

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO**  
**TRABALHO**

**FERNANDO ALMEIDA SILVA**

**ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL EM UM**  
**POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS DUNNII* MAIDEN. (MYRTACEAE)**  
**NA FAZENDA SÃO JORGE, MUNICÍPIO DE PIRAÍ DO SUL - PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**FERNANDO ALMEIDA SILVA**

**ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL EM UM  
POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS DUNNII* MAIDEN. (MYRTACEAE)  
NA FAZENDA SÃO JORGE, MUNICÍPIO DE PIRAÍ DO SUL - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia e Segurança do Trabalho, Área de Conhecimento: Higiene e Segurança do Trabalho, do Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Luiz Eduardo Melo Lima

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Título do artigo nº. 004/2017

### **ANÁLISE DO RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL EM UM POVOAMENTO DE EUCALYPTUS DUNNII MAIDEN. (MYRTACEAE) NA FAZENDA SÃO JORGE, MUNICÍPIO DE PIRAÍ DO SUL - PR**

Desenvolvido por:  
**Fernando Almeida Silva**

Este artigo foi apresentado no dia 13 de dezembro de 2017 às 14 horas como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Ariel Orlei Michaloski

1º membro

---

Antonio Carlos Frasson

2º membro

---

Luiz Eduardo Melo Lima

Orientador

Analysis of forest fire risk in a settlement of *Eucalyptus dunnii* Maiden. (Myrtaceae) at the São Jorge farm, Piraí do Sul municipality - PR

**Abstract:** The present work aims to evaluate the fire risk in *Eucalyptus dunnii* Maiden stands. (Myrtaceae), with 4, 6, 7 and 8 years of age, in the municipality of Piraí do Sul - PR, in a property of the company Castrolanda. The characterization was carried out through the collection of the combustible material by the direct method, through destructive parcels, systematically distributed. The inventory was carried out by measuring and weighing the forest fuel material collected, alive and dead, located between the layer of the organic horizon between 1.8 m high, with plots of 1.0 m<sup>2</sup>. Thirty - six samples were collected, distributed at the different ages of *Eucalyptus dunnii* stands. The final number of samples was determined based on the calculation of sample intensity. The arrangement of the combustible material was evaluated in all the stands. The green materials were between 74.31% and 17.22%. *Eucalyptus dunnii* stands out because of its arrangement, quantity and moisture content, which is favorable to the occurrence of a large forest fire in stands of 6, 7 and 8 years of age, due to the considerable increase in accumulation of combustible material and the lack of preventive measures.

**Keywords:** Forest fire, combustible material, *Eucalyptus dunnii* Maiden., Risk analysis, environment.



## **Análise do risco de incêndio florestal em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden. (*Myrtaceae*) na fazenda São Jorge, município de Piraí do Sul – PR**

Fernando Almeida Silva (UTFPR-PG) E-mail: [fernandoengflorestal2016@gmail.com](mailto:fernandoengflorestal2016@gmail.com)

Luiz Eduardo Melo Lima (UTFPR-PG) E-mail: [lelima@utfpr.edu.br](mailto:lelima@utfpr.edu.br)

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo avaliar o risco de incêndio em povoamentos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. (*Myrtaceae*), com 4, 6, 7 e 8 anos de idade, no município de Piraí do Sul – PR, em uma propriedade da empresa Castrolanda. A caracterização foi realizada através da coleta do material combustível pelo método direto, por meio de parcelas destrutivas, distribuídas sistematicamente. O inventário foi realizado através da medição e pesagem do material combustível florestal coletado, vivo e morto, localizado entre a camada do horizonte orgânico entre 1,8 m de altura, com parcelas de 1,0 m<sup>2</sup>. Foram coletadas 36 amostras, distribuídas nas diferentes idades de povoamento de *Eucalyptus dunnii*. O número final de amostras foi determinado com base no cálculo de intensidade amostral. Foi avaliado o arranjo do material combustível em todos os povoamentos. Os materiais verdes ficaram entre 74,31% a 179,22%. O material combustível disponibilizado nos povoamentos estudados de *Eucalyptus dunnii*, através de seu arranjo, quantidade e teor de umidade está propício à ocorrência de um incêndio florestal de grande proporção, nos povoamentos de 6, 7 e 8 anos de idade, pelo aumento considerável no acúmulo de material combustível e pela falta de medidas preventivas.

**Palavras-chave:** Incêndio florestal, material combustível, *Eucalyptus dunnii* Maiden., análise de risco, meio ambiente.

### **1. Introdução**

O fogo em áreas florestais é um dos principais agentes causadores de prejuízos para a sociedade e meio ambiente, destruindo a fauna e a flora, acarretando prejuízos financeiros às empresas, governo e sociedade. O homem também tem sofrido consequências com a ação dos incêndios florestais, através da destruição de seus bens e até mesmo com perda de vidas.

Um reflorestamento custa investimento e tempo, cuja possibilidade de retorno se dá em longo prazo. O eucalipto é a espécie florestal mais usada em programas de reflorestamento, em razão de suas características de boa adaptação às condições edafoclimáticas existentes no país e o rápido crescimento. Nos reflorestamentos de eucalipto, a alta produtividade e a concentração de biomassa são fatores que representam um grande perigo para ocorrência de incêndios florestais de grande porte. A quantidade de material combustível está relacionada com o tipo, o espaçamento e a idade do povoamento, proporcionando um comportamento diferenciado ao fogo.

Nas áreas florestais, o fogo costuma ser veementemente temido, já que existe um alto valor econômico associado à venda de madeira. O fogo não necessariamente irá consumir toda a biomassa viva, entretanto, dependendo da sua intensidade, pode danificar as árvores de tal forma que a madeira se torne desqualificada para a produção.

Dentre as variáveis responsáveis pela propagação de um incêndio florestal, o material combustível é de extrema importância. O combustível florestal pode ser qualquer material orgânico, morto ou vivo, no solo ou acima dele, suscetível de participação no processo de combustão. Sua quantificação está fortemente relacionada às ações de combate e de queima controlada, pois seu tipo, arranjo e quantidade determinam a intensidade e velocidade de propagação do incêndio, o que torna a classificação do material combustível uma excelente ferramenta na prevenção e planejamento de combate ao fogo. As informações relacionadas ao comportamento do fogo são de suma importância para garantir a eficiência das operações de prevenção e combate, cujo planejamento depende, fundamentalmente, dos dados relativos à quantidade de material combustível.

O *Eucalyptus dunnii* tem sido uma espécie bastante utilizada em plantações na região sul do Brasil devido ao seu bom desenvolvimento, boa forma e, principalmente, por ser resistente à geada, que é o fenômeno meteorológico que impede o estabelecimento de outras espécies do gênero, como o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, entre outras, principalmente em regiões mais frias. Devido a estes fatores, o *Eucalyptus dunnii* está se tornando uma importante espécie florestal na região sul do país.

Este trabalho tem por objetivo a avaliação do risco de incêndio florestal em povoamentos de *Eucalyptus dunnii* Maiden. (*Myrtaceae*), com 4, 6, 7 e 8 anos de idade de plantio, na fazenda São Jorge, localizada no município de Pirai do Sul, cuja propriedade pertence à empresa Castrolanda – Cooperativa Agroindustrial Ltda.

## **2. Revisão da literatura**

Nesta seção são apresentadas informações relacionadas com incêndios florestais, material combustível e fogo, combustíveis florestais, inventário de combustível florestal, umidade do material combustível, condições climáticas e tipo de vegetação.

### **2.1. 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 que são necessárias para favorecer certos objetivos de manejo (SOARES, 1985).

Os incêndios trazem grandes danos às florestas e aos ecossistemas, onde têm importância ecológica essencial devido a sua influência sobre a poluição das camadas atmosféricas e mudanças climáticas ao decorrer dos anos, que têm impactos diretos e indiretos sobre os ecossistemas e os habitats (BATISTA, 2004).

A ocorrência de incêndios florestais constitui-se em uma preocupação que mobiliza uma grande soma de esforços e recursos nas operações de prevenção e 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. Estes incêndios provocam prejuízos ao homem e ao meio ambiente, tendo também consequências econômicas consideráveis (LORO; HIRAMATSU, 2004).

A propagação e a ocorrência dos incêndios florestais estão associadas às condições climáticas do planeta, e a velocidade de um incêndio e a intensidade com que ele avança está ligada à umidade relativa, velocidade do vento e temperatura. A utilização de dados climatológicos e meteorológicos precisos é vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (NUNES et al., 2006).

## 2.2. Material combustível e o fogo

Souza (2000) destaca a importância do material combustível no controle e prevenção dos incêndios florestais apresentando uma pirâmide, resultante da ligação de três triângulos vinculados à presença do material combustível florestal: i) triângulo do fogo (oxigênio, calor e material combustível); ii) triângulo do comportamento do fogo (topografia, condições do tempo e material combustível); iii) triângulo do regime de fogo (material combustível, agente de ignição e condições para queimar). De acordo com Beutling et al. (2005), o material combustível florestal é o único fator no chamado “triângulo do fogo” sujeito a alterações antrópicas e, portanto, passível de controle e planejamento a prevenção. A quantificação dos combustíveis florestais é de extrema importância, pois está fortemente relacionada às ações de queima controlada e combate, e é responsável por características importantes do fogo como velocidade e intensidade de propagação. Segundo Soares e Batista (2007) o conhecimento dos diferentes combustíveis florestais e as suas interações com o meio ambiente é essencial nos estudos que envolvem o comportamento do fogo.

## 2.3. Combustíveis florestais

Para os combustíveis florestais de maneira geral, a localização e as características são os principais motivos que regem o comportamento do fogo. Já as características topográficas e climáticas e o conteúdo de umidade do material combustível, chamado de teor de umidade, são as outras condições que integram o processo de queima e possuem importância significativa na propagação dos incêndios florestais. Os combustíveis florestais podem ser classificados de maneira geral conforme a Figura 1 (BEUTLING et al., 2005).

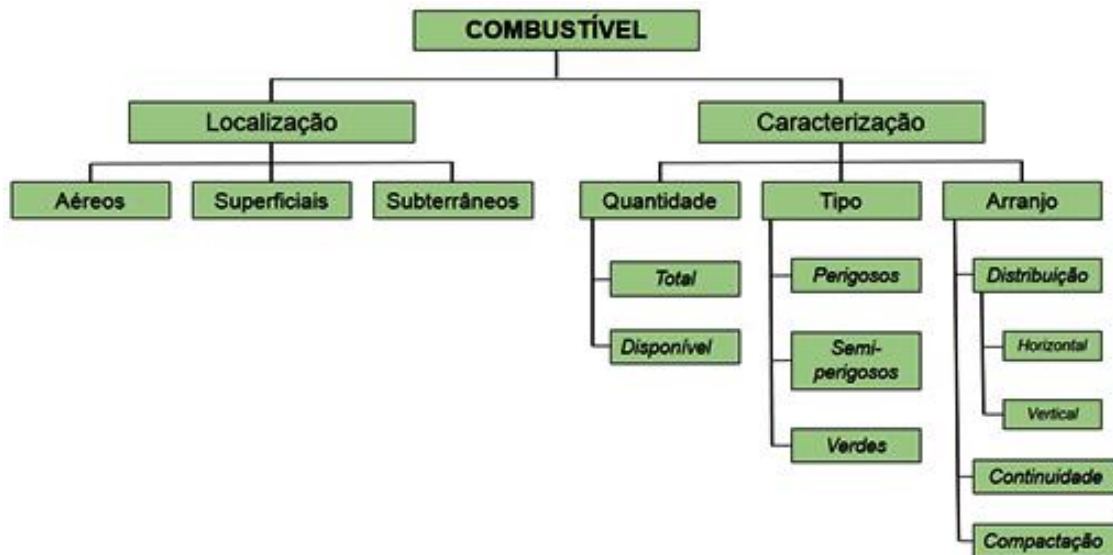


Figura 1 – Classificação dos combustíveis florestais  
Fonte: Beutling et al. (2005)

Para Soares e Batista (2007), ainda referente ao triângulo do fogo, o material combustível por ser um fator preponderante, é indispensável e básico para ocorrência e disseminação dos incêndios florestais. Não há possibilidade de fogo sem combustível para queimar. Todavia, em uma floresta existe grande quantidade de material combustível. O combustível referente ao fogo é qualquer material orgânico, morto ou vivo, no solo ou acima do solo, capaz de entrar em combustão e queimar. Tanto o material vegetal vivo quanto o morto podem ser considerados como combustíveis florestais, sendo que o morto frequentemente é o principal responsável pela propagação dos incêndios florestais.

## 2.4. Inventário do combustível florestal

Segundo Souza (2000), existem várias técnicas para se inventariar o material combustível em uma floresta. O método com maior precisão é a coleta, secagem e pesagem do material retirado de parcelas aleatória ou sistematicamente localizadas no terreno. Em seus inventários para determinar o combustível superficial total, Batista (1995) e Ribeiro e Soares (1998) trabalharam com amostragem destrutiva, utilizando um gabarito de 1,0 m x 1,0 m, ao qual denominaram de quadrado vazado, para inventariar folheto, combustível lenhoso e combustível vivo do sub-bosque em 20 amostras realizadas em plantações de *Pinus taeda* e de *Eucalyptus viminalis*, respectivamente, antes e após a aplicação de fogo controlado. Na ocasião, coletaram dados relativos à espessura da camada de serapilheira e material verde. O material vivo e morto contido nas sub-amostra coletadas, após pesagem, foram submetidos à secagem por um período de 48 horas, a uma temperatura de 75 °C. Conforme Brown et al. (1982), as amostras podem ser sistematicamente ou aleatoriamente localizadas, contudo, a colocação sistemática é geralmente a forma mais prática. No exemplo da Figura 2, pode-se observar a representação da distribuição das unidades amostrais no processo de amostragem sistemática numa área florestal.

Este processo é recomendado quando se deseja mapear a população ou conhecer a distribuição espacial de espécies florestais, visto que a distribuição das parcelas no campo é feita de forma a varrer toda a floresta na propriedade, possibilitando a identificação de aspectos físicos e mesmo estabelecer o contorno da propriedade [...] (SANQUETTA et al., 2009, p. 85).

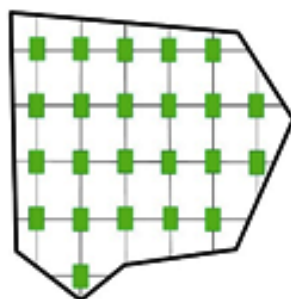


Figura 2 – Representação da distribuição das unidades amostrais por meio da amostragem sistemática  
Fonte: Sanquetta et al. (2009)

Mais especificamente, Brown et al. (1982) apresentam um manual prático para a realização de inventário de materiais combustíveis superficiais, descrevendo procedimentos que vão desde a coleta de amostras e profundidade da camada de turfa até a mensuração de arbúsculos de até três metros de altura. Nesta publicação, alusões são feitas tanto ao método destrutivo quanto ao não destrutivo. O uso do mínimo de 15 a 20 pontos amostrais recebe ênfase dos autores, bem como a limitação máxima do erro amostral em 20% da média estimada.

## 2.5. Umidade do material combustível

De acordo com Batista (1990), os combustíveis florestais mortos e vivos realizam de diferentes maneiras a retenção de água em resposta às modificações do clima. A umidade do material combustível florestal vivo é mais estável. Nos materiais vivos que queimam em um incêndio florestal de alta a média intensidade, o conteúdo de umidade geralmente varia entre 75% a 150% de seu peso seco. O material morto pode apresentar uma grande variação de umidade, chegando raramente a 2%, mas podendo ultrapassar 300%. A influência da umidade atmosférica nos materiais combustíveis mortos e de pequenas dimensões, com diâmetro menor que 1 cm, é mais evidente com respostas mais rápidas às mudanças climáticas, sendo, portanto, a principal responsável pela propagação dos incêndios.



Segundo Soares e Batista (2007), a umidade do material combustível florestal é definida em termos da porcentagem de água abrigada no mesmo, em relação ao seu peso seco. A consequência da umidade do combustível na taxa de combustão do material lenhoso e, decorrente, na propagação dos incêndios florestais é tão evidente e pronunciado que nenhuma mensuração é necessária para demonstrar a sua importância. Todavia, os mecanismos pelos quais a água afeta a taxa de combustão não são tão simples. A ação da umidade na combustão do material florestal resulta na necessidade de grande quantidade de energia demandada para vaporizar a água existente no combustível. Assim representa uma redução na quantidade de calor disponível para a respectiva combustão. O conteúdo de umidade é a mais importante propriedade que controla a inflamabilidade dos combustíveis vivos ou mortos. A umidade do material combustível é a reação das condições atmosféricas e do clima, podendo variar rapidamente. Os combustíveis vivos ou mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações do clima. O material morto é mais seco, responde mais rapidamente pela propagação dos incêndios florestais.

Ainda segundo Soares e Batista (2007), o teor de umidade do material combustível em uma floresta é controlado, em grande parte, pela umidade atmosférica, desde que não haja chuva ou outra forma de precipitação de água. Materiais combustíveis com teor de umidade acima de 25% a 30% possuem remotas possibilidades de ignição, sendo estes os valores atribuídos para caracterizar a “umidade de extinção”. Eles ainda destacam que a primeira influência da umidade na combustão é a necessidade de grande quantidade de energia requerida para vaporizar a água presente no combustível. Outro efeito na taxa de combustão pode ser descrito como um processo de vaporização constante, no qual o vapor d’água liberado do combustível dilui o oxigênio do ar nas proximidades deste mesmo combustível.

## **2.6. Condições climáticas**

Segundo Soares e Batista (2007), a frequência e a capacidade da ocorrência dos incêndios florestais estão ligadas às condições climáticas do local do povoamento. Sendo por este motivo a relevância do estudo e conhecimento de algumas variáveis meteorológicas, como exemplo a precipitação pluviométrica, umidade relativa, etc., pois é de extrema importância na prevenção e controle dos incêndios florestais. As variáveis meteorológicas podem ser mensuradas em meses, dias e épocas do ano, aonde o índice da probabilidade de ocorrência de incêndios florestais é maior ou menor, com estas informações, baseiam-se medidas técnicas, preventivas e administrativas para evitar os danos causados pelo fogo.

Os incêndios florestais não têm apenas a sua propagação, mas também sua ocorrência fortemente associadas às condições ou fatores climáticos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança está diretamente ligada à umidade relativa, temperatura e velocidade do vento. Consequentemente, a utilização de dados meteorológicos e climatológicos precisos é de extrema importância para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (SOARES; BATISTA, 2007).

## **2.7. Tipo de vegetação**

Segundo Soares et al. (2009), o tipo de cobertura florestal influencia o comportamento do fogo de várias formas, principalmente em mudanças de diversos aspectos relacionados com o comportamento do fogo, como combustível e condições climáticas.

Outro aspecto relacionado ao tipo de floresta diz respeito à natureza da mesma, isto é, se é natural ou plantada. De uma maneira geral as plantações florestais estão mais sujeitas aos incêndios florestais e oferecem condições mais favoráveis a sua propagação do que as florestas naturais intocadas [...] (SOARES; BATISTA, 2007, p. 59).

Conforme Paludzyszyn Filho et al. (2006), a espécie *Eucalyptus dunnii* ocorre naturalmente em duas áreas distanciadas aproximadamente de 140 km entre o Sudeste de Queensland e o Noroeste de New South Wales, na Austrália. Neste estado, existem cerca de 82.000 indivíduos adultos em aproximadamente 800 hectares de área. Estudos conduzidos na Austrália indicaram que, para crescimento, não há diferença entre estas duas procedências, isto também foi verificado na China, na Argentina e no Brasil, em Mogi Mirim – SP e em Colombo – PR. O desempenho similar entre as procedências quanto aos caracteres de importância silvicultural e potencial de produção de madeira permite ao melhorista conduzir uma única população para fins de melhoramento e produção de sementes. Para o produtor rural, isto significa que ele pode utilizar, por exemplo, as sementes que vêm sendo produzidas pela Embrapa em Ponta Grossa e Colombo, sem a necessidade de levar em consideração as regiões produtoras de sementes das matrizes na Austrália. O sucesso de empreendimentos florestais com eucaliptos depende de adequadas técnicas silviculturais, do grau de melhoramento das sementes, da apropriada adaptação dos clones e, principalmente, das condições climáticas na qual a espécie se desenvolve naturalmente.

### **3. Materiais e métodos**

Nesta seção são apresentados informações a respeito da área de estudo, da localização e da caracterização, bem como da coleta dos dados de amostragem.

#### **3.1. Área de estudo, localização e caracterização**

Este trabalho foi desenvolvido na fazenda São Jorge, propriedade da empresa Castrolanda – Cooperativa Agroindustrial Ltda., localizada no município de Pirai do Sul – PR, em povoamentos de *Eucalyptus dunnii* de 4, 6, 7 e 8 anos, plantados em espaçamento inicial de 3,0 m x 2,0 m. O sistema de manejo adotado por esta empresa, não inclui desbastes e prevê o corte final aos 8 anos de idade do plantio. A região abrangida pela pesquisa situa-se, em média, a 1.058 metros de altitude, de coordenadas geográficas do município com latitude de 24° 32' 23" Sul e Longitude de 49° 55' 40" Oeste. Os talhões amostrados apresentam topografia ligeiramente plana à levemente ondulada, sendo uma área de 52,47 hectares e localizam se em regiões administrativas da Castrolanda, denominada fazenda São Jorge.

O município de Pirai do Sul, localizado no estado do Paraná, encontra se sob a influência do tipo climático Cfb de Köppen, de um clima subtropical úmido, mesotérmico, que apresenta geadas severas, com verões frescos e sem estação seca. Com base nas cartas climáticas podem-se fazer as seguintes considerações para a área: verifica-se um comportamento um tanto uniforme em relação à distribuição dos totais pluviométricos, uma vez que a altura média da precipitação anual está acima de 1.300 mm; as chuvas são bem distribuídas durante o ano, muito embora o balanço hídrico, com 125 mm de retenção de água no solo, acuse para a região um excedente hídrico anual da ordem de 500 mm a 800 mm, devendo-se considerar que em anos atípicos, quando a distribuição pluviométrica é má distribuída, é comum se esperar certa deficiência hídrica. Com relação aos aspectos térmicos, verifica-se que a média anual dos meses mais frios é inferior a 18 °C; enquanto que a média anual dos meses mais quentes é superior a 22 °C, no que se refere à ocorrência de geadas, visto que estas são um tanto frequentes nesta região.

#### **3.2. Coleta dos dados de amostragem**

Para a realização do presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais: GPS – Garmin modelo 62s; 40 sacos plásticos para coleta; 40 sacos de rafia para a armazenagem do material; balança para pesagem do material úmido até se estabilizar em peso seco; computador; calculadora; gabarito de madeira para demarcar a área de coleta em 1,0 m<sup>2</sup>; croqui da área; régua; facão para cortar o excesso de material; papel e caneta.

A sequência de procedimentos adotados por ocasião do inventário foi a seguinte: (1) identificação do talhão a ser estudado, observando os limites e a idade; (2) planejamento da distribuição e marcação das parcelas no croqui da área; (3) fixação do gabarito de madeira (conforme Figura 5a), para coleta do combustível vivo e morto a ser medido e pesado (conforme Figura 5b); (4) coleta de amostras das classes de material combustível delimitadas pelo gabarito (conforme Figura 5c); (5) secagem natural do material combustível.



Figura 5 – Gabarito utilizado para amostragem do material combustível (a), pesagem do material combustível (b) e coleta para amostragem do material combustível (c)

Fonte: Autoria própria

A distribuição e coleta das parcelas foram realizadas pelo processo de amostragem sistemática, que consiste em estabelecer a aleatoriedade apenas da primeira unidade amostral, sendo que, posteriormente, as demais unidades amostrais foram localizadas segundo um padrão sistemático de distribuição espacial. A caracterização do material combustível superficial coletado foi realizada por visitas técnicas aos povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, distribuídas entre os meses de agosto e setembro de 2015. Nesse intervalo de tempo, as coletas foram realizadas em dois períodos distintos. A localização das coletas foi determinada com o auxílio de mapas da unidade, para que o caminho fosse realizado em locais representativos de cada povoamento.

Durante o percurso percorrido a pé e aferido com o auxílio de um GPS, foram utilizados o método direto para a caracterização do material combustível superficial. O método direto consistiu na coleta do material combustível por meio de parcelas destrutivas. O esforço amostral total foi de quatro dias de campo sendo os dias 15 e 29 de agosto e 12 e 26 de setembro do ano de 2015. O inventário foi feito conforme as pesquisas de Souza (2000), através da medição e pesagem do material combustível florestal coletado, vivo e morto, localizado entre a camada do horizonte orgânico, com 1,8 m de altura, em parcelas de 1,0 m<sup>2</sup>, distribuídas sistematicamente sobre todos os talhões estudados de plantio de *Eucalyptus dunnii* com 4, 6, 7 e 8 anos. Em média, a área destes talhões é de 15 hectares. Foram coletadas 36 amostras, sendo 9 amostras distribuídas nas diferentes idades de povoamento de *Eucalyptus dunnii*. O número final de amostras foi determinado com base no cálculo de intensidade amostral, a população foi considerada como infinita e o limite de erro tolerado, para a determinação do número de amostras, foi preestabelecido em 20%, conforme Brown et al. (1982). O nível de probabilidade adotado foi de 95%. Após a alocação do gabarito de madeira de 1m<sup>2</sup> ao piso do povoamento (Figura 5c), foi retirado o combustível superficial contido nos limites do gabarito. Posteriormente este material combustível foi armazenado em sacos plásticos, pesado e depois todo material foi transferido para sacos de rafia, que foram levados para secagem natural e devidamente identificados. No início desta operação foi usado um facão para facilitar a remoção do material, e posteriormente foi realizada a classificação de todo o material contido na área de um metro quadrado.

O material combustível superficial foi classificado em perigosos, semi-perigosos e verdes, após a coleta. Com o auxílio de uma régua, foram então classificados em dois diferentes padrões de espessura, conforme a metodologia descrita por Soares e Batista (2007). A categoria de materiais perigosos inclui pequenos galhos, de diâmetro igual ou inferior a 1,0 cm, os combustíveis semi-perigosos compreendem galhos acima de 1,0 cm de diâmetro.

Depois da identificação e separação dos materiais combustíveis, dos diversos povoamentos de espécies *Eucalyptus dunnii*, foi feita a pesagem (conforme Figura 5b) do folheto e das diferentes classes de espessura, para posterior retirada das respectivas sub-amostra, também acondicionadas em sacos de rafia, etiquetadas, pesadas e em seguida conduzidas à secagem. Todas as amostras sofreram secagem natural por um período nunca inferior a três dias, a uma temperatura na faixa de 35 °C, devido às dimensões de algumas classes (> 2,5 cm), aonde atingiram peso constante.

Para evitar possíveis distorções, a pesagem do material úmido e seco foi feita na balança de precisão da marca Toledo, com capacidade de 5 kg e precisão de 0,001 kg, no campo e nas secagens diárias, respectivamente. Logo em seguida, com os dados do peso úmido e do peso seco do material, foi determinado o teor de umidade de cada amostra.

#### 4. Resultados e discussão

Esta seção apresenta os resultados e a discussão referentes à determinação da quantidade de material, do teor de umidade e da continuidade do material combustível.

##### 4.1. Quantidade de material combustível

A quantidade de material combustível foi identificada nos povoamentos de *Eucalyptus dunnii* analisados, sendo que, o povoamento de 4 anos de idade apresentou 8,7 ton./ha, conforme apresentado na Tabela 1. Observando-se este povoamento, cabe notar que o mesmo foi implantado logo após o corte raso, sendo que, o resíduo do povoamento anterior deixado no local e facilitou o acúmulo de material combustível.

As demais idades de povoamentos apresentaram resultados crescentes de acúmulo de material combustível em relação à idade, chegando a atingir 20,3 ton./ha, no povoamento de 8 anos, conforme apresentado na Tabela 1. Conforme Soares e Batista (2007), os povoamentos de 4, 6, 7 e 8 anos, atingiram a quantidade mínima de 1,2 ton./ha de material combustível fino e seco, suficientes para a ocorrência e propagação de incêndio florestal superficialmente.

Pelo espaçamento de plantio (3,0 m x 2,0 m), como uma característica do gênero *Eucalyptus*, a desrama natural colaborou para que a maioria dos galhos depositados no solo geralmente atingisse um diâmetro menor que 2,5 cm, vindo a contribuir no acúmulo do material fino e seco. A quantidade de material combustível com diâmetro inferior a 2,5 cm foi superior a 80% do total, em comparação com os resultados de Soares e Batista (2007), que descrevem que este valor se situa entre 70% e 80% do total.

Tabela 1 – Quantidade de carga total de material combustível por idade

Idade do povoamento ( <i>Eucalyptus dunnii</i> )	Carga total [ton./ha]
4	8,7
6	15,3
7	17,1
8	20,3

Fonte: Autoria própria

O presente resultado teve uma similaridade com os obtidos por Souza et al. (2003), em povoamentos de *Eucalyptus dunnii*, os quais apresentam os valores de 10,77 ton./ha para o povoamento com idade de 4 anos e 7 meses, 17,22 ton./ha para o povoamento com idade de 6 anos e 6 meses, 18,59 ton./ha com idade de 7 anos e 8 meses e 21,62 ton./ha para povoamentos de 8 anos e 7 meses de idade de plantio.

#### 4.2. Teor de umidade do material combustível

Os materiais coletados foram analisados de acordo com as idades de povoamentos em 4, 6, 7 e 8 anos. Na Tabela 2, é possível observar que o teor de umidade dos materiais combustíveis perigosos (com diâmetro  $\varnothing \leq 1,0$  cm) no povoamento de 4 anos de idade de plantio, apresentou resultados de 31,39% a 54,60%, cujo valor está possivelmente relacionado às chuvas antecedentes ao dia da coleta do material, e, conseqüentemente, a umidade relativa do ar que estava em torno de 83% no dia da coleta.

Nas demais idades de povoamentos, a coleta do material foi realizada em dias com uma média de 36% de umidade relativa do ar e com os 10 dias anteriores na média com ausência de chuvas. Os resultados obtidos do teor de umidade dos materiais combustíveis perigosos foram os seguintes: no povoamento com 6 anos de idade de plantio, foram de 19,26% a 22,11%; no povoamento de 7 anos de idade de plantio, foram de 17,72% a 26,22%; no povoamento de 8 anos de idade de plantio, os resultados foram de 15,85% a 33,33%, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Determinação do teor de umidade do material combustível de acordo com relação ao tipo de material para cada um dos povoamentos analisados

Idade de povoamento (anos)	Amostra	Teor de umidade / [%]		
		Perigosos ( $\varnothing \leq 1,0$ cm)	Semi-perigosos ( $\varnothing > 1,0$ cm)	Verdes
4	01	44,43		
	02	47,53		
	03	45,29		74,31
	04	31,39		
	05	43,72	66,67	97,97
	06	38,91		83,61
	07	35,09		
	08	54,60		127,04
	09	49,33		
6	10	20,42		
	11	19,93		
	12	21,18	39,72	
	13	20,24		
	14	21,66		
	15	19,46		179,22
	16	19,26		
	17	20,58		
	18	22,11	29,62	
7	19	17,72		
	20	20,67		
	21	20,33		87,05
	22	21,71		
	23	25,17		
	24	24,26	29,80	
	25	18,17		
	26	26,22		
	27	24,97		

8	28	17,43	46,87
	29	15,85	
	30	16,40	
	31	20,75	
	32	17,83	
	33	33,33	
	34	18,93	
	35	22,23	
	36	17,77	

Fonte: Autoria própria

Conforme a Tabela 2, os resultados de teor de umidade obtidos nos materiais verdes ficaram entre 74,31% a 179,22%. Conforme Soares e Batista (2007), o conteúdo de umidade do material combustível verde geralmente varia de 75% a 150% de seu peso seco.

Os resultados do teor de umidade que foram comparados aos resultados do trabalho de Soares e Batista (2007), mostraram que os materiais combustíveis são relacionados pelo seu teor de umidade, sendo que os resultados acima de 25% a 30% são considerados valores de umidade de extinção, pois apresentam remotas possibilidades de ignição. O teor de umidade obtido do material combustível de cada povoamento foi relacionado com a quantidade de parcelas, de acordo com a Figura 6. Observa-se que o povoamento com idade de 4 anos, possui remota possibilidade de ignição, já os demais povoamentos, principalmente o povoamento de 6 anos, possui alta possibilidade de ocorrência de um incêndio florestal.

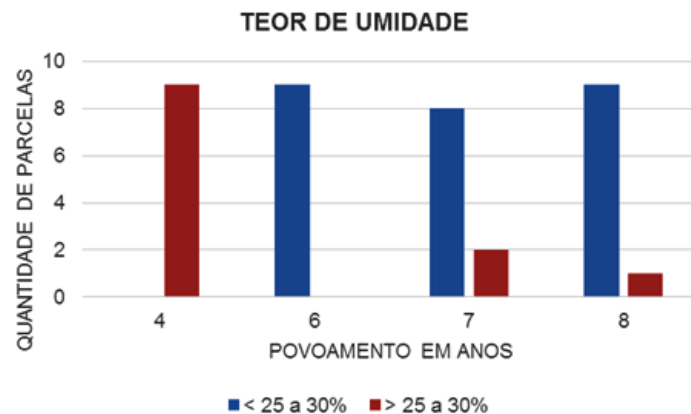


Figura 6 – Teor de umidade por povoamentos relacionados à quantidade de parcelas  
Fonte: Autoria própria

### 4.3. Continuidade do material combustível

A avaliação da continuidade dos povoamentos de 4, 6, 7 e 8 anos foram as seguintes:

a) Povoamento de 4 anos de idade: pouco material combustível morto, fino e seco, pouco compactado e distância relativamente média entre partículas. Presença de vegetação rasteira com altura aproximada de 0,8 cm e continuidade nula para incêndio aéreo;

b) Povoamentos de 6, 7 e 8 anos de idade: observa-se o material combustível perigoso, fino e seco, conforme mostrado na Figura 7 para o caso do povoamento de 6 anos, em quantidade crescente conforme a idade. Presença de material vivo em pequenas quantidades próximo a bordadura do povoamento ou em presença de árvores que foram dominadas pelas outras e, possivelmente, facilitaram a entrada de luz solar. Isto se deve ao fato de que o sistema adotado na empresa é de corte raso. A distribuição de partículas está uniforme e próximas umas das outras, principalmente no povoamento de 7 e 8 anos de idade.



Figura 7 – Povoamento de 6 anos de idade  
Fonte: Autoria própria

A compactação está mais acentuada no povoamento de 8 anos de idade. De acordo com Soares e Batista (2007), a compactação é uma característica oposta da continuidade, pois quanto maior a continuidade maior será a taxa de propagação, sendo que, uma maior compactação significa menos calor e mais dificuldade de propagação, devido à falta de oxigênio em volta das partículas de combustível. A quantidade de material combustível fino e seco, como carga total, é suficiente para que ocorra um incêndio no povoamento de 4 anos. Mas outros fatores, como o teor de umidade obtido é expressivo, visto que a presença de material vivo justifica o alto teor de umidade neste povoamento. Outro fator preponderante foi a grande distância entre partículas.

Conforme a Tabela 3, nos povoamentos de 6, 7 e 8 anos, observa-se que a quantidade de material combustível fino e seco está propícia ao início de um incêndio. O teor de umidade no povoamento de 6 anos apresentou grande possibilidade de incêndio, a sua compactação e continuidade também apresentaram fatores favoráveis, pois há grande presença de material perigoso e uma relativa presença de material semi-perigoso. Nos povoamentos de 7 e 8 anos de idade, observa-se uma quantidade de material combustível que obtiveram valores de umidade no limite de extinção, que certamente está relacionado a compactação resultante do acúmulo de material durante os anos.

Tabela 3 – Quantidade de material combustível por classificação

Idade do povoamento ( <i>Eucalyptus dunnii</i> )	Perigosos ( $\varnothing \leq 1,0$ cm) [ton./ha]	Semi-perigosos ( $\varnothing > 1,0$ cm) [ton./ha]	Verdes [ton./ha]
4	7,53	0,16	1,02
6	15,02	0,22	0,09
7	16,90	0,17	0,09
8	20,21	0,18	0,00

Fonte: Autoria própria

A presença de material vivo foi evidenciada no povoamento de 4 anos, nos demais apresentou-se somente na bordadura do povoamento, mas não no interior do mesmo, somente algumas plantas isoladas. Conforme Soares (1979), quanto mais velha e densa a floresta, menos quantidade de luz chega ao solo e, conseqüentemente, menos favorável se torna o local para o crescimento de ervas e arbustos. A continuidade para que ocorra um incêndio de copa observada foi nula, podendo gerar somente um incêndio superficial. Segundo Soares e Batista (2007), existe uma possibilidade de um incêndio de copa, pois um fogo intenso pode secar as copas através do calor irradiado e, num segundo estágio, queimá-las totalmente.

## 5. Conclusão

Na análise realizada no presente trabalho foi observado que o arranjo horizontal do material combustível é constante e existe a possibilidade de um incêndio florestal no povoamento de 6 anos de idade, pela continuidade e compactação do mesmo ser evidentemente favorável à propagação do fogo. Com relação ao teor de umidade do material seco, propícia a um incêndio florestal nos povoamentos de 6, 7 e 8 anos de idade, que por sua vez está relacionado diretamente com os valores da umidade de extinção. O risco da ocorrência de um incêndio florestal nos diversos povoamentos analisados com idades distintas é alto, pois constatam um aumento considerável no acúmulo de material combustível conforme a idade do povoamento. A quantidade do material combustível seco está favorável em todos os povoamentos analisados, quando comparada à quantidade mínima de 1,2 ton./ha, para ocorrência de um incêndio florestal. Como recomendações, devem ser consideradas ações prioritárias com relação ao manejo do fogo nesta unidade florestal.

## Referências

- BATISTA, A.C.** *Incêndios florestais*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 115 p., 1990.
- BATISTA, A.C.** *Avaliação da queima controlada em povoamentos de Pinus taeda L. no norte do Paraná*. 1995. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- BATISTA, A.C.** *Detecção de incêndios florestais por satélites*. Floresta, v. 34, n. 2, 2004.
- BEUTLING, A. et al.** *Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de Araucária Angustifolia (Bert.) O. Ktze*. Floresta, v. 35, n. 3, 2005.
- BROWN, J.K.; OBERHEU, R.D.; JOHNSTON, C.M.** *Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West, Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station*, 1982. General Technical Report, INT, v. 129, pp. 1-22.
- LORO, L.V.; HIRAMATSU, N.A.** *Comportamento do fogo, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de Pinus elliottii L.* Floresta, v. 34, n. 2, pp. 127-130, 2004.
- NUNES, J.R.S.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.** *FMA +- um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil*. Floresta, v. 36, n. 1, 2006.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; DOS SANTOS, P.E.T.; FERREIRA, C.A.** *Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná*. Embrapa Florestas, 2006.
- 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, pp. 57-72. 1998.
- SANQUETTA, C.R. et al.** *Inventários florestais: planejamento e execução*. In: Inventários florestais: planejamento e execução, Curitiba: Revista Ampliada, 316 p., 2009.
- SOARES, R.V.** *Incêndios florestais: controle e uso do fogo*. Curitiba: Fupef, v. 213, 1985.
- SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.** *Incêndios florestais controle, efeitos e uso do fogo*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 31 p., 2007.
- SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.; NUNES, J.R.S.** *Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, pp. 21-34, 2009.
- SOUZA, L.J.** *Modelagem de material combustível em plantações de Pinus taeda L. e Eucalyptus dunnii Maiden*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000.
- SOUZA, L.J.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.** *Modelagem do material combustível superficial em povoamentos de Eucalyptus dunnii, em Três Barras, SC*. pp. 232-244, 2003.