



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

**QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL  
SUPERFICIAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO  
SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**Terezinha de Oliveira Ribeiro**

Engenheira Florestal

Patos – Paraíba – Brasil  
2010



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



## **QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**Terezinha de Oliveira Ribeiro  
Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Carneiro Souto**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos/PB, para a obtenção do Grau de Engenharia Florestal.

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO  
CAMPUS DE PATOS - UFCG

R484q

2010

Ribeiro, Terezinha de Oliveira

Quantificação do material combustível superficial em unidade de conservação no semiárido da Paraíba / Terezinha de Oliveira Ribeiro. – Patos-PB: CSTR/UFCG, 2010.

36 p.: il. Color.

Inclui bibliografia

Orientador(a): Patrícia Carneiro Souto

Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1 – Incêndios Florestais - Monografia. I – Título.

CDU: 634.043



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



## **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL EM UNIDADE  
DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**AUTOR: Terezinha de Oliveira Ribeiro**

**ORIENTADOR: Profa. Dra. Patrícia Carneiro Souto**

Monografia aprovada como parte das exigências para a obtenção do Grau de Engenharia Florestal pela Comissão Examinadora composta por:

---

Profa. Patrícia Carneiro Souto (UAEF/UFCG)  
Orientadora

---

Profa. Ivonete Alves Bakke (UAEF/UFCG)  
1º Examinador

---

Antônio Lucineudo de O. Freire (UAEF/UFCG)  
2º Examinador

Patos (PB), 08 de Julho de 2010

*À minha maior riqueza,*

*Lucas de Oliveira Ribeiro*

*Ao meu amado Esposo*

*Clodoaldo Chaves Ribeiro*

*Aos meus preciosos Pais*

*João Francisco Neto e Maria do Socorro de Oliveira*

*Aos meus queridos irmãos*

*Francisco de Oliveira, Francileudo de Oliveira, Aparecida de Oliveira, Francinaldo de Oliveira, Francimar de Oliveira, Francivaldo de Oliveira, José Nilton de Oliveira, Vera Lúcia de Oliveira e Luciano de Oliveira*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por ter sido meu pilar, meu socorro bem presente em toda minha vida;

Ao meu filho Lucas, a razão do meu viver, que superou minha ausência durante o curso;

Ao meu esposo Clodoaldo, pelo incentivo em minha carreira estudantil, companheirismo e compreensão;

Aos meus pais, em especial à minha mãe que com carinho cuidou do meu filho para que esse sonho tornasse uma realidade, minha gratidão sempre;

À professora Patrícia Carneiro Souto, pela dedicação e orientação neste trabalho de monografia;

Aos membros da Banca Examinadora Antônio Lucineudo e Ivonete Bakke, pela disponibilidade participação e pelas valiosas contribuições;

À todos os professores do curso de Engenharia Florestal que contribuíram de alguma forma para a minha formação profissional;

Aos funcionários da UFCG, em especial, Ednalva e Ivanice pela constante simpatia, amizade e paciência;

Ao proprietário da Fazenda Tamanduá, Dr. Pierre Landolt, por permitir que o trabalho de pesquisa fosse desenvolvido em sua propriedade;

Aos meus colegas de turma, Amanda Silva, Nilvania Noberto, Tábata Larissa, Gisnaldo, Rossevelt, Pierre, Fábio, Íkalo, Antônio Tércio, Aristides Neto, especial, às minhas duas grandes amigas, Amanda e Nilvânia, amo vocês;

Aos colegas de curso, Angeline, Érica, Roberto, Bruna, que me ajudaram na execução desse trabalho, vocês me deram uma grande ajuda!.

À minha amiga Karla Daniella, pelo grande incentivo e ajuda nos momentos difíceis;

À professora Kilmara Santos, pela sua contribuição na elaboração do abstract;

Enfim, à todos meu muito obrigada !

## Lista de Figuras

	Página
Figura 1. Mapa da Paraíba (a) com destaque para a localização da RPPN da Fazenda Tamanduá (b).....	08
Figura 2. Distribuição dos transectos na área de estudo.....	10
Figura 3. Gabarito utilizado na marcação das parcelas (a), corte do material combustível vivo (b) e coleta do material combustível morto (c).....	11
Figura 4. Pesagem do material combustível em balança digital (a) e secagem em estufa (b).....	11
Figura 5. Separação do material combustível.....	12
Figura 6. Organização das pilhas de material combustível (a), com medição da altura (b) e medição da temperatura na superfície do solo antes da queima(c).....	13
Figura 7. Queima das pilhas de material combustível (a) e altura da chama(b).....	14
Figura 8. Quantidade (g) de material combustível coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	15
Figura 9. Material combustível superficial vivo no gabarito com predomínio do capim panasco ( <i>Aristida setifolia</i> ) e alfazema ( <i>Hyptis suaveolens</i> Poit.), em coleta realizada em outubro/2010 na RPPN da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB.....	17

Figura 10. Quantidade (g) de material combustível coletado nos diferentes transectos, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	18
Figura 11 . Peso (g) do material combustível vivo folhoso e não folhoso coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	19
Figura 12. Peso (g) do material combustível vivo folhoso e não folhoso coletado nos diferentes transectos na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	20
Figura 13. Coleta de material combustível superficial morto com destaque para a presença de folhas de catingueira ( <i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz) em coleta realizada em outubro/2010 na RPPN da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB.....	21
Figura 14 . Peso (g) do material combustível morto folhoso e não folhoso coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	22
Figura 15. Peso (g) do material combustível morto folhoso e não folhoso coletado nos diferentes transectos na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB.....	23
Figura 16. Teor médio de umidade do material combustível em cada estado fisiológico nos meses de coleta.....	24
Figura 17. Temperatura na superfície do solo antes e após a queima do material combustível coletados nos meses de outubro (a), novembro (b) e dezembro (c).....	28



## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela.1.</b> Principais espécies arbóreas e arbustivas presentes em cada transecto.....	09
<b>Tabela 2.</b> Classificação da velocidade de propagação do fogo.....	14
<b>Tabela 3.</b> Limites de intensidade de fogo para danos aceitáveis em florestas comerciais de eucaliptos.....	15
<b>Tabela 4.</b> Velocidade de propagação da linha de fogo do material combustível coletado no período de outubro a dezembro/2009 na RPPN da Fazenda Tamanduá em Santa Terezinha, PB.....	25
<b>Tabela 5.</b> Intensidade do fogo nas diferentes épocas de amostragens.....	29
<b>Tabela 6.</b> Tempo de queima total e percentual de material combustível consumido pelo fogo.....	30

RIBEIRO, Terezinha de Oliveira. **Quantificação do material combustível superficial em unidade de conservação no semiárido da Paraíba.** 2010. Monografia (Graduação) Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2010.

## **QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**RESUMO** - O conhecimento do tipo e da quantidade de material combustível no piso florestal é imprescindível para a estimativa de parâmetros ligados ao comportamento do fogo. Este trabalho foi desenvolvido em área de Caatinga na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), pertencente à Fazenda Tamanduá, localizada no município de Santa Terezinha (PB), com o objetivo de quantificar o material combustível presente no piso florestal. As coletas foram realizadas no período de outubro a dezembro/2009 em sete transectos demarcados na Reserva. Com o auxílio de um gabarito foi demarcado parcela de 1m x 1m onde coletou-se o material combustível, vivo e morto, que foi pesado para determinação do peso fresco e, em seguida, seco em estufa para obtenção do peso seco. Todo o material foi ainda separado em folhoso e não folhoso de modo a determinar a participação de cada classe na composição do material combustível. Além disso, realizou-se a queima de todo material combustível coletado em cada transecto para avaliar a velocidade de propagação, o tempo de queima e o percentual queimado. A maior quantidade de material combustível foi obtida no mês de novembro com 535,3 g m<sup>2</sup>. Em relação ao estado fisiológico dos resíduos, a maior contribuição na formação do material combustível foi do material morto. A maior velocidade de propagação da linha de fogo foi de 0,028 m s<sup>-1</sup> e a menor 0,002 m s<sup>-1</sup>, sendo classificada como lenta.

**Palavras-chave:** Combustível florestal, Intensidade do fogo, Queima controlada

RIBEIRO, Terezinha de Oliveira. **Quantificação do material combustível superficial em unidade de conservação no semiárido da Paraíba 2010.** Monograph (Graduation) Course in Forest Engineer. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2010

## **QUANTIFICATION OF SURFACE FUEL MATERIAL IN STORAGE UNIT OF THE PARAÍBA SEMIARID**

**Abstract** - Knowing the type and amount of combustible material in the forest floor is essential for the estimation of parameters related to fire behavior. This work was developed in an area of Caatinga in the Private Natural Heritage Reserve (PNHR) belonging to Tamanduá Farm, located in the town of Santa Terezinha (PB) to quantify the material fuel in the forest floor. Samples were collected from October to December/2009 demarcated into seven transects in the Reserve. With the aid of a template was demarcated portion of 1m x 1m which was collected combustible material, living and dead, which was weighed to determine wet weight and then oven-dried to obtain dry weight. All material was further separated into leafy and non leafy to determine the share of each class in the composition of combustible material. Moreover, there was the burning of all combustible material collected in each transect to assess the speed of propagation, the burning time and percentage burned. The greatest amount of combustible material was obtained in November with 535.3 g m<sup>2</sup>. In relation to the physiological state of the waste, the largest contribution to the formation of combustible material was dead. The highest rate of spread of fire line was 0.028 m s<sup>-1</sup> and the lowest 0.002 m s<sup>-1</sup>, being classified as slow.

**Keywords:** Fuel forest, Fire intensity, Prescribed burning

# SUMÁRIO

	Página
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	03
2.1 Caatinga.....	03
2.2 Incêndios florestais.....	03
2.3 Incêndios florestais em Unidades de Conservação.....	04
2.4 Material combustível.....	05
2.5 Comportamento do fogo.....	06
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	08
3.1 Local do experimento.....	08
3.2 Caracterização da área.....	08
3.3 Quantificação do material combustível.....	09
3.4 Avaliação da intensidade do fogo e tempo de queima.....	12
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	16
4.1 Quantificação do material combustível.....	16
4.2 Teor de umidade do material combustível.....	24
4.3 Velocidade de propagação da linha de fogo.....	25
4.4 Temperatura do solo.....	27
4.5 Intensidade do fogo.....	29
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

O fogo é um dos principais agentes causadores de prejuízos para o meio ambiente, destruindo a vegetação e a fauna. O ser humano também tem sofrido consequências com a ação dos incêndios florestais, devido à destruição de seus bens e até mesmo perdas de vidas.

No Brasil, os incêndios florestais têm se tornado algo preocupante, pois a cada ano vem crescendo devido às extensas áreas com vegetação nativa que são queimadas para conversão em áreas agrícolas ou em pastagens. Além disso, a ação indiscriminada dos incendiários e do fogo sem intenção tem contribuído com a destruição da vegetação arbóreo-arbustiva, interferindo muitas vezes no processo de sucessão.

A vegetação da Caatinga é composta de vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, com ampla variação de fisionomia e flora e elevada diversidade de espécies (DRUMOND et al., 2000). Souto (2006) salienta que, em virtude das condições climáticas, a vegetação endêmica nesse bioma é ramificada, com um aspecto arbustivo, tendo folhas pequenas ou modificadas em espinhos, de modo a evitar a transpiração, ocorrendo a perda de folhas na época seca (caducifolia). É uma mistura de estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de pequeno porte, tortuosa, espinhenta e muito resistente às secas. A vegetação é distribuída de forma irregular, contrastando áreas que se assemelham a florestas, com áreas com solo quase descoberto. Apresenta uma grande biodiversidade com espécies de portes e arranjos fitossociológicos variados, tornando-a bastante complexa, e pouco se conhece sobre a sua dinâmica.

Em áreas de florestas nativas e plantadas a formação e acúmulo de resíduos vegetais no piso florestal constitui um risco para a ocorrência de incêndios. A quantidade de material combustível está relacionada com o tipo, espaçamento e idade da vegetação, proporcionando um comportamento diferenciado do fogo. O conhecimento do tipo e da quantidade de material combustível acumulado em área de Caatinga permite planejar as ações preventivas e de combate aos incêndios florestais.

As informações relacionadas ao comportamento do fogo são de suma importância para garantir a eficiência das operações de combate, cujo planejamento

depende, fundamentalmente, dos dados relativos à quantidade de material combustível (SOUZA et al., 2003).

Em área de Caatinga percebe-se a ausência de informações sobre a quantidade de material combustível acumulado no piso florestal e como seria o comportamento do fogo em caso de ocorrência de um incêndio. Assim, essa pesquisa é de suma importância para o manejo de resíduos orgânicos em áreas de preservação, principalmente nos períodos de estiagem em que os riscos de ocorrência de incêndios florestais são maiores.

Esse estudo teve como objetivo geral quantificar material combustível superficial em área de Caatinga preservada e avaliar o tempo de queima. Como objetivo específico procurou-se avaliar a contribuição do material vivo e morto na produção do material combustível produzido em área de Caatinga e determinar a contribuição do material folhoso e não folhoso na formação do material combustível.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Caatinga**

O termo “caatinga” é de origem Tupi e significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das árvores perde as folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes dominam a paisagem (PRADO, 2003).

O domínio ecogeográfico da Caatinga ocupa uma área de cerca de 750.000 Km<sup>2</sup> sob as latitudes sub-equatorial compreendidas entre 2° 45' e 17° 21' Latitude Sul e engloba partes dos territórios pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais. Sua área corresponde a 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro e constitui o chamado Polígono das Secas (ALVES et al., 2009).

As caatingas podem ser caracterizadas, em geral, como florestas de porte baixo, compreendendo principalmente árvores e arbustos que geralmente apresentam espinhos e microfilia, com presença de plantas suculentas e um estrato herbáceo efêmero, presente somente durante a curta estação chuvosa. Algumas famílias, como Leguminosae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae e Cactaceae são muito importantes por representarem a maior parte da diversidade florística (CARDOSO; QUEIROZ, 2007).

### **2.2 Incêndios florestais**

Incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta. Um incêndio florestal não deve ser confundido com a queima controlada, que é a utilização do fogo em uma área, sob determinadas condições de clima, umidade do combustível, umidade do solo e outras, produzindo a intensidade de calor e a taxa de propagação necessárias para favorecer certos objetivos de manejo (SOARES, 1985).

Os incêndios, além dos inúmeros danos aos ecossistemas florestais, têm importância ecológica fundamental devido sua influência sobre a poluição

atmosférica e mudanças climáticas, que têm impactos diretos e indiretos sobre os habitats e os ecossistemas (BATISTA, 2004).

A ocorrência de incêndios florestais constitui-se em uma preocupação que mobiliza uma grande soma de esforços e recursos nas operações de combate. A previsão do nível de perigo de um incêndio constitui um elemento fundamental para a proteção das florestas contra esta ameaça, permitindo uma melhor gestão dos meios de combate. Esses incêndios provocam prejuízos ao homem e ao ambiente, tendo também conseqüências econômicas consideráveis (LORO; HIRAMATSU, 2004).

A ocorrência e a propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições climáticas ou fatores climáticos, e a intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança está diretamente ligada à umidade relativa, temperatura e velocidade do vento. A utilização de dados meteorológicos e climatológicos precisos é, portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (NUNES, 2005).

### **2.3 Incêndios florestais em Unidades de Conservação**

De acordo com Souza (2009), no Estado da Paraíba as Unidades de Conservação totalizam aproximadamente 43.430 hectares, o que representa 0,77% da área territorial do Estado. Segundo dados da SUDEMA (2004), essas Unidades estão distribuídas em várias categorias, podendo-se destacar 08 Reservas Particulares do Patrimônio Natural, (RPPN) sendo o Estado brasileiro menos favorecido com Unidades de Conservação. Na Mesoregião do sertão da Paraíba, Microrregião de Patos, encontra-se a RPPN da Fazenda Tamanduá, localizada no município de Santa Teresinha, criada em 1998 pelo decreto nº 110/98-N. Desde a sua criação não foi registrado nenhum incêndio nessa RPPN.

O planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais em uma Unidade de Conservação depende do levantamento das causas, da freqüência e das conseqüências do fogo em uma determinada área, entre outros conhecimentos. Assim, um dos principais fundamentos para proteger as Unidades de Conservação é a pesquisa sobre os padrões históricos de incêndios florestais no seu interior e entorno (MATOS, 2004).



No Brasil, as causas dos incêndios florestais nas Unidades de Conservação têm sido, principalmente, devido ao uso incorreto do fogo com o fim de renovação de pastagens e limpeza de restos de cultura nas propriedades vizinhas. Não são realizados aceiros, as condições climáticas não são verificadas, o período da realização da queima é inadequado e há desconhecimento sobre equipamentos de controle do fogo e alternativas ao uso de queimadas. Além disso, são também causas freqüentes a ação de incendiários, caçadores, pescadores e soltura de balões, entre outras (MEDEIROS, 2002).

## **2.4 Material combustível**

O material combustível, um dos componentes do triângulo do fogo, é fator fundamental para a ocorrência e propagação dos incêndios florestais. Não poderia haver fogo se não houvesse material combustível. Entretanto, em uma floresta, existe grande quantidade de combustível em potencial (SOARES,1979).

Os combustíveis superficiais são todos aqueles localizados sobre, e imediatamente acima ou no piso da floresta, até 1,80 m de altura, e compreendem basicamente folhas, galhos, troncos e demais materiais que se encontram neste intervalo. Os combustíveis subterrâneos são todos os materiais combustíveis que estão abaixo da superfície da floresta, como húmus, raízes de árvores, madeira em decomposição, turfa, entre outros (BATISTA, 1990).

Segundo o autor, os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações climáticas.

Yebra et al. (2006) relatam que o conhecimento da umidade dos materiais combustíveis é imprescindível para a estimativa de parâmetros ligados ao comportamento do fogo, tais como intensidade e velocidade de propagação, além de ser fator decisivo na obtenção de bons resultados com a queima controlada. É também um dos mais importantes fatores a serem analisados para a estimativa do risco de incêndios florestais.

A quantidade de material combustível em uma floresta varia bastante, dependendo principalmente do tipo e idade da floresta e outros parâmetros relacionados com o sítio. A estimativa da quantidade de combustível é fator importante em planos de prevenção e controle de incêndios, pois dela depende a intensidade do fogo (SOARES,1979).

## 2.5 Comportamento do fogo

Em relação ao comportamento do fogo, os combustíveis depositados sobre a superfície do solo (liteira) e o estrato herbáceo são os responsáveis pela ignição, propagação horizontal e superficial do fogo. Já o estrato arbustivo é o responsável pelo desenvolvimento do fogo e pela transformação de um incêndio superficial em incêndio de copas. Por último, os combustíveis subterrâneos são responsáveis por possíveis reignições de um incêndio aparentemente extinto (REGO; BOTELHO, 1990).

A intensidade do fogo é diretamente proporcional à quantidade de material combustível disponível, e é esta intensidade a responsável pela magnitude de danos às florestas, assim como pelo grau de dificuldade no combate aos incêndios. Grandes quantidades de combustível aumentam a dificuldade de controle de um incêndio, não só devido ao aumento de liberação de calor e comprimento das chamas, mas também pela dificuldade operacional de se quebrar a continuidade do material através da abertura de aceiros internos (SOARES, 1979).

De acordo com Soares e Batista (2007), em qualquer incêndio florestal é necessário a presença dos elementos básicos da combustão que são calor, oxigênio (comburente) e material combustível, sendo essa inter-relação básica desses três elementos conhecida como “triângulo do fogo”.

Souza (2000) enfatizou a importância do triângulo do fogo, não somente para o processo de combustão, mas também nos processos envolvendo prevenção e combate a incêndios florestais, referindo-se a uma “pirâmide” formada pela junção de três triângulos: 1 – Triângulo do fogo, formado pelos elementos que constituem a base do processo de combustão; 2 – Triângulo do comportamento do fogo, formado pelas condições do tempo, topografia e material combustível; e 3 – Triângulo do regime de fogo, formado pelo agente de ignição, material combustível e condições para queimar. Esta pirâmide constitui a base para ocorrência e propagação do fogo, ou seja, seus elementos constituintes são os responsáveis pela caracterização do comportamento do fogo. Faz-se necessário mencionar que o material combustível é o único elemento comum aos três triângulos, evidenciando sua importância no fenômeno fogo.

Ribeiro e Soares (1998) salientam que a avaliação do comportamento do fogo é baseada nos fatores associados com a combustão, os quais têm o material combustível como determinante de todo o processo de queima.

Quanto maior a carga do combustível maior é a intensidade da combustão (REGO; BOTELHO, 1990). Os mesmos autores afirmam que baseados na relação superfície/volume apresentado pelos combustíveis, que influencia diretamente o comportamento do fogo, estudiosos e pesquisadores trataram de classificar os combustíveis florestais.

Uma das mais importantes variáveis no estudo do comportamento do fogo é conhecer sua intensidade (SOARES; BATISTA, 2007). As informações relacionadas ao comportamento do fogo são de suma importância para garantir a eficiência das operações de combate, cujo planejamento depende fundamentalmente dos dados relativos à quantidade de material combustível (SOUZA et al., 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), que possui uma área de 325 ha, cuja vegetação não é explorada há mais de 25 anos, sendo caracterizado como Caatinga arbustiva arbórea fechada. A reserva pertence à Fazenda Tamanduá, localizada no município de Santa Terezinha (PB), entre as coordenadas geográficas 7° 2' 20" S e 37° 26' 43" W.

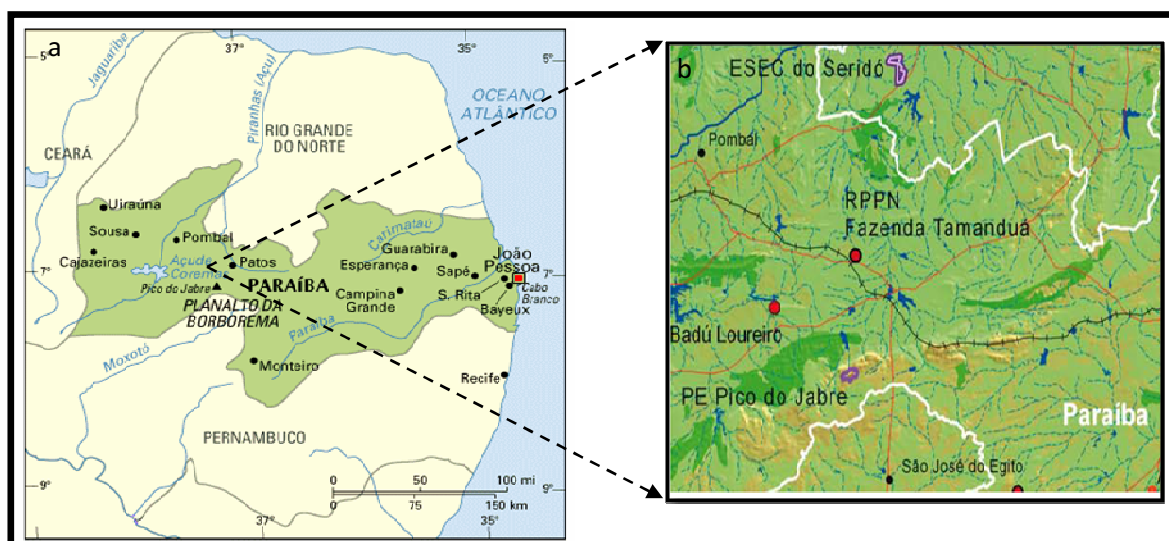


Figura 1. Mapa da Paraíba (a) com destaque para a localização da RPPN da Fazenda Tamanduá (b).

#### 3.2 Caracterização da área

O clima na região é do tipo BSh semiárido, segundo a classificação de Köppen, caracterizado com temperaturas superiores a 25°C e pluviosidade média inferior a 1000 mm ano<sup>-1</sup> com chuvas irregulares. De acordo com Araújo (2000), a área de estudo se caracteriza por uma estação seca e outra chuvosa, com precipitações médias anuais em torno de 600 mm, e início da estação seca em maio, podendo se estender até janeiro. Os solos predominantes do município são associações de Neossolos Litólicos e Luvisolos (EMBRAPA, 2006).

Souto (2006) realizou a amostragem da vegetação arbórea e arbustiva presente em cada transecto, cujos constituintes mais conspícuos estão elencados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais espécies arbóreas e arbustivas presentes em cada transecto.

NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO
Catingueira <sup>(T1-T7)*</sup>	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz
Marmeleiro <sup>(T1-T7)</sup>	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.
Mofumbo <sup>T1-T4; T6, T7</sup>	<i>Combretum leprosum</i> Mart.
Angico <sup>(T1, T3-T7)</sup>	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.
Malva <sup>(T1-T3, T5-T7)</sup>	<i>Sida</i> sp.
Alfazema brava <sup>(T1-T3)</sup>	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.
Jurema branca <sup>(T2, T4, T7)</sup>	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.
Imburana de cambão <sup>(T2-T5, T7)</sup>	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett
Genipapo <sup>(T3)</sup>	<i>Genipa americana</i> , L.
Juazeiro <sup>(T3)</sup>	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.
Imbiratanha <sup>(T3, T6, T7)</sup>	<i>Pseudobombax simplicifolium</i> A. Robyns
Feijão bravo <sup>(T4, T6)</sup>	<i>Capparis hastata</i> Jacq.
Pinhão bravo <sup>(T4-T7)</sup>	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.s
Pereiro <sup>(T4- T7)</sup>	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.
Jurema preta <sup>(T4, T6)</sup>	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.
Mororó <sup>(T5)</sup>	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) D. Dietr.

\*T = Transecto

Além desses indivíduos, verificou-se durante as coletas, a presença do capim panasco (*Aristida setifolia*) de forma mais evidente nos transectos 5, 6 e 7.

### 3.3 Quantificação do material combustível

Na RPPN as coletas foram realizadas em sete transectos já demarcados (Figura 2), cuja distância entre eles é de 200m. A quantificação do material combustível foi realizada nos meses de outubro, novembro e dezembro/2009.

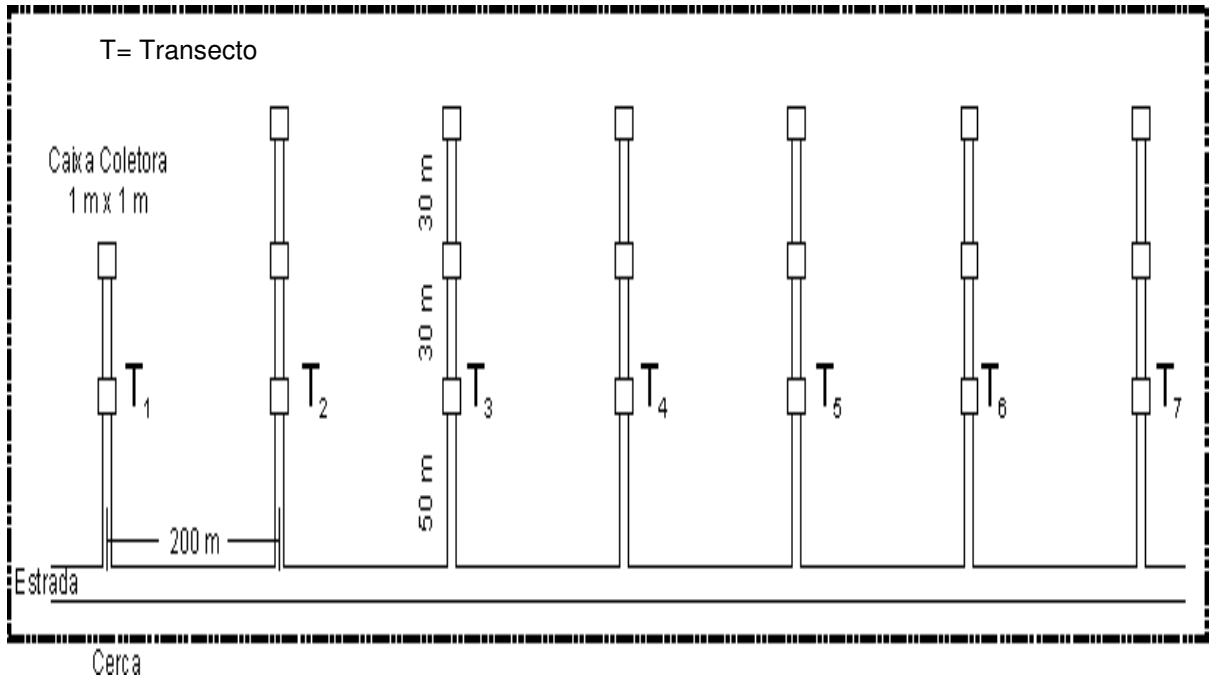


Figura 2. Distribuição dos transectos na área de estudo

A coleta do material combustível foi realizada em parcelas de  $1\text{m}^2$  que foram demarcadas com a ajuda de um gabarito, instalado com distribuição aleatória, três vezes em cada transecto. Com base no trabalho de Beutling et al (2005), o material combustível acumulado nas parcelas experimentais foram classificados de acordo com o estado fisiológico nas seguintes classes:

- **Material combustível vivo:** constituído pelo material herbáceo e pequenos arbustos, que posteriormente foi cortado;
- **Material combustível morto:** constituído pelo material morto acamado sobre a superfície do povoamento.

Após a instalação da parcela, todo o material combustível foi coletado e separado de acordo com a classe fisiológica pré-estabelecida (vivo e morto), sendo posteriormente colocado em sacos de plásticos devidamente identificados e transportados para o Laboratório de Nutrição de Mineral de Plantas da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, onde foram realizadas as determinações (Figura 3).



Figura 3. Gabarito utilizado na marcação das parcelas (a), corte do material combustível vivo (b) e coleta do material combustível morto (c)

No laboratório, o material combustível foi pesado em balança digital para determinação do peso fresco e colocado para secagem em estufa de circulação e renovação de ar a uma temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$  por 48 horas. Após esse período foi pesado para determinação do peso seco (Figura 4).

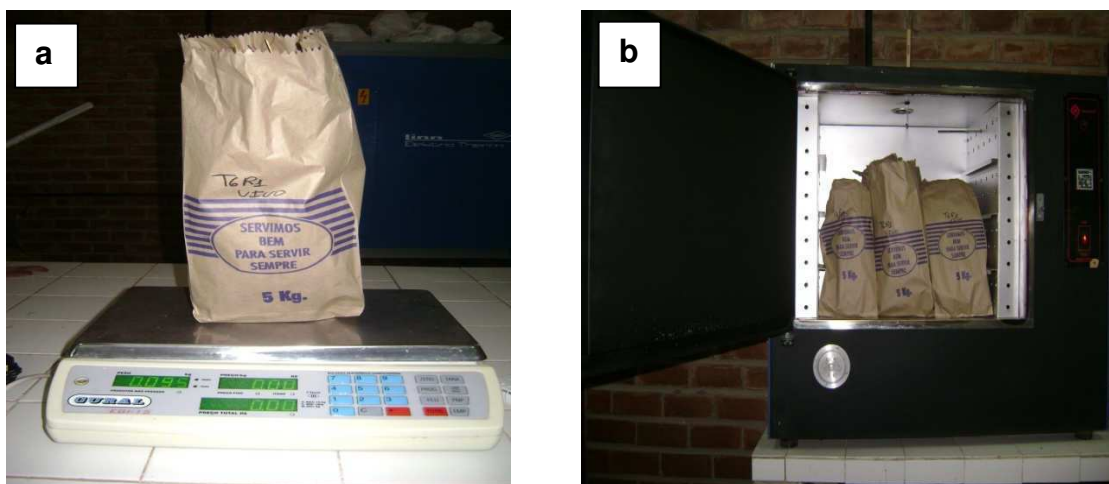


Figura 4. Pesagem do material combustível em balança digital (a) e secagem em estufa (b)



A determinação do teor de umidade do material combustível coletado nos meses de amostragem foi calculada através da equação:

$$TU\% = \frac{PF - PS}{PS} * 100$$

Onde:

TU%= Teor de Umidade;

PF= Peso Fresco;

PS= Peso Seco.

Em seguida foi feita a separação do material combustível de cada área em folhoso e não folhoso (incluindo galhos, cascas, resinas e estruturas reprodutivas), sendo posteriormente pesado e avaliado quanto ao grau de contribuição de cada classe (Figura 5).



Figura 5. Separação do material combustível

### 3.4 Avaliação da intensidade do fogo e tempo de queima

Para avaliar o comportamento do fogo em relação à velocidade de propagação e intensidade da queima dos diferentes materiais combustíveis, foi realizada a queima do material no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Patos-PB. O material combustível pertencente a cada área de coleta foi organizado em parcelas de 1m<sup>2</sup>, para queima. Antes da queima foi



verificada a altura da pilha de material combustível com o auxílio de uma régua, e a temperatura na superfície do solo usando um termômetro (Figura 6).

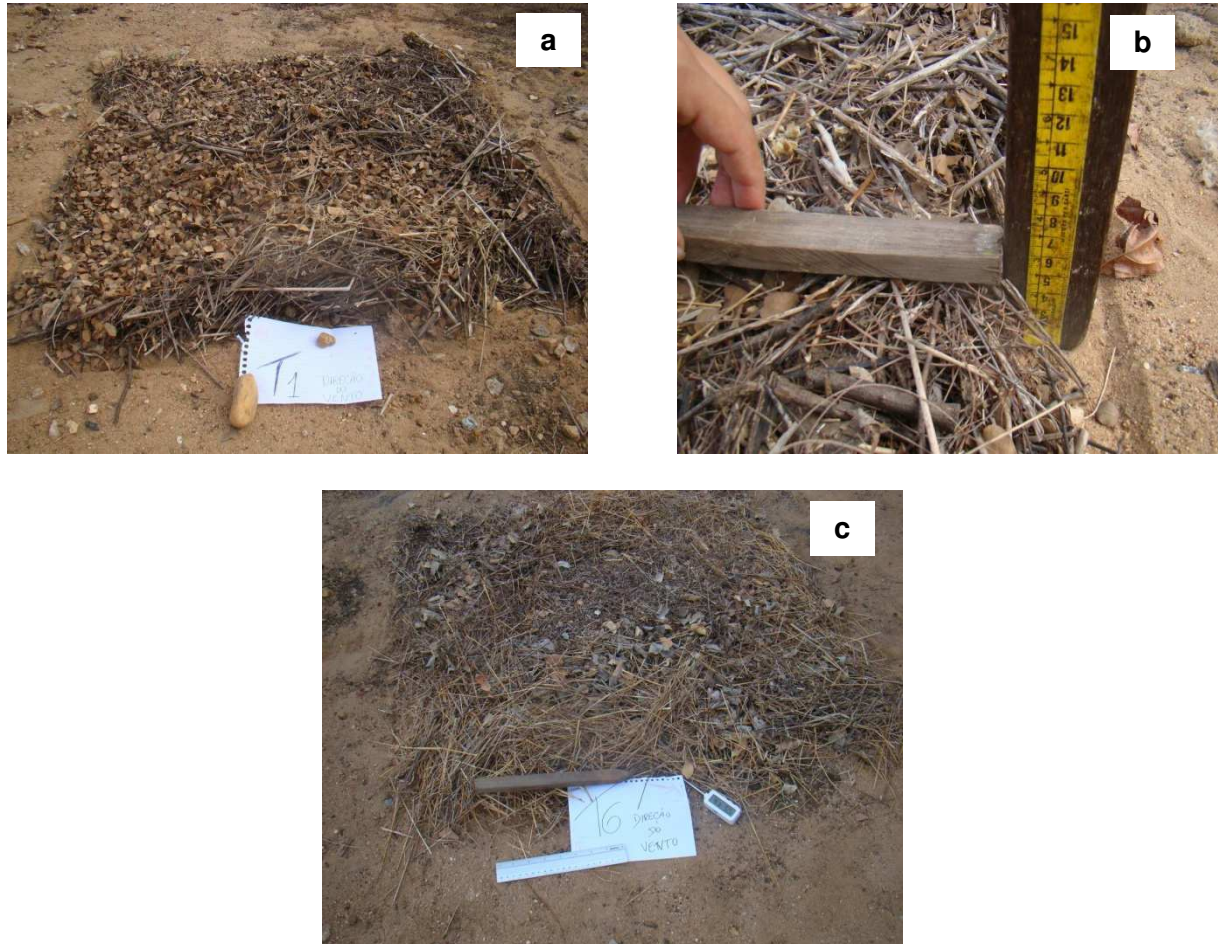


Figura 6. Organização das pilhas de material combustível (a), com medição da altura (b) e medição da temperatura na superfície do solo antes da queima(c)

A velocidade de propagação, ou seja, o tempo necessário para o fogo percorrer um metro em qualquer um dos lados da parcela foi registrada com um cronômetro, sendo também registrado o tempo que o fogo levou para se extinguir. A queima foi iniciada a favor do vento, e quando o fogo foi completamente extinto verificou-se a temperatura na superfície do solo (Figura 7). Após o resfriamento do material combustível foram coletados os resíduos existentes em cada parcela para serem pesados, de modo a avaliar a eficiência da queima na transformação dos resíduos orgânicos em mineral (cinzas).

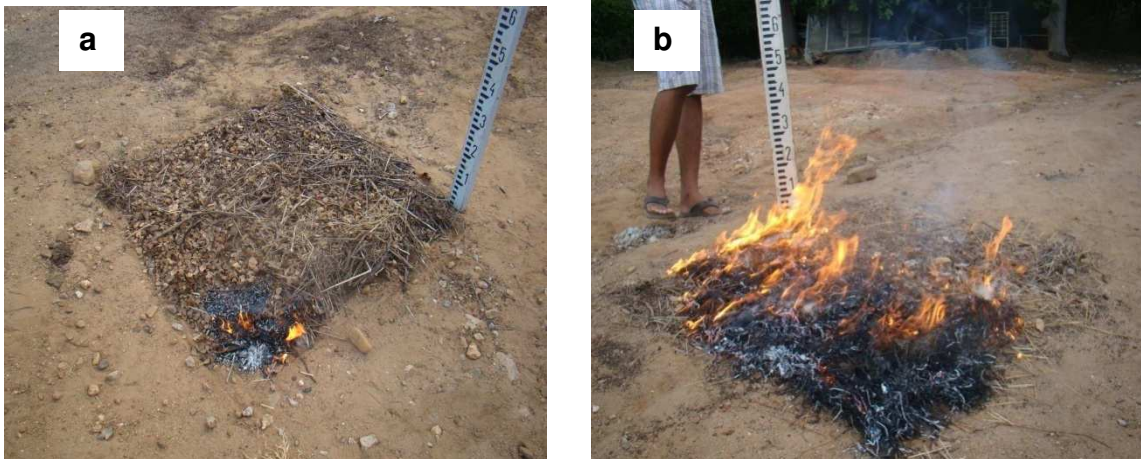


Figura 7. Queima das pilhas de material combustível (a) e altura da chama (b)

A classificação da velocidade de propagação do fogo (Tabela 2) foi realizada de acordo com a classificação proposta por Botelho e Ventura (1990) *apud* Soares e Batista (2007).

Tabela 2. Classificação da velocidade de propagação do fogo

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

A intensidade da linha de fogo foi estimada pela equação de Byram (1959) *apud* Soares e Batista (2007):

$$I = H.w.r$$

Onde:

**I**= intensidade do fogo (kcal m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>);

**H**= poder calorífico do combustível (±4.000 kcal kg<sup>-1</sup>);

**W** = peso do combustível disponível em kg m<sup>-2</sup>;

**r** = velocidade de propagação do fogo em m s<sup>-1</sup>.

De acordo com esses autores, o valor de  $\pm 4.000 \text{ kcal kg}^{-1}$  é um valor médio que deve ser utilizado quando não se tem o valor real do poder calorífico do material combustível avaliado.

Os valores de intensidade do fogo obtidos nesse estudo foram comparados com os limites de intensidade do fogo para danos aceitáveis em florestas comerciais proposto por McArthur (1967) *apud* Soares e Batista (2007), que se encontra na Tabela 3.

Tabela 3. Limites de intensidade de fogo para danos aceitáveis em florestas comerciais de eucaliptos

Intensidade do fogo ( $\text{kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )	Descrição do comportamento do fogo
4-10	Intensidade muito baixa; altura das chamas menor que 0,3m o fogo geralmente se extingue sozinho.
11-41	Intensidade ótima; altura das chamas variando de 0,3 a 0,9m; altura de crestamento entre 1,8 a 4,5m; pouca chance do fogo escapar ao controle.
42-58	Muito severo para alguns tipos florestais; altura das chamas entre 0,9 e 1,5m; altura de crestamento entre 4,8 e 9,0m; alguma dificuldade em se confinar do fogo especialmente em altas concentrações de combustível.
59-83	Limite máximo para danos aceitáveis em florestas comerciais de eucaliptos.

Ao final da queima do material combustível, de cada transecto na parcela de 1m x 1m foi coletado o combustível não consumido, para em seguida ser pesado e comparado com o peso do material antes da queima, determinando-se assim, a porcentagem de material queimado.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com os tratamentos em arranjo fatorial 7x3 (transectos x meses), com três repetições. Os dados sobre material combustível folhoso vivo foram transformados utilizando  $(\sqrt{x} + 1)$  atendendo, assim, às exigências da análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.5 beta sendo aplicado o Teste Tukey para comparação de médias a 99% de confiabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Quantificação do material combustível

Na Figura 8 estão apresentados os valores médios referentes à quantidade de material combustível (peso seco em estufa) coletados nos períodos de amostragem.

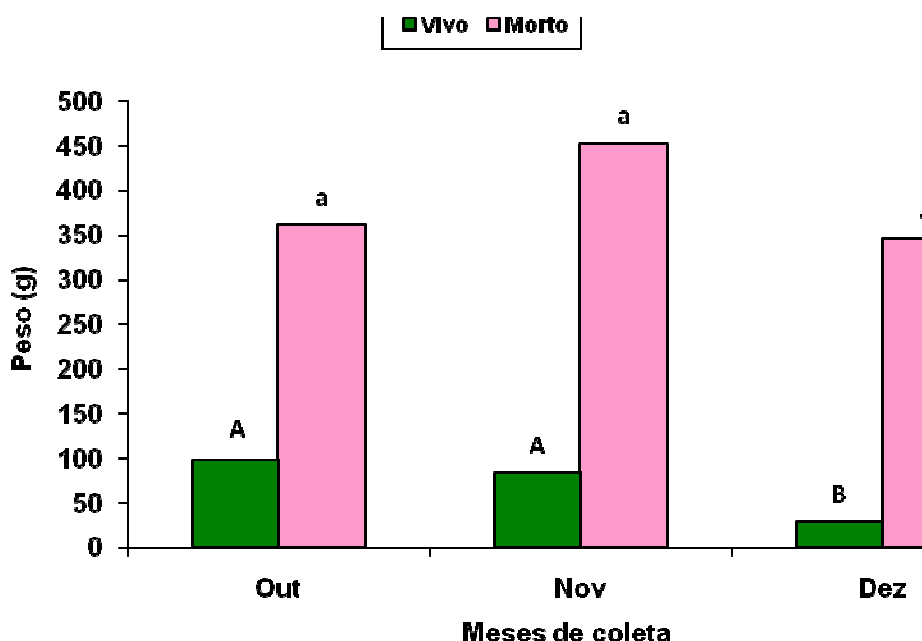


Figura 8. Quantidade (g) de material combustível coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material combustível vivo (DMS= 29,87) e letra minúscula compara material combustível morto (DMS= 120,08), entre os meses

A maior quantidade de material combustível foi obtida no mês de novembro com 535,3 g m<sup>2</sup>, sendo que os combustíveis mortos foram os que mais contribuíram na formação da carga total em todos os meses estudados, não diferindo estatisticamente entre si. Essa maior contribuição de material morto durante os meses em que foi realizado o estudo pode ser atribuída ao mecanismo de caducifolia, que é característico da maioria das espécies que constituem a vegetação da Caatinga, já que o período de amostragem coincidiu com a estação seca na região.

Essa maior contribuição do material combustível morto também foi verificada por Souto et al. (2009), ao avaliarem a quantidade de material combustível em plantios florestais e em remanescente de Mata Atlântica no brejo da Paraíba. Para



esses autores, a presença efetiva do material combustível morto sob a floresta nativa pode ser atribuída à grande diversidade de espécies florestais existentes na área que depositam nas mais diversas formas, posições e arranjos, diferentes tipos e quantidades de material orgânico na superfície do solo.

A contribuição dos combustíveis vivos diferiu entre os meses, com os maiores valores obtidos em outubro e novembro com 98,2 e 83,1 g, respectivamente. Com a amostragem sendo realizada no período seco e o baixo conteúdo de água no solo contribuiu para que o local se tornasse menos favorável ao crescimento de ervas e arbustos. Com isso, a presença de poucas espécies herbáceas é justificável, de modo que as mais adaptadas aos baixos conteúdos de água no solo como o capim panasco (*Aristida setifolia*), a alfazema (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) e a malva (*Sida* sp.), conforme pode ser visualizado na Figura 9, foram as principais constituintes do material combustível vivo na maioria dos transectos.



Figura 9. Material combustível superficial vivo no gabarito com predomínio do capim panasco (*Aristida setifolia*) e alfazema (*Hyptis suaveolens* Poit.), em coleta realizada em outubro/2010 na RPPN da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB

Em relação à quantificação do material combustível coletados nos transectos (Figura 10), as coletas do material em diferentes estados fisiológicos diferiram entre si ( $p < 0,01$ ).

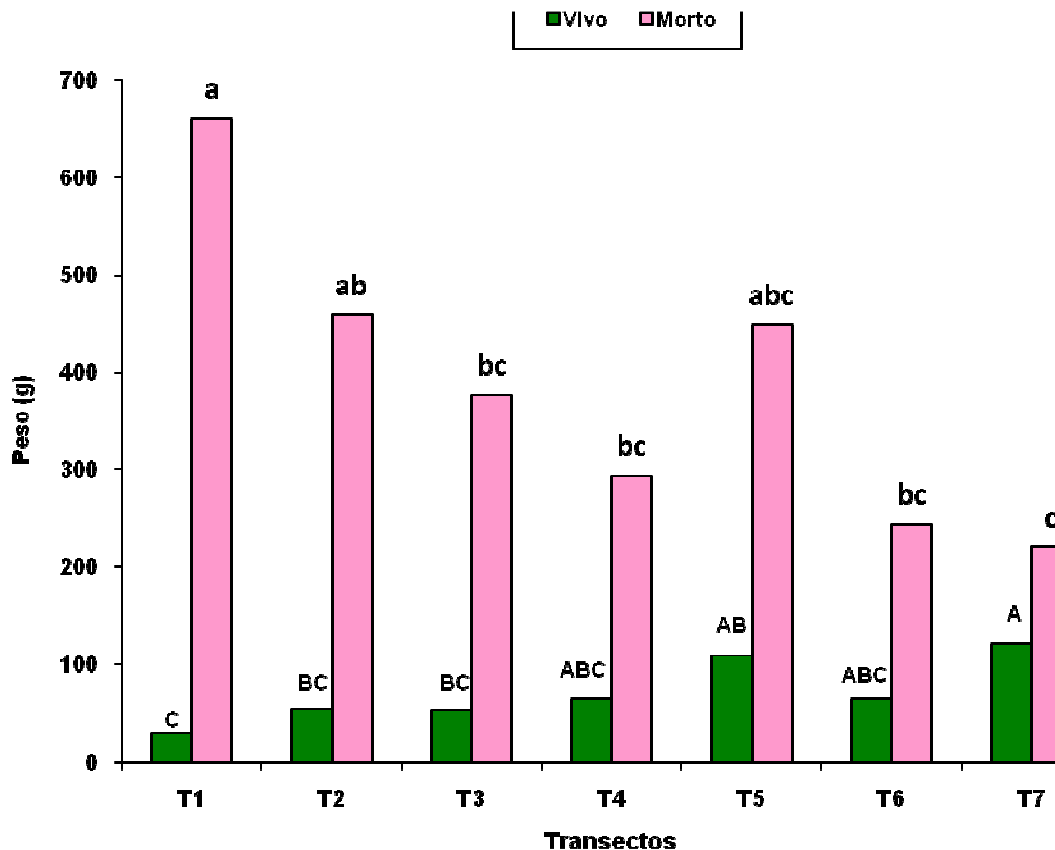


Figura 10. Quantidade (g) de material combustível coletado nos diferentes transectos, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material combustível vivo (DMS= 58,17) e letra minúscula compara material combustível morto (DMS= 233,87), entre os transectos

O maior valor médio de material combustível vivo foi registrado no transecto 7 com 121,8g, apesar de não diferir estatisticamente dos transectos 4,5 e 6. Já a maior quantidade de material combustível morto foi coletada no transecto 1 com 660,89 g, sendo esse valor igual estatisticamente aos registrados nos transectos 2 e 5 com 459,44g e 448,89g, respectivamente. Observa-se ainda nessa figura que foi também no transecto 7 que se coletou a menor quantidade de material combustível morto com 220,89g. A maior presença de material combustível morto em todos os

transectos pode estar associada ao déficit hídrico no solo que intensifica o processo de caducifolia da maioria das espécies da caatinga na estação seca.

Beutling et al. (2005) salientam que essas informações tornam-se muito úteis sob o ponto de vista da prevenção dos incêndios florestais, pois conhecer a quantidade e o estado fisiológico dos combustíveis florestais existentes em campo permite a realização de estimativas sobre o risco de incêndio e o comportamento do fogo.

Verifica-se na Figura 11 que a maior contribuição na formação do material combustível vivo foi do material não folhoso, em todos os meses de amostragem, apesar de não diferir estatisticamente.

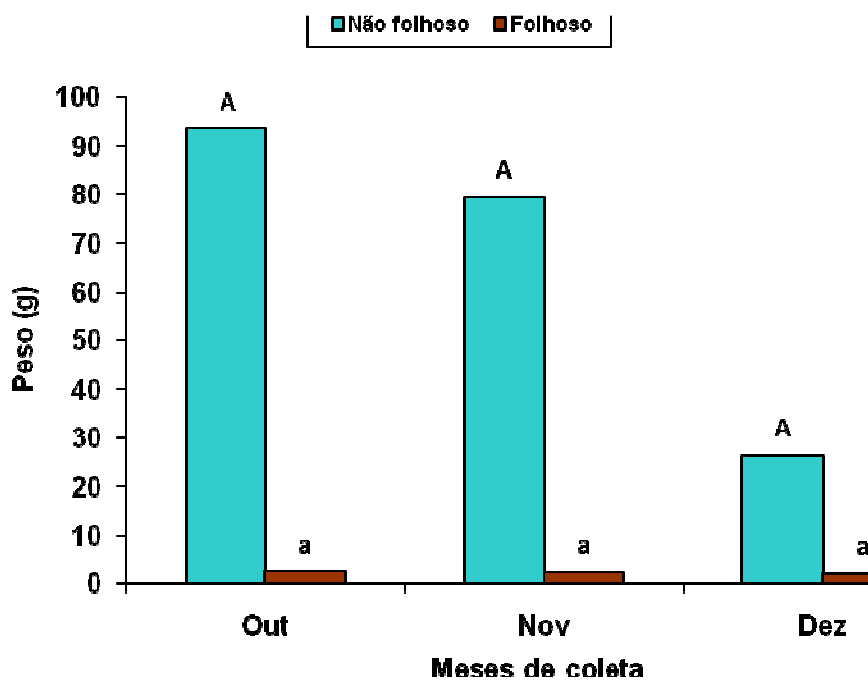


Figura 11. Peso (g) do material combustível vivo folhoso e não folhoso coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material não folhoso (DMS= 29,66) e letra minúscula compara material folhoso (DMS= 0,90), entre meses

De acordo com o resultado da quantificação do material combustível vivo folhoso e não folhoso em cada transecto expresso na Figura 12, foi verificado que o maior valor do material não folhoso ocorreu no T7 com 117,22 g, sendo estatisticamente igual aos valores registrados nos T5 e T6, com 106,7 e 64,9 g, respectivamente.

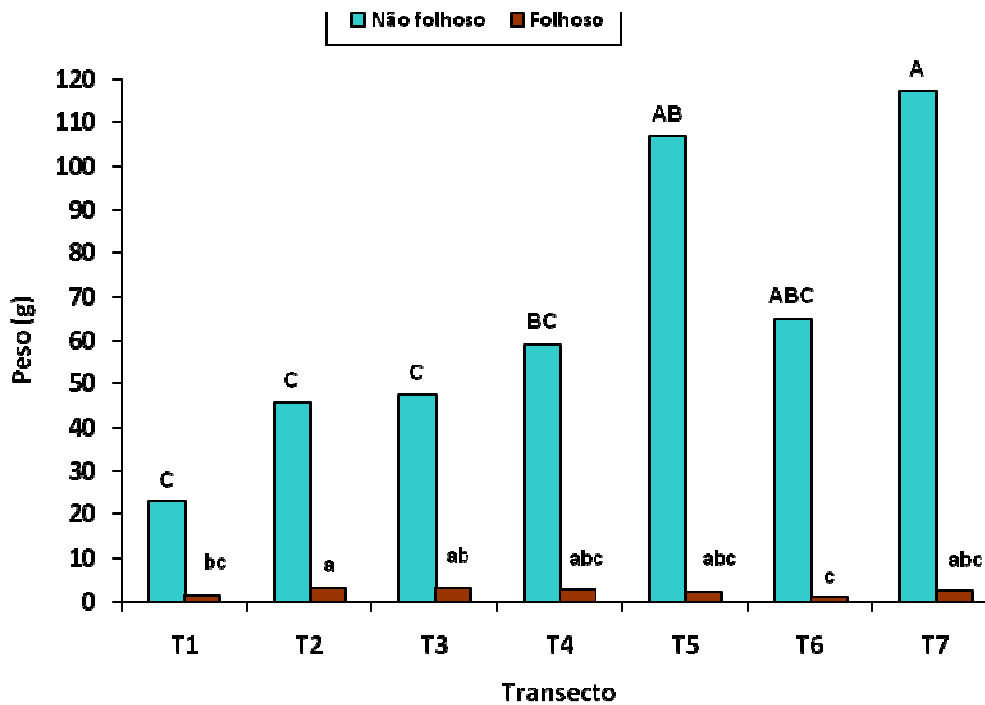


Figura 12. Peso (g) do material combustível vivo folhoso e não folhoso coletado nos diferentes transectos na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material vivo não folhoso (DMS= 57,77) e letra minúscula compara material vivo folhoso (DMS= 1,75), entre transectos

Como nesses transectos a presença do capim panasco e da malva eram mais constante, a contribuição de colmos pelo panasco e de caules e galhos da malva foram maiores, refletindo nos valores mais elevados de material vivo não folhoso.

Os valores médios de material vivo folhoso nos transectos foram estatisticamente diferentes, sendo 3,16 g o maior valor registrado no T2, apesar de estatisticamente se assemelhar aos valores obtidos nos transectos 3,4,5 e 7.



Em relação ao material morto folhoso, a carga total durante o período de amostragem foi de 341,73 g. Observou-se que apesar da presença de folhas no piso florestal, principalmente das pequenas folhas de catingueira (Figura 13.), a contribuição em peso dessa parte dos vegetais na formação do material combustível foi inferior ao não folhoso.



Figura 13. Coleta de material combustível superficial morto com destaque para a presença de folhas de catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz) em coleta realizada em outubro/2010 na RPPN da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB

Verifica-se na Figura 14 a contribuição dos resíduos vegetais folhosos e não folhosos na formação do material combustível morto coletado nos três meses de condução do estudo. A carga total de material combustível morto não folhoso durante o período de amostragem foi de 833,71 g, com a maior contribuição de material ocorrendo no mês de novembro com 299,43 g, apesar dos valores médios obtidos em cada mês não diferirem estatisticamente.

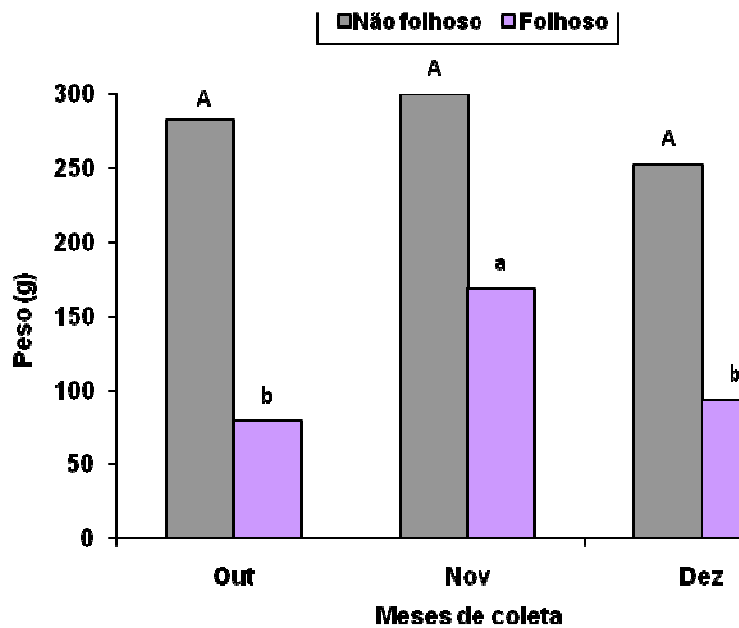


Figura 14. Peso (g) do material combustível morto folhoso e não folhoso coletado nos meses de amostragem, na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material morto não folhoso (DMS= 90,89) e letra minúscula compara material morto folhoso (DMS= 62,11), entre meses

Portanto, essa maior contribuição do material não folhoso em todos os meses é devido ao critério de classificação adotado neste estudo onde foi considerado material não folhoso galhos, cascas, colmos, resinas e outros materiais, exceto folhas. Assim, por serem mais pesados em relação às folhas, as contribuições desses materiais superou o folhoso em todos os meses amostrados.

Resultados semelhantes foram obtidos por Souto et al. (2009) em povoamento com pinus no município de Areia (PB), em que o percentual de contribuição do material lenhoso foi superior às áreas com povoamento de teca (*Tectona grandis*) e Mata Atlântica. Para esses autores, a presença de grande quantidade de material lenhoso constitui um ambiente ideal para a propagação de incêndios de maior intensidade.

Quanto ao acúmulo de material combustível morto folhoso e não folhoso nos transectos (Figura 15) verifica-se que a maior contribuição foi do material não folhoso com destaque para o transecto 1 que registrou o maior valor médio com 457 g, diferindo estatisticamente dos demais, porém, semelhante aos transectos 2, 3 e 5. O material combustível folhoso também teve maior acúmulo no transecto 1 com valor médio de 251,11 g, assemelhando-se estatisticamente apenas ao transecto 2 com 145 g.

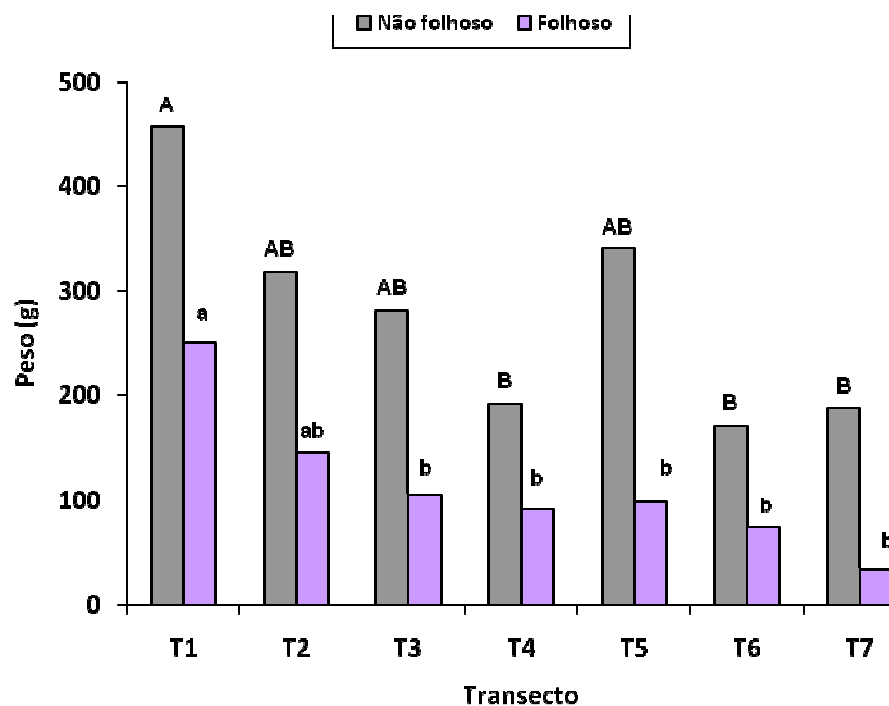


Figura 15. Peso (g) do material combustível morto folhoso e não folhoso coletado nos diferentes transectos na RPPN da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha, PB. Letra maiúscula compara material morto não folhoso (DMS= 177,00) e letra minúscula compara material morto folhoso (DMS= 120,95), entre transectos

É interessante ressaltar que em todos os transectos avaliados ocorre maior acúmulo de material combustível não folhoso, vivo e morto, indicando que nesse ambiente e nesse período seco há maior concentração de galhos, cascas, colmos, resinas, que irão influenciar na velocidade de propagação do fogo.

## 4.2 Teor de umidade do material combustível

Os materiais combustíveis, vivo e morto, apresentam diferentes quantidades de água, sendo que os vivos retêm mais umidade do que os mortos (Figura 16), necessitando assim de uma quantidade maior de calor para que ocorra a ignição. Batista e Soares (1986) afirmaram que os materiais vegetais, vivos ou mortos, têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas ao clima, onde o conteúdo de umidade do material vivo é mais estável do que o material morto. Desse modo, o material morto é mais seco e responde mais rapidamente às mudanças climáticas sendo, portanto, o principal responsável pela propagação do incêndio.

De acordo com os dados obtidos nesse estudo os teores de umidade no material combustível morto ficaram abaixo dos 6% e o vivo variou de 18 a 27%, de modo que nas situações avaliadas, os valores não diferiram estatisticamente entre si nos meses de coleta, como pode ser visualizado na Figura 16.

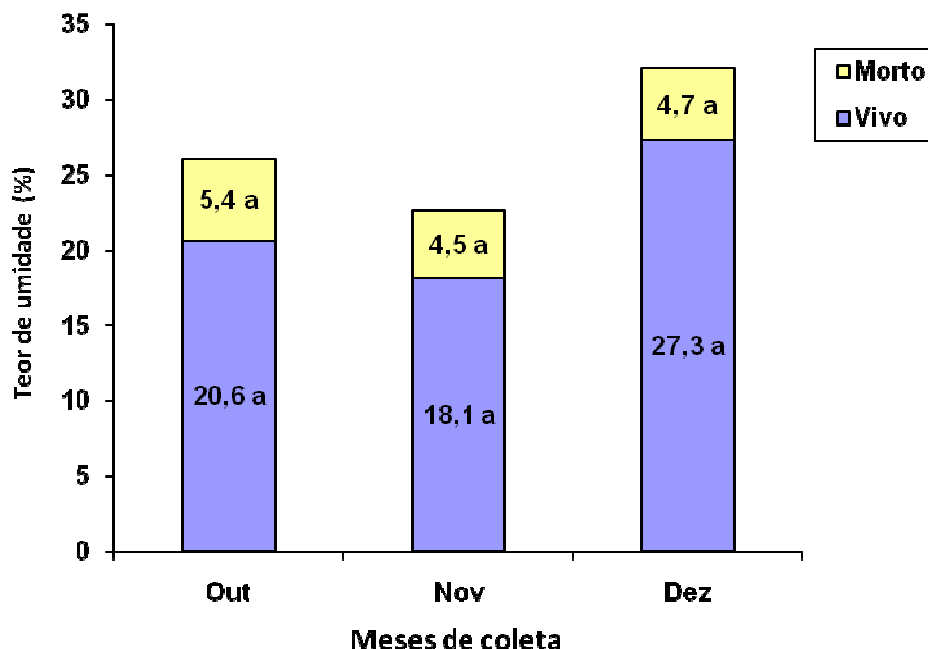


Figura 16 Teor médio de umidade do material combustível em cada estado fisiológico nos meses de coleta

Para Fenner e Lima (1992), quando os teores de umidade dos materiais combustíveis florestais encontram-se na faixa de 25 a 30% são considerados perigosos, pois nessa faixa há uma alta probabilidade de ignição.

Portanto, os teores de umidade do material combustível, vivo ou morto, obtidos no presente estudo encontram-se abaixo da faixa de perigo relatada pelos supracitados autores, indicando que os riscos de incêndios em área de Caatinga na estação seca podem ser considerados altíssimos devido à baixa umidade do material combustível superficial existente. Diante dessas condições favoráveis a ocorrência de incêndios florestais, o monitoramento e a vigilância em áreas de Reserva de Caatinga devem ser intensificados nesses períodos críticos.

### 4.3 Velocidade de propagação da linha de fogo

Na Tabela 4 estão apresentados os valores referentes à velocidade de propagação da linha de fogo dos materiais combustíveis.

Tabela 4. Velocidade de propagação da linha de fogo do material combustível coletado no período de Outubro a dezembro/2009 na RPPN da Fazenda Tamanduá em Santa Terezinha, PB

Transecto	Meses de coleta						Classificação
	Outubro		Novembro		Dezembro		
	Altura da pilha (m)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Altura da pilha (m)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Altura da pilha (m)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	
1	0,06	0,005	0,06	0,009	0,05	0,002	Lenta
2	0,04	0,007	0,05	0,006	0,04	0,004	Lenta
3	0,05	0,006	0,05	0,004	0,03	0,012	Lenta
4	0,04	0,017	0,05	0,004	0,03	0,006	Lenta
5	0,04	0,022	0,06	0,007	0,04	0,005	Lenta
6	0,03	0,028	0,03	0,004	0,05	0,008	Lenta
7	0,04	0,011	0,05	0,009	0,05	0,002	Lenta

A altura das pilhas composta de material combustível vivo e morto variou de 0,03m a 0,06m, indicando pouco acúmulo nas parcelas. Isso interferiu na velocidade de propagação do fogo cujo tempo registrado para que o fogo percorresse 1m linear

foi sempre inferior a 0,010 em todas as épocas de amostragem, exceto no mês de outubro, onde a velocidade de propagação do fogo foi superior nos transectos 4, 5, 6 e 7. De acordo com SOARES e BATISTA (2007), nestes estudos, a taxa de propagação linear é uma das mais importantes variáveis a serem consideradas.

Os valores de velocidade de propagação do fogo obtido nesse estudo está de acordo com os registrados por Almeida et al. (2009) que obtiveram velocidades de propagação de  $0,007 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,013 \text{ m s}^{-1}$  em material combustível proveniente de plantios de *Pinus* sp e teca (*Tectona grandis*), respectivamente, e  $0,001 \text{ m s}^{-1}$  para o material combustível coletado em Mata Atlântica, no brejo da Paraíba. Loro e Hiramatsu (2004) avaliando o comportamento do fogo, em condições de laboratório, de material combustível coletados em povoamento de *Pinus elliottii* L. obtiveram a velocidade média de queima de  $0,423 \text{ cm s}^{-1}$ .

Comparando os dados obtidos com a classificação da velocidade de propagação de materiais combustíveis proposta por Botelho e Ventura (1990) *apud* Soares e Batista (2007), a velocidade de propagação foi lenta em todas as épocas de amostragem e transectos. Segundo Batista e Soares (1995), quanto mais rápida a velocidade de propagação, menor quantidade de calor é direcionada para aquele local e o fogo se propaga vagarosamente com a mesma intensidade a concentração de calor no local será aumentada.

#### 4.4 Temperatura do solo

Em relação à temperatura do solo, antes e após a queima do material combustível (Figura 17) verifica-se que em todas as épocas de amostragem ocorreu um aumento acima de 10°C, com destaque para o transecto 6 no mês de outubro onde a diferença de temperatura na superfície do solo após a queima ultrapassou os 20° C. Semelhante foi registrado nos transectos 3 e 6 no mês de novembro e no transecto 7 em dezembro. É provável que esse incremento na temperatura do solo contribua para alterar drasticamente a composição da comunidade edáfica presente nas camadas superficiais do solo, principalmente os componentes que não são móveis, como os microrganismos, e os pouco móveis, como os representantes da mesofauna.

Para De Bano (1989), o grau de aquecimento do solo durante uma determinada queima é altamente variável e depende do tipo de combustível (herbáceas, arbustos, árvores), da intensidade do fogo (incêndio, queima controlada), da natureza da camada de serrapilheira (espessura, conteúdo de umidade), e das propriedades do solo (matéria orgânica, teor de umidade, textura). Diversas características do solo, tais como estrutura, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes e atividade microbiológica, são altamente dependentes da matéria orgânica, que começa a se alterar quimicamente quando aquecida a 200° C e é completamente consumida quando atinge 450 °C.

Segundo Araújo Filho e Barbosa (2000), a queimada, prática comumente utilizada para limpar o terreno na Caatinga, elimina toda a cobertura do solo e, por conseguinte, a fonte de alimentos limitando o número de nichos ecológicos e acarretando ainda redução dos recursos alimentares. Além disso, Fassbender e Bornemisza (1987) salientam que o aumento da temperatura do solo com o uso do fogo pode provocar a oxidação da matéria orgânica, concentrando os teores de P ligados a Al, Fe e Ca e diminuindo os teores de P de compostos orgânicos, além de reduzir os teores de Ca, K e Mg na solução do solo pela lixiviação.

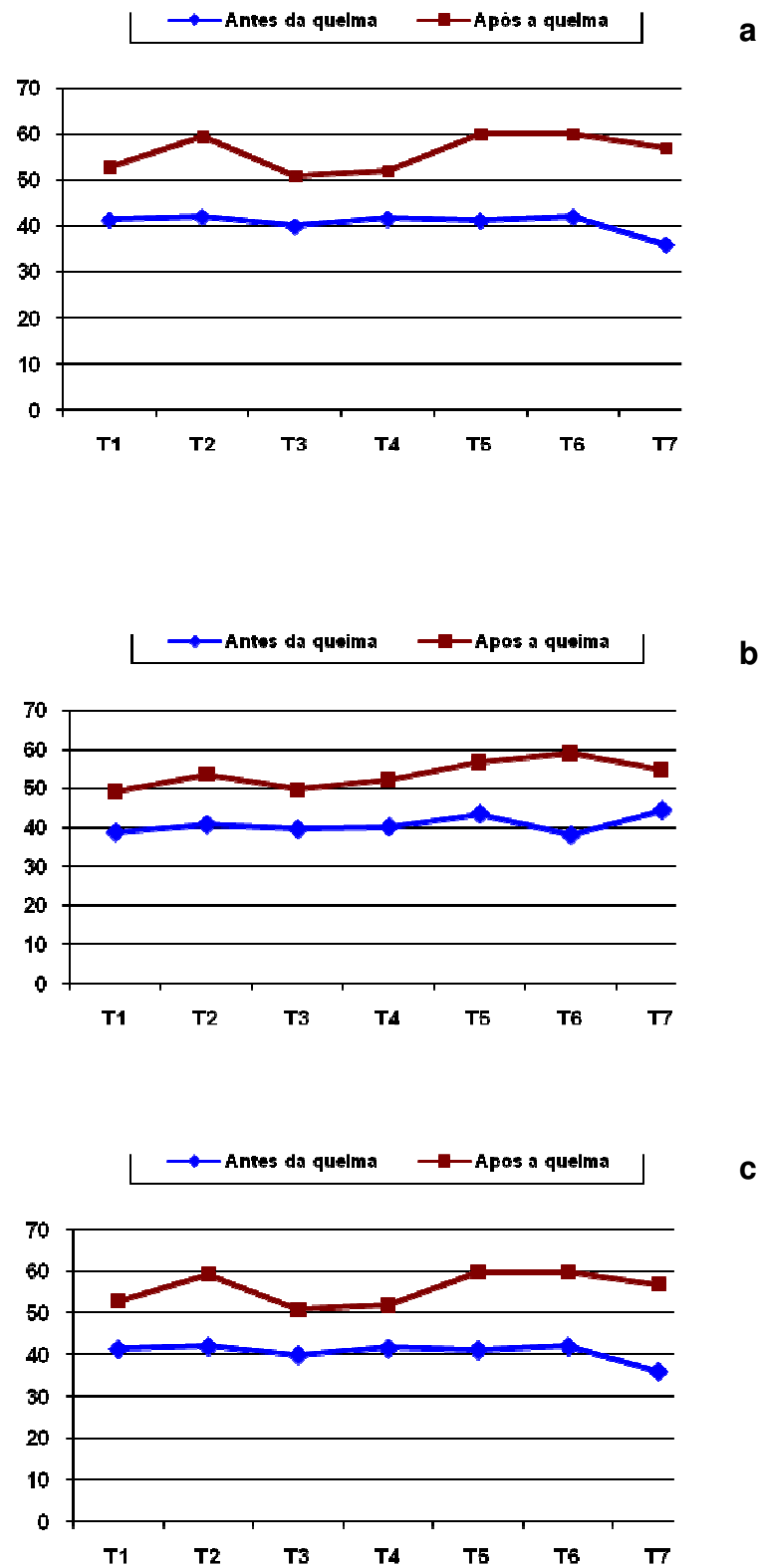


Figura 17. Temperatura na superfície do solo antes e após a queima do material combustível coletados nos meses de outubro (a), novembro (b) e dezembro (c)



#### 4.5 Intensidade do fogo

Uma das mais importantes variáveis no estudo do comportamento do fogo é conhecer sua intensidade (SOARES; BATISTA, 2007). Analisando a intensidade da linha de fogo do material combustível superficial, coletados nos transectos nos diferentes meses de amostragem (Tabela 5), verifica-se que a maior intensidade foi registrada no transecto 5, no mês de outubro, com  $119,7 \text{ kcal m}^{-1}\text{s}^{-1}$ . Ocorreu variação nos valores estimados da intensidade do fogo nos diferentes materiais coletados e isso é frequentemente registrados em diversos trabalhos. (LORO; HIRAMATSU, 2004, SOARES, 1979, BATISTA; SOARES, 1995)

Tabela 5. Intensidade do fogo nas diferentes épocas de amostragens

Transectos	Intensidade do fogo ( $\text{kcal m}^{-1}\text{s}^{-1}$ )		
	Épocas de amostragem		
	Out	Nov	Dez
1	41,7	93,2	11,9
2	52,5	34,2	21,1
3	34,1	25,7	40,6
4	53,8	22,2	24,8
5	119,7	53,5	33,0
6	93,5	16,8	28,8
7	56,5	42,1	37,8

Na avaliação do percentual de material combustível consumido pelo fogo nos diferentes transectos (Tabela 6), verifica-se que no mês de outubro o maior percentual de material combustível queimado foi nos transectos 7 e 5, com 85,2% e 83,1%, respectivamente.

Tabela 6. Tempo de queima total e percentual de material combustível consumido pelo fogo

T r a n s e c t o	Meses de coleta											
	Out/2009				Nov/2009				Dez/2009			
	MCI*	MCF	TQ	% Queima	MCI	MCF	TQ	% Queima	MCI	MCF	TQ	% Queima
1	2,085	0,760	34:00	63,6	2,588	1,330	19:51	48,6	1,490	1,320	16:10	11,4
2	1,875	0,545	27:15	70,9	1,425	0,880	5:42	38,3	1,320	0,490	25:25	62,9
3	1,421	1,015	33:00	28,6	1,607	0,345	26:27	78,5	0,845	0,270	6:10	68,1
4	0,792	0,180	8:00	77,3	1,391	0,325	12:45	76,6	1,035	0,275	10:10	73,4
5	1,360	0,230	11:20	83,1	1,912	0,535	40:00	72,0	1,650	0,345	14:00	79,1
6	0,835	0,320	3:35	61,7	1,050	0,300	9:26	71,4	0,900	0,260	9:33	71,1
7	1,285	0,190	12:21	85,2	1,169	0,310	4:28	73,5	0,630	0,210	6:30	66,7

\*MCI: material combustível inicial (kg); MCF: Material combustível final (kg); TQ: tempo de queima

O tempo de queima nesse trabalho foi quantificado a partir da ignição até a completa extinção da chama, e para queimar os percentuais acima citados foi necessário menos de 13 minutos. O menor tempo de queima registrado foi no transecto 6 com 3:35 minutos para queimar 61,7% do material combustível empilhado. Nos transectos 1, 2 e 3 o tempo de queima foi mais elevado com destaque para o transecto 3, que teve o menor percentual de material combustível queimado. Essa diferença nos percentuais queimados é provavelmente devido à composição das pilhas, pois naquelas dos transectos 5, 6 e 7 havia um predomínio de herbáceas, que são de fácil combustão, enquanto que nas demais áreas o material combustível apresentava predominância de grande quantidade de folhas, principalmente de catingueira, que tornou a pilha mais compactada e de queima lenta. Além disso, observou-se que as folhas de catingueira têm baixa inflamabilidade, demorando mais a serem consumidas pelo fogo e isso pode ser devido à sua composição ou à forma de acomodação na pilha, deixando pouco espaço para circulação do oxigênio.

Segundo Soares (1979), o potencial de intensidade do fogo é maior em material menos compactado, onde o fogo se propaga mais rapidamente e,

consequentemente, com mais intensidade, já que a velocidade de propagação é inversamente proporcional à densidade do material combustível. Beutling (2009) salienta que as dimensões das parcelas seu posicionamento em relação à direção predominante do vento e arranjo geral dos combustíveis interferem no comportamento do fogo.

No mês de novembro o maior tempo de queima registrado (40 min) foi no transecto 5, queimando 72% do material combustível da pilha. Nos transectos 6 e 7 o tempo de queima foi abaixo dos 10 minutos e o percentual queimado acima do 70%. Entretanto, o tempo de queima registrado no transecto 2 foi também abaixo dos 10 minutos, porém, com percentual queimado de 38,3%, sendo este o menor valor registrado nesse mês. Isso ocorreu porque durante a queima dos resíduos desse transecto, a frente de fogo não completou o seu avanço a toda a pilha, extinguindo-se antes, e como optou-se por não interferir, não foi feito o reacendimento da linha.

Assim, de acordo com os resultados das diferentes queimas realizadas no presente estudo ratificam-se os resultados obtidos por Batista e Soares (1995), onde segundo esses autores uma queima nunca é igual à outra, devido à imensa variedade de condições de condições que podem ocorrer antes e durante a passagem do fogo.

Pelos resultados obtidos nesse estudo verificou-se que a metodologia utilizada foi adequada para avaliar a quantificação de material combustível em área de caatinga e o comportamento do fogo com a queima dos resíduos e diante da escassez de dados sobre o comportamento do fogo em área de caatinga recomenda-se que outros estudos sejam desenvolvidos, de modo a conhecer melhor o comportamento do fogo nesse bioma, servindo de base para sua prevenção e combate

## 5 CONCLUSÕES

- O maior acúmulo de material combustível, vivo e morto, ocorreu no mês de novembro;
- Em relação ao estado fisiológico dos resíduos vegetais, a maior contribuição para a formação do material combustível superficial foi de resíduos vegetais mortos em todos os meses avaliados;
- O material não folhoso superou em peso o folhoso na composição do material combustível superficial em área de Caatinga;
- A velocidade de propagação do fogo na queima do material combustível coletado em todos os transectos foi classificada como lenta;
- Após a queima dos resíduos a temperatura do solo sofreu acréscimos substanciais em todas as parcelas queimadas podendo contribuir com alterações drásticas nas comunidades edáficas;
- A presença de folhas de catingueira em maior quantidade interferiu na velocidade de propagação do fogo, sendo considerada de baixa inflamabilidade;
- Nas parcelas com maior ocorrência do capim panasco, o percentual queimado foi mais elevado e o tempo de queima reduzido, indicando alta inflamabilidade desse resíduo;

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. P. D.; SOUTO P. C.; JÚNIOR J. E. V. C.; S.; ARAÚJO I, E. L. D ; SOUTO J. S. Avaliação da queima controlada de material combustível superficial coletado em povoamentos florestais e fragmento de mata atlântica. In: II CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2009, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2009.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. D. ; NASCIMENTO, S. S. D. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, p.126-135, 2009.

ARAÚJO, L.V.C. de. **Levantamento Fitossociológico da Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Tamanduá, SantaTerezinha – PB**. Patos, 2000. 37 p.

ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Sistemas agrícolas sustentáveis para regiões semi-áridas. Sobral: Embrapa-Caprinos, 2000, 18 p. (Circular Técnica, 20).

BATISTA, A. B.; Detecção de incêndios florestais por satélites **FLORESTA**, 34 (2), p. 237-241, 2004.

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.

BATISTA, A.C.; SOARES, R.V. Uso de indicadores na determinação de umidade do material combustível sob povoamento de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, v. 16, p. 19-25, 1986.

BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo**. 2009. 121f. Tese (Doutor em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, 2009.

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**, v. 35, p. 465-472, 2005.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Diversidade de leguminosae nas caatingas de Tucano, Bahia: implicações para a fitogeografia do semi-árido do Nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, p. 379-391, 2007.

DE BANO, L.F. Effects of fire on chaparral in Arizona and California and post fire management implications. In: Symposium on Fire and Watershed Management (1988: Sacramento). **Proceedings**. Gen Tech. Rep., U.S.D.A. Forest Service, Berkeley, PSW-109, 1989, P. 55-62.

DRUMOND, M.A., KIILL, L.H.P., LIMA, P.C.F., OLIVEIRA, M.C., OLIVEIRA, V.R., ALBUQUERQUE, S.G., NASCIMENTO, C.E.S.; CAVALCANTE, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In: SEMINÁRIO PARA AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO, UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL E REPARTIÇÃO DE BENEFÍCIOS DA BIODIVERSIDADE DO BIOMA CAATINGA. 2000, Petrolina. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, UFPE e Conservation International do Brasil, 2000.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 412p.

FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos com énfasis en suelos de América Latina**. 2.ed. São José, 1987. 420p.

FENNER, P. T.; LIMA, G. S. **Características e modelagem de materiais combustíveis florestais**. In: I Encontro sobre incêndios florestais. Botucatu: UNESP, p. 87 - 96, 1992.

LORO, L. V. de; HIRAMATSU, N. A. Comportamento do fogo, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de (*Pinus elliottii* L.). **Revista Floresta**, v. 34, p. 127-130, 2004.

MATOS, E. F. Prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação. In: FÓRUM DE PREVENÇÃO E COMBATE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS DO DF, 6, 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: SEMARH, 2004. p. 19-30.

MEDEIROS, M. B. Manejo de Fogo em Unidades de Conservação do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 10, p. 75-88, 2002.

NUNES, J. R. S. **FMA- um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná- Brasil**. Curitiba, 2005. 108f. Tese (Doutorado em Ciências

florestais). Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Curitiba, 2005.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (eds). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária/ UFPE, 2003. P. 3-73.

REGO, F.C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. [S.L.: s.n.], 1990.124p.

RIBEIRO, G.A.; SOARES, R.V. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**, v. 4, p. 57-72, 1998.

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

SOARES, R. V. Incêndios florestais: controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 1985. 213p.

SOARES, R. V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de pinus spp na região de Sacramento (MG). **Revista Floresta**, v. 10, p. 48-62, 1979.

SOARES, R. V. Queima controlada em plantações de pinus spp. na região de Sacramento, MG. **Revista Floresta**, v. 10, p. 33-40, 1979.

SOUTO P. C.; JÚNIOR J. E. V. C.; S; ALMEIDA, F. C. P. D ; MARTINS, S.; .Araújo, I. E.L.D; SOUTO J. S.Quantificação do material combustível em plantios florestais e em remanescente de mata atlântica no brejo da Paraíba, Brasil . **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 473-481, 2009.

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

SOUZA, L. J. B. **Secagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Curitiba, 2000. 127 f. Tese (Doutorado em

Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias , Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SOUZA, L. J. B; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, em Três Barras, SC. **Cerne**, v. 9, p. 231-245, 2003.

SOUZA, B. V. D. **Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em RPPN no semi-árido da Paraíba - PB** 2009. Monografia (Graduação) Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos, 2009.

SUDEMA. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 2004. 268p.

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.