incêndios florestais, pois ao se propagar pela vegetação pode aumentar ainda mais, dificultando o trabalho dos combatentes. Em relação ao Índice de Combustibilidade observado, as espécies variaram de classificação Alta a Muito Alta, o qual pode-se tornar complicado o combate em locais com a presença das espécies estudadas, com exceção da faveleira, uma vez que o material combustível da espécie não entrou em combustão.

Resultados inferiores para altura das chamas foram encontrados por Kovalsyki et al. (2019) ao realizarem queimas experimentais de espécies encontradas no Paraná, os quais constataram alturas que variaram de 10,65 a 49,89 cm em condições climáticas mais amenas do que no ambiente de caatinga. Tal comportamento pode ser reflexo das condições encontradas pelas espécies nos diferentes ambientes, que são adaptadas aos seus respectivos locais em que estão inseridos.

É válido ressaltar que, em determinados momentos, as chamas do capim panasco e do juazeiro ultrapassaram os 2,0 metros de altura, aumentando assim o risco de aproximação nas parcelas em combustão. Além disso, mudanças na direção dos ventos propiciavam alta sensação térmica ao redor das parcelas. Neste caso, esses comportamentos negativos demonstram o grau de periculosidade que as chamas podem proporcionar para os combatentes em incêndios na vegetação.

Batista, Beutling e Pereira (2013) explicam a associação direta existente entre o parâmetro com outras variáveis de inflamabilidade, como a intensidade do fogo. Além destes,

N'Dri et al. (2018) recomendam, ainda, o uso das medidas de altura das chamas dentre os diversos aspectos do comportamento do fogo, pois auxilia a compreender e prever a intensidade que as chamas podem atingir.

Vasconcelos et al. (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 *Pinus sp*, que obteve altura de 32,5 cm. Esses resultados são inferiores quando comparados às mesmas espécies florestais estudadas na presente pesquisa, a qual obtiveram alturas de 146,67 e 65 cm, respectivamente. Isso pode ser explicado devido a quantidade de material combustível utilizado na metodologia, uma vez que os referidos autores realizaram queimas experimentais com 2 kg de material combustível seco por parcela.

É possível observar, também, a relação encontrada entre o volume obtido na manta e a altura das chamas das parcelas. O capim panasco, por exemplo, apresentou o maior volume e, conseqüentemente, maior altura das chamas dentre as espécies. Além deste, a oiticica com o maior volume da manta também alcançou as maiores médias de altura das chamas. Por outro lado, a espécie com o menor volume da manta também obteve as menores médias de altura das chamas, como foi o caso da jurema preta. Isso confirma a característica abordada por Soares e Batista (2007) no que se refere ao volume de combustível e o comprimento das chamas, citado na variável anterior.

O comprimento das chamas pode ser estimado no próprio incêndio, até mesmo com o auxílio de câmeras fotográficas e filmadoras, desde que se tenha uma escala conhecida no ambiente, no entanto, existe certa dificuldade em identificar a dimensão das chamas pelo fato da mesma ser um fenômeno pulsante, ocasional e extremamente transitório (SOARES; BATISTA, 2007).

Para o Índice de Combustibilidade (IC), Vasconcelos et al. (2020) obtiveram classificação de médio índice de combustibilidade para a *A. pyrifolium* e baixo para a *C. bracteosum*, sendo também distintos dos encontrados na presente pesquisa, os quais apresentaram muito alto e alto IC, respectivamente. A elevada e distinta classificação é reflexo, principalmente, dos diferentes níveis de altura das chamas encontrados nas duas pesquisas, tendo em vista que o IC é diretamente proporcional ao comprimento das chamas. Para a *C. quercifolius*, os autores constataram a menor altura das chamas das espécies florestais avaliadas, sendo assim, o IC resultou em 1, ou seja, foi classificado como muito baixo.

Avaliando cinco espécies arbóreas encontradas no Estado do Paraná, Kovalsyki et al. (2016) constataram que apenas o tratamento testemunha 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 estudada da Caatinga.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lucas et al. (2021), no qual ao mensurarem a inflamabilidade de espécies encontradas no Paraná identificaram que o índice de combustibilidade variou entre 4 e 5 para a espécies estudadas. Isso mostra que plantas encontradas em regiões mais frias também podem deter altos potenciais de combustão.

4.3.6. Velocidade de propagação

O estudo indicou que a maior velocidade de propagação do fogo foi observada no material combustível do capim panasco (Tabela 10), sendo superior estatisticamente às demais espécies estudadas. Além disso, as espécies foram classificadas segundo os níveis pré-estabelecidos por Botelho e Ventura (1990), em que o capim panasco foi o único tratamento enquadrado na classificação de média velocidade, enquanto os demais foram classificados em lenta velocidade de propagação.

Tabela 10 – Velocidade média de propagação (m s^{-1}) e classificação da velocidade dos diferentes materiais combustíveis.

Nome Popular	Velocidade de propagação (m s^{-1})	Classificação da VP
Angico	0,0103 b	Lenta
Capim panasco	0,0335 a	Média
Catingueira	0,0041 b	Lenta
Craibeira	0,0104 b	Lenta
Jurema preta	0,0025 b	Lenta
Juazeiro	0,0152 b	Lenta
Marmeleiro	0,0084 b	Lenta
Oiticica	0,0069 b	Lenta
Pereiro	0,0059 b	Lenta

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

A catingueira e a jurema preta registraram as menores velocidades de propagação do fogo, no entanto, não diferiram estatisticamente do angico, craibeira, juazeiro, marmeleiro,

oitica e pereiro. Além destas, é importante ressaltar a ausência de dados relacionados à faveleira, em virtude do fogo não ter avançado nas parcelas para que fosse mensurada a velocidade de propagação.

Kovalsyki et al. (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 na presente pesquisa. Resultados inferiores também foram encontrados por Loro e Hiramatsu (2004) ao avaliarem o comportamento do fogo em condições de laboratório em um povoamento de *Pinus elliottii*, o qual constataram a velocidade média de propagação de 0,00423 m s⁻¹ para a espécie.

Estudando sobre a inflamabilidade da espécie *Ligustrum lucidum* Ailton, comumente utilizada na arborização urbana e nas margens de rodovias no Sul do país, Batista e Biondi (2009) obtiveram velocidade média de 0,00413 m s⁻¹ para a espécie, não havendo diferença estatística com o tratamento testemunha, *Pinus taeda*, que resultou em 0,00584 m s⁻¹ de velocidade de propagação.

Batista e Soares (1995), ao avaliarem o comportamento do fogo em queimas controladas de *Pinus taeda* no norte do Paraná, constataram que a velocidade de propagação da espécie *P. taeda* variou de 0,001 a 0,004 m s⁻¹.

Por meio destes trabalhos, pode-se inferir que algumas espécies encontradas na caatinga podem provocar maiores danos ao ambiente em casos de ocorrência de incêndios florestais, ao propagar o fogo mais rapidamente do que determinadas espécies encontradas no Sul do país.

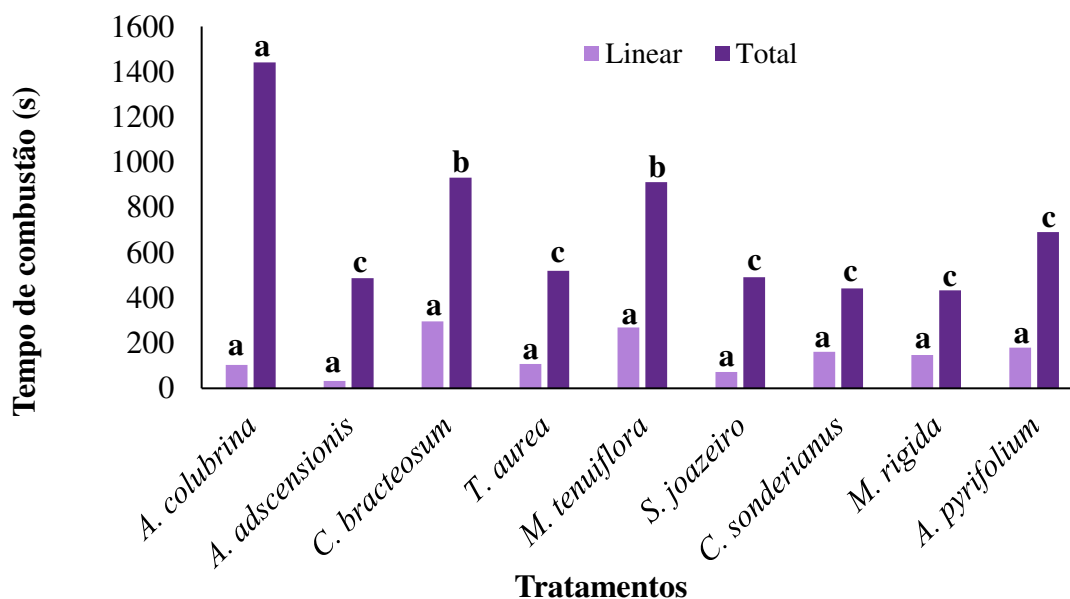
Ao avaliar algumas espécies florestais e cactáceas encontradas na caatinga, Vasconcelos et al. (2020) constataram que as espécies arbóreas estudadas também possuíam velocidade de propagação classificada como lenta, onde apenas o tratamento testemunha, o *Pinus sp.*, obteve velocidade classificada como média.

Resultados próximos para espécies encontradas na caatinga foram encontrados por Borges et al. (2021), os quais a velocidade de propagação possuíam médias de 0,0035 m s⁻¹ para catingueira, 0,0033 m s⁻¹ para o pereiro e 0,0112 m s⁻¹ nas parcelas de marmeleiro, o que mostra certo padrão de comportamento para as espécies estudadas em comum.

4.3.7. Tempo de combustão linear e queima total dos materiais combustíveis

O tempo de combustão linear e queima total das parcelas são apresentados na figura 15, a seguir. É possível observar que não houve diferenças estatísticas para os tempos de combustão linear entre as espécies, no entanto, essas diferenças foram encontradas no tempo de combustão total.

Figura 15 – Tempo de combustão (s) linear e total no material combustível das espécies estudadas.



* 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.

Para o tempo de combustão linear, mesmo sendo semelhantes estatisticamente, é importante destacar o capim panasco, o juazeiro e o angico, os quais resultaram em médias de 33 segundos, 01'12'' e 01'42'', respectivamente. Esses resultados indicam altas características de combustibilidade das espécies, principalmente no capim panasco, pois em um curto espaço de tempo as chamas atingiram áreas com 1 m de material combustível.

Os maiores tempos de combustão linear foram encontrados na catingueira, com 04'55'' e a jurema preta com aproximadamente 04'29'', indicando acentuada lentidão para a passagem do fogo quando comparada às demais espécies, o que pode ser um fator favorável pelo fato de demandar mais tempo para o avanço das chamas, sendo importante, principalmente, no que se refere ao combate a incêndios florestais. Este comportamento das espécies refletiu no maior tempo necessário para a combustão das mesmas.

Além dos fatores citados anteriormente, pode-se confirmar a influência direta existente entre o tempo de combustão linear e a velocidade dos ventos, visto que os ventos atuaram como direcionadores, mudando a direção do fogo e da propagação das chamas, dificultando assim a ocorrência das queimas em linha reta. Por isso, em casos de incêndios florestais é observada a ocorrência de focos de fogo distantes entre si e em pontos diferentes, pois o vento além de influenciar no transporte de partículas e brasas, também influencia na remoção superficial dos resíduos do material vegetal já consumido no processo de combustão, deixando assim as partes inferiores, ainda com chamas, expostas e recomeçando assim o incêndio no local.

Ao verificar o tempo total de queima, a máxima duração foi encontrada nas parcelas de angico, contabilizando média de 24' em processo de combustão que foi superior estatisticamente às demais. As maiores velocidades seguintes foram observadas na catingueira e jurema preta, que atingiram cerca de 15'31'' e 15'12'', respectivamente, onde observou-se semelhança estatística.

Nesse parâmetro, é importante avaliarmos o comportamento do fogo do angico, no qual as parcelas das espécies obtiveram o terceiro menor tempo de combustão linear, no entanto, cronometraram o maior tempo para a combustão total, passando dos 24 minutos. Esse fato mostra que o angico possui altos níveis de sustentabilidade das chamas, o que se torna perigoso em caso de ocorrência de fogo em locais com a presença da espécie, tendo em vista que, retirada a fonte de calor, o fogo ainda persiste por bastante tempo nos ramos finos e nas folhas da espécie. Contudo, também é possível indicar um ponto favorável, pois o fogo estacionado em determinado local torna-se mais fácil o combate direto, evitando assim maior propagação deste. Além disso, ao revolver o material combustível as chamas das porções interiores tornavam-se mais evidentes, indicando a problemática da velocidade dos ventos na ocorrência de incêndios florestais.

No caso das parcelas de faveleira observou-se que não houve combustão linear na espécie, uma vez que o fogo não se propagou linearmente, além de não haver combustão total, pois as chamas no material combustível da espécie foram cessadas naturalmente e de forma rápida. Dessa forma, obtiveram aproximadamente 03'56'' de tempo de combustão, sendo um indicador positivo de bom comportamento do fogo na espécie. Também foi possível observar que o processo de combustão foi reduzido no momento em que as chamas alcançavam nos galhos, a ponto de algumas vezes o fogo ser cessado, ou seja, as folhas foram consumidas mais rapidamente, o que é reflexo do maior teor de água que os seus galhos podem acumular, além da maior inflamabilidade encontrada nas folhas em comparação aos galhos. Estes resultados para a espécie foram semelhantes ao encontrado por Vasconcelos (2019), em que constatou que

a *C. quercifolius* foi a espécie florestal que possuiu comportamento do fogo similar às cactáceas e, por esse motivo, a espécie foi recomendada pelo autor para uso em cortinas de segurança, em virtude da dificuldade do fogo em se instalar e se manter nas porções da espécie, protegendo assim a vegetação ou o plantio em questão.

As parcelas de oiticica entraram em combustão utilizando cerca de 07'12'', sendo a espécie florestal com menor tempo de combustão total, o que pode causar preocupação na ocorrência de incêndios, uma vez que dificulta o controle pelos combatentes em virtude da velocidade que os materiais são consumidos e se propagam para a vegetação encontrada mais próxima. Além disso, também é importante relatar que o material combustível da espécie, ao entrar em combustão, gerava alto desconforto térmico para os pesquisadores mais próximos, podendo ser um indício da severidade das chamas nesses materiais.

Algumas características foram observadas no comportamento do fogo de algumas espécies. Constatou-se que o fogo nas parcelas de capim panasco foi considerado de grande proporção e periculosidade, a ponto de ser necessário o afastamento da equipe no momento da combustão das mesmas (Figura 16). As chamas das parcelas aparentemente foram cessadas ao final do tempo de combustão, no entanto, ainda havia chamas ao observar as partes mais interiores do material combustível. Foi observado, também, muita fumaça na camada superior ao final da queima do material combustível, ao mesmo tempo que as chamas ainda consumiam o restante do material no interior das parcelas.

Figura 16 – Proporção das chamas nas parcelas de capim panasco.



Esse comportamento serve de alerta para a ocorrência de incêndios florestais em áreas com a dominância dessa espécie, pois a equipe envolvida pode desconsiderar a existência do

fogo em certo ponto com a presença da espécie e avançar o combate, no entanto, podem ser surpreendidos com novas chamas vindas do material, podendo causar até mesmo queimaduras nas pessoas mais próximas ao material em chamas. Além disso, foi possível observar a sobra de grande quantidade de material carbonizado, o que pode dificultar e disfarçar a presença dessas chamas nos combustíveis. Em caso de ventos fortes, o material pode se enroscar e ser levado, o que pode promover novos focos de incêndio na vegetação. Vale ressaltar que o capim panasco foi considerado como a “espécie fogo” da caatinga, pelo fato de haver um grande potencial de combustibilidade na espécie.

Dessa forma, os atributos negativos observados na passagem do fogo no material combustível da espécie demonstram o risco potencial de ocorrência de incêndios florestais na caatinga, uma vez que Zea et al. (2015), ao estudarem características da espécie em áreas de caatinga degradada, indicaram a alta intensidade da espécie, em áreas com densidade que variaram de 121,6 a 362,4 plantas por m².

Nas parcelas de catingueira persistia grande quantidade de fumaça e chamas mais baixas durante o processo de combustão (Figura 17), assim como nas parcelas com angico e jurema preta. Esta característica refletiu elevado tempo de combustão que as espécies necessitaram para a queima completa dos seus respectivos materiais, pois enquanto havia fumaça nas parcelas foi possível observar também a presença do fogo.

Figura 17 – Presença de fumaça abundante em parcela de catingueira.



As parcelas de catingueira possuíram lenta passagem do fogo e isso pode ser justificado pelo tamanho e pela forma de disposição das folhas nas pilhas de combustível da espécie, que diminuem bastante a oxigenação. O mesmo comportamento foi observado por Ribeiro et al. (2012) ao detectarem menor inflamabilidade na serrapilheira da espécie, em que

fundamentaram tal comportamento em virtude de características intrínsecas às folhas ou a estruturação do material, uma vez que quanto mais material acomodado menor será o fluxo de oxigênio no interior das pilhas.

Foram encontradas similaridades nas parcelas de angico e de jurema preta, em que o processo de combustão foi demorado, o que pode ser justificado também pelo tamanho e pela quantidade dos folíolos em que, mesmo o material combustível estando seco, as espécies se comportaram com baixa combustibilidade. Isso é considerado bom no que se refere ao combate em casos de incêndios florestais, o que dará tempo para os combatentes usarem as técnicas de combate ao fogo, no entanto, pode ser considerado um fator negativo em relação a práticas de queimadas na região semiárida, uma vez que quanto mais lenta a passagem do fogo, maior será o tempo de residência do fogo nos solos. De acordo com McArthur e Cheney (2015), o tempo de permanência do fogo em uma determinada área possui efeito muito significativo sobre os danos da vegetação viva e na penetração do calor intenso no solo.

Nas parcelas de oiticica foi constatado que as folhas, ao serem consumidas pelo fogo, permaneciam intactas, alterando apenas o grau de fragilidade após a passagem do fogo (Figura 18). Silva Neto (2017) aponta que uma das possibilidades para esse fato é o tipo de nervuras e a presença de pelos nas folhas, associado à sua composição química, que pode favorecer na diminuição da desidratação das folhas da espécie. Além disto, o aspecto coriáceo das folhas também pode garantir a sua estruturação, mesmo após a passagem do fogo.

Figura 18 – Aspectos da folha de *Microdesmia rigida* antes e após a queima experimental.



Observou-se nas parcelas com pereiro a dificuldade em manter a chama, mesmo entrando em ignição. Houve duas tentativas de ignição sem sucesso e apenas na terceira tentativa o processo de combustão foi iniciado e as chamas foram mantidas. No entanto, iniciado o processo de combustão, as chamas se propagaram e as altas temperaturas tornaram o seu entorno com sensações extremamente quentes, sendo necessário o afastamento da equipe no momento da queima.

Este comportamento indica que, na vegetação composta por esta espécie, as chamas demorariam para se instalar neste material, sendo um ponto positivo no combate a esse fogo, tendo em vista que as chamas podem não se propagar facilmente ou imediatamente, contudo, caso entre em ignição, é necessário alerta para o grau de perigo que o fogo pode promover no ambiente. No geral, mesmo obtendo comportamento do fogo positivo, é necessário devido cuidado com a espécie, tendo em vista as consequências que a passagem do fogo pode causar.

Com exceção da faveleira, pode-se inferir que o manejo dos materiais combustíveis presentes no piso florestal nas áreas de caatinga são imprescindíveis, tendo em vista os riscos que o fogo pode promover nesse tipo de vegetação. Nesses casos, construção de aceiros é uma boa alternativa para prevenir a passagem e a propagação das chamas em caso de ocorrência do fogo, distanciando assim uma das bases do triângulo do fogo e interrompendo a dispersão do mesmo.

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.

4.3.8. Intensidade do fogo

A maior intensidade foi detectada no capim panasco que resultou em $402,43 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, consequentemente, obtendo severidade considerada muito alta, sendo superior aos demais tratamentos. O angico, catingueira, craibeira, jurema preta, juazeiro, marmeleiro, oiticica e pereiro se assemelharam estatisticamente e possuíram intensidades que variaram de 30,19 a $182,83 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 11).

Tabela 11 – Intensidade média do fogo (em $\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e níveis de severidade dos materiais combustíveis.

Nome Popular	I ($\text{kcal m}^{-1} \text{s}^{-1}$)	Severidade
Angico	123,28 b	Alto
Capim panasco	402,43 a	Muito Alto
Catingueira	48,73 b	Baixo
Craibeira	124,22 b	Alto
Jurema preta	30,19 b	Moderadamente Baixo
Juazeiro	182,83 b	Muito Alto
Marmeleiro	101,4 b	Moderadamente Alto
Oiticica	82,36 b	Moderadamente Alto
Pereiro	71,39 b	Moderado

* 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 diferente, com o capim panasco e o juazeiro classificados como severidade muito alta, o angico e a craibeira com severidade alta e o marmeleiro e a oiticica 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 pereiro, a catingueira e a jurema preta foram classificadas em moderado, baixo e moderadamente baixo, respectivamente. Vale ressaltar que a intensidade do fogo para a faveleira foi nula, uma vez que não obteve velocidade de propagação das chamas nas parcelas.

Resultados inferiores foram encontrados por Kovalsyki et al. (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 et al. (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, 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. Dessa

forma, pode-se dizer que a intensidade do fogo é uma variável dependente, sendo diretamente proporcional a velocidade de propagação do fogo. Ou seja, os materiais que resultaram em maiores velocidades de propagação na presente pesquisa garantiram, também, maior intensidade do fogo.

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

McArthur (1967), avaliando os materiais combustíveis encontrados em florestas de eucaliptos na Austrália, determinou os limites de intensidade do fogo de acordo com os possíveis danos, como indicado a seguir:

Tabela 12 – Limites de intensidade do fogo e características dos incêndios florestais nas respectivas magnitudes.

Intensidade do fogo (kcal m ⁻¹ s ⁻¹)	Descrição do comportamento do fogo
4 – 10	Intensidade muito baixa; o fogo geralmente se extingue sozinho.
11 – 41	Altura das chamas variando de 30 a 90 cm; Intensidade considerada ótima para o combate, pouca chance do fogo escapar ao controle.
42 – 58	Muito severo para alguns tipos florestais; altura das chamas de até 1,5m; certa dificuldade de conter o fogo.
59 – 83	Limite máximo para danos aceitáveis em florestas de eucalipto.

Fonte: McArthur (1967).

Ao considerar tal classificação, observa-se que a única espécie entre o limite considerado ótimo para o combate é a jurema preta, com exceção da faveleira que obteve resultados satisfatórios de comportamento do fogo. Assim, o parâmetro não é ideal para a classificação de algumas espécies encontradas na caatinga, sendo importante realizar adequações de níveis de intensidade para este tipo de vegetação, em virtude destas possuírem características mais inflamáveis.

Estudos como a presente pesquisa podem servir como subsídio para a adequação dos níveis considerados aceitáveis e os limites para a intensidade de fogo dos indivíduos florestais encontrados na caatinga, no entanto, são necessárias mais avaliações com distintas espécies encontradas no Bioma para, assim, fornecer dados mais concisos, completos e que representem de forma geral a vegetação presente nesse tipo de ambiente.

Em incêndios florestais de grandes proporções, a intensidade do fogo é responsável por gerar verdadeiros furacões de vento, que se encarregam em espalhar as chamas, tornando assim as condições do incêndio cada vez piores para o combate (BERENHAUSER, 1972).

Sendo assim, é de suma importância estudos sobre a intensidade de queima das espécies, principalmente as encontradas na caatinga, em virtude de estudos nesta linha de pesquisa serem incipientes e as mesmas estarem susceptíveis à ação do fogo praticamente o ano inteiro.

4.4 Teor de Cinzas

O teor de cinzas dos tratamentos estão apresentados na tabela 13. Para esta variável houve acentuada diferença estatística entre os dados, com destaque para a craibeira com 9,41% de teor, que foi superior aos demais tratamentos. Em sequência, o juazeiro e oiticica apresentaram teores médios de 8,39% e 8,33%, respectivamente. Em contrapartida, o menor teor médio de cinzas foram observadas nas parcelas de angico e jurema preta, com 4,70% e 4,69%, respectivamente, as quais foram semelhantes estatisticamente.

Tabela 13 – 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 sonderianus</i>	Marmeleiro	6,75 c
<i>Microdesmia rigida</i>	Oiticica	8,33 b
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	5,49 e

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

A porção inorgânica da madeira é considerada como as cinzas do material, obtida pelo processo de incineração a temperaturas entre 600 e 850°C. A porcentagem deste tipo de material em madeiras tropicais é bastante superior quando comparado a 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).

A jurema preta 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 em que quanto menor o teor de cinzas maior a tendência de aumento do poder calorífico. Além disso, Paes et al. (2012) indicam, ainda, que em função das características energéticas e da grande ocorrência da jurema preta no semiárido brasileiro, a mesma é utilizada com frequência como fonte de energia (para lenha e carvão vegetal), como também para os mais diversos fins.

A faveleira apresentou 6,94% de teor de cinzas, o que torna a espécie não atrativa para a utilização em fins energéticos, uma vez que aponta maior geração de resíduos descartáveis durante a incineração. Além disto, este resultado desfavorável pode estar associado a capacidade de armazenamento de água no material combustível da espécie.

A craibeira 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 et al. (2018) apontam que elevados teores de cinzas na madeira não são benéficos, em virtude de maior geração de minerais nas caldeiras de processos de queima. Medeiros Neto et al. (2012) também indicam que altos teores de cinzas na madeira podem ocasionar diversos danos em fornalhas e outros equipamentos para geração de energia.

Resultados superiores foram encontrados por Vasconcelos et al. (2020), em que obtiveram teores de cinza de 11,79, 11,05 e 9,92% para a catingueira, pereiro e faveleira, respectivamente. Além disso, ao observar o poder calorífico das espécies, os autores confirmaram a detenção do conhecimento empírico pelos produtores da região no que se refere ao uso de espécies para lenha, uma vez que a catingueira contabilizou o maior poder calorífico, com 4.661 kcal kg⁻¹, sendo uma das mais utilizadas para este fim na região.

Ao avaliar o potencial energético de algumas espécies da caatinga, Carvalho et al. (2020) constatarem resultado próximo para a catingueira, em que a espécie obteve cerca de 5%

de teor de cinzas, no entanto, resultados inferiores a presente pesquisa foram observados para a jurema preta, juazeiro, pereiro e marmeleiro em que, para as espécies citadas, obteve-se o máximo teor de 2% para o juazeiro. Resultados ainda inferiores foram encontrados por Medeiros Neto et al. (2012) para a catingueira, em que obteve teor médio de cinzas de 3,69%. Para a espécie *Copaifera arenicola*, foi constatado por Gama et al. (2020) o teor médio de cinzas de 1,93%, sendo também inferior a presente pesquisa.

Por fim, salienta-se que outras questões devem ser investigadas para complementar e aprimorar os estudos relacionados à ocorrência de incêndios florestais na caatinga, como a realização de experimentos com cerca-viva e a avaliação da largura ideal para a construção dos aceiros, para assim, serem determinadas as melhores condições de prevenção à passagem do fogo no piso florestal da caatinga.

5 CONCLUSÃO

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

A *Cenostigma bracteosum* apresentou características favoráveis referente a diminuição da propagação de chamas na vegetação, com menor intensidade do fogo, lenta velocidade de propagação e chamas de menor altura e que pode auxiliar o combate aos incêndios ao retardar ou até mesmo interromper a ação do fogo nos materiais combustíveis do piso florestal.

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”. Além disso, os ramos queimados enrolam e são facilmente propagados pelos ventos, devendo reforçar o sinal de alerta para a ação do fogo nas áreas em que se faz presente.

O material combustível do *Sarcomphalus joazeiro*, ao entrar em combustão, pode promover grandes prejuízos no ecossistema, devido as altas temperaturas encontradas nas chamas e rápida velocidade de propagação, o que irá dificultar a aproximação e a ação das equipes no combate ao fogo, sendo necessário o manejo do material combustível da espécie nas épocas secas.

A *Mimosa tenuiflora* é amplamente utilizada na região semiárida como espécie de alto valor energético, confirmado pelo menor teor de cinzas encontradas entre as espécies avaliadas e a presença de material combustível dessa espécie contribui para manutenção das chamas, podendo gerar maiores danos aos compartimentos do solo, vegetação e atmosfera.

REFERÊNCIAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas.** Meteorologia – Chuvas. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id_municipio=135&date_chart_init=2021-04-28&date_chart=2021-04-30&period=personalizado. Acesso em: 10. jun. 2021.
- AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; BASILIO, I. J. D.; NURIT, K.; COELHO, V. P.; BARBOSA, D. A. Sinopse da flora medicinal do cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro-RJ, v. 1, n. 3, 323-330p. 2007. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2685095.pdf>. Acesso em: 10. jun. 2019.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; GERD SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeit**, Stuttgart, Alemanha, v.22, n.6, 711-728p. 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et al_2014.pdf. Acesso em 14 mai. 2019.
- ALVES, J. J. Geoeecologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro-SP, v. 2, n. 1, 58-71p. 2007. Disponível em: <http://ojsteste.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/266>. Acesso em: 22. abr. 2019.
- ALVINO-RAYOL, F. O.; RAYOL, B. P. Efeito do fogo no banco de sementes do solo de sistemas agroflorestais, Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/13346/pdf>. Acesso em: 04. jul. 2021.
- ANDERSON, H. E. Forest Fuel Ignitibility. **Fire Technology**, 4^a ed., v. 6, 312-322p. 1970. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F02588932.pdf>. Acesso em: 12. jun. 2019.
- ARAÚJO, M. S.; LUCIA, T. M. C. D.; RIBEIRO, G. A.; KASUYA, M. C. M. Impacto da queima controlada da cana-de-açúcar na nidificação e estabelecimento de colônias de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/b7P8MZzb9XP6mxy5xCRSSFx/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 16. ago. 2021.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; GADELHA, J. A.; LEITE, E. R.; SOUZA, P. Z.; CRISPIM, S. M. A.; REGO, M. C. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, 383-395p. 1996. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/530721/1/APIComposicaoobotanica.pdf>. Acesso em: 07. jun. 2019.
- AZEVEDO, S. M. A.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; FREIRE, A. L. O. Crescimento de plântulas de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir.) em solos de áreas degradadas da caatinga. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 9, n. 3, 150-160p. 2012.

Disponível em:

<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=2274&article=745&mode=pdf>. Acesso em: 09. jun. 2019.

BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S. M.; PAIVA, A. M. A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Botânica Brasileira**, Belo Horizonte-MG, v. 3, n. 2, 109-117p. 1989. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v3n2s1/v3n2s1a11.pdf>. Acesso em: 09. jun. 2019.

BARROS, M. G. Pollination ecology of *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. and *T. ochracea* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae) in Central Brazil cerrado vegetation. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo-SP, v. 24, n. 3, 255-261p. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v24n3/6732.pdf>. Acesso em: 07. jun. 2019.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Avaliação do comportamento do fogo em queimas controladas sob povoamentos de *Pinus taeda* no norte do Paraná. **Revista Floresta**, v. 5, n. 1/2, 31-42p. 1995. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6443>. Acesso em: 08. jul. 2021.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 30, n. 1/2, 45-54p. 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2328/1946>. Acesso em: 12. jun. 2019.

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-PE, v. 4, n. 4, 435-439p. 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1190/119012569011.pdf>. Acesso em: 12. jun. 2019.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamentos de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, 779-787p. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/By4ysMc5986HxXXWC86XNSK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05. jul. 2021.

BERENHAUSER, H. O fogo - O maior inimigo das florestas. **Revista Floresta**, 18-25p. 1972. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/5744/4180>. Acesso em: 08. jul. 2021.

BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; VITORINO, M. D. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 35, n. 3, 465-472p. 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5187/3901>. Acesso em: 12. jun. 2019.

BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; STOLLE, L.; TETTO, A. F.; ALVES, M. V. G. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 42, n. 3, 443-452p. 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/24105/19028>. Acesso em: 11. jun. 2019.

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-MG, v.27, n.1, p.87-94, 2003. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n1/15926.pdf>. Acesso em: 30. mar. 2019.

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**, v. 13, n. 7, 14-17p. 2021. Disponível em:

<https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1357/1391>. Acesso em: 08. 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, 1990. p. 49-55.

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

CABRAL, E. C.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex. S. Moore.

Revista Acta Botânica Brasilica, Belo Horizonte-MG, v. 17, n. 4, 609-617p. 2003.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/abb/v17n4/a13v17n4.pdf>. Acesso em: 07. jun. 2019.

CARVALHO, F. C.; ARAUJO FILHO, J. A.; GARCIA, R.; PEREIRA FILHO, J. M.; ALBUQUERQUE, V. M. Efeito do corte da parte aérea na sobrevivência do Marmeleiro.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, 930-934p. 2001. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28413/1/API-Efeito-do-Corte-da-Parte-Aerea-na-Sobrevivencia-do-Marmeleiro.pdf>. Acesso em: 10. jun. 2019.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1ª ed., v. 1, 1039p. 2003.

CARVALHO, A. C.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, C. P. S.; COSTA, S. E. L.; CARVALHO, A. J. E.; PAREYN, F. G. C.; VIDAURRE, G. B.; DIAS JUNIOR, A. F.;

ALMEIDA, M. N. F. Produção de energia da madeira de espécies da Caatinga aliada ao manejo florestal sustentável. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, 01-13p. 2020. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr126/2318-1222-scifor-48-126-e3086.pdf>. Acesso em: 21. jul. 2021.

CEDDIA, M. B.; ANJOS, L. H. C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L. A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1467-1473, ago. 1999. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/NXcHJGhSbFJgZ5SrGfxQbSx/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 16. ago. 2021.

CIPRIANI, H. N.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, R. A.; FREITAS, S. G.; OLIVEIRA, L. T. Fire risk map for the Serra de São Domingos Municipal Park, Poços de Caldas, MG. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 17, n. 1, 77-83p. 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v17n1/v17n1a09.pdf>. Acesso em: 26. mar. 2019.

CORDEIRO, J. M. P.; FELIX, L. P. Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da caatinga e plantas espontâneas no agreste da Paraíba, Brasil. **Revista**

Brasileira de Plantas Medicinais, Campinas-SP, v.16, n.3, 685-692p. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n3s1/08.pdf>. Acesso em: 08. jun. 2019.

DANTAS, F. C. P.; TAVARES, M. L. R.; TARGINO, M. S.; COSTA, A. P.; DANTAS, F. O. *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. **Revista Principia**, João Pessoa-PB, n. 25, 51-57p. 2014. Disponível em: <http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/172/141>. Acesso em: 08. ago. 2019.

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**, v. 46, n. 117, 65-75p. 2018. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr117/cap06.pdf>. Acesso em: 21. jul. 2021.

DINIZ, F. O.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A. M. E.; MOREIRA, F. J. C. Biometria e morfologia da semente e plântula de oiticica. **Revista Verde**, Pombal-PB, v. 10, n. 2, 183-187p. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Diniz2/publication/283760582_Biometria_e_morfologia_da_semente_e_plantula_de_otitica/links/566896f308ae8d6928fbbcca.pdf. Acesso em: 10. jun. 2019

DINIZ, F. O.; MOREIRA, F. J. C.; SILVA, F. D. B.; MEDEIROS FILHO, S. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de oiticica (*Licania rígida* Benth.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 3, 476-480p. 2008. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/89/84>. Acesso em: 10. jun. 2019.

DUQUE, J. G. **O nordeste e as lavouras xerófilas**. 4ª ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 330p. 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23261/1/livro1-O-Nordeste-e-as-Lavouras-Xerofilas.pdf>. Acesso em: 10. jun. 2019.

FEARNSIDE, P. M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo-SP, v. 16, n. 44, 99-123p. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v16n44/v16n44a07.pdf>. Acesso em: 25. mar. 2019.

FERRAZ, J. S. F.; ALBUQUERQUE, U. P.; MEUNIER, I. M. J. Valor de uso e estrutura da vegetação lenhosa às margens do riacho do Navio, Floresta, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, 125-134p. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/DgLS5SVd6pLSWTNHDh6Kpbm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01. jun. 2019.

FERNANDES, P.; BOTELHO, H.; LOUREIRO, C. **Manual de formação para a técnica do fogo controlado**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 144p. 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235876657_Manual_de_formacao_para_a_tecnica_do_fogo_controlado. Acesso em: 12. jun. 2019.

FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, T. O.; MEDEIROS, M. B. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em

unidades de conservação do Distrito Federal – Estudo De Caso¹. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, 55-63p, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n1/28509.pdf>. Acesso em: 25. mar. 2019.

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**, v. 39, n. 4, 691-696p. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/LLjfFMvv7vwM4bSwvfxDKjL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 08. jul. 2021.

FONTES, P. J. P. **Auto suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba: UFPR, 1994. Dissertação (Mestrado do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28882>. Acesso em: 19. jul. 2021.

FRANCO, E. A. P.; BARROS, R. F. B. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu-SP, v. 8, n. 3, 78-88p. 2006. Disponível em: http://www.sbpmed.org.br/download/issn_06_2/artigo12_v8_n3.pdf. Acesso em: 10. jun. 2019.

GAMA, D. G.; NASCIMENTO JUNIOR, J. M.; TAKESHITA, S.; DIAS JUNIOR, A. F. Potencial energético da madeira de *Copaifera arenicola* endêmica do Semiárido nordestino brasileiro. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, 135-140p. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/69236>. Acesso em: 21. jul. 2021.

GOMES, L. M. A.; ANDRADE, T. M.; SILVA, J. C.; LIMA, J. T.; QUINTANS-JUNIOR, L. J.; ALMEIDA, J. R. G. S. Phytochemical screening and anti-inflammatory activity of *Cnidoscolus quercifolius* (Euphorbiaceae) in mice. **Pharmacognosy Research**, Bangalore – Índia, v. 6, n. 4, 345-349p. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4166825/>. Acesso em: 07. jun. 2019.

GONÇALVES, D. M.; DIAS, D. P. Eficiência de cinco índices de perigo de incêndios para o município de Jataí - GO. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, 01-11p. 2020. Disponível em: <https://www.ipef.br/PUBLICACOES/SCIENTIA/nr127/2318-1222-scifor-48-127-e3362.pdf>. Acesso em: 15. jul. 2021.

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 f. Dissertação (mestrado em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Bettina_Susanne_Hoffmann.pdf. Acesso em: 21. jul. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas. 2004. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas.pdf. Acesso em: 08. jun. 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas – InfoQueima. 2018. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/portal/outros-produtos/infoqueima/home>. Acesso em: 22. abr. 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas – Situação Atual. 2021a. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/situacao-atual/>. Acesso em: 21. jun. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas – Estatística por Estados. 2021b. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/. Acesso em: 04. jul. 2021.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira – manual didático.** Universidade Federal do Paraná. 03-87p. 2013. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>. Acesso em: 21. jul. 2021.

KOPROSKI, L. P.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional De Ilha Grande – Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 34, n. 2, 193-197p. 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2395/2003>. Acesso em: 12. jun. 2019.

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-PR, v. 36, n. 8, 387-391p. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313581781_Inflamabilidade_de_especies_arboreas_para_uso_em_cortinas_de_seguranca_na_prevencao_de_incendios_florestais. Acesso em: 08. jun. 2021.

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, 197-203p. 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6270>. Acesso em: 09. jun. 2021.

LAVOR, L. Q.; BARBOSA, M. E.; SÁ, L. R. C.; SILVA, M. K. N.; MATIAS, E. F. F. Avaliação do potencial clareador e protetor de *Ziziphus joazeiro* contra alterações de cores no esmalte dentário. **Revista Interfaces: saúde, humanas e tecnologia**, Juazeiro do Norte-CE, v. 6, n. 17, 134-139p. 2018. Disponível em: <http://interfaces.leaosampaio.edu.br/index.php/revista-interfaces/article/view/363/pdf>. Acesso em: 08. ago. 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-PR, v. 10, 247-266p. 2014. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/2436/2263>. Acesso em: 26. mar. 2019.

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. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/44878/1/com_tec220.pdf. Acesso em: 19. mai. 2021.

LIMA JÚNIOR, V. **Caracterização da dieta e avaliação de métodos de estimativa de consumo em caprinos suplementados na caatinga**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Areia, PB: UFPB, 82p. 2006. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp013946.pdf>. Acesso em: 07. Jun. 2019.

LINN, R. R.; CANFIELD, J. M.; CUNNINGHAM, P.; EDMINSTER, C.; DUPUY, J. L.; PIMONT, F. Using periodic line fires to gain a new perspective on multi-dimensional aspects of forward fire spread. **Agricultural and Forest Meteorology**, United States of America (USA), v. 157, 60-76p. 2012. Disponível em: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2012_linn_r001.pdf. Acesso em: 26. mar. 2019.

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, 117-129p. 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rdg/article/view/148048/149524>. Acesso em: 25. mar. 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. 2ª ed, v. 1, 352p. 1998.

LORO, L. V.; HIRAMATSU, N. A. Comportamento do fogo, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Pinus elliottii* L. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, 127-130p. 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2383>. Acesso em: 25. mar. 2019.

LUCAS, F. M. F.; SILVA JÚNIOR, J. G.; JACOBS, R. C.; KOVALSYKI, B.; BATISTA, A. C.; FERREIRA, T. S.; TETTO, A. F. Inflamabilidade de espécies arbóreas para utilização em cortinas de segurança na interface urbano-rural. **Revista Biodiversidade**, v. 20, n. 2, 32-42p. 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/12597>. Acesso em: 07. jul. 2021.

LUCENA, R. F. P.; PEDROSA, K. M.; CARVALHO, T. K. N.; GUERRA, N. M.; RIBEIRO, J. E. S.; FERREIRA, E. C. Conhecimento local e uso de espécies vegetais nativas da região da Serra de Santa Catarina, Paraíba, Nordeste do Brasil. **FLOVET – Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica**, Cuiabá-MT, v. 1, n. 9, 159-179p. 2017. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/flovet/article/view/5493/3617>. Acesso em: 08. ago. 2019.

MARTINS, S. D. R. **Incêndios florestais: comportamento, segurança e extinção**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado Interdisciplinar em dinâmicas sociais, riscos naturais e tecnológicos) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Coimbra. 2010. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/14378/1/Inc%C3%AAndios%20florestais%2C%20c>

omportamento%2C%20seguran%C3%A7a%20e%20extin%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 25. mar. 2019.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; ALMEIDA, A. M. C.; PIMENTA, A. S.; CARNEIRO, A. C. O. C. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, 579-588p. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/6624>. Acesso em: 21. jul. 2021.

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

MCARTHUR, A. G.; CHENEY, N. P. The characterization of fires in relation to ecological studies. **Fire Ecology**, v. 11, n. 1, 03-09p. 2015. Disponível em: <https://fireecology.springeropen.com/track/pdf/10.1007/BF03400629.pdf>. Acesso em: 14. jul. 2021.

MOTTA, D. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. 2008. 24f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica/RJ. 2008. Disponível em: http://rima.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/2736/1/Daniel_Souza_Motta.pdf. Acesso em: 14. jul. 2021.

N'DRI, A. B.; SORO, T. D.; GIGNOUX, J.; DOSSO, K.; KONÉ, M.; N'DRI, J. K.; KONÉ, N. A.; BAROT, S. Season affects fire behavior in annually burned humid savana of West Africa. **Fire Ecology**, v. 14, n. 05, 01-11p. 2018. Disponível em: <https://fireecology.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s42408-018-0005-9.pdf>. Acesso em: 14. jul. 2021.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; AZEVEDO, S. A.; CARVALHO JUNIOR, A. M.; ALCALDE, C. R. Composição corporal, exigências em proteína e energia para ganho de peso de caprinos em pastejo. **Revista Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá-PR, v. 30, n. 4, 407-414p. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/3031/303126494013/>. Acesso em: 08. jun. 2019.

NOGUEIRA, R. S. **Deteção de incêndios, fragmentação da paisagem e alterações das propriedades do solo na Caatinga**. 2017. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11890>. Acesso em: 04. jul. 2021.

NOVAIS, D. B.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTANA, J. A. S. Temporary series of heat sources in mesoregions of Paraíba, Brazil. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 49, n. 2, 181-188p. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/55112/37965>. Acesso em: 08. ago. 2019.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. 2005. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/1664/tesefinal.pdf;jsessionid=501BC9BF7EE2AF40988E446C786C6D3D?sequence=1>. Acesso em: 30. mar. 2019.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Análise da Fórmula De Monte Alegre Alterada (FMA+) para o estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 39, n. 3, 473-484p. 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/15348/10307>. Acesso em: 30. mar. 2019.

OLIVEIRA, E. F.; FRANKLIN, E. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo: recomendações em áreas queimadas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 28, n. 3, 357-369p. 1993. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3886>. Acesso em: 04. jul. 2021.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, 311-318p. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v30n2/a18v30n2.pdf>. Acesso em: 09. jun. 2019.

OLIVEIRA, T. M. **Monitoramento dos focos de calor e do risco de incêndios florestais no município de Ituiutaba-MG**. 2019. 126 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/27048>. Acesso em: 15. jul. 2021.

OLIVEIRA, M. V. N.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Quantificação do material combustível em fragmento de Mata Atlântica no nordeste brasileiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 1-8p. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328924751_Quantificacao_do_material_combustivel_em_fragmento_de_Mata_Atlantica_no_nordeste_brasileiro. Acesso em: 20. mai. 2021.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E. O.; SANTOS, H. C. M. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três espécies de ocorrência no Semiárido brasileiro. **Brazilian Journal of Wood Science**, v. 3, n. 1, 01-10p. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4037>. Acesso em: 21. jul. 2021.

PARENTE, H. N.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D.; VIANA, B. L.; PARENTE, M. O. M.; MARIZ, T. M. A. Evolução do estrato herbáceo em área de caatinga sob pastejo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa-MG, v. 3, n. 2, 39-44p. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/728/1/Evolucao%20do%20estrato%20herbaceo%20em%20area%20de%20caatinga%20sob%20pastejo.pdf>. Acesso em: 07. jun. 2019.

PEREIRA FILHO, J. M.; ARAUJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C.; REGO, M. C. Disponibilidade de fitomassa do estrato herbáceo de uma caatinga raleada submetida ao pastejo alternado ovino-caprino. **Livestock Research for Rural Development**, Colômbia, v. 19, n. 1, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/531889/1/CNPC2007Disponibilidade.pdf>. Acesso em: 08. jun. 2019.

PETRICCIONE, M. **Infiammabilità della lettiera 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.

PIMENTEL, J. C. M.; ARAUJO FILHO, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CRISPIM, S. M. A.; SILVA, S. M. S. Composição botânica da dieta de ovinos em área de caatinga raleada no sertão do Ceará. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, 211-223p. 1992. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41943/1/API-Composicao-botanica.pdf>. Acesso em: 07. jun. 2019.

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul**. In: LEAL, R. I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 823p.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O. Physiological responses of *Cnidioscolus quercifolius* Pohl in semi-arid conditions. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá-MT, v.6, n.1, 493-499p. 2019. Disponível em:

<http://www.periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/5735/pdf>. Acesso em: 09. jun. 2019.

RAMOS, Y. A.; SILVA, A. D. P.; OLIVEIRA, R. R. A.; FORTES, R. A.; SILVA, F. C. S.; BATISTA, A. C.; GIONGO, M.; COELHO, M. C. B. Avaliação da inflamabilidade de seis espécies nativas na região sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 4, 443-448p. 2019. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/7794>. Acesso em: 19. jul. 2021.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, 381-392p. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/jkprVJMw5mKbKjd9G4xyQ4p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05. jul. 2021.

RIBEIRO, T.O.; SOUTO, P.C.; SOUZA, B.V.; SOUTO, J.S.; Maracajá, P.B. Floor quantification of fuel on the forest in the semiarid region of Paraíba, Brazil. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, 50- 59p. 2012. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1247/1156>. Acesso em: 14. jul. 2021.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; LINS-E-SILVA, A. C. B. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, p. 209-217, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/5VPL49Zv4fXVVJ4GFHMDS8r/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26. mar. 2019.

ROTHERMEL, R.C. **A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels**. Odgen: U.S. Forest Service, 1972. 41 p. Disponível em:

https://www.fs.fed.us/rm/pubs_int/int_rp115.pdf. Acesso em: 05. jul. 2021.

SANTANA, J. A. S.; ARAUJO, I. M. M.; SENA, C. M.; PIMENTA, A. S.; FONSECA, F. C. E. Determinação dos períodos críticos de ocorrência de incêndios florestais na Estação Ecológica Do Seridó, Serra Negra Do Norte – RN. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 24, n.

1, 43-47p. 2011. Disponível em:
<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/issue/view/76>. Acesso em: 12. jun. 2019.

SANTANA, J. A. S.; SANTANA JUNIOR, J. A. S.; BARRETO, W. S.; FERREIRA, A. T. S. Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v. 36, n. 88, 355-361p. 2016. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1002/526>. Acesso em: 08. jun. 2019.

SANTOS, J. F. **Estatísticas de incêndios florestais em áreas Protegidas no período de 1998 a 2002**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. 76f. 2004. Disponível em: http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_ms/2004/d397_0553-M.pdf. Acesso em: 08. ago. 2019.

SHAKESBY, R.A.; DOERR, S. H. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. **Earth Science Reviews**. n.74, p.269-307, 2006. Disponível em:
https://postfiresw.info/sites/postfiresw.info/files/Shakesby_Doerr_2006.pdf. Acesso em: 14. mai. 2019.

SILVA, M. A.; LIMA, J. L. S. Forrageiras nativas do trópico Semi-árido. **Revista Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife-PE, v. 4, 5-19p. 1980. Disponível em:
https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/133326/1/Pesq.AgropecuariaPernambucana_v4p.5191980.pdf. Acesso em: 07. jun. 2019.

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, 2000. Anais... Viçosa-MG, 2000. 1-3p.

SILVA, R. M. A. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e Estado**, Brasília-DF, v. 18, n. 1/2, 361-385p. 2003. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/se/v18n1-2/v18n1a16.pdf>. Acesso em: 08. jun. 2019.

SILVA, N. C. G.; SANTIAGO, F. S.; RIBEIRO, G. A.; JALFIM, F. T.; BLACKBURN, R. M. **Análise da Biodiversidade Arbórea em Manejo de Caatinga para fins Apícolas no Assentamento Renascer, Sertão do Cariri – PB**. Recife-PE, 7p. 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11700313-Analysis-of-the-management-of-biodiversity-in-arboreal-caatinga-bee-in-settlement-purposes-renascer-sertao-of-cariri-pb.html>. Acesso em: 10. jun. 2019.

SILVA, E. S.; MACHADO, M. A. B. L.; ALBUQUERQUE, K. A. D. Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook F. Ex S. Moore sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. **Revista Ouricuri**, Juazeiro-BA, v. 8, n. 2, 10-25p. 2018. Disponível em:
<http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/4089/3676>. Acesso em: 09. jun. 2019.

SILVA NETO, F. R. G. **Quantificação do material combustível florestal e comportamento do fogo de diferentes ambientes na Paraíba**. 2017. 46f. Monografia

(Graduação) Curso de Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos – PB, 2017. Disponível em: http://www.cstrold.sti.ufcg.edu.br/grad_eng_florest/monografias_uafef/periodo_2017_1/2_franccisco_rufino_gomes_da_silva_netto.pdf. Acesso em: 07. jul. 2021.

SIMIANO, L. F.; BAUMEL, L. F. S. **Manual de prevenção e combate a princípios de incêndio: Módulo VI**. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – Brigadas Escolares, Defesa Civil na Escola. Paraná, 2013. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_cobateincendios.pdf. Acesso em: 12. jun. 2019.

SOARES, R. V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus spp* na região de Sacramento (MG). **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 10, n. 1, 48-62p. 1979. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6242/4454>. Acesso em: 11. jun. 2019.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. UFPR. 264p. 2007.

SOUSA, R. R.; LEAO, E. U.; VELOSO, R. A.; GIONGO, M.; SANTOS, G. R. Impacto da queima da vegetação do Cerrado sobre fungos habitantes do solo. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 29, n. 2, 965-974p; 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22614/pdf>. Acesso em: 08. ago. 2019.

SOUZA, A. P.; COSTA, F. C. P.; ALENCAR, R. F.; LIMA, S. F. B. Exploração e utilização do potencial madeireiro da Caatinga no município de Aurora–estado do Ceará. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, Cajazeiras-PB, v. 2, n. 2, 158-168p. 2018. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/RPECEN/article/view/1070/442>. Acesso em: 10. jun. 2019.

SOUZA, M. A.; VALE, A. T. Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de Cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 29, n. 1, 181-192p. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22416/pdf>. Acesso em: 08. ago. 2019.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, 162-171p. 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15426/8724>. Acesso em: 08. jun. 2021.

TORRES, F. T. P.; SILVA JÚNIOR, M. R.; LIMA, G. S. Influência dos elementos meteorológicos sobre o comportamento do fogo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 1, 33-41p. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/RLWTSJVpgqRcrjshQCxksdb/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 01. jul. 2021

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

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, 2020. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.004.0001/2063>. Acesso em: 03. jul. 2021.

VIEIRA, A. C.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; GUIMARÃES, M. C.; FREITAS, M. S.; PECORARO, D. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, 1703-1711p. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233918/27402> Acesso em: 28. jun. 2021.

WEIR, J.R.; LAMB, R.F, Seasonal variation in flammability characteristics of *Quercus marilandica* and *Quercus stellata* leaf litter burned in the laboratory. **Fire Ecol.** 2014. 9:80–8.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da eficiência dos índices de perigo de ocorrência de incêndios florestais para o Parque Nacional Serra De Itabaiana, Sergipe. In: **Pensar a (in)sustentabilidade: Desafios à pesquisa**. Porto Alegre: Redes Editora, 197-209p. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273490061_ANALISE_DA_EFICIENCIA_DOS_INDICES_DE_PERIGO_DE_OCORRENCIA_DE_INCENDIOS_FLORESTAIS_PARA_O_PARQUE_NACIONAL_SERRA_DE_ITABAIANA_SERGIPE/link/550484220cf231de0773d5ae/download. Acesso em: 15. jul. 2021.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté-SP, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/528/1/AnaliseIncendiosFlorestais.pdf>. Acesso em: 25. mar. 2019.

WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T.; FERNANDES, P. A. M. Development of a fire danger index for Eucalypt plantations in the Northern Coast of Bahia, Brazil. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 43, n. 4, 601-610p. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261171573_Development_of_a_fire_danger_index_for_eucalypt_plantations_in_the_Northern_Coast_of_Bahia_Brazil. Acesso em: 30. mar. 2019.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. Caracterização do material combustível e simulação do comportamento do fogo em eucaliptais no litoral norte da Bahia, Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v. 44, n. 1, p. 33 - 42, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/32977/22120>. Acesso em: 12. jun. 2019.

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-RS, v. 24, n. 3, 699-706p. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v24n3/0103-9954-cflo-24-03-00699.pdf>. Acesso em: 11. jun. 2019.

WHITE, B. L. A.; SILVA, M. F. A. Variações microclimáticas e perigo de ocorrência de incêndios florestais em fragmentos de Mata Atlântica no município de São Cristóvão,

Sergipe. **Revista Nativa**, v. 6, n. especial, 729-736p. 2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/5798>. Acesso em: 15. jul. 2021.

ZEA, J. D. C.; SOUTO, J. S.; LEONARDO, F. A. P.; SOUSA, F. Q.; DAMASCENO, M. M.; AMADOR, V. C. **Densidade e características agronômicas do capim panasco (*Aristida longifolia*) em área de caatinga degradada**. In: I Congresso de Agroecologia do Semiárido. Anais... VII Simpósio Brasileiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Mossoró/RN. 2015. 12p.