



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS – PB**

FRANCISCO RUFINO GOMES DA SILVA NETO

**INFLAMABILIDADE DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS DE DIFERENTES
FITOFISIONOMIAS NA PARAÍBA, BRASIL**

**PATOS – PARAÍBA – BRASIL
AGOSTO – 2017**

FRANCISCO RUFINO GOMES DA SILVA NETO

**INFLAMABILIDADE DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS DE DIFERENTES
FITOFISIONOMIAS NA PARAÍBA, BRASIL**

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Prof^ª.Dr^ª. Patrícia Carneiro Souto

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

AGOSTO – 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA DO CSTR

S586i Silva Filho, Francisco Rufino Gomes da
Inflamabilidade de materiais combustíveis de diferentes
fitofisionomias na Paraíba, Brasil / Francisco Rufino Gomes
da Silva Filho – Patos, 2017.
45f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e
Tecnologia Rural, 2017.

“Orientação: Profa. Dra. Patrícia Carneiro Souto.”

Referências.

1. Combustível florestal. 2. Comportamento do fogo. 3.
Vegetação da Caatinga. I. Título.

CDU 630*2

FRANCISCO RUFINO GOMES DA SILVA NETO

**INFLAMABILIDADE DE MATERIAIS COMBUSTÍVEIS DE DIFERENTES
FITOFISIONOMIAS NA PARAÍBA, BRASIL**

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos/PB, como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Florestal.

Aprovada em: 21/08/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Carneiro Souto (UAEF/UFCG)
(Orientadora)

Prof. Jacob Silva Souto (UAEF/UFCG)
1^º Examinador

Prof. Flávio Ciprano de Assis do Carmo (UAEF/UFCG)
2^º Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao grande arquiteto do universo que é Deus, a Jesus e à Maria por terem sido a minha rocha, que nos momentos de difíceis estiveram comigo o tempo todo sendo o meu pilar, o meu socorro e que toda honra e toda glória seja para Deus.

Aos meus amados e preciosos pais Brígida do Socorro Martins Rufino e Francisco Marques Rufino que sempre estiveram me confortando e segurando (não precisa deste termo) em todos os momentos.

Às minhas queridas irmãs Mirelle, Milena e Maria das Neves; aos meus amados sobrinhos Luis Otávio, Pedro Henrique, Maria Luisa e Ana Lorena que está para chegar a esse mundo e a todos os meus tios.

À minha amada noiva Jéssica Barbosa que foi muito importante durante a minha graduação.

Aos professores que me tornaram um bom profissional para toda a vida, em especial, a professora Patrícia Carneiro Souto, que me guiou com dedicação e orientação na execução da pesquisa.

Aos meus amigos professores Paulo Basto e Jair Moisés com quem criei laços fraternais.

Aos meus amigos de infância Vinicius Sobral e Júlio César que até hoje acompanham a minha jornada.

A todos os meus colegas de curso que serão ótimos profissionais. A todos os funcionários da UFCG, *campus* de Patos que me confortaram com o seu digno trabalho.

Um agradecimento especial ao amigo José Fraga que se encontra na Morada Eterna.

RESUMO

Os incêndios florestais se propagam através da queima do material combustível que se distribui no piso florestal, principalmente as folhas. O estudo objetivou avaliar a inflamabilidade do material combustível produzido em diferentes fitofisionomias na Paraíba. Para isso foram coletadas folhas, ramos e serapilheira em área de caatinga, Mata Atlântica e plantio de *Pinus* localizados em diferentes regiões da Paraíba. A inflamabilidade foi avaliada através de observações das variáveis velocidade de propagação e intensidade do fogo em queimas experimentais de parcelas de 1 m². Para isso foram testados sete diferentes materiais combustíveis que constituíram os tratamentos: T1- capim panasco; T2- craibeira; T3- juazeiro; T4- marmeleiro; T5- oiticica; T6- serapilheira e T7- *Pinus* (testemunha). Os resultados revelaram que a intensidade do fogo no tratamento com capim panasco diferiu dos demais, com 127,48 kW m⁻¹, valor cerca de 41% a mais que o tratamento com *Pinus*. Conclui-se que a velocidade de propagação e intensidade do fogo foi maior no tratamento com capim panasco e sua presença em áreas de caatinga cria um mosaico de alta inflamabilidade.

Palavras-chave: Combustível florestal. Capim panasco. Caatinga

ABSTRACT

The fires spread through the burning of combustible material that is distributed in the forest floor, especially the leaves. The study aimed to evaluate the flammability of combustible material produced in different physiognomies in Paraíba state, Brazil. For this reason we collected leaves, branches and leaf litter in an area of caatinga forest, Atlantic forest and plantation of pine trees located in different regions of the Paraíba. The flammability was assessed through observations of variables propagation speed and intensity of the fire in burns in experimental plots of 1.0 m². For this reason were tested seven different combustible materials that constituted the following materials: T1- panasco grass; T2- craibeira; T3- juazeiro; T4- marmeleiro; T5- oiticica; T6- litter and T7- *Pinus* (control). The results showed that the intensity of the fire in treatment with panasco grass differ from the others, with 127.48 kW m⁻¹, a value approximately 41% more than the treatment with *Pinus* (control). It is concluded that the rate of spread and intensity of the fire was higher in the treatment with panasco grass and its presence in areas of caatinga creates a mosaic of high flammability.

Keywords: Forest fuel. Panasco grass. Caatinga forest

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pesagem (A) e organização do material combustível em parcelas (B) para posterior queima	22
Figura 2 - Termohigrômetro (A) e anemômetro (B), utilizados para determinação das variáveis climáticas antes da queima	23
Figura 3 - Medição da espessura da pilha antes da queima do material combustível.....	24
Figura 4 - Medição da temperatura do solo antes (A) e após a queima do material combustível (B) utilizando o termômetro digital.....	26
Figura 5 - Valores médios ($p < 0,05$) do aumento da temperatura do solo após a queima dos materiais combustíveis.....	31
Figura 6 - Valores médios ($p < 0,05$) da espessura da amostra do material combustível na parcela experimental	34
Figura 7 - Folha da oiticica (<i>Licania rigida</i> Benth) antes da queima (A), carbonizada (B) e fragmentada (C)	35
Figura 8 - Altura da chama na queima de diferentes materiais combustíveis	36
Figura 9 - Tempo médio ($p < 0,10$) para a extinção total da chama nas parcelas experimentais	38
Figura 10 - Pilhas de material combustível após a queima dos tratamentos	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Esquema de análise de variância para os diferentes materiais combustíveis	22
Quadro 2 - Condições meteorológicas durante a realização da queima dos diferentes materiais combustíveis.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela - Classificação da velocidade de propagação do fogo	25
Tabela 2 - Umidade dos diferentes materiais combustíveis utilizados na queima	28
Tabela 3 - Temperatura do solo com a queima dos diferentes materiais combustíveis	30
Tabela 4 - Médias para as variáveis do comportamento do fogo ($p < 0,05$), durante a queima dos materiais combustíveis	32

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Fitofisionomias do Brasil	15
2.1.1 Bioma Caatinga	15
2.1.2 Bioma Mata Atlântica	17
2.1.3 As florestas plantadas	17
2.2 Incêndios florestais: agente transformador do ambiente	18
2.3 Material combustível florestal	19
2.4 Comportamentos do fogo	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Local da pesquisa e coleta dos materiais combustíveis	22
3.2 Organização dos materiais combustíveis e tratamentos	22
3.3 Procedimento de queima dos materiais combustíveis	23
3.3.1 Avaliação do comportamento do fogo	24
3.3.2 Determinação do conteúdo de água dos materiais combustíveis ..	27
3.4 Análises estatísticas	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O fogo é considerado um dos maiores agentes transformadores do ambiente e o seu estudo transversaliza diversas ciências, desde a história até as engenharias. Nas ciências naturais, o fogo é um elemento natural essencial na formação e preservação de vários ecossistemas, contudo, em áreas alteradas pelo homem, os incêndios florestais têm causado sérios danos ecológicos, sociais e econômicos (SOARES, 2000; TEBALDI et al., 2013).

O incêndio florestal, diferente da queima, é um fogo não controlado em uma área de floresta que se propaga por condições fornecidas pelo material combustível, condições climáticas, topografia e o tipo da vegetação (SOARES; BATISTA, 2007). Atualmente, os riscos de incêndios têm crescido em diferentes países em virtude do acúmulo de material combustível, do aumento populacional e suas atividades (TETTO et al., 2015).

O material combustível é toda matéria orgânica, viva ou morta, presente na floresta capaz de entrar em combustão e queimar. O tipo do material influencia na intensidade do calor, na facilidade de ignição e na velocidade de propagação do fogo. (WHITE et al, 2014). Segundo Batista e Biondi (2009), na vegetação nativa, podem-se encontrar espécies não inflamáveis (ou de baixa inflamabilidade) que, por suas características, ofereçam resistência à propagação do fogo.

O comportamento do fogo indica as medidas e técnicas que podem ser utilizadas para prevenir e mitigar os incêndios, pois englobam diversas características, como a intensidade do fogo, a velocidade de propagação, o comprimento das chamas, a direção do incêndio, a área consumida pelo fogo, entre outras variáveis (CAMARGOS et al., 2015).

Conhecer as características de materiais combustíveis presentes nas diferentes fitofisionomias do meio como o teor de umidade, o tipo de folha, espessuras de galhos, a composição química e sua forma de distribuição no solo permitirá o manejo adequado desse material nas diferentes épocas do ano contribuindo, assim, com o melhor manejo dos resíduos e adequação no planejamento de atividades de prevenção e combate ao fogo.

As condições climáticas estão fortemente associadas aos fatores de propagação dos incêndios: a temperatura do ar influencia na temperatura de ignição do material combustível que varia entre 260 a 400°C; a umidade relativa do ar

controla a inflamabilidade dos materiais por determinar se o material estará disponível para a queima. Geralmente, quando a umidade relativa do ar desce para 30%, torna-se difícil combater o incêndio; o vento por ser muito imprevisível; e a precipitação (SOARES; BATISTA, 2007; SORIANO et al, 2015).

Assim, diante do exposto, surge o questionamento: diferentes fitofisionomias vegetais nativas ou plantadas produzem material combustível que, quando queimado, apresentam o mesmo comportamento do fogo? O conhecimento do comportamento do fogo em diferentes materiais combustíveis facilitará o combate caso ocorra um incêndio florestal?

O presente estudo objetivou, portanto, avaliar a inflamabilidade do material combustível produzido em diferentes fitofisionomias na Paraíba.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fitofisionomias do Brasil

2.1.1 Bioma Caatinga

Devido ao aspecto da vegetação durante a estação seca que, além da perda das folhas, mantém troncos e galhos embranquecidos e brilhantes, o bioma caatinga é também denominado de “mata branca”, termo de origem Tupi guarani. O domínio das Caatingas estende-se de 2°54' a 17°21' S (estimada em cerca de 800.000 km²) e inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa em Minas Gerais seguindo o rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (PRADO, 2003).

A caatinga é a vegetação predominante na região semiárida do Nordeste que apresenta uma diversidade de plantas distribuídas em várias famílias botânicas. As espécies vegetais que compõem a caatinga apresentam particularidades específicas em função dos diferentes extratos vegetativos (herbáceo, arbustivo e arbóreo), clima, solo e topografia nas regiões do Nordeste brasileiro, suportando baixas precipitações (SOUZA et al., 2013).

Abílio e Florentino (2014) afirmam que o bioma Caatinga tem estrutura funcional própria, dinâmica e autorreguladora, conforme ocorre em outros biomas que constituem a biosfera. Contudo, as constantes ações humanas vêm interferindo e alterando seu caráter retroalimentador, sendo constantes os flagrantes de destruição sobre as bases de sustentação da vida nas diferentes áreas desse bioma.

Gramínea anual de colmos finos e retos, o capim-panasco (*Aristida adscensionis* L.) se ramifica a partir da base, com folhas estreitas e delicadas, podendo alcançar até 90 cm de altura. É uma espécie muito resistente, indicadora de solos degradados, com distribuição em extensas áreas do semiárido brasileiro. Sua presença em solos de melhor aptidão agrícola é um indicativo, quase sempre, da redução nos teores de nutrientes, com reflexo na fertilidade do solo (SILVA et al., 2000).

Para Ferreira e Cunha (2000), a craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore)) é uma espécie perenifólia da caatinga de porte

elevado e grande diâmetro de sombra sob a copa. Essa espécie, segundo Capuzo (2011), devido à sua composição florística, é bem aproveitada em projetos de recuperação de áreas degradadas, destacando-se, ainda, no aspecto socioeconômico, onde é utilizada para fins medicinais, madeireiros e ornamentais.

Espécie endêmica da caatinga o *Ziziphus joazeiro* Mart., pertencente à família das Rhamnaceae, é típico dos sertões nordestinos e se destaca na paisagem por sua copa globosa a subglobosa de cor verde escuro. É uma espécie perenifólia, que mantém sua folhagem mesmo durante secas muito prolongadas. É uma árvore de lento crescimento e de vida longa, podendo passar de 100 anos, apesar de não ser considerada como espécie florestal (MONIZ, 2002). De acordo com Dantas et al. (2014), o juazeiro apresenta grande importância econômica e biológica, devido, principalmente, a suas propriedades medicinais. É uma árvore bastante conhecida no semiárido nordestino, cujos frutos apresentam propriedades nutricionais e podem, inclusive, ser utilizados para a alimentação humana.

Conhecido popularmente como marmeleiro preto ou marmeleiro escuro, devido ao seu tronco e ramos com aspecto geralmente escuro, o *Croton sonderianus* Müell. Arg., segundo Oliveira (2008) é o mais abundante dos marmeleiros encontrados na caatinga nordestina, podendo apresentar-se como arbusto, nas capoeiras do sertão, ou árvore, quando cresce nas matas. De acordo com Silva (2006) essa espécie pertence à família Euphorbiaceae, e é muito utilizada para a produção de lenha e carvão juntamente com outras espécies do gênero que são produtoras de excelente madeira. O marmeleiro fornece madeira para diversos usos e é considerado uma espécie pioneira e indicadora de áreas em recuperação após desmatamentos (SANTANA; SOUTO, 2006).

Licania rigida Benth, da família Chrysobalanaceae, conhecida popularmente como oiticica, é uma árvore perene, sempre verde, boa produtora de sementes de onde se extrai alto percentual de óleo. Essa espécie é encontrada às margens de rios e riachos temporários (LORENZI; MATOS, 2002). É de grande importância no aspecto ambiental por ser uma arbórea perene, sempre verde que preserva as margens dos rios e riachos temporários na região da caatinga. (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Pereira et al. (2015), a oiticica é uma espécie típica de matas ciliares da caatinga e sua amêndoa constitui cerca de 70 % do fruto e contém de 60 a 63 % de óleo em sua composição química.

Henriques et al (2016) salientam que a vegetação da caatinga apresenta, em sua maioria, espécies caducifólias que perdem toda ou parcialmente a folhagem como mecanismo fisiológico de adaptação aos períodos prolongados de estiagem e déficit hídrico no solo. Esse material orgânico sobre a superfície do solo forma uma camada de resíduos, que vai ser decomposto pelos organismos do solo, sendo de grande importância para a ciclagem de nutrientes e a manutenção da umidade e atividade biológica da área.

No entanto, Batista e Biondi (2009) ressaltam que o material superficial depositado no solo, decorrente da queda natural dos galhos e das folhas mortas das árvores pode influenciar na propagação do fogo no ambiente.

2.1.2 Bioma Mata Atlântica

O bioma Mata Atlântica é uma formação vegetal que recebe esse nome devido a se encontrar na área litorânea mais próxima do Oceano Atlântico. Ela estende-se do estado do Piauí ao Rio Grande do Sul e sua extensão é de aproximadamente 100 mil km². É nesse território que habita a maior parte da população brasileira com cerca de 115 milhões de pessoas, correspondendo a 61% dos habitantes do Brasil (IBGE, 2012).

A Paraíba possui poucos remanescentes de Mata Atlântica e a Reser 14 Ecológica Estadual da Mata do Pau Ferro (REEMPF), instituída pelo decreto Lei nº 14.832, datado de 19/10/1992, localizada na Mesorregião do Agreste Paraibano, situado no município de Areia, é um dos poucos que ainda resiste à ação antrópica. Atualmente, estima-se que menos de 2% das áreas remanescentes de Mata Atlântica estão protegidas em unidades de conservação oficiais (SILVA, 2007).

2.1.3 As florestas plantadas

Em 2014, as florestas plantadas no Brasil atingiram 7,74 milhões de hectares, o que representa um crescimento de 18% em comparação ao registrado em 2013. Deste total, os plantios de *Pinus sp.* se destacam na região Sul do Brasil, com 42,4% plantados no Paraná e 34,1% em Santa Catarina, representando as duas maiores áreas de plantio do Brasil, destinadas à produção de celulose, papel, madeira

serrada ou reconstituída e biomassa para energia (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015).

Segundo Camargos et al. (2015) em florestas homogêneas, como as de coníferas, grande quantidade de resina, lignina e celulose das espécies propicia um aumento da energia liberada.

Para Fiedler et al. (2015), um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas florestais é a ocorrência dos incêndios florestais. Esses incêndios, na maior parte das vezes, são criminosos, em que há a intenção de propagar o fogo por plantios florestais, causando prejuízos ambientais e econômicos.

2.2 Incêndios florestais: agente transformador do ambiente

Incêndio florestal é um termo utilizado para a definição de um fogo incontrolado que propaga livremente, consumindo os diversos tipos de materiais combustíveis existentes dentro de uma floresta. Um incêndio florestal não deve ser confundido com a queima controlada, que é a prática de utilizar o fogo em uma determinada área, e condições climáticas, umidade de combustão, umidade de solo e dentre outras, produzindo a intensidade de calor e a taxa de propagação, necessários para o favorecimento de alguns objetivos de manejo (SOARES, 1985).

Para Mesa (2017), os incêndios florestais são reconhecidos como uma das principais causas da perda das florestas, as quais são ecossistemas terrestres de grande importância para os homens e também para outros seres vivos que delas dependem para sua subsistência. A ocorrência dos incêndios florestais leva a consequências negativas, com perdas muitas vezes irreparáveis de espécies da flora, afetando também os representantes da vida selvagem que tendem a ser deslocados dos lugares em que vivem ou até mesmo serem atingidos pelo fogo ou pela inalação de fumaça. Além disso, acrescentam-se as perdas econômicas de espécies florestais e a necessidade do combate ao fogo.

Segundo Kovalsyki et al. (2016) os incêndios florestais, principalmente os de grande magnitude, causam prejuízos econômicos, ecológicos e paisagísticos, além de ameaçarem a vida humana.

A elevada ocorrência de incêndios florestais pode ocasionar danos ainda não mensuráveis aos ambientes naturais. A ocorrência de fogo sem supervisão nos ecossistemas constitui um risco de comprometimento dessas áreas, podendo

ocasionar perdas irrecuperáveis em diversidades biológicas e também prejuízos sociais e econômicos. Portanto, conhecer as características da área e as condições propícias à ocorrência de incêndio pode auxiliar na prevenção e no planejamento de ações de combate (PRUDENTE; ROSA, 2016).

Batista e Biondi (2009) relatam que os incêndios florestais são importantes causadores de danos às florestas e demais tipos de vegetação. Porém, existem algumas técnicas e medidas que podem ser adotadas para evitar e/ou reduzir os danos causados pelos incêndios ao meio ambiente, através da prevenção das fontes de ignição e prevenção da propagação do fogo. As cortinas de segurança com espécies vegetais de baixa inflamabilidade são utilizadas para impedir ou reduzir a propagação do fogo de uma área para outra, sendo uma técnica silvicultural preventiva simples e eficaz, principalmente para grandes extensões de áreas reflorestadas com espécies altamente combustíveis, como as coníferas, por exemplo.

Como a maioria dos incêndios florestais são ocasionados pelo homem, intencionalmente ou não, ações educativas são necessárias e importantes para reduzir as ocorrências, como também a implantação de leis mais rigorosas, até mesmo da proibição de acesso público em áreas consideradas de maior risco (PRUDENTE; ROSA, 2016).

2.3 Material combustível florestal

Sendo um dos componentes do triângulo do fogo, o material combustível é o fator fundamental para a propagação e ocorrência dos incêndios florestais. Sem o material combustível não haveria o fogo. Em uma floresta, existe grande quantidade de combustível em potencial (SOARES, 1979).

Os combustíveis considerados superficiais são os que estão localizados no piso da floresta, até 1,80 m de altura, compreendidos como folhas, galhos, troncos e demais materiais encontrados neste intervalo. Os combustíveis subterrâneos são os materiais encontrados abaixo da superfície da floresta, como raízes de árvores, húmus, madeira em decomposição, turfa, entre outros (BATISTA, 1990).

A quantidade de combustível vegetal disponível em uma área constitui um parâmetro essencial para o cálculo da suscetibilidade da área ao fogo. Medidas

diretas da umidade de vegetação são complexas e requerem custosas amostragens espaciais (PRUDENTE; ROSA, 2016).

Ribeiro et al. (2012) ao avaliar o tipo e a quantidade de material combustível presente no piso florestal em área de Caatinga na Reserva Particular do Patrimônio Natural, município de Santa Terezinha, verificaram que, nesse ambiente, no período seco da região, há maior concentração de galhos, cascas, colmos, resinas, que irão influenciar na velocidade de propagação do fogo.

Yebra et al. (2006) afirmam que o conhecimento da umidade dos materiais combustíveis é importante para estimar parâmetros ligados ao comportamento do fogo, como, por exemplo, intensidade e velocidade de propagação; isso torna um fator decisivo na obtenção de bons resultados na queima controlada. Esses são um dos fatores importantes a serem analisados para estimativa do risco de incêndios florestais.

A quantidade de material combustível em uma floresta varia bastante, o que depende da idade e do tipo de floresta existente no sítio. A estimativa da quantidade de combustível é fator importante quando se fala em planos de controle e prevenção de incêndio, e que interfere na intensidade do fogo (SOARES, 1979).

2.4 Comportamentos do fogo

O comportamento do fogo, segundo Batista (1995), é o resultado da interação entre clima e condições do combustível, topografia, técnica de queima e forma de ignição. Medidas do comportamento do fogo são úteis para comparar queimas, para o planejamento da supressão e para estimar os efeitos do fogo. Além disso, o termo comportamento do fogo tem sido usado por inúmeros autores para descrever as condições das queimas controladas em povoamentos florestais.

A partir do crescimento do setor florestal e, conseqüentemente, do valor econômico associado à madeira de florestas nativas e reflorestamento, estudos sobre o comportamento do fogo começaram a ser realizados (TETTO, 2012; WHITE et al., 2014) em busca de compreender quais fatores são primordiais para o início, propagação e dificuldade para combater os incêndios (BATISTA et al. 2013).

Soares (2000) ressalta que se torna difícil controlar o processo de combustão do material florestal. Por ser sólido, o combustível florestal precisa ser convertido para o estado gasoso para, então, poder iniciar a sua ignição.

O fogo tem a sua duração governada por leis e princípios básicos da combustão. É importante estudar os princípios para melhor compreender o comportamento do fogo, o triângulo do fogo e as fases da combustão nos materiais combustíveis (SOARES; BATISTA, 2007).

O estudo do comportamento do fogo permitiu compreender fatores importantes como o início e a extinção do incêndio. No comportamento do fogo, existem algumas variáveis que são: taxa de propagação, intensidade do fogo, energia libertada e tempo de residência e outras variáveis como temperaturas alcançadas nas zonas de combustão e altura de crestamento letal, onde essas variáveis descrevem aspectos do comportamento do fogo associado aos efeitos produzidos no ecossistema florestal (SOARES, 2000).

O desenvolvimento de pesquisas que levam a conhecer as inter-relações entre a técnica e a periodicidade de queima, as condições meteorológicas e o material combustível e, principalmente, o efeito causador nos diferentes biomas, é fundamental, uma vez que a resposta ao fogo de qualquer elemento da biota dependerá do seu comportamento. Ressalta-se ainda que, as condições meteorológicas locais influenciaram muito o comportamento do fogo sendo decisivas na avaliação das variáveis como intensidade, propagação e calor liberado, uma vez que atuam diretamente sobre a umidade do material combustível (CAMARGOS et al., 2015).

Uma das dificuldades em implantar cortinas de segurança é a identificação de espécies adequadas para a formação dessas estruturas. Estudar as características de inflamabilidade de espécies florestais possibilita o aprofundamento do conhecimento sobre o seu uso potencial na implantação de cortinas de segurança para redução da propagação do fogo na área, minimizando os danos ambientais (BATISTA; BIONDI, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da pesquisa e coleta dos materiais combustíveis

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Saúde e Tecnologia Rural/UFCG, *campus* de Patos-PB. Materiais combustíveis depositados na superfície do solo em diferentes fitofisionomias ocorrentes no Estado da Paraíba foram coletados, a saber: material proveniente do bioma Mata Atlântica sendo este coletado na Reserva Ecológica Mata do Pau Ferro, município de Areia-PB onde também foi coletado material combustível depositado na superfície do solo de um povoamento de *Pinus* sp; material combustível em área de Caatinga preservada, coletado na RPPN Fazenda Tamanduá, município de Santa Terezinha e de espécies ocorrentes na caatinga na microrregião de Patos-PB, como capim panasco (*Aristida adscensionis* L.), craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Martius), marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell.Arg.), oiticica (*Licania rigida* Benth). O material combustível coletado em cada local foi acondicionado em sacos de 60 kg, recolhendo quantidade suficiente para suprir o teste de inflamabilidade para cada espécie.

3.2 Organização dos materiais combustíveis e tratamentos

Após a coleta do material combustível constituído de ramos finos e folhas e as acículas de *Pinus*, que foi espalhado em ambiente com circulação de ar para secagem natural, separando cuidadosamente cada espécie.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram na utilização de material combustível proveniente de: 1) capim panasco; 2) craibeira; 3) juazeiro; 4) marmeleiro; 5) oiticica; 6) serapilheira e 7) pinus (controle).

O esquema de análise de variância para o experimento se encontra no quadro 1.

Quadro 1 - Esquema de análise de variância para os diferentes materiais combustíveis

Fonte de variação	Graus de liberdade
Materiais combustíveis	6
Resíduo	14
Total	20

A escolha do *Pinus* como testemunha é devido à sua alta inflamabilidade, reportada em diversos estudos relacionados ao comportamento do fogo.

3.3 Procedimento de queima dos materiais combustíveis

A queima dos materiais combustíveis foi realizada em área plana do Viveiro Florestal/UFCG, em Patos-PB. Inicialmente foi pesado 1,0 kg de material combustível de cada tratamento com suas repetições, utilizando para isso uma balança digital (Figura 1A) e, com ajuda de um gabarito foram montadas as parcelas de 1m x 1m (1m²), contendo uma carga de 1,0 kg m⁻² para cada tratamento (Figura 1B).

Figura 1 - Pesagem (A) e organização do material combustível em parcelas (B) para posterior queima.

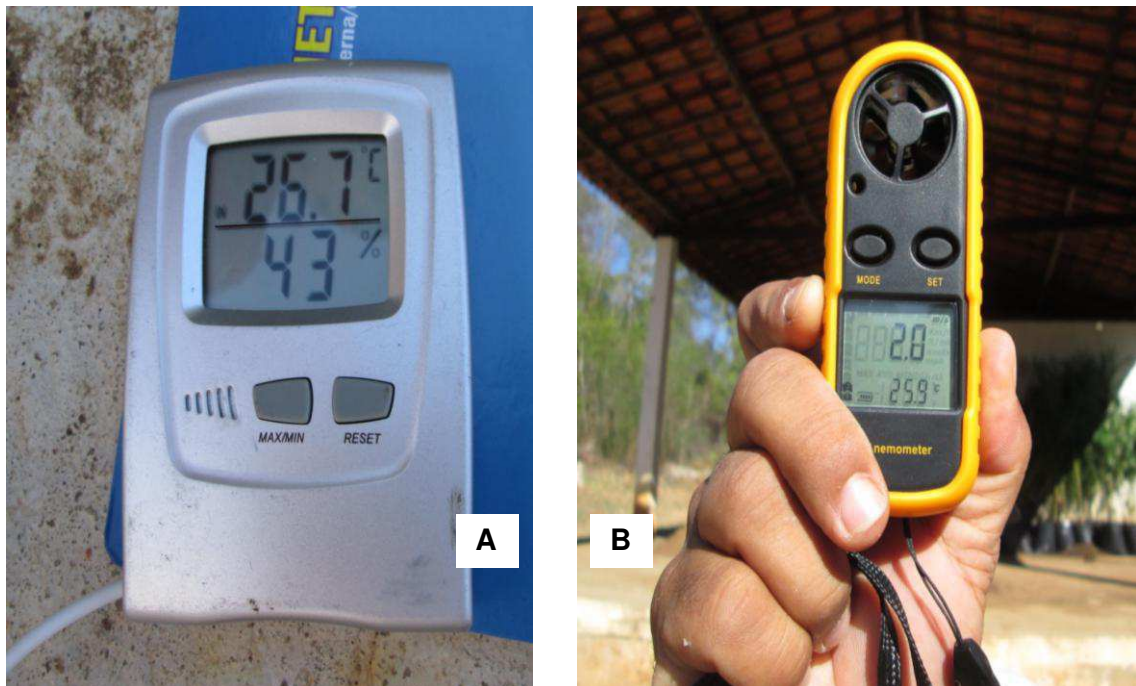


Fonte: Silva Neto (2017)

3.3.1 Avaliação do comportamento do fogo

Antes da realização da queima foi verificada a temperatura e umidade relativa do ar utilizando o termohigrômetro digital e a velocidade do vento com anemômetro digital (Figura 2).

Figura 2 - Termohigrômetro (A) e anemômetro (B), utilizados para determinação das variáveis climáticas antes da queima.



Fonte: Silva Neto (2017)

Após a organização das parcelas foi medida à espessura de cada pilha com auxílio de uma trena (Figura 3). Em seguida foram realizadas as queimas, sendo observada a taxa de propagação e altura das chamas. Outros parâmetros do fogo como velocidade de propagação e intensidade foram estimados através de procedimentos padrões adotados internacionalmente (Rothermel, 1983; Rothermel; Deeming, 1980).

Figura 3 - Medição da espessura da pilha antes da queima do material combustível.



Fonte: Silva Neto (2017)

A intensidade de queima foi calculada pela equação de Byram (1959). De acordo com Fiedler et al. (2015) a intensidade de queima é uma importante variável para se entender o comportamento do fogo e está diretamente associada à reação da combustão. Por ter relação direta com a velocidade de propagação do fogo, observa-se que, quanto mais rápido o avanço do fogo, maior a quantidade de energia liberada para o ambiente e mais rapidamente acontece a combustão do material. A determinação dessa variável obtida pela seguinte equação:

$$I = H \cdot w \cdot r$$

Onde:

I= intensidade de queima (kcal m s^{-1});

H= poder calorífico do material combustível (utilizado o valor de referência de 4.000 kcal);

w= carga de material combustível disponível (kg m^{-2});

r= velocidade de propagação do fogo (m s^{-1}).

Foi também avaliado o índice de combustão, e conforme Neves (2016) é uma média baseada na análise das imagens dos vídeos de cada amostra que entrou em ignição, sendo registrada a altura máxima que a chama atingiu. A medição das chamas em cada parcela foi realizada com uma vara graduada de modo a aferir a altura máxima atingida durante a queima. Todo o processo de queima foi gravado e fotografado de modo a permitir, posteriormente, registrar as medidas.

Para determinar a velocidade de propagação do fogo foi medido o tempo médio gasto pela frente de fogo (em m s^{-1}) para percorrer distâncias pré-estabelecidas durante as queimas (ROTHERMEL; DEEMING, 1980, SOARES; BATISTA, 2007). Para isso foram utilizados cronômetros, medindo-se inicialmente o tempo para o fogo percorrer 1,0 m linear e, a duração do tempo de combustão do material combustível em cada parcela, até a extinção da chama.

Para classificar a velocidade de propagação do fogo tomou-se como base a classificação de Botelho e Ventura (1990) *apud* Soares e Batista (2007), apresentada na tabela 1.

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)

Em todas as parcelas foi medida a temperatura do solo antes da queima e após a extinção da chama, sendo para isso utilizado um termômetro digital (Figura 4). Aumentos substanciais da temperatura do solo promovem alterações drásticas na comunidade edáfica que colonizam em grande número os primeiros centímetros do solo e a camada de material orgânico que é sazonalmente depositada.

Figura 4 - Medição da temperatura do solo antes (A) e após a queima do material combustível (B) utilizando o termômetro digital.



Fonte: Silva Neto (2017)

3.3.2 Determinação do conteúdo de água dos materiais combustíveis

O conteúdo de água dos materiais combustíveis foi determinado em subamostras de 50 gramas de cada material que foram acondicionados em sacos de papel e colocados para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 70°C por 48 horas. De posse dos dados foi estimada a umidade dos materiais combustíveis utilizando a seguinte equação:

$$U\% = \frac{MU - MS}{MS} \times 100$$

Onde:

U% = teor de umidade do material combustível, em percentagem;

MU = massa úmida do material combustível no momento (g);

MS = massa seca do material combustível após secagem em estufa a 70 °C por 48 horas.

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram organizados em planilha e submetidos à análise de variância. Quando o valor de F foi significativo, as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação utilizando o teste Student-Newman-Keuls (SNK) com intervalo de confiança ao nível de 5% e 10% de significância, por meio do software SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 2 são apresentadas as condições meteorológicas no dia em que foi realizada a queima dos materiais. Valores registrados para umidade relativa do ar e temperatura ambiente estão dentro da margem de segurança para a realização da queima. Os valores registrados para a velocidade do vento, segundo a escala de Beauforte (SOARES; BATISTA, 2007), se enquadram na categoria calmo, pois, foram abaixo de 2 km h^{-1} .

Quadro 2 - Condições meteorológicas durante a realização da queima dos diferentes materiais combustíveis.

Horário da queima	08h30min às 11h15min
Temperatura ambiente	26,6°C
Umidade relativa do ar	42%
Velocidade do vento	0,9-1,2 km h^{-1}

Fonte: Silva Neto (2017)

A tabela 2 apresenta os valores de umidade (%) dos materiais combustíveis avaliados na pesquisa. Observa-se que há uma grande variação no teor de umidade (%) dos materiais estudados onde o *Pinus* (T7), considerado o tratamento testemunha, apresentou o maior teor de umidade com 24,67%.

Tabela 2 - Umidade dos diferentes materiais combustíveis utilizados na queima

Material combustível	Peso inicial do material coletado (g)	Peso do material seco em estufa por 48 horas (g)	Umidade (%)
Capim panasco	52,202	43,082	21,17
Craibeira	52,520	49,097	6,97
Juazeiro	42,112	39,639	6,24
Marmeleiro	32,739	30,775	6,38
Oiticica	52,250	52,218	0,06
Serapilheira	62,690	58,157	7,79
<i>Pinus</i> (testemunha)	32,196	25,825	24,67

Fonte: Silva Neto (2017)

O que chama atenção foi o teor de umidade do capim panasco (T1) que apresentou valor próximo ao do *Pinus* com 21,17% de umidades. Já o material combustível proveniente da oiticica registrou o menor teor umidade (0,06%), valor este cerca de 35 vezes inferior aos tratamentos com *Pinus* e capim panasco e cerca de 6 vezes inferior aos demais materiais, estando todos os tratamentos submetidos à mesma condição.

O conhecimento do teor de umidade do material combustível permite relacionar com algumas variáveis do comportamento do fogo, como o tempo de ignição e o comprimento inicial da chama.

Para Batista et al. (2012) o conteúdo de umidade da vegetação viva é variável de acordo com o desenvolvimento da mesma. As características de folhas e ramos têm influência no conteúdo de umidade das espécies e este representa uma das propriedades que controlam a inflamabilidade dos materiais combustíveis vivos e mortos.

Dados da temperatura do solo medida em cada parcela, antes e após a queima, são apresentados na tabela 3. Foi registrado aumento da temperatura do solo em todos os tratamentos com destaque para o pinus (T7) que registrou aumento de mais de 100% em duas repetições evidenciando que a transferência de calor na queima desse material para o solo é elevada, o que pode causar danos irreversíveis à biota que vive nas camadas superficiais do solo.

Souto (2006) ressalta que a atividade biológica do solo resulta em várias transformações físicas e químicas dos resíduos orgânicos que são depositados, mantendo assim, a sustentabilidade dos ambientes.

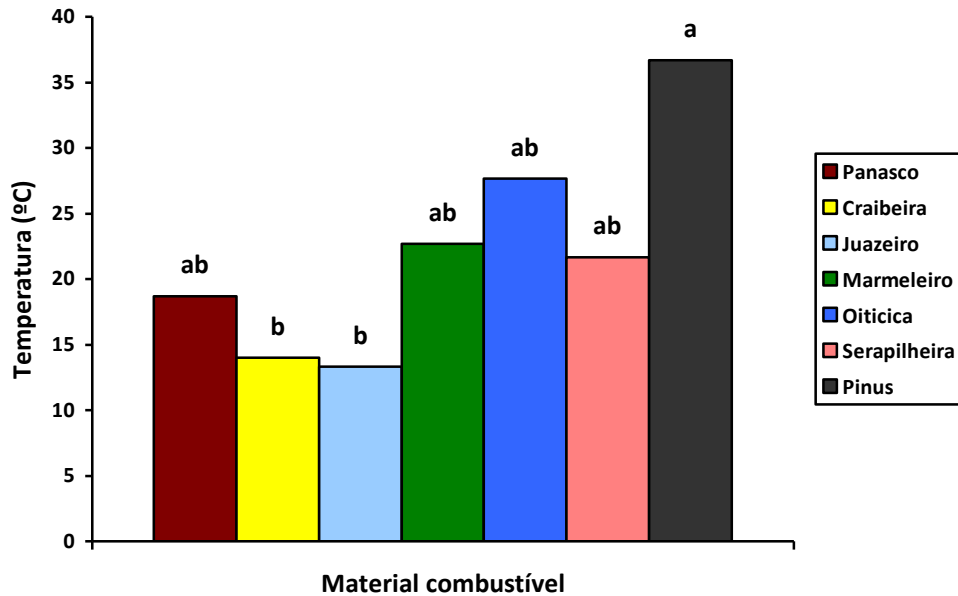
Tabela 3 - Temperatura do solo com a queima dos diferentes materiais combustíveis

Tratamento	Repetição	Temperatura antes (°C)	Temperatura depois (°C)
Capim panasco	1	36,5	50,5
	2	34,5	62,5
	3	26,0	39,5
Craibeira	1	32,5	48,5
	2	34,0	51,5
	3	33,0	40,5
Juazeiro	1	33,0	40,0
	2	33,0	51,0
	3	34,0	49,0
Marmeleiro	1	34,5	57,0
	2	30,0	52,0
	3	31,0	53,5
Oiticica	1	35,5	74,0
	2	35,0	56,5
	3	31,0	53,0
Serapilheira	1	35,0	53,0
	2	35,0	58,0
	3	34,0	58,0
<i>Pinus</i> (testemunha)	1	31,0	79,0
	2	30,0	62,5
	3	30,0	56,0

Fonte: Silva Neto (2017)

Quanto à média do aumento da temperatura do solo após a queima dos diferentes materiais (Figura 5) constata-se que a maior elevação ocorreu no tratamento com *Pinus* (T7) com 36,7°C nos primeiros centímetros do solo, diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos com craibeira (T2) e juazeiro (T3).

Figura 5 - Valores médios ($p < 0,05$) do aumento da temperatura do solo após a queima dos materiais combustíveis (CV%= 32,19).



Fonte: Silva Neto (2017)

De acordo com Soares e Batista (2007) o calor gerado pelo fogo não penetra imediatamente no solo, mas, a superfície do mesmo é sensível às mudanças de temperatura, alterando a comunidade de organismos, o teor de matéria orgânica e, às vezes, a sua estrutura coloidal. Para Borges et al. (2016) a comunidade de organismos desempenha importante função no processo de degradação dos detritos vegetais nos ecossistemas, cujos grupos apresentam hábitos, organização e características próprias que auxiliam na manutenção da estabilidade nos ambientes.

Portanto, ações antrópicas como o uso do fogo de forma desregrada ao longo do tempo promovem alterações que tendem a reduzir a capacidade bioindicadora dessas áreas elevando o nível de degradação do ambiente.

Na tabela 4 pode-se observar que na avaliação do comportamento do fogo, estatisticamente os tratamentos apresentaram diferenças significativas de acordo com o teste SNK para as variáveis velocidade de propagação e intensidade do fogo.

A velocidade de propagação do fogo de acordo com Soares e Batista (2007) representa a taxa de propagação linear do fogo ao longo de uma distância

específica sob determinado tempo, e essa taxa é variável de acordo com o tipo de vegetação local.

Tabela 4 - Médias para as variáveis do comportamento do fogo ($p < 0,05$), durante a queima dos materiais combustíveis.

Material combustível	Velocidade de propagação ($m s^{-1}$)	Intensidade ($kW m^{-1}$)	Classificação da velocidade de propagação
Capim panasco	0,03187 a	127,48 a	Lenta
Craibeira	0,00359 c	14,39 c	Lenta
Juazeiro	0,00589 c	23,58 c	Lenta
Marmeleiro	0,00434 c	17,35 c	Lenta
Oiticica	0,00502 c	20,05 c	Lenta
Serapilheira	0,00230 c	9,21 c	Lenta
Pinus (testemunha)	0,01879 b	75,16 b	Lenta
CV (%)	34,23	34,24	

Fonte: Silva Neto (2017)

O estudo revelou que a maior velocidade de propagação ocorreu no capim panasco, que superou o tratamento com *Pinus*, espécie considerada como “árvore de fogo” devido à sua alta inflamabilidade que é atribuída à presença de muitos óleos essenciais e alto teor de materiais voláteis.

Como o capim panasco se enquadra na categoria de material combustível fino, pode ser considerado um material de alta consumabilidade, ou seja, maior e mais rápido é o consumo, favorecendo a propagação depois da desidratação. Uma observação feita durante a queima das parcelas com capim panasco foi que o material após a desidratação ele enrolava como uma palha de aço em chamas, sendo facilmente levado pelo o vento, propagando assim, o fogo para outras áreas. Assim, a presença do capim panasco em áreas de caatinga aumenta a probabilidade do material combustível entrar em processo de ignição e o fogo se espalhar rapidamente, consumindo a vegetação, com danos ecológicos incalculáveis.

Comparando os valores da velocidade de propagação do fogo nos materiais combustíveis obtidos no presente estudo com a classificação de Botelho e Ventura (1990), verificou-se que todos os tratamentos registraram valores abaixo de $0,033 \text{ m s}^{-1}$ sendo, portanto, classificada como lenta.

Outro componente importante para entender o comportamento do fogo avaliado na pesquisa foi a intensidade do fogo e constata-se ainda na tabela 4 que o tratamento 1 (capim panasco) diferiu dos demais, com $127,48 \text{ kW m}^{-1}$, valor cerca de 41% a mais que o tratamento 7 (*Pinus*). Diante dos dados, pode-se afirmar que a presença capim panasco em áreas de caatinga cria um mosaico de alta inflamabilidade, e a presença do fogo nessas áreas poderá desencadear incêndios florestais de grandes proporções.

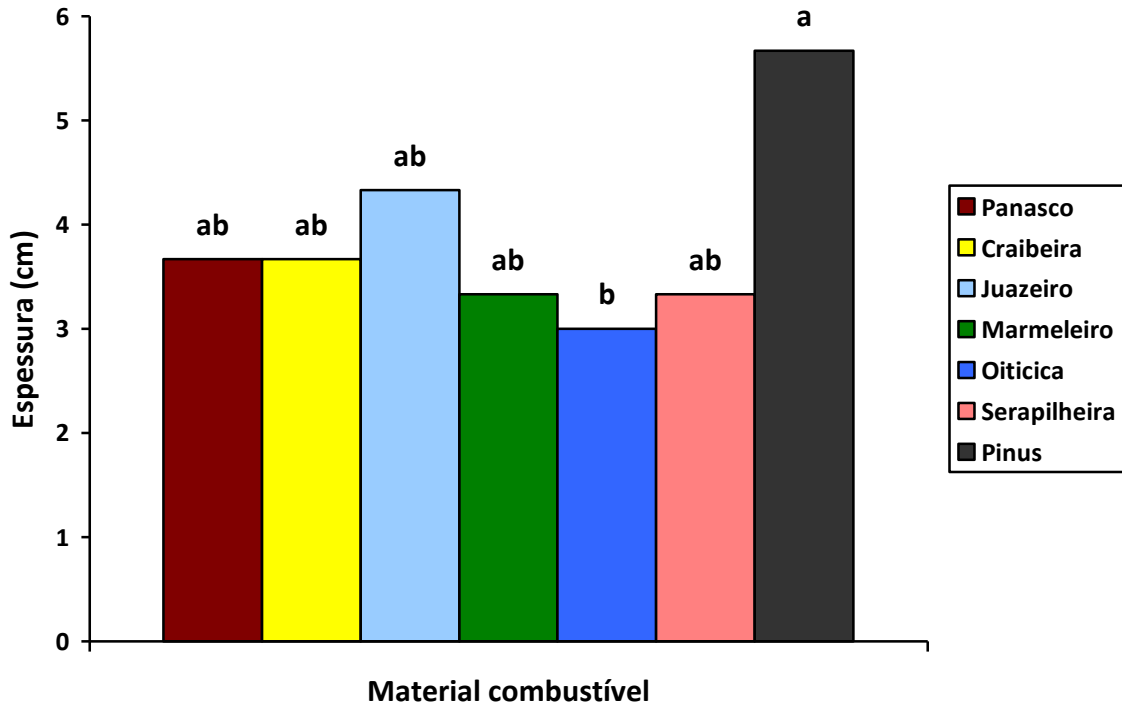
Para Filder et al. (2015) na caracterização do comportamento do fogo se utiliza frequentemente a variável intensidade de queima que está diretamente associada à reação da combustão. Por ter relação direta com a velocidade de propagação do fogo, quanto mais rápido o avanço do fogo, maior a quantidade de energia liberada para o ambiente e mais rapidamente acontece a combustão do material.

A estimativa da intensidade do fogo utilizando a equação de Byram constitui um parâmetro confiável no estudo do comportamento do fogo permite comparar as taxas de energia liberada por diferentes materiais (SOARES; NUNES; BATISTA, 2009).

A falta de estudos sobre o comportamento do fogo com materiais proveniente da caatinga, floresta seca característica do semiárido brasileiro, impossibilita a comparação de dados em ambientes similares, revelando uma lacuna que deverá ser preenchida com pesquisas futuras, já que o fogo é um agente devastador constante nesse ambiente.

Quanto à espessura das pilhas, medida antes da queima, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos (Figura 6). A maior espessura média foi registrada no tratamento 7 (*Pinus*) com 5,7 cm e a menor no tratamento T5 (oiticica) com a média de 3,0 cm.

Figura 6 - Valores médios ($p < 0,05$) da espessura da amostra do material combustível na parcela experimental ($CV\% = 23,15$).



Fonte: Silva Neto (2017)

A maior espessura no tratamento com *Pinus* pode ser atribuído à distribuição e acomodação das acículas, galhos finos e alguns frutos, que deixam espaços entre os materiais permitindo a circulação do oxigênio que, juntamente com os gases dos combustíveis desprendidos durante a pirólise produzirão as chamas, caracterizando esse material como de alta inflamabilidade.

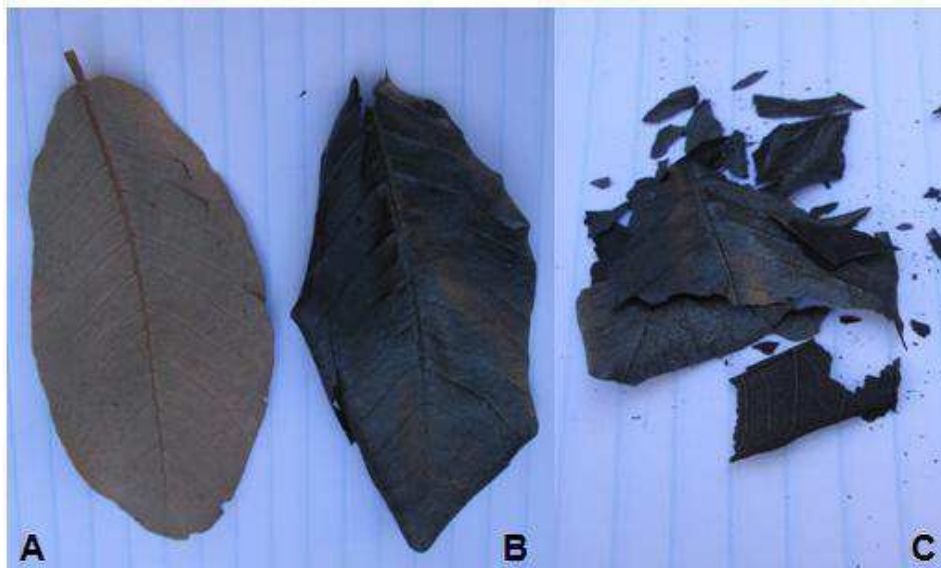
Em trabalho desenvolvido por Batista e Biondi (2009), onde avaliaram o comportamento do fogo em material combustível constituído de acículas de *Pinus taeda* (parcela testemunha), observaram que na parcela constituída de acículas, a propagação do fogo foi intensa e rapidamente.

Já a parcela constituída por folhas de oiticica formava uma camada mais compactada, com maior contato com o solo. Além disso, foi observado que as chamas consumiam as folhas, mas, elas permaneciam com a mesma forma, sendo desintegradas pela ação do vento, como pode ser observado na figura 7. É provável que o tipo de nervuras e a presença de pelos na folha possam ter diminuem a

desidratação que, associados à composição química, possam ter contribuído para essa ação mais lenta do fogo nesse material.

Assim, para um melhor entendimento sobre o comportamento do fogo em diferentes materiais combustíveis é necessária a realização de análise química, poder calorífico, o que permitirá a obtenção de dados mais precisos

Figura 7 - Folha da oiticica (*Licania rigida* Benth) antes da queima (A), carbonizada (B) e fragmentada (C)



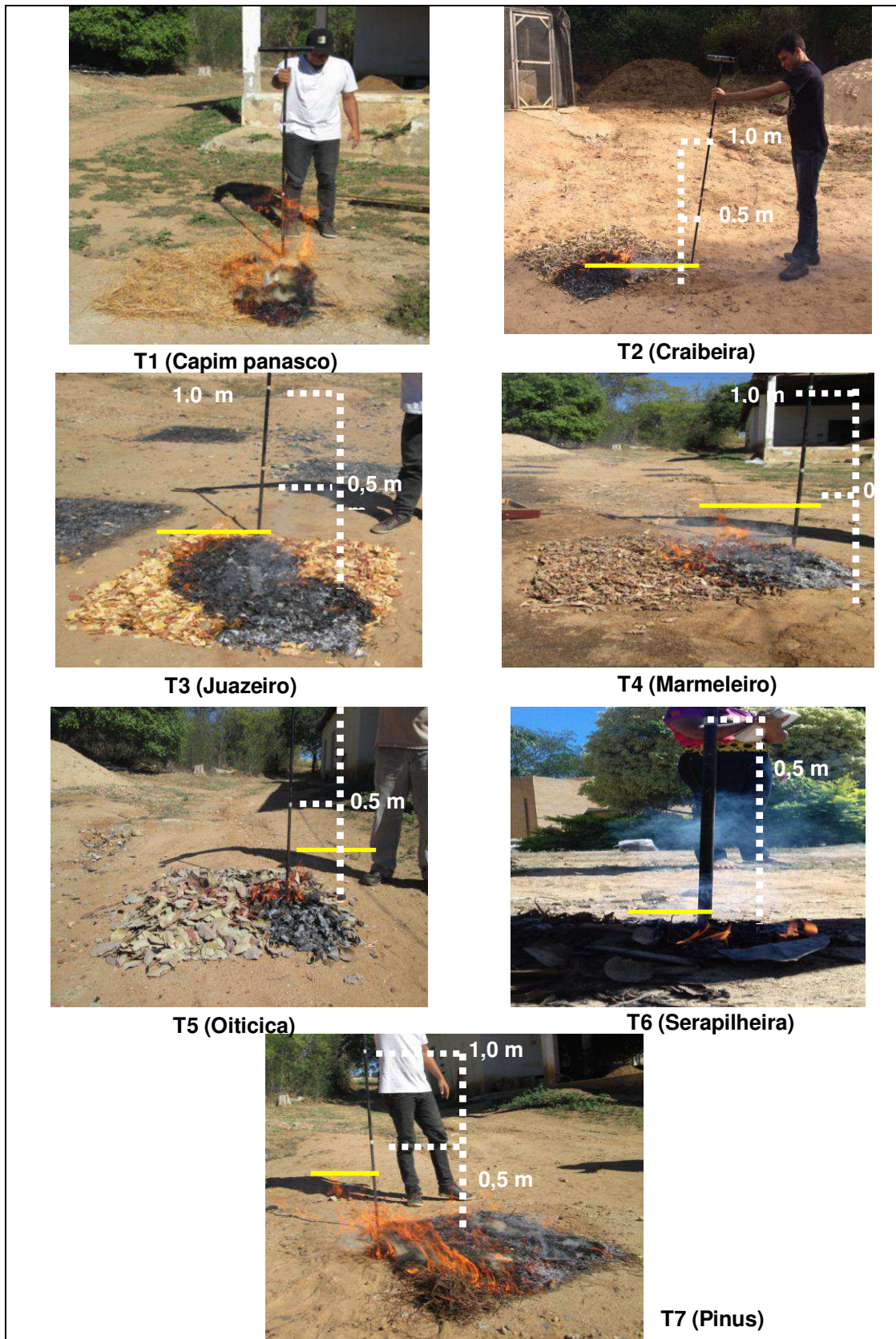
Fonte: Silva Neto (2017)

Portanto, a disposição do material combustível na superfície do solo varia entre os materiais. É importante conhecer como cada material forma a camada no solo e isso irá afetar o processo de combustão e sustentação do fogo. É importante ressaltar que o tipo, dimensão e composição química de folhas e galhos, frações que mais contribuem na formação da camada de material combustível, variam sazonalmente nas formações vegetais nativas e/ou plantios florestais.

Na prática, a organização do material combustível em camadas muito espessas poderá produzir chamas mais altas e, caso as pilhas estejam próximas a copa de árvores, as chamas poderão entrar em contato com ramos, provocando incêndio de copa, que são de alta intensidade e muito danosos ao ambiente.

Na figura 8 observa-se o registro fotográfico que permitiu avaliar a maior altura da chama com a queima dos sete materiais combustíveis analisados no presente estudo.

Figura 8. Altura da chama na queima de diferentes materiais combustíveis



Fonte: Silva Neto (2017)

O tratamento 1 (capim panasco) foi o que registrou altura da chama acima de 0,5 m e os que se aproximaram dessa marca foram o T4 (Marmeleiro) e o T7 (*Pinus*). A espessura média das pilhas variou de 3,0 cm a 5,7 cm, sendo o tratamento com *Pinus* a pilha com maior espessura e a oiticica com a menor espessura. As parcelas com capim panasco registraram uma espessura média de 3,6 cm e a altura da chama foi a maior em comparação com os demais tratamentos, superando o tratamento testemunha (*Pinus*) considerado em vários estudos como o material combustível de alta inflamabilidade.

Neves (2016) relacionou o índice de combustão, de acordo com a altura da chama, dividiu nas seguintes classes: combustão muito baixa (altura da chama < 1,0 cm), Combustão baixa (altura da chama de 1,0 – 3,0 cm), combustão média (altura da chama de 4,0 – 7,0 cm), combustão alta (altura da chama de 8,0 – 12,0 cm) e combustão muito alta (altura da chama > 12 cm).

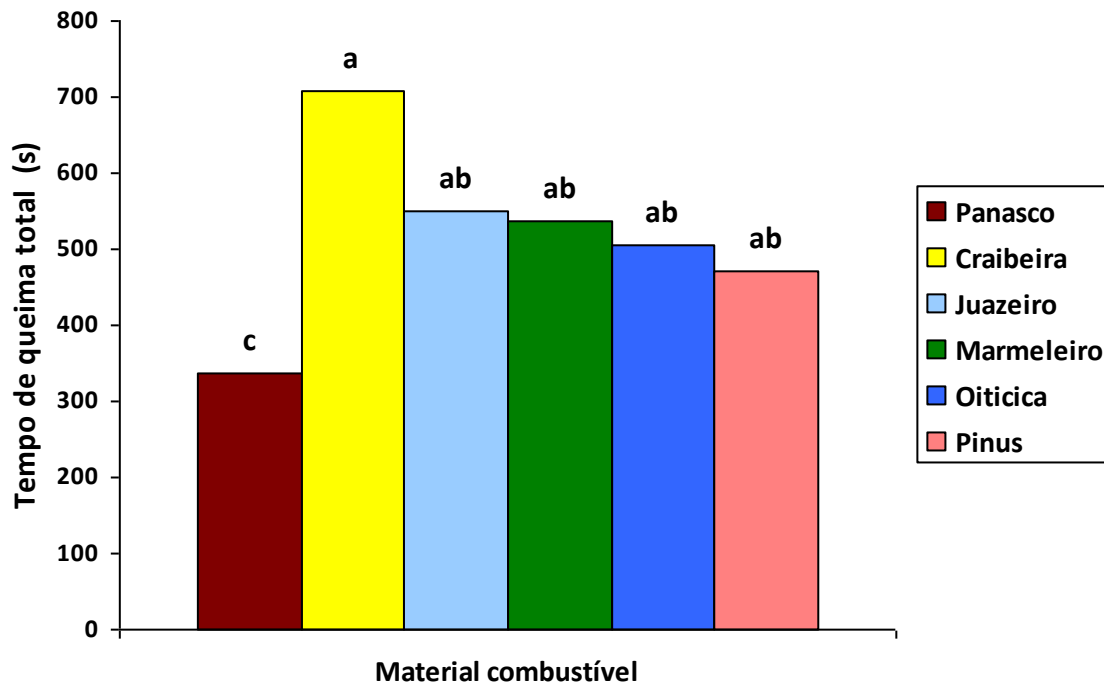
No presente estudo a medição da altura não foi muito precisa, mas, pelas imagens da figura 8, percebe-se que, exceto o tratamento 6 (serapilheira) cuja chama foi muito baixa, a chama dos demais tratamentos ficou acima de 12 centímetros e, seguindo o critério adotado por Neves (2016) a combustão foi considerada alta. Assim, na variável altura da chama o tratamento com capim panasco apresentou combustão mais alta do que o *Pinus* (testemunha), revelando a alta inflamabilidade em áreas de caatinga que tenha predomínio dessa espécie.

Esse conhecimento é importante na adoção de medidas preventivas como a redução desse estrato pelo consumo por animais, instalação de aceiros para quebrar a continuidade desse material combustível. Já para no combate, ter a informação sobre a alta combustibilidade do material requer medidas rápidas e efetivas de modo a impedir a propagação do fogo em outras áreas.

O material combustível que demorou mais tempo para ser totalmente consumido pelo fogo foi o T2 (craibeira), tendo o T1 (capim panasco) registrado o menor tempo médio para ser transformado em cinzas (Figura 9). De acordo com os resultados é importante alertar que as épocas de condições climáticas propícias para ocorrência de incêndios florestais na região semiárida do Brasil, como baixa pluviosidade, altas temperaturas, alta radiação e baixa umidade relativa do ar, áreas com capim panasco que é uma espécie inflamável e, portanto, facilita a propagação do fogo colocando também em risco plantas menos inflamáveis. Como o capim

panasco é um combustível fino mais rápido é o consumo, favorecendo a propagação do fogo na área após a desidratação.

Figura 9. Tempo médio ($p < 0,10$) para a extinção total da chama nas parcelas experimentais (CV%= 23,39).



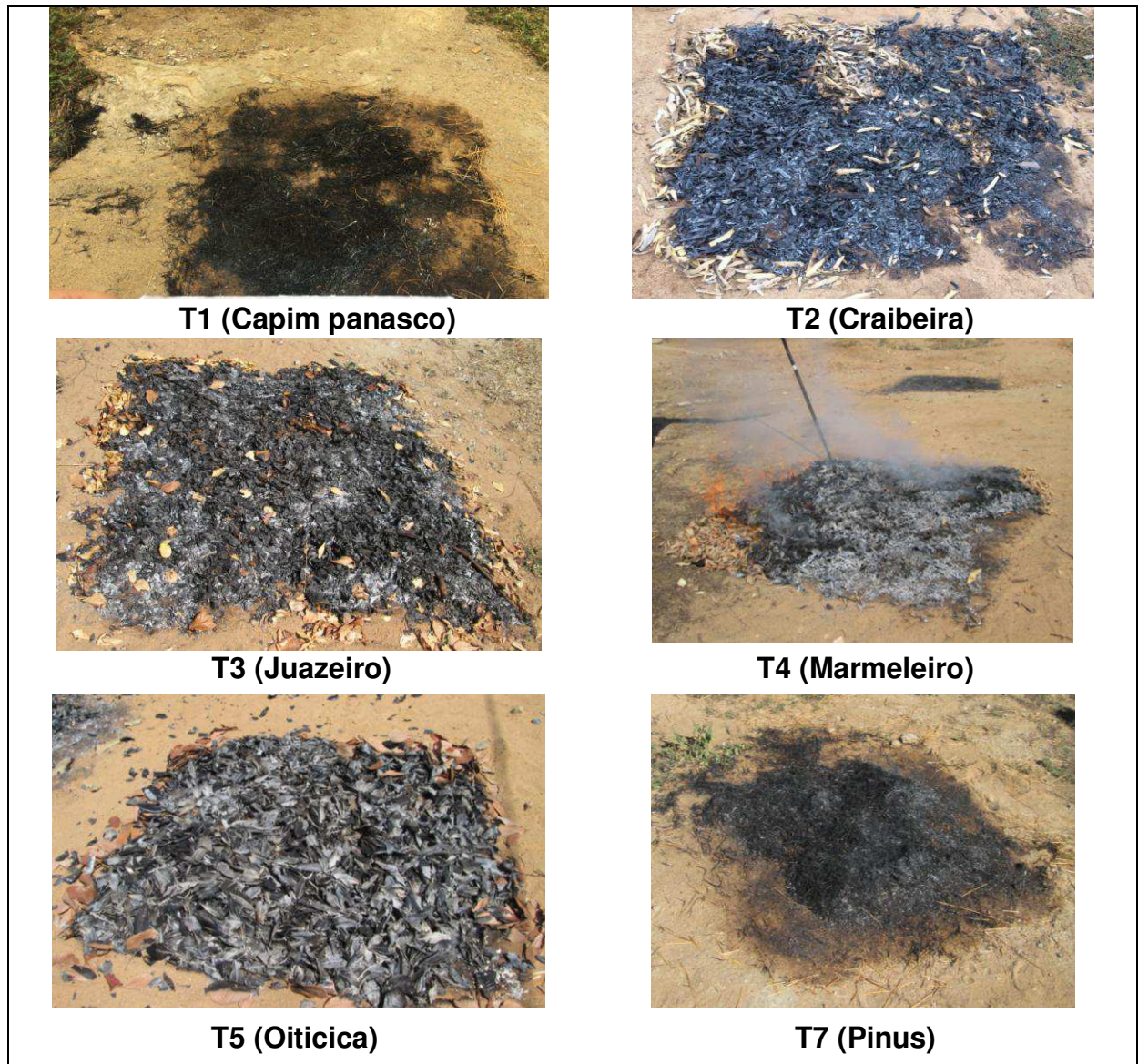
Fonte: Silva Neto (2017)

Observa-se ainda na figura 9 que o T6 (serapilheira) está ausente. Isso se deve ao fato que, mesmo ocorrendo a ignição do material combustível proveniente da Mata Atlântica, a chama rapidamente se apagou sendo as amostras deste tratamento consideradas negativas, ou seja, a ignição não durava nem 30 segundos.

Para essa situação White et al. (2014) salientam que os materiais combustíveis presentes nas áreas de mata dificilmente entrem em processo de combustão. Segundo os autores, o material combustível nas áreas de Matas apresenta teores de umidade maior que a umidade de extinção, portanto, a probabilidade de ignição destes combustíveis é mais baixa.

Na figura 10 encontra-se as imagens da queima total das pilhas onde apenas o tratamento seis tratamentos. Apenas no tratamento 6 (serapilheira) a combustão foi nula, ou seja, o material da pilha não foi queimado.

Figura 10. Pilhas de material combustível após a queima dos tratamentos



Fonte: Silva Neto (2017)

Avaliações do material combustível em outras regiões de vegetação natural segundo White et al. (2014) são importantes, porém, escassos no Brasil. Mais comuns são estudos realizados em áreas de reflorestamento de monocultura como floresta de eucaliptos e *Pinus*.

Para Camargos et al. (2015), estudos onde se avalia o efeito do fogo envolve diversas áreas do conhecimento e deve ser feito em conjunto visando minimizar os impactos, propondo alternativas seguras e menos degradantes de uso ao longo dos

tempos. Em campo, alguns aspectos são claramente visíveis enquanto outros são difíceis de serem detectados.

O desenvolvimento de pesquisas sobre o comportamento do fogo em espécies ocorrentes na caatinga é importante para direcionar estratégias de prevenção e combate aos incêndios florestais, diminuindo os danos ecológicos no meio, além de preencher uma lacuna sobre o potencial de inflamabilidade em espécies de diferentes biomas no Brasil.

5. CONCLUSÕES

A presença do capim panasco em áreas de caatinga sinaliza um risco mais acentuado para ocorrência dos incêndios florestais.

O efeito da queima dos materiais combustíveis na temperatura do solo foi maior nos tratamentos com pinus e folhas de oiticica.

A ignição do fogo não foi positiva no material combustível proveniente da Mata Atlântica (serapilheira), indicando baixa inflamabilidade do material.

As folhas de oiticica foram lentamente consumidas pelo fogo e, carbonizadas, mantiveram a estrutura preservada, sendo fragmentada pela ação do vento.

O capim panasco é um material combustível que quando consumido pelas chamas, enrola e é facilmente levado pelo vento como uma bola de fogo, auxiliando na propagação do fogo na área.

O capim panasco pode ser considerado a “espécie fogo” do estrato herbáceo na caatinga.

É necessária a implantação de aceiros em áreas de caatinga, com predominância do capim panasco, de modo a quebrar a continuidade desse material de alta inflamabilidade evitando a propagação durante a queima.

6 REFERÊNCIAS

- BÁBILIO, F.J.P.; FLORENTINO, H.S. **Educação ambiental: da pedagogia dialógica a sustentabilidade no semiárido**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2014.
- BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamentos de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p, 779-787, 2013.
- BATISTA, A.C.; BIONDI, D.; TETTO, A.F.; ASSUNÇÃO, R. TRES, A.; TRAVENISK, R.C.C.; KOVALSYKI, B. Evaluación de la Inflamabilidad de Árboles y Arbustos Utilizados en la Implementación de Barreras Verdes en el Sur del Brasil. In: **Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: Climate Change and Wildfires**. Albany, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, 2012
- BATISTA, A. C.; BIONDI, D. Avaliação da inflamabilidade de *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae) para uso potencial em cortinas de segurança na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 435-439, 2009.
- 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. 25, p. 31-42, 1995.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE, 1990. 115 p.
- BORGES, C.H.A.; SOUTO, P.C.; COSTA, R.M.C.; NOVAIS, D.B.; SOUTO, J.S.; BARROSO, R.F. Artrópodes edáficos em fragmentos de floresta ombrófila aberta na Paraíba, Brasil. **Revista Verde**, Pombal, v.11, n.2, p.26-32, 2016.
- BYRAM, G.M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K.P. **Forest Fire: control and use**. New York: Mc Graw Hill, 1959. P. 77-84.
- CAMARGOS, V. L.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. F.; MARTINS, S. V.; CARMO, F. M. S. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de floresta estacional semidecídua no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p.537-545, 2015.
- CAPUZZO, J.P. **Diferenças ecofisiológicas de um par congênico de formações savânicas e florestais do Cerrado: *Tabebuia áurea* e *T. impertiginosa***. Dissertação (Mestrado em Ecologia). 2011. 61f. Universidade Federal de Brasília, Brasília-DF.
- 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, n. 25, p. 51-57, 2014.

FERREIRA; R. N.; CUNHA, M. C. L. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraíba*) (Mart.) Bur.) – Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.) – Apocynaceae. **Revista brasileira de sementes**, v.22, n. 1, p. 134-143, 2000.

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

HENRIQUES, I.G.N.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; SANTOS, W.S.; HENRIQUES, I.G.N.; LIMA, T.S. Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde**, Pombal, v. 11, n.1, p.84-89, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Área de árvores plantada**, Capítulo V, Relatório 2015, 80p.

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

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. 4 ed. Plantarum: Nova Odessa. 2002. 360p.

LORENZI, H. E.; MATOS, F.J. DE A. **Plantas medicinais no Brasil/ Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2002. 512 p.

MESA, F.J. Inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares. **Revista Científico estudiantil Ciencias Forestales y ambientales**, v.2, n.1, p.68-81, 2017.

MONIZ, K.L.A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos e estudos da germinação da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae)**. 2002. 88f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA.

NEVES, P.C. **Avaliação da inflamabilidade de cinco espécies florestais da floresta ombrófila mista**. 2016 44f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

OLIVEIRA, F. A. G. et al. Síntese, caracterização e avaliação de biodiesel de óleo de oiticica (*Licania rigida* Benth) e isolamento do éster metílico do ácido licânico. **Química: ciência, tecnologia e sociedade**, Mossoró, v. 1, n. 1, p.31-41, 2012.

OLIVEIRA, E.M.; SOUTO, J.S. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde**, Pombal, v.6, n.1,p 01-09, 2011.

OLIVEIRA, A.P.R. **Efeito do Óleo Essencial do *Croton sonderianus* Muell. Arg. sobre o trato gastrointestinal.** 2008. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza–CE.

PEREIRA, M.G.A.; SILVA, A.A.L.; MATIAS, L.G.O.; DI SOUZA, L.; SANTOS, A.G.D. Aplicação do catalisador KI-MCM-41 na reação de esterificação do óleo de oiticica (*Licania rigida* Benth). **Blucher Chemistry Proceedings**, v.25, n.1, p.1-9, 2015.

PEREIRA, J.F.; BATISTA, A.C.; SOARES, R.V. Variação da umidade do material combustível florestal em função de índices de perigo de incêndios. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 371-376, 2012.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In.: LEAL, I. R. & TABARELLI, M. (Eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária: UFPE. 2003.

PRUDENTE, T. D.; ROSA, R. Análise dos incêndios florestais e variação temporal do NDVI no município de São Valério–TO. **Revista Formação (ONLINE)**, Presidente Prudente, v.. 2; n. 23, p. 271-286, 2016

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**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 50-59, 2012.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; BECERRA, L. W. M. Comparação entre o perfil dos incêndios florestais de Monte Alegre, Brasil, e de Pinar del Río, Cuba. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n.231-240, 2013.

ROTHERMEL, R.C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Ogden: U.S. Forest Service, 1972. 41p (Research Paper INT – 115).

ROTHERMEL, R.C; DEEMING, J.E. **Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects**. Ogden: U.S. Forest Service, 1980. 4p. (General Technical Report INT-93).

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e Estrutura Fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó- RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232- 242, 2006.

SILVA, M.C. **Degradação ambiental na Reserva Ecológica Estadual da Mata do Pau Ferro, Areia-PB.** 2007. 121f .Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.

SILVA, L.B. **Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável.** 2006. 116f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA.

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. p. 1-3.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais** – Controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba – Paraná, 2007. 250p.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n.12, 2000.

SOARES, R. V. **Prevenção e Controle de Incêndios Florestais**. Curitiba : FUPEF, 1979. 72p.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais** - Controle e Uso do Fogo. Curitiba : FUPEF, 1985. 213p.

SORIANO, B. M. A.; DANIEL, O.; SANTOS, S. A. Eficiência de índices de risco de incêndios para o pantanal-sul-mato-grossense. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 809-816, 2015.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SOUZA, C.; BARRETO, H.F.; GURGEL, V.; COSTA, F. Disponibilidade e valor nutritivo da vegetação de caatinga no semiárido norte riograndense do Brasil. **HOLOS**, Natal, v. 29, n.3, p. 196-204, 2013.

TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas Unidades de Conservação Estaduais do Espírito Santo. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, 2013.

TETTO, A. F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. 2012. Tese) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2012.

TETTO, A. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; WENDLING, W. T. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, n. 345-351, 2015.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. de S.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 699-703.2014.

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. Investigation of a method to estimate live fuel moisture content from satellite measurements in fire risk assessment. **Forest Ecology and Management**, v. 234, p.12- 32, 2006.