



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**COMPORTAMENTO DO FOGO EM TRÊS FITOFISIONOMIAS FLORESTAIS  
PARA PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA ÁGUA  
LIMPA**

Estudante: Eduarda Rezende Oliverio

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira

Brasília, Dezembro de 2016

**EDUARDA REZENDE OLIVERIO**

**COMPORTAMENTO DO FOGO EM TRÊS FITOFISIONOMIAS FLORESTAIS  
PARA PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA ÁGUA  
LIMPA**

Projeto de trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira

Brasília, Dezembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

COMPORTAMENTO DO FOGO EM TRÊS FITOFISIONOMIAS FLORESTAIS PARA  
PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS FLORESTAIS NA FAZENDA ÁGUA LIMPA

Estudante: Eduarda Rezende Oliverio – 10/0099068

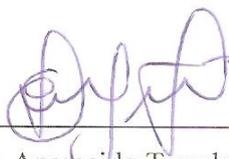
Menção: SS

Aprovada por:



---

Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira  
Orientador



---

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi  
Examinador



---

Me. Alexandre Cesar Palermo  
Examinador

Brasília - DF, 7 de Dezembro de 2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar forças, por me guiar e por colocar pessoa maravilhosas em minha vida, que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Jumara e Aliro, pelos seus esforços aplicados na formação dos filhos e por sempre nos dar o que têm de melhor.

Ao meu irmão Álvaro por estar sempre disponível a me ajudar com tudo o que precisei.

Agradeço, aos senhores Sebastião, Geraldo e Vandui, da Fazenda Água Limpa, pela delicadeza comigo e grande ajuda na coleta e queima do material combustível.

À Universidade de Brasília e aos professores, por terem me dado grandes oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

À Humboldt State University que me acolheu da melhor maneira possível, e ao meu professor de incêndios florestais Jeffrey Kane que despertou meu interesse pela área.

Agradeço às minhas amigas Luma, Fernanda, Iasmin, Isabela, Mariana C. e Mariana D., que não medem esforços sempre que preciso de ajuda.

Agradeço ao orientador Reginaldo Pereira pela paciência e por me guiar durante o projeto.

Ao Alexandre pela disponibilidade e o esforço em ajudar sempre.

Agradeço a Sarah e Camila pela grande ajuda, não só nessa etapa, mas durante todo o curso.

## RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas, com invernos secos e verões chuvosos. Um dos problemas enfrentados nessa região são os incêndios florestais. Além de contribuir com o aquecimento global e as mudanças climáticas, os incêndios florestais poluem a atmosfera, causam prejuízos econômicos e sociais, aceleram os processos de desertificação, desflorestamento e de perda da biodiversidade. O intuito deste trabalho é o estudo do comportamento do fogo acerca dos fatores que influenciam o início, a propagação e a extinção de incêndios florestais. Foram estudados três tipos de vegetação diferentes com duas condições de umidade sendo elas uma área de Vereda (com a presença da espécie invasora *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.), de Cerrado *sensu stricto* e em um plantio de Eucalipto. A coleta de dados foi feita na Fazenda Água Limpa - FAL (Brasília, DF), onde coletou-se o material em 10 parcelas (10 em cada área), com 3 repetições dentro de cada parcela, totalizando 30 repetições. Parte do material foi separado para pesagem e análise do teor de umidade e outra parte foi dividida entre o material que seria seco em estufa e o outro que permaneceria com a umidade ambiente. Os teores de umidade encontrados para esse estudo foram 56%, 18,5% e 43,7% para Vereda, Cerrado e Eucalipto, respectivamente. A temperatura máxima alcançada na combustão do material combustível e a porcentagem de perda de massa durante a chama foram não foram estatisticamente diferentes para os tratamentos. A maior altura de chama observada foi em Eucalipto seco, o maior período de duração de chama foi no Cerrado úmido. A maior porcentagem de perda total de massa foi observada no Eucalipto seco e a maior energia necessária para a ignição do material foi observada na Vereda seca.

**Palavras-chave:** Incêndios florestais, combustível florestal, combustão, comportamento do fogo, Cerrado.

## ABSTRACT

Cerrado is the second largest biome of South America e it is characterized by two well-defined seasons, with dry winters and rainy summers. One of the problems faced by this region are the wildland fires. In addition to increase global warming and climate change, forest fires pollute the atmosphere, cause economic and social damage, and accelerate desertification, deforestation and loss of biodiversity. The study aimed to study variables that may affect the beginning, the propagation and the extinction of wildland fires. Three different vegetation types were studied in two moisture conditions, an area of Vereda (with the presence of the invasive species *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.), Cerrado sensu stricto and an Eucalyptus plantation. The data was collected at Fazenda Água Limpa - FAL (Brasília, DF), where the material was collected in 10 quadrats (10 in each area), with 3 replicates within each quadrat, a total of 30 replicates. Part of the material was separated for weighting and measuring of the moisture content, and another part was divided between the material that would be dried in the drying oven. The last part remained with the environment humidity. The fuel moisture content values found in this study were 56%, 18.5% e 43.7% to Vereda, Cerrado and Eucalipto, respectively. The highest temperature reached in the combustion of the fuel and the percentage of loss of mass during the flame were statistically the same for all treatments. The highest flame was observed in dry Eucalyptus, the longest flame duration was observed in the humid Cerrado. The highest percentage of total mass loss was observed in dry Eucalyptus and the highest energy required for ignition of the material was observed in the dry Vereda.

**Keywords:** Wildland fires, forest fuel, combustion, fire behavior, Cerrado.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema dos efeitos do fogo em ambiente de Cerrado. (Fonte: Ministério do Meio Ambiente).....	21
<b>Figura 2:</b> Precipitação média do ano de 2012 em todos os meses do ano.....	25
<b>Figura 3:</b> Área de estudo em Vereda com a presença da espécie <i>Trembleya parviflora</i> (D. Don) Cogn. ....	26
<b>Figura 4:</b> Área de estudo com vegetação de Cerrado sensu stricto.....	26
<b>Figura 5:</b> Área de estudo em plantio de <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	27
<b>Figura 6:</b> Locais de coleta do material combustível.....	28
<b>Figura 7:</b> Representação do esquema da coleta do material em campo.....	29
<b>Figura 8:</b> Gabarito delimitando a área das amostras de vereda, cerrado e eucalipto, respectivamente .....	29
<b>Figura 9:</b> A queima do material combustível na câmara de combustão.....	32
<b>Figura 10:</b> Queima das amostras de Vereda seca. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	36
<b>Figura 11:</b> Queima das amostras de Vereda seca. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	36
<b>Figura 12:</b> Queima das amostras de Eucalipto seco. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	37
<b>Figura 13:</b> Queima das amostras de Eucalipto úmido. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	37
<b>Figura 14:</b> Queima das amostras de Cerrado seco. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	38
<b>Figura 15:</b> Queima das amostras de Cerrado Úmido. A área em destaque mostra o período de duração das chamas. ....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Focos de incêndio detectados no Brasil em 2015 em cada um dos biomas .....	19
<b>Tabela 2.</b> Característica dos combustíveis nos três tipos de vegetação estudados .....	34
<b>Tabela 3.</b> Teste de Tukey da variável Altura da chama (cm) .....	40
<b>Tabela 4.</b> Teste de Tukey da variável Tempo de duração da chama (s).....	41
<b>Tabela 5.</b> Teste de Tukey da variável Porcentagem de perda total de massa (%).....	42
<b>Tabela 6.</b> Teste de Tukey da variável Tempo total de combustão (s) .....	42
<b>Tabela 7.</b> Teste de Tukey da variável Razão massa perdida por volume por hora (kg/m <sup>3</sup> /h) .....	43
<b>Tabela 8.</b> Teste de Tukey da variável Energia necessária para a ignição (cal) .....	43

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> ANOVA da variável temperatura máxima .....	51
<b>Anexo 2.</b> ANOVA da variável altura da chama (cm) .....	51
<b>Anexo 3.</b> ANOVA da variável tempo de chama (s).....	51
<b>Anexo 4.</b> ANOVA da variável porcentagem de perda de massa durante a chama (%) .....	52
<b>Anexo 5.</b> ANOVA da variável porcentagem de perda de massa total (%) .....	52
<b>Anexo 6.</b> ANOVA do tempo total de combustão (s) .....	52
<b>Anexo 7.</b> ANOVA da variável massa por volume por hora (kg m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> ).....	53
<b>Anexo 8.</b> ANOVA da variável energia necessária para ignição (cal).....	53

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivos específicos .....	11
3. METAS.....	12
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	12
4.1. O Cerrado .....	12
4.1.1. Cerrado <i>sensu stricto</i> .....	14
4.1.2. Vereda .....	15
4.2. Plantios de Eucalipto.....	17
4.3. Incêndios Florestais.....	18
4.4. O comportamento do fogo .....	22
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1. Área de estudo .....	24
5.2. Coleta de Dados e Amostragem .....	28
5.3. Determinação das variáveis.....	30
5.3.1. Teor de Umidade .....	30
5.3.2. Combustão e Comportamento do Fogo.....	30
5.4. Análise estatística .....	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	33
6.1. Teor de Umidade .....	33
6.2. Carga do material combustível .....	35
6.3. A queima do combustível.....	35
6.3.1. Análise estatística das variáveis relacionadas ao comportamento do fogo ..	40
7. Conclusão.....	44
8. Referências Bibliográficas .....	45
ANEXOS .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O Distrito Federal caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas, com invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen, ou tropical chuvoso (RIBEIRO & WALTER, 1998), condições características do bioma predominante, o Cerrado. O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup> o que corresponde a cerca de 24% do território nacional (MMA, 2013).

As Veredas, uma das fitofisionomias do Cerrado, têm um importante papel no equilíbrio do bioma Cerrado, sendo responsável por proteger nascentes e fornecer água (em quantidade e qualidade), alimento e abrigo para a fauna silvestre (ARAÚJO et al. 2002).

A espécie *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn. está se tornando uma preocupação em várias áreas do Distrito Federal, principalmente em áreas de vereda. A estratégia de vida da *T. parviflora*, que assim como outras espécies de sua família, é baseada na grande produção de sementes, dispersão eficiente de propágulos, altas taxas de germinação e crescimento rápido, o que pode levar a um grande risco de aumento populacional descontrolado (ALBUQUERQUE et al., 2013). De acordo com pesquisadores, a espécie já mostra evidências de causar a degradação das Veredas e a diminuição de outras espécies normalmente presentes nesses locais (PROJETO BIOMAS, 2014).

Um outro problema ambiental enfrentado não só pelo Distrito Federal, mas pelo Brasil, são as queimadas e os incêndios florestais, que muitas vezes são causados por mudanças e perturbações no ambiente. As emissões resultantes da queima de biomassa vegetal colocam o país entre os principais responsáveis pelo aumento dos gases de efeito estufa do planeta (MMA, 2010). Além de contribuir com o aquecimento global e as mudanças climáticas, as queimadas e incêndios florestais poluem a atmosfera, causam prejuízos econômicos e sociais, aceleram os processos de desertificação, desflorestamento e de perda da biodiversidade (MMA, 2010).

O cultivo do eucalipto no Brasil vem crescendo em ritmo acelerado. De 2011 para 2012 o crescimento foi de 4,5%, alcançando 5.102.030 hectares plantados e a região Centro-Oeste detém 13,4% dessa produção (ABRAF, 2013). Esse tipo de floresta

é ainda mais susceptível a incêndios que as florestas naturais (SOARES, 1992), o que pode levar a morte de indivíduos ou perda de produtividade, fazendo com que seja necessária mais atenção ainda.

Batista (2004) salienta que o fato de o monitoramento dos incêndios florestais no Brasil ser deficitário é consequência da falta de estudos básicos sobre o comportamento do fogo e as características do ambiente associadas à ignição e propagação dos incêndios nos ecossistemas brasileiros. Assim, torna-se essencial que haja mais esforços relacionados ao estudo do comportamento do fogo no Brasil e principalmente nessa região do Cerrado. Além disso, devemos considerar o manejo do fogo como uma boa estratégia para o futuro, como forma de controlar os incêndios florestais.

O intuito deste trabalho é enriquecer o banco de dados disponível, avaliar o comportamento do fogo na vegetação e, com isso, verificar a possibilidade de estudar o comportamento do mesmo em laboratório. Busca-se melhorar a compreensão de fatores que relacionados ao início, a propagação e à extinção de incêndios florestais, visando alcançar melhores técnicas para supressão e manejo do fogo na região de cerrado.

O trabalho também visa ampliar o entendimento sobre a invasão da espécie *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn., relacionado à incêndios florestais. Esta espécie vem tomando cunho de espécie invasora em importantes fitofisionomias do cerrado e, ainda, vem favorecendo a propagação de incêndios subterrâneos, os quais necessitam de mais estudos sobre sua dinâmica e comportamento.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral do trabalho é avaliar o efeito da queima de material combustível em laboratório, constituído por serapilheira de cerrado *sensu stricto*, de um plantio de *Eucalyptus urograndis* e vereda com a presença da espécie *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn. e averiguar o efeito sobre as variáveis que compõem o comportamento do fogo nesses tipos de vegetação.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Quantificar a carga de material combustível em área de vereda dominada por *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn., de cerrado *sensu stricto* e de plantio de *Eucalyptus urograndis*;

- Avaliar a diferença do comportamento do fogo em duas situações de umidade, sendo uma em condições de umidade de campo e outra de combustível completamente seco, simulando uma condição extrema.
- Mensurar as variáveis relacionadas à queima do material combustível, como temperatura máxima durante a queima (°C), calor necessário para haver ignição (cal) e altura máxima da chama (cm);
- Estudar as variáveis relacionadas ao comportamento do fogo, principalmente em locais onde o fogo é necessário, mas também atuando de forma negativa para o ecossistema quando em excesso, como é o caso do Cerrado.

### **3. METAS**

Incrementar a base de dados existente com variáveis obtidas em campo e em laboratório de três tipos diferentes de vegetação no Cerrado.

Gerar subsídios para a avaliação do comportamento do fogo em incêndios florestais.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1. O Cerrado**

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa cerca de 24% do território nacional (MMA, 2013). O bioma é considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade, o que significa que possui extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat, além disso, do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido por ser a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (MMA, 2013).

Outro importante fator do Cerrado são as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero, importante para o país e o que ajuda a favorecer a sua biodiversidade (MMA, 2013).

No início do século, na tentativa de descobrir a origem da vegetação do cerrado, cientistas cogitaram a possibilidade de que a gênese do cerrado era determinada pela

estacionalidade climática, graças a longa estação seca. Porém, estudos posteriores mostraram que os solos do bioma possuíam lenta percolação, o que leva os lençóis freáticos a atingirem a carga máxima justamente no período de seca, fazendo com que haja disponibilidade de água para a vegetação durante todo o ano (NASCIMENTO, 2001).

De acordo com Neto (2005), a distribuição atual do cerrado pode ter duas causas, uma natural, resultado de um processo de contração e expansão das áreas de cerrado e florestas, possivelmente provocados pelas alterações climáticas ocorridas no passado. E ainda uma causa antrópica, resultado da ocupação humana de sua área. Um agravante à ocupação desordenada é em função de suas boas condições de topografia, com terreno plano, vegetação espaça e pouco densa, que facilitam o desmatamento, o Cerrado vem se tornando a principal região brasileira produtora de grãos e gado de corte do Brasil (NETO, 2005).

A vegetação do bioma é caracterizada por uma camada de vegetação herbácea, contendo basicamente gramíneas e por um estrato arbóreo/ arbustivo, o qual possui caráter lenhoso, sendo diferenciada pela predominância de um ou de outro (RIGONATO & ALMEIDA, 2003). A dinâmica da vegetação tem relação intrínseca com o nível do lençol freático, a fertilidade do solo, a geomorfologia do relevo e de sua topografia ou altimetria, sendo o solo o elemento mais importante na formação dos cerrados, por influenciar fortemente o tipo de constituição da cobertura vegetal (RIGONATO & ALMEIDA, 2003).

Ribeiro & Walter (1998) classificam onze tipos diferentes principais de vegetação para o bioma Cerrado, sendo divididos em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), formações savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e formações campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

Os solos mais favoráveis para o cerrado são das classes de Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-amarelo e Latossolo Roxo, os quais apresentam comumente pH entre 4,5 e 5,5, com carência generalizada dos nutrientes essenciais, principalmente fósforo e nitrogênio (RIBEIRO & WALTER, 1998; RIGONATO & ALMEIDA, 2003).

O bioma Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen, ou tropical chuvoso (RIBEIRO

& WALTER, 1998), com precipitação média anual de 1.500mm e temperaturas médias variando entre 22 °C e 27°C ao longo do ano (KLINK & MACHADO, 2005).

Esse volume de chuvas é, em geral, concentrado entre os meses de outubro a março (RIBEIRO & WALTER, 1998), sendo praticamente zero o volume de chuvas nos meses restantes, tornando o bioma muito suscetível às queimadas.

Apesar da inclusão na lista de hotspots significar o reconhecimento a nível mundial da importância da biodiversidade do cerrado, significa também que espécies nativas importantes, comercial e ecologicamente, estão desaparecendo e um dos culpados é a ocupação desordenada e o uso indiscriminado do fogo (FIEDLER et al., 2004).

#### **4.1.1. Cerrado *sensu stricto***

Embora existam divergências de opiniões entre diversos autores, pode-se classificar o cerrado *sensu lato* em quatro tipos de fisionomias vegetais: campo limpo; campo sujo; cerrado *sensu stricto* e cerradão, podendo ocorrer formas intermediárias entre elas, por não haver limites definidos (MMA, 2005). Assim, seguindo essa classificação, tem-se que o campo limpo é a fisionomia com a mais alta cobertura de gramínea; seguida pelo campo sujo, que apresenta uma alta cobertura de gramíneas e baixa presença de arbustos; o cerrado *sensu stricto* apresenta uma menor cobertura de gramíneas, e uma maior cobertura arbustivo-arbórea e, por último, o cerradão, que é uma formação florestal com ausência de cobertura de gramíneas e a maior cobertura arbórea entre as fisionomias (MMA, 2005).

Cerrado *sensu stricto* é a paisagem mais comum do bioma Cerrado, o que a tornou a mais característica do bioma (NASCIMENTO, 2001). A vegetação é formada por dois estratos, um arbóreo/ arbustivo, com árvores esparsas, e outro estrato herbáceo/gramínea (NASCIMENTO, 2001).

O Cerrado sentido restrito (*sensu stricto*) é caracterizado por apresentar árvores baixas, tortuosas, inclinadas, retorcidas com ramificações irregulares e comumente apresenta cicatrizes de queimadas (RIBEIRO & WALTER, 1998). As plantas lenhosas possuem as cascas dos troncos com cortiça espessa, tem suas gemas apicais (estruturas

de crescimento vegetativo) protegidas por uma densa camada de pelos, além de folhas rígidas e coriáceas, estruturas características de ambientes áridos, porém, é vastamente relatado na literatura que as árvores possuem raízes longas e não sofrem restrição de água na estação seca (RIBEIRO & WALTER, 1998).

Os solos do Cerrado sentido restrito na região central do Planalto Central brasileiro são profundos e bem drenados, compostos por Latossolos Vermelhos (46%) e Neossolos Quartzarênicos (MMA, 2005). Esses solos apresentam boas características físicas, porém, são solos ácidos (PH entre 4,5 e 5,5), possuem altas taxas de alumínio (condição tóxica para a maioria das plantas), com carência generalizada de nutrientes essenciais (principalmente fósforo e nitrogênio) e apresenta teores de matéria orgânica que variam de médio a baixo (RIBEIRO & WALTER, 1998).

Ribeiro & Walter (1998), afirmam que a densidade arbórea do Cerrado sentido restrito é ditada pelo efeito de vários fatores, como clima, quantidade de chuvas, características químicas e físicas do solo etc., e isso reflete na estrutura, na distribuição espacial dos indivíduos lenhosos, e na composição florística da vegetação, originando subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, sendo as principais o Cerrado Denso, o Cerrado Típico, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre.

#### **4.1.2. Vereda**

As Veredas são caracterizadas principalmente, pela presença da palmeira *Mauritia flexuosa L.f.*, o Buriti, que geralmente é encontrada na parte mais alagada da vereda, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas (Araújo *et al.* 2002; RIBEIRO & WALTER, 1998).

As Veredas são circundadas por Campo Limpo, geralmente úmido, e os buritis, diferente do Buritizal, apresentam cobertura de 5% a 10%, atingindo alturas médias de 12 a 15 metros. (RIBEIRO & WALTER, 1998).

As Veredas podem ocorrer em vales ou áreas planas acompanhando linhas de drenagem mal definidas ou numa posição intermediária do terreno, próximo as nascentes (olhos d'água), ou na borda de matas de galeria, sendo geralmente encontradas em áreas de solos hidromórficos, os quais podem se encontrar saturados durante a maior parte do ano (RIBEIRO & WALTER, 1998).

As veredas são reconhecidas por seu importante papel no equilíbrio geológico do bioma Cerrado, sendo responsável por proteger nascentes e fornecendo água (em quantidade e qualidade), alimento e abrigo para a fauna silvestre (Castro 1980 apud Araújo et al. 2002), atuando ainda como local de pouso para a avifauna, oferecendo refúgio, abrigo e local de reprodução também para a fauna terrestre e aquática (ICMBio). E ainda, a manutenção da vegetação nativa das veredas é responsável por conter a erosão dos solos hidromórficos com altos teores de matéria orgânica (MUNHOZ et al., 2011).

Araújo et al. (2002) salientam que, apesar da reconhecida importância, esses ambientes vêm sendo degradados pela exploração excessiva de argila e turfa, atividade agropecuária, e vem perdendo espaço para o avanço descontrolado da urbanização, construção de estradas e canais de drenagem.

De acordo com Munhoz et al. (2011), mudanças no uso da terra na bacia hidrográfica onde tem-se a presença de veredas, as quais podem ocasionar diminuição do nível dos lençóis freáticos, representam alto risco à biodiversidade dos ecossistemas, além de estar relacionada com o aumento desenfreado da espécie *Trembleya parviflora*.

#### **4.1.2.1. *Trembleya parviflora***

A espécie possui ampla área de distribuição, podendo ocorrer desde a Bahia ao Paraná e pode ser encontrada tanto em ambientes rupestres quartzíticos ou areníticos, como em cerrados (campos sujos, faixas de transição com matas ciliares), Mata Atlântica e campos de altitude (MARTINS, 1997).

A *Trembleya parviflora* se apresenta em forma de subarbustos a arvoretas entre 40cm a 4m de altura. Possui folhas simples, pecioladas, coriáceas a cartáceas e sedosas e apresenta filotaxia oposta cruzada (SOMAVILLA & GRACIANO-RIBEIRO, 2011).

A espécie pertence à família Melastomataceae, que é sexta família em importância no bioma Cerrado e comumente encontradas em vegetação secundária. As espécies desta família possuem estratégias de vida a qual apresentam adaptações como grande produção de sementes, dispersão eficiente de propágulos, altas taxas de germinação e crescimento rápido, características importantes em processos de regeneração natural de habitats perturbados (ALBUQUERQUE et al, 2013). Apesar disso, os autores não recomendam o uso da *Trembleya parviflora* para a recuperação em

áreas degradadas, já que apresentam grande risco de aumento populacional descontrolado em função da sua grande produção de sementes e de sua alta plasticidade e limite de tolerância, evidenciados pela sua ampla distribuição nas diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado.

Os indivíduos de *Trembleya parviflora* têm ocorrência em áreas de cerrado sensu stricto, que margeiam veredas, o que salienta o grande poder de distribuição da espécie e ainda a capacidade da mesma de sobreviver tanto em solos úmidos alagáveis quanto não alagáveis (SOMAVILLA, 2001).

Isso fica evidenciado também em estudos da pesquisadora Giotto (2015), que diz que quando há alguma perturbação na umidade das veredas, a *Trembleya* responde com aumento da floração, frutos e sementes no banco do solo, fazendo com que haja uma superpopulação da espécie nessas áreas. Além disso, a pesquisadora diz ainda que independente da disponibilidade hídrica, a mesma permanece viável nesses ambientes durante pelo menos um ano, fazendo com que, a cada ano, mais e mais sementes de *Trembleya* sejam incorporadas a este banco no solo, causando a degradação das Veredas e a diminuição de outras espécies normalmente também presentes nesses locais (PROJETO BIOMAS, 2014).

#### **4.2. Plantios de Eucalipto**

De acordo com o site da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2014), o gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália, Indonésia e outras ilhas da Oceania e existem aproximadamente 730 espécies conhecidas, porém, comercialmente, apenas 20 delas são produzidas em todo o mundo. Os mais utilizados atualmente são o *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. dunni*, *E. benthamii*, *Corymbia citriodora* (ex-*Eucalyptus citriodora*) híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*.

As florestas plantadas não são apenas provedoras de funções econômicas, mas também ambientais e sociais sem antagonismo com os princípios de sustentabilidade (GARLIPP E FOELKEL, 2009).

De acordo com o relatório da ABRAF (2013), em 2012, a área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 5.102.030 ha, apresentando crescimento de 4,5% (228.078 ha) em comparação ao ano anterior, 2011, o que contribuiu para que o setor florestal alcançasse um valor bruto da produção (VBP) de BRL 56,3 bilhões, 4,6%

superior ao de 2011. Além disso, os tributos arrecadados totalizaram BRL 7,6 bilhões, o que corresponde a 0,5% da arrecadação nacional.

No relatório, consta ainda que as atividades da cadeia produtiva do setor florestal geraram 4,4 milhões de empregos e um investimento de BRL 149,0 milhões em programas de inclusão social, educação e meio ambiente, fazendo com que aproximadamente 1,3 milhão de pessoas e aproximadamente mil municípios localizados nas regiões de influência das empresas fossem beneficiados com o setor, evidenciando o setor de base florestal como indutor de desenvolvimento econômico e social no Brasil (ABRAF, 2013). Isso mostra a importância desse setor no Brasil e o nível de preocupação com os incêndios florestais que podem acarretar em perda de milhões de reais para os produtores e para o país.

Soares & Santos (2002), mostram que durante o período de 1994 a 1997, um dos tipos de vegetação que mais sofreu com incêndios foi a de plantações de *Eucalyptus* spp, com 31,6% das ocorrências e área afetada de 14.729,7 ha, perdendo apenas para mata nativa (capoeira, cerrado e campo, juntos), com 39,7% dos incêndios. De acordo com Soares (1992), isso se deve ao fato de que cerca de 60% da superfície reflorestada do país é de eucalipto e, ainda, a maior parte dessas plantações ficam no cerrado, onde a incidência de fogo é maior devido ao clima da região.

Como as florestas plantadas têm mais susceptibilidade a incêndios que as florestais naturais, elas têm convivido sob grande ameaça e até ocorrência periódica de incêndios. Isso se deve ao fato de que esse tipo de monocultura altera o ecossistema, fazendo que fiquem mais vulneráveis ao fogo. No cerrado, com fogo como parte integrante do ambiente, quando esse tipo de vegetação é protegida do fogo por muito tempo, acumula-se grandes quantidades de combustível, fazendo com que, em caso de um incêndio, o fogo se torne potencialmente mais destrutivo (SOARES, 1992).

### **4.3. Incêndios Florestais**

De acordo com dados extraídos do site de monitoramento de focos de calor do Inpe, só ano de 2015, foram detectados 2.368.397 focos de incêndio em todo o Brasil, sendo que 435.447 desses focos se deram no centro-oeste e só no Distrito Federal esse número foi de 1.284. Os focos de incêndio distribuídos por biomas podem ser vistos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Focos de incêndio detectados no Brasil em 2015 em cada um dos biomas

<b>Bioma</b>	<b>Número de Focos de Incêndio</b>
Amazônia	1119462
Caatinga	141579
Cerrado	922698
Mata Atlântica	135812
Pampa	4064
Pantanal	44397

Soares & Santos (2002) elucidam a importância de conhecer as estatísticas dos incêndios e investigar informações sobre local, quando começou e o motivo que desencadeou o incêndio para que se consiga estabelecer políticas adequadas de prevenção. Os autores dizem ainda que no período estudado a maioria dos incêndios, 56%, foram causados por incendiários, seguido por 22,1% causado por queimas para limpeza, porém, a maior área queimada (74,1%) foi em decorrências de queimadas para limpeza. A maioria desses incêndios ocorreram no período de seca no Brasil, de julho a novembro, correspondendo a 98,6% da área atingida e 79,2% das ocorrências.

Soares & Santos (2002), mostram ainda, que durante o período de 1994 a 1997, um dos tipos de vegetação que mais sofreu com incêndios foi a de mata nativa (capoeira, cerrado e campo, juntos), com 39,7% dos incêndios.

Os incêndios causados por incendiários são atemporais (SOARES & SANTOS, 2002), mas as queimadas para limpeza ocorrem principalmente no final do inverno (agosto a outubro), período bastante seco, facilitando a perda de controle do fogo, o que explica a grande proporção de área queimada (SOARES, 1992).

Muitos agricultores ainda utilizam o fogo como forma de renovação de pastagens e a limpeza de áreas, porém isso é feito de forma irresponsável, sem respeitar o modo ou época corretas, fazendo com que muitas vezes esse fogo saia do controle e se torne perigoso, tanto na área a ser queimada quanto no entorno (FIEDLER et al., 2004).

Uma das causas da dificuldade da adoção programas de uso do fogo em atividades de manejo da vegetação é a confusão terminológica entre incêndios e

queimas controladas, que confunde e dificulta o processo de se convencer técnicos e administradores florestais (SOARES, 1995).

Existe uma importante diferença entre incêndios florestais e queimada controlada. De acordo com Soares (1995), os chamados incêndios florestais acontecem quando o fogo se propaga de forma livre, de acordo com as condições climáticas, topográficas e das características do material combustível existentes no local. Nesse tipo de fogo é comum que grande quantidade de energia (calor) seja liberada, alcançando altas temperaturas e resultando em grande força destruidora, podendo atingir áreas muito extensas. Já a queima controlada, é o uso do fogo feito de forma planejada, prescrita, com limites e objetivos pré-estabelecidos (SOARES, 1995).

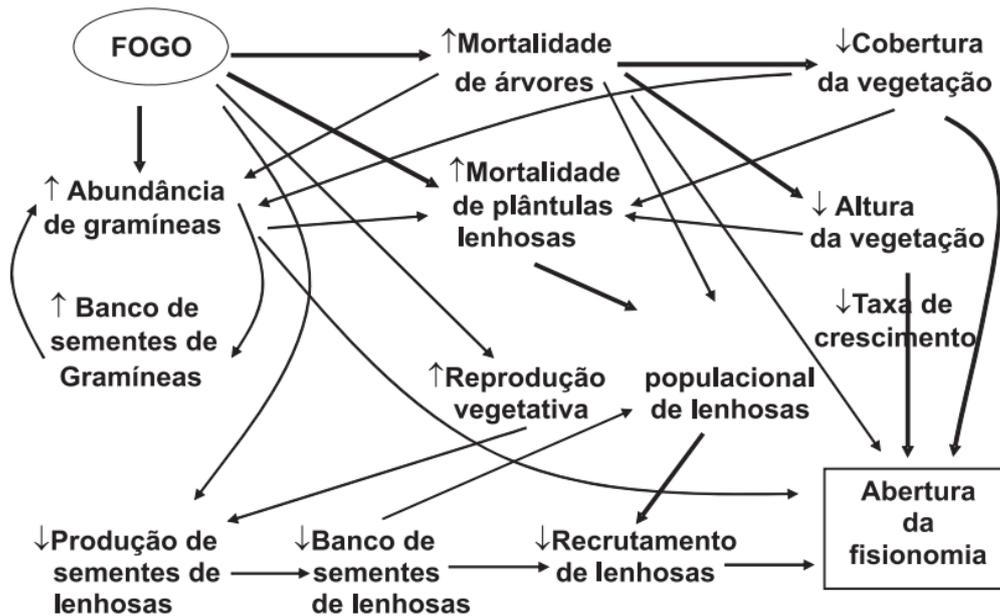
A PORTARIA No 94/98-N, de 9 de julho de 1998 permite o uso da queima controlada como fator de produção e manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris ou florestais, além de pesquisa científica e tecnológica. Essa portaria traz também as condições que devem ser satisfeitas para obter a autorização para a queima, tais como obrigação de avisar os vizinhos, tamanho da área, tipo de queima, superfície de queima, construção de aceiros, além de vetar áreas onde é proibido fazer queimadas, como reservas ecológicas, por exemplo.

De acordo com Soares & Santos (2002), o Brasil é alvo constante de críticas de organizações e instituições governamentais de outros países por ter pouca ou nenhuma estratégia de proteção das florestas contra incêndios. Isso se dá pelo fato de existirem poucos estudos e estatísticas não confiáveis sobre número de incêndios, extensão da área queimada, intensidade do fogo etc.

Pereira (2015) acredita que questões culturais são responsáveis por dificultar a percepção do fogo como fator natural.

Além dos incêndios florestais ocasionados por ações antrópicas, existe a definição do “fogo natural” o qual tem consequências importantes nos ecossistemas, sendo necessária sua compreensão, importante para a definição de políticas de manejo de fogo (Medeiros & Fiedler, 2011).

Apesar de natural, o fogo no Cerrado é um fenômeno bastante complexo. A Figura 1 mostra um modelo dos efeitos do fogo na dinâmica da vegetação do Cerrado, onde, conforme aumenta a espessura das setas, maior a importância do processo.



**Figura 1:** Esquema dos efeitos do fogo em ambiente de Cerrado. (Fonte: Ministério do Meio Ambiente)

Medeiros & Fiedler (2011) defendem que a ocorrência do fogo em ecossistemas propensos, como o Cerrado, é considerada natural dentro de determinados regimes (padrões de frequência, intensidade e época de ocorrência). Assim, acredita-se que o fogo não pode ser totalmente excluído desses ecossistemas, pois os mesmos dependem do fogo para manutenção da capacidade de resiliência, uma vez que a supressão contínua de incêndios florestais acarreta na acumulação de combustíveis, o que ocasionará a ocorrência de incêndios mais intensos, em épocas inapropriadas, além de reduzirem a heterogeneidade da vegetação (Medeiros & Fiedler, 2011).

Para Lourenço (2006), a chave para o combate dos incêndios está na prevenção, porém ele apresenta algumas respostas para essa questão nunca ser sanada: 1. A prevenção consiste em medidas simples, que não possibilitam obtenção de grandes lucros a curto prazo; 2. A prevenção consiste em mudar hábitos quotidianos, e somos naturalmente resistentes a mudanças; e 3. Porque esperamos que essas medidas sejam tomadas por órgãos públicos, e não por nós mesmos como indivíduos.

No Brasil, todos os esforços públicos estão direcionados para o combate de incêndios quando os mesmos já começaram. De acordo com Carvalho (2006), há urgência de redirecionamento de investimento para iniciativas de prevenção de

ocorrência de incêndios, de forma que a médio e longo prazo o número de incêndios seja infinitamente menor do que os que possuímos hoje.

#### **4.4. O comportamento do fogo**

O fogo é uma reação química da mistura de gases a altas temperaturas, que emite calor e, geralmente, luz (SIMIANO & BAUMEL, 2013).

No processo de combustão são necessários três elementos básicos, que compõem o chamado triângulo do fogo: o combustível, o comburente (oxigênio) e uma fonte de calor de ignição (USBR, 2000). Se considerar a interação dos três elementos que geram a combustão e permitem que ela seja mantida (a reação química em cadeia), tem-se o chamado tetraedro do fogo (SIMIANO & BAUMEL, 2013).

Para que o fogo possa ocorrer, todos os três elementos do triângulo precisam ocorrer ao mesmo tempo, visto que, caso um desses elementos seja retirado, o fogo não acontece ou é extinto (USBR, 2000). Partindo desse princípio, o combustível florestal é o único elemento do triângulo do fogo que pode ser manejado pelo homem e, conseqüentemente, passível de controle (ICMBio, 2010).

Schroeder & Buck (1970), define o combustível florestal como sendo qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima dele, ou no ar, suscetível a participação no processo de combustão. Esse material é compreendido basicamente por folhas, galhos, troncos e demais materiais que se encontram nesse intervalo, numa dada área florestal (MARTINS, 2010).

Beutling et al. (2005) afirmam que a quantificação dos combustíveis florestais tem forte relação com as ações que devem ser tomadas no momento de combate a incêndios florestais e em queimas controladas, pois são eles os responsáveis por características do comportamento do fogo como intensidade e velocidade de propagação.

Para Batista et al. (2013), o comportamento do fogo é um termo genérico que descreve as principais características da combustão em um incêndio florestal ou uma queima, ou seja, é a maneira como o material entra em combustão, como se desenvolvem as chamas e como o fogo se propaga e apresenta outros fenômenos. Os autores acreditam ainda que os efeitos gerados pela ação do fogo em determinado lugar dependem do seu comportamento, que está diretamente ligado às características da floresta e dos fatores ambientais.

Os fatores ligados ao combustível responsáveis pelo comportamento do fogo são: teor de umidade, tamanho, quantidade, relação superfície-volume, continuidade, distribuição, compacidade e composição da flora (ICMBio, 2010).

Para Vélez (2000 apud Beutling et al. 2005) os combustíveis florestais influenciam, mais do que de qualquer outro fator, o início e a propagação do fogo, sendo necessário o estudo do mesmo para estimar corretamente o comportamento de um incêndio.

Batista (2004) diz que a agilidade na detecção dos incêndios florestais é fundamental para seu controle e combate, sendo de extrema importância conhecer bem a localização do incêndio e o tamanho da área queimada para estimar com precisão o impacto do fogo sobre o ambiente. Para isso deve-se estar familiarizado com as características da área para que se possa fazer previsões do comportamento do fogo.

Os Estados Unidos também é um país bastante afetado por incêndios florestais de grandes proporções, e por isso tem avançado conhecimento do comportamento do fogo. Ao contrário do Brasil, muito dos esforços do país são voltados para a prevenção de incêndios e manejo do fogo e, para isso, é utilizado um sistema de modelos baseados no modelo de Rothermel (1972). Esses modelos são bastante arraigados e sua utilização é bastante simples, já que possui dados acurados para 13 tipos de vegetação existentes nos EUA.

Modelos matemáticos de comportamento do fogo na superfície e de sistemas de predição são afetados, em parte, pela recarga de serapilheira, densidade do material orgânico, tamanho da partícula de combustível, conteúdo de calor e umidade de extinção (SCOTT & BURGAN, 2005).

Carvalho (2006) diz que para modelar o comportamento do fogo em seu estudo, levou em conta tanto fatores bióticos, tais como os estratos da vegetação (tipo de vegetação e risco derivado dos combustíveis vegetais), como abióticos, representados pela taxa de radiação solar (influi na umidade do combustível e temperatura), a declividade (determina velocidade e propagação do fogo), a altitude (também relacionada com a umidade relativa e temperatura), área queimada e, ainda, os respectivos pontos onde se iniciaram os incêndios.

Batista et al. (2013) acreditam que a intensidade do fogo é a variável que mais influencia o comportamento do fogo, pois descreve a magnitude da combustão em

termos de energia libertada, justificando o fato de ser o parâmetro mais empregado na comparação de queimadas e incêndios florestais, podendo também ser usada como parâmetro para avaliar os efeitos do fogo no ambiente.

Soares (1995), acredita que, dentre as técnicas de prevenção de incêndios florestais, a mais eficiente é a redução de combustíveis florestais, que pode ser feita mediante a queima controlada que, quando feita de forma correta, tem demonstrado ser a melhor opção para manter o material combustível em níveis seguros.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

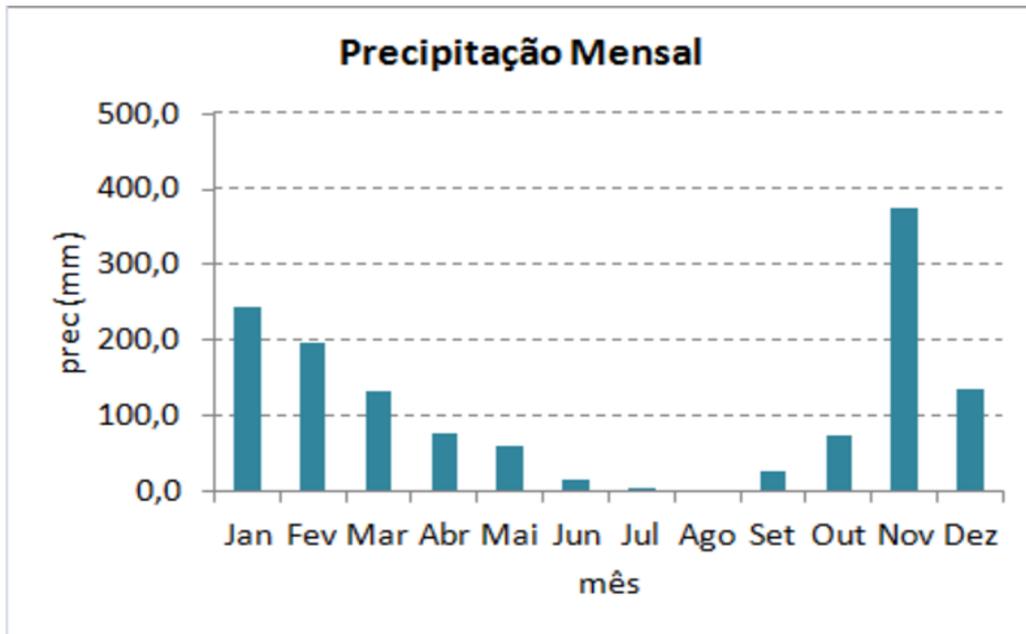
### **5.1. Área de estudo**

A área escolhida para a pesquisa fica localizada na Fazenda Água Limpa - FAL da Universidade de Brasília, localizada a aproximadamente 28 Km do Plano Piloto de Brasília – DF (FAL, 2009).

A fazenda compreende uma área de aproximadamente 4.340 hectares, onde 2.340 hectares são dedicados a preservação, 800 hectares para a conservação e os outros 1.200 hectares restantes são voltados para a produção (FAL, 2012).

A Fazenda possui altitude média de 1.080m (FAL, 2012) e o solo é predominantemente composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, com alto teor de alumínio e poucos nutrientes. O clima da região se encaixa no tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (FIEDLER et al., 2004).

No ano de 2012, a temperatura mínima registrada foi de 4,5°C e a máxima alcançou 34,9°C. As umidades relativas mais baixas foram registradas nos meses de setembro e outubro, com mínima de 13,7% (FAL, 2012). A precipitação média da região chega a 1.600 mm (FIEDLER et al., 2004), sendo que esse volume não é bem distribuído durante o ano, concentrando-se nos meses de outubro a maio, com seca pronunciada no restante dos meses, como mostrado na Figura 1.



**Figura 2:** Precipitação média do ano de 2012 em todos os meses do ano.

(Fonte: FAL-UnB)

Essas condições de temperatura e umidade são fatores importantes para os incêndios florestais, fazendo com que o cerrado enfrente queimadas periódicas.

A pesquisa foi realizada em uma área de Vereda (Figura 3) onde ocorre a presença do capim *Paspalum lineare* L. e da espécie *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn. e área que vem chamando atenção por ter sofrido com incêndios subterrâneos.



**Figura 3:** Área de estudo em Vereda com a presença da espécie *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.

Além dessa, foram estudadas duas outras áreas, sendo a primeira de cerrado *sensu stricto* (Figura 4) e a outra em um plantio de *Eucalyptus urograndis*, com espaçamento 3x2, e mais de 10 anos de idade. (Figura 5).

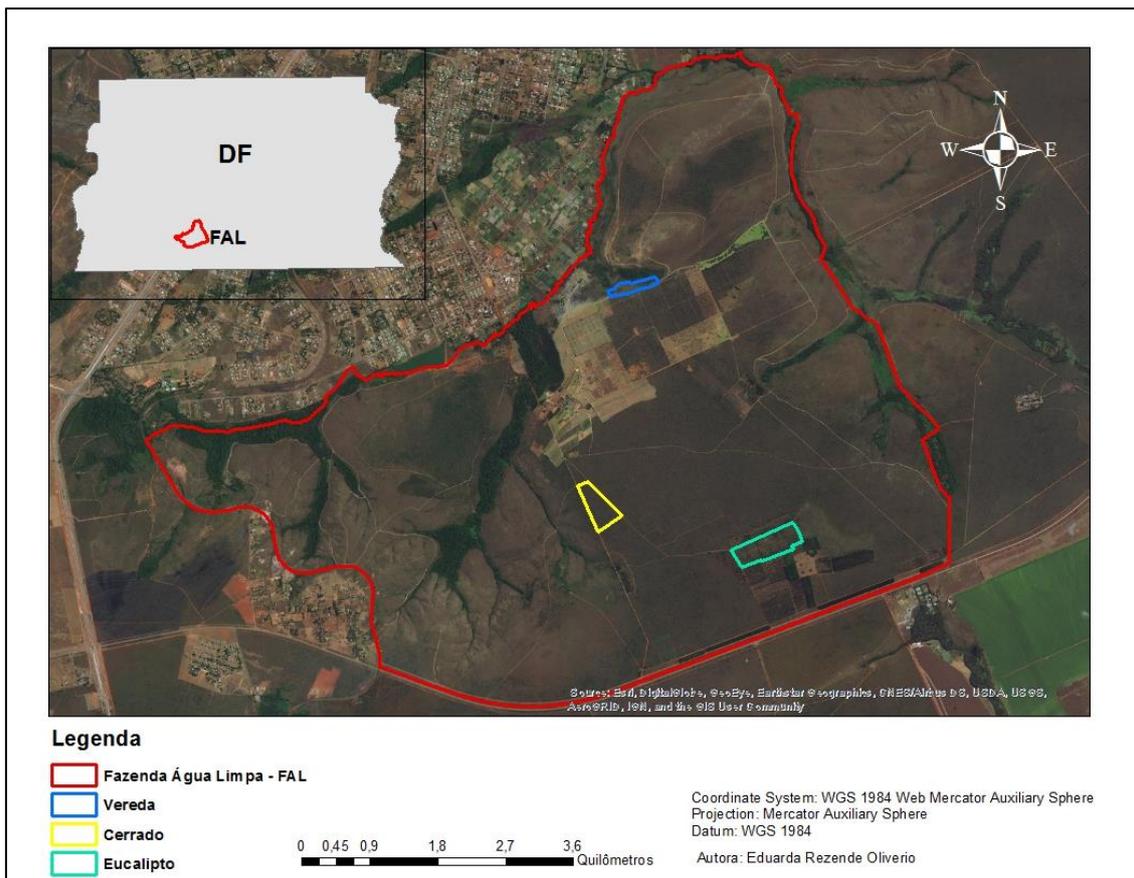


**Figura 4:** Área de estudo com vegetação de Cerrado *sensu stricto*



**Figura 5:** Área de estudo em plantio de *Eucalyptus urograndis*

A área de vereda possui 69.570m<sup>2</sup>, sendo está localizada na parte mais seca da vereda, próxima ao local que sofreu com os incêndios subterrâneos. O plantio de *Eucalyptus urograndis* e a área de cerrado *sensu stricto* possuem áreas de 247.688m<sup>2</sup> e 156.150m<sup>2</sup>, respectivamente, como mostrado na Figura 2.

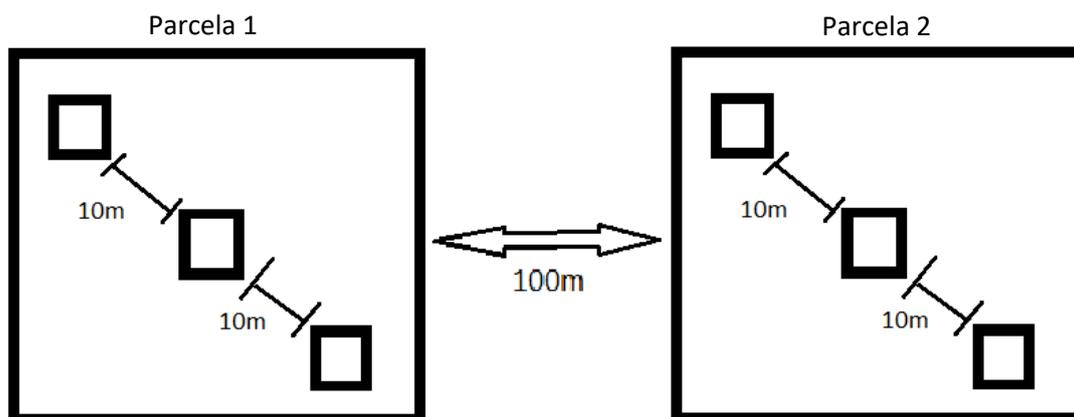


**Figura 6:** Locais de coleta do material combustível

Todo o material foi coletado na Fazenda Água Limpa (FAL - UnB), sendo importante ressaltar que a coleta na área de vereda foi feita antes da primeira chuva (nos dias 19 e 21 de setembro de 2016) e as coletas nas áreas do cerrado e eucalipto ocorreram durante as chuvas, nos dias 23 e 26 de setembro de 2016, respectivamente.

## 5.2. Coleta de Dados e Amostragem

Para a amostragem da carga de material combustível foram lançadas, de forma aleatória, 10 parcelas para cada uma das três áreas de estudo e coletado o material em 3 repetições em diagonal, dentro de cada parcela, utilizando-se de um gabarito de 0,5 x 0,5m. O intervalo entre cada repetição foi de 10m e entre cada parcela foi de 100m, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 7:** Representação do esquema da coleta do material em campo

Após lançado o gabarito, toda a serapilheira e material vivo que se encontrava dentro do mesmo foi coletado, de forma a simular as condições de campo, como mostra a Figura 4.



**Figura 8:** Gabarito delimitando a área das amostras de vereda, cerrado e eucalipto, respectivamente

O material coletado em cada parcela (3 amostras) foi homogeneizado. Na sequência, foi retirada uma amostra de cada parcela, que foi acondicionada em sacos de papel e levado ao laboratório para a realização da etapa de pesagem. O restante do material foi dividido em duas partes iguais, uma parte foi levado para a estufa por 48 horas a 70 °C (amostras secas) e a outra parte ficou a temperatura ambiente (amostras úmidas).

### 5.3. Determinação das variáveis

As variáveis a serem mensuradas no presente trabalho foram: (a) carga de combustível florestal seco ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ); (b) umidade do combustível coletado (%); e (c) variáveis relacionadas à queima do material combustível (perda de massa por tempo de queima ( $\text{g s}^{-1}$ ), temperatura máxima durante a queima ( $^{\circ}\text{C}$ ), calor necessário para haver ignição (cal), altura máxima da chama (cm), tempo total durante a chama (s) e tempo total de combustão (s)).

#### 5.3.1. Teor de Umidade

A determinação do teor de umidade do material foi realizada da seguinte maneira: o material destinado à determinação do teor de umidade foi pesado, numa balança digital com precisão de 0,01g, sendo este peso a massa úmida do material. Em seguida, esse mesmo material foi seco em estufa com circulação e renovação de ar a  $70^{\circ}\text{C}$ , por 48 horas, até que o peso se mantivesse constante. Depois de seca, a amostra foi novamente pesada, obtendo-se a massa seca do material.

A partir da obtenção da massa seca e a massa úmida do material, foi possível determinar o seu teor de umidade pela seguinte equação:

$$TU (\%) = \left( \frac{MU - MS}{MS} \right) * 100$$

Sendo:

TU (%) = Percentagem do teor de umidade, em %;

MU = Massa úmida, em g; e

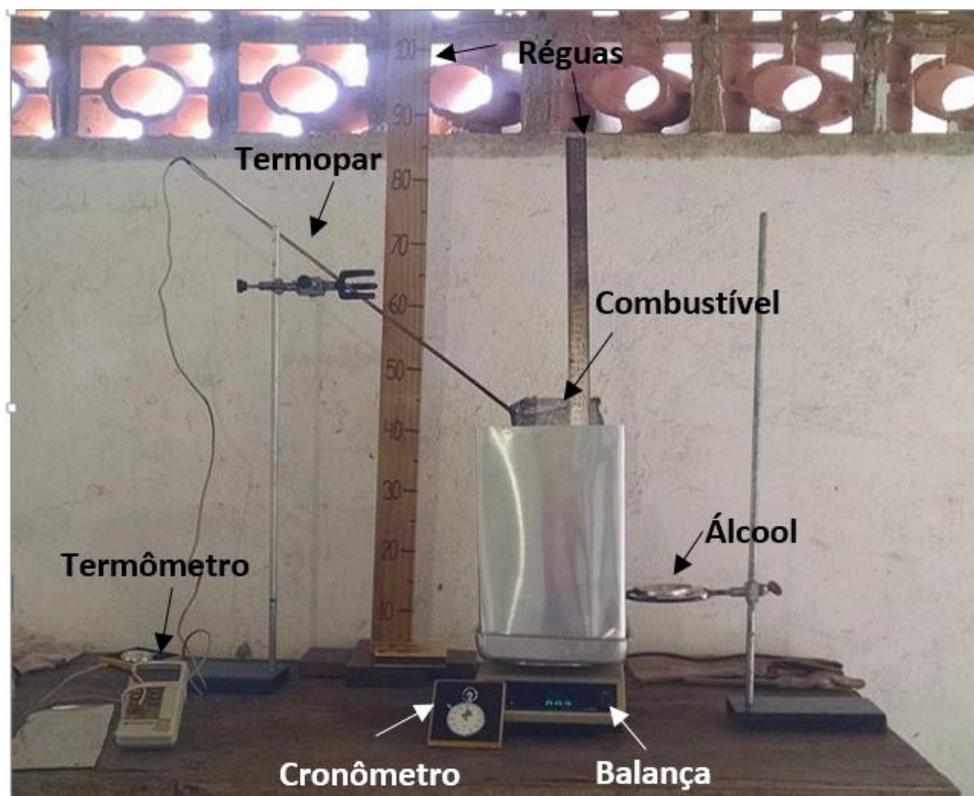
MS = Massa seca, em g.

Com dados de umidade e carga para as amostras, fez-se as médias dos resultados e extrapolou-se os resultados para a área total do experimento, sendo a carga de material combustível extrapolada para  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

#### 5.3.2. Combustão e Comportamento do Fogo

Determinadas as características de carga e umidade do combustível florestal, procedeu-se a realização da combustão do mesmo em laboratório. Para a ignição do material foi utilizado álcool de limpeza, e para a combustão foi utilizada uma câmara de

combustão, composta por uma balança digital com precisão de 0,01g, anteriormente tarada, para aquisição da variação de massa, e um termopar digital, ligado a um condutor, alocado sobre a câmara para obtenção da variação de temperatura (Figura 5). A massa e a temperatura foram anotadas a cada 15 segundos, com o auxílio de um cronômetro analógico e a combustão do material foi considerada desde o tempo zero (quando se iniciava o fogo) até o ponto de carvão e cinza (quando o fogo foi totalmente cessado).



**Figura 5:** Câmara de combustão e seus elementos.

O álcool foi pesado antes e após a ignição em cada tratamento, a fim de se verificar o calor necessário para haver ignição do material. Esta energia necessária para que haja ignição foi medida a partir da seguinte equação:

$$Energia (cal) = Mv * 6542,705$$

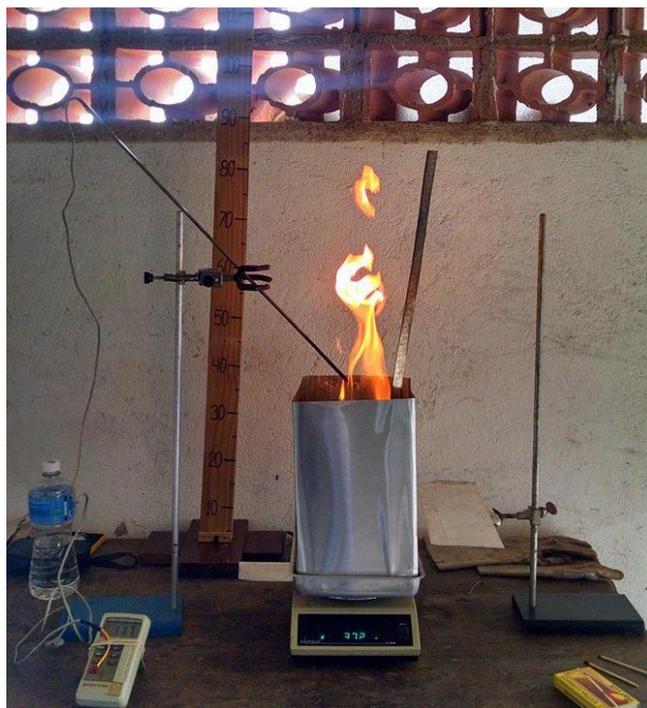
Sendo:

Mv = Massa variada do álcool; e

6542,705 = Poder calorífico do álcool.

A massa variada corresponde à subtração entre a massa de álcool pesada antes de se iniciar o fogo e a massa do álcool após a ignição. E o número 6542,705 corresponde ao poder calorífico do álcool, de acordo com os experimentos de Costa (2009).

Com o processo de queima do combustível florestal foram obtidas as seguintes variáveis: energia necessária para ignição do material (cal), perda de massa do combustível por área por tempo de queima ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$ ) e por volume por tempo de queima ( $\text{kg}/\text{m}^3/\text{h}$ ), temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ), altura da chama (cm), tempo da reação exotérmica (tempo de chama), porcentagem da perda de massa durante a reação exotérmica com relação a combustão completa e o tempo total de combustão. A figura 9 mostra o processo de queima do material.



**Figura 9:** A queima do material combustível na câmara de combustão

### **5.3.2.1. Tratamentos da combustão**

O experimento foi dividido em 6 tratamentos, sendo 3 fitofisionomias (Cerrado sensu stricto, Vereda e o plantio de Eucalipto), cada uma em duas condições de umidade, uma seca e uma úmida (3x2). A amostras “secas” foram levadas à estufa com

circulação e renovação de ar a 70°C, por 48 horas, até que o peso se mantivesse constante. Assim que eram retiradas da estufa, procedeu-se com o experimento de combustão, para que não ganhassem umidade do ambiente. As amostras “úmidas” permaneciam com a umidade ambiente.

#### **5.4. Análise estatística**

Para o teor de umidade, procedeu-se com análise estatística descritiva, calculando o erro e o coeficiente de variação para a amostragem do estudo. Foi calculado também o desvio padrão da média de peso úmido, peso seco e teor de umidade para cada fitofisionomia do estudo.

Para análise estatística da combustão, foram feitos testes de normalidade utilizando o Programa Genes (CRUZ, 2013). Pelo pequeno número de amostras (10 parcelas), optou-se pelo Teste Lilliefors, sugerido pelo próprio programa. Constatada a normalidade, foi aplicada a análise de variância ANOVA para os 6 diferentes tratamentos em 8 variáveis do comportamento do fogo. As variáveis escolhidas foram: a temperatura máxima (°C), altura da chama (cm), tempo de duração da chama (s), a porcentagem de perda de massa durante a chama, a porcentagem de perda de massa total (durante toda a combustão), o tempo total de combustão (s), a razão massa perdida por volume por hora (kg/m<sup>3</sup>/h), e a quantidade de energia necessária para a ignição (cal).

Nos casos em que se verificou diferença significativa entre os tratamentos, aplicou-se o Teste de Tukey para comparação das médias a um nível de 5% de significância, também no Programa Genes (CRUZ, 2013).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1. Teor de Umidade**

Os teores de umidade médios na base seca, erro e coeficiente de variação referentes ao peso seco encontrados nos três tipos de vegetação estudados estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Característica dos combustíveis nos três tipos de vegetação estudados

	<b>TU (%)</b>	<b>Erro</b>	<b>CV (%)</b>
<b>Vereda</b>	56,0	28,0	48,5
<b>Cerrado</b>	18,5	14,0	23,8
<b>Eucalipto</b>	43,7	25,7	43,7

A área que apresentou maior umidade (56%) e maior erro (28) e coeficiente de variação (48,5), dos três tipos de vegetação foi a vereda. Esses valores de erro e CV elevados podem ser explicados pela presença da *Trembleya parviflora*, que era presente em somente algumas amostras e apresentava características bastante diferentes do restante do material combustível encontrado na área. Vale destacar que a área da vereda o combustível coletado era quase todo vivo, o que comumente apresenta maiores teores de umidade do que de serapilheira, encontrado no cerrado e eucalipto. Além disso, a vereda é uma área mais úmida que as outras duas, já que fica próxima a cursos d'água.

Em experimentos em uma área de estepe no Paraná, vegetação caracterizada por apresentar dominância de gramíneas, assim como a área de vereda estudada, Seger et al. (2013) encontrou valores de umidade próximos ao encontrado para a vereda, de aproximadamente 50%.

O Eucalipto também apresentou elevado erro (25,7) e coeficiente de variação (43,7), o que significa discrepância entre as amostras, salientando elevada heterogeneidade na área. Apesar de ser um plantio homogêneo, a copa das árvores não era bem formada, possibilitando que grande incidência de luz chegue ao solo e possibilite o surgimento de outras plantas, tais como ervas e gramíneas.

Já o Cerrado foi o que se mostrou mais homogêneo, porém, o mais seco entre os três tipos de vegetação, com teor de umidade de 18,5%. Apesar de ser uma vegetação natural e, normalmente heterogênea, o combustível mostrou-se mais homogêneo que em outras fitofisionomias.

Apesar de possuir o maior teor de umidade, a vereda apresenta riscos de incêndio, já que possui grande quantidade de gramíneas. As gramíneas apresentam-se como as principais causas da alta inflamabilidade dos ecossistemas savânicos, por

produzirem combustível vegetal em abundancia e potencializado pelo clima seco do Cerrado, favorecendo os incêndios (MISTRY & BERARDI, 2005).

## **6.2. Carga do material combustível**

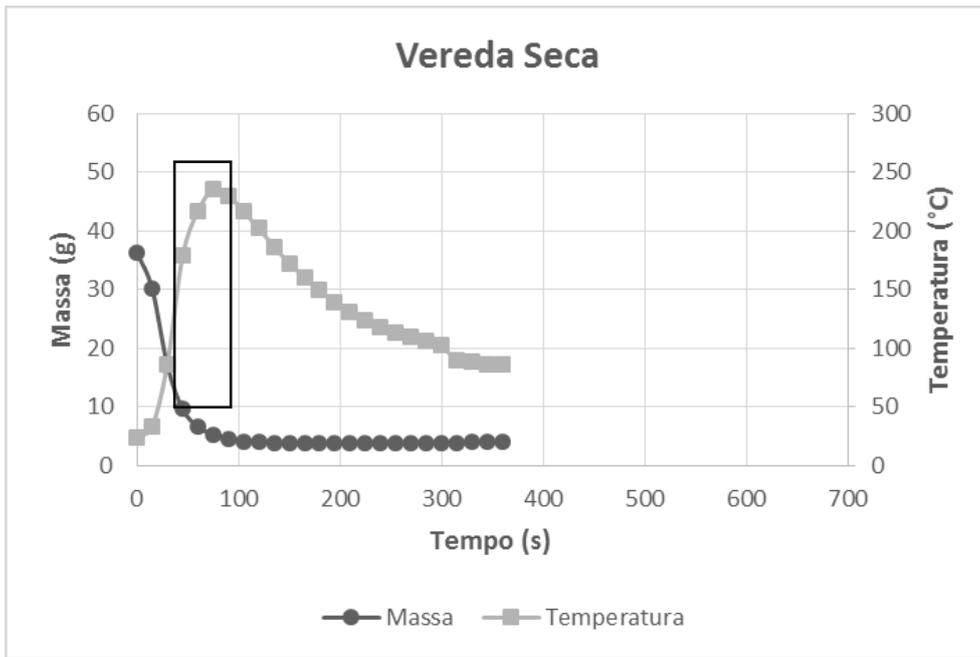
A vereda apresentou carga de aproximadamente 4 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida pelo cerrado com 2.4 Mg ha<sup>-1</sup> e pelo eucalipto com 1.7 Mg ha<sup>-1</sup>. Isso se deve ao fato do tipo de combustível, que na vereda existe praticamente só gramíneas (que formam touceiras) e a *T. parviflora*, concentrada em algumas áreas, enquanto no cerrado há uma mistura de gramíneas, arbustos e árvores, com grande diversidade de espécies. No plantio de eucalipto existe grande quantidade de gramíneas, poucos arbustos e o *Eucalyptus urograndis*, que derruba grande quantidade de folhas no piso do plantio.

White et al. (2014) encontrou um valor de 11,31 Mg ha<sup>-1</sup> em povoamentos de *Eucalyptus viminalis* com 6 anos de idade, enquanto Stangerlin et al. (2007) afirmaram encontraram 24,59 Mg ha<sup>-1</sup> em um povoamento de *Eucalyptus grandis* de 12 anos de idade na cidade de Santa Maria. Se comparado a esses dados, a carga do eucalipto mostrou-se muito pequena, para um plantio com mais de 10 anos de idade, porém, é importante observar que esse plantio encontra-se praticamente abandonado, fazendo com que o crescimento e a densidade da copa fiquem muito diferentes de outros plantios.

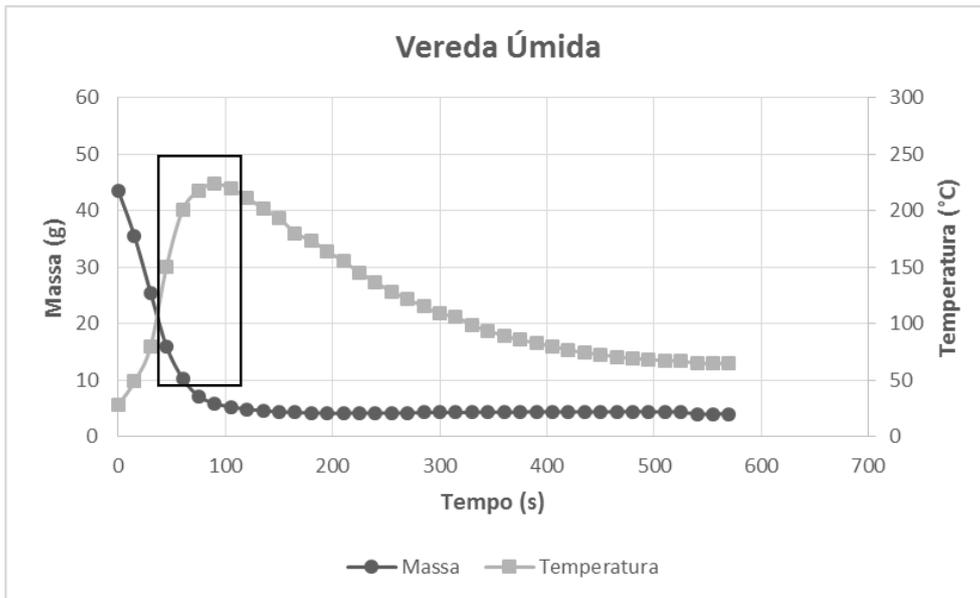
De acordo com Miranda (2010), em uma área cerrado sensu stricto, sem incidência de fogo há dois anos, localizadas também em Brasília, a carga de combustível variava entre 9,8 e 19,2 Mg ha<sup>-1</sup>. Em comparação com o encontrado nesse estudo (2.4 Mg ha<sup>-1</sup>), pode ser um indício de que houve incêndio antes desse período.

## **6.3. A queima do combustível**

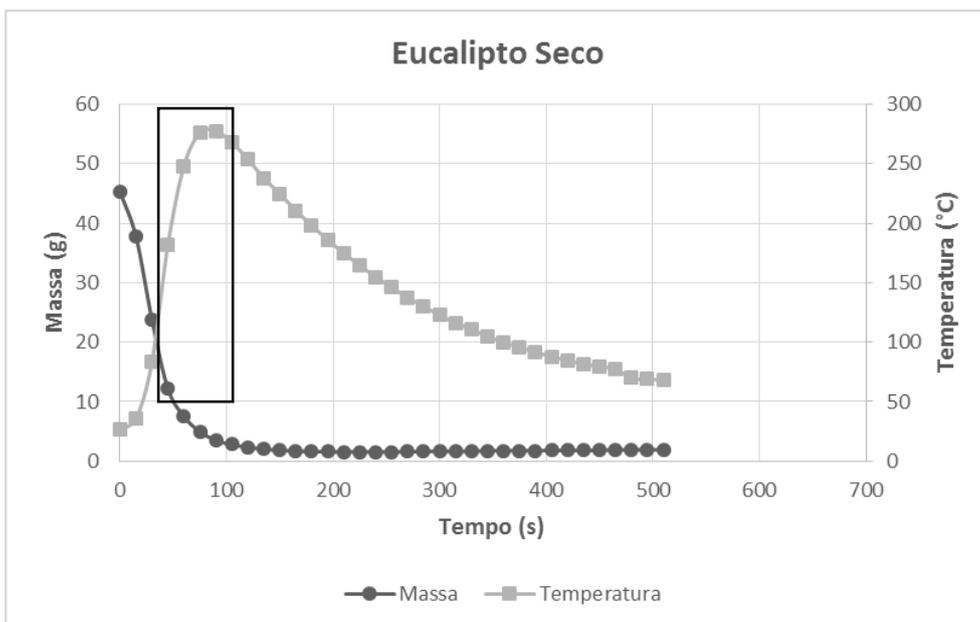
A partir dos dados obtidos na queima do combustível, fez-se médias das dez parcelas de cada fitofisionomia nas duas condições de umidade. Com esses dados, pode-se fazer 6 gráficos relacionando a massa, temperatura e o tempo de queima do combustível. Os gráficos do comportamento de cada tratamento estão representados nas Figuras 6 a 11 a seguir.



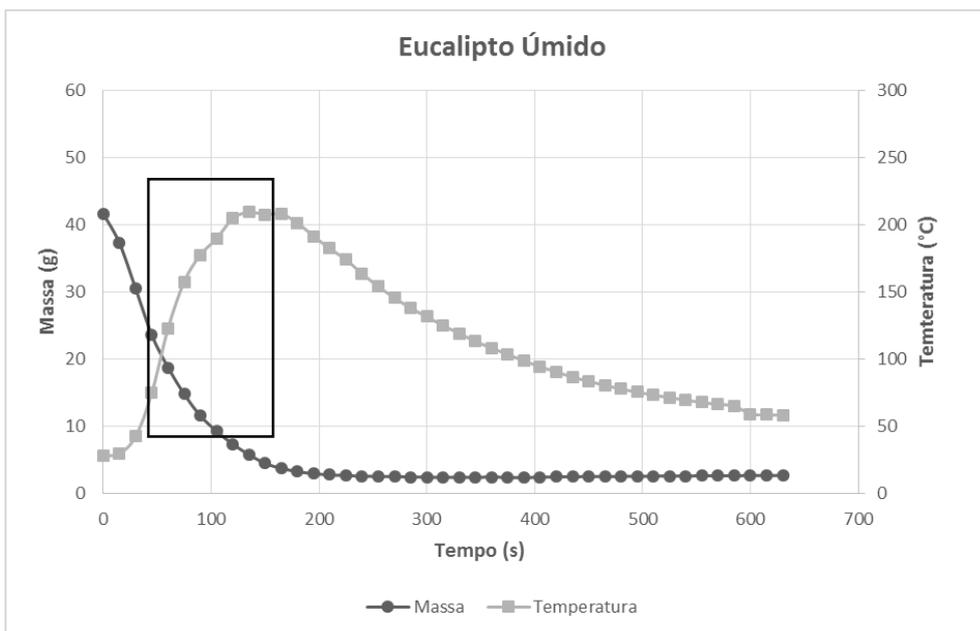
**Figura 10:** Queima das amostras de Vereda seca. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.



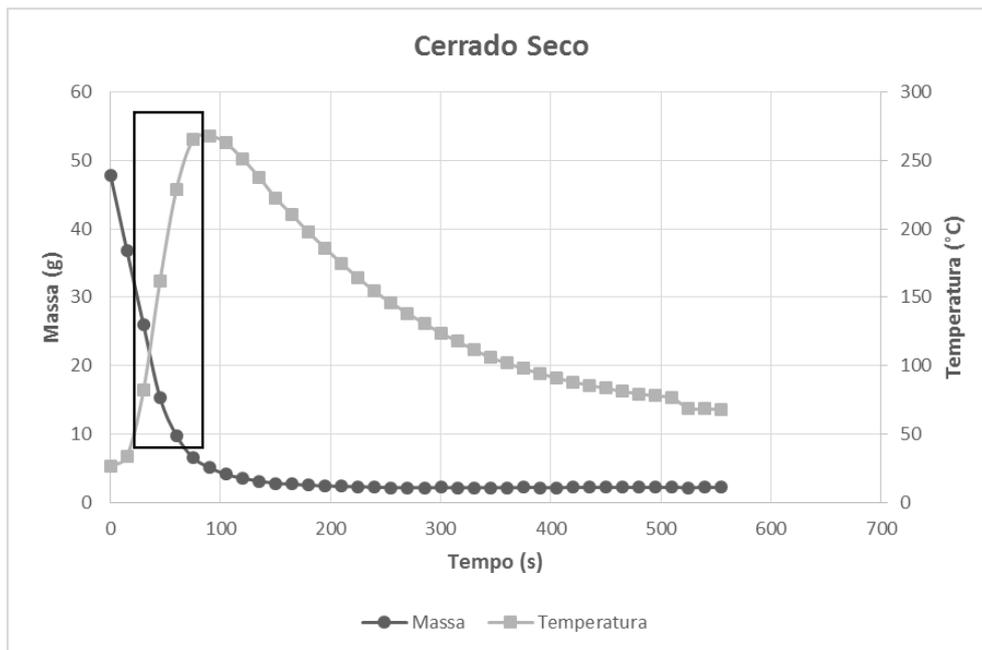
**Figura 11:** Queima das amostras de Vereda úmida. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.



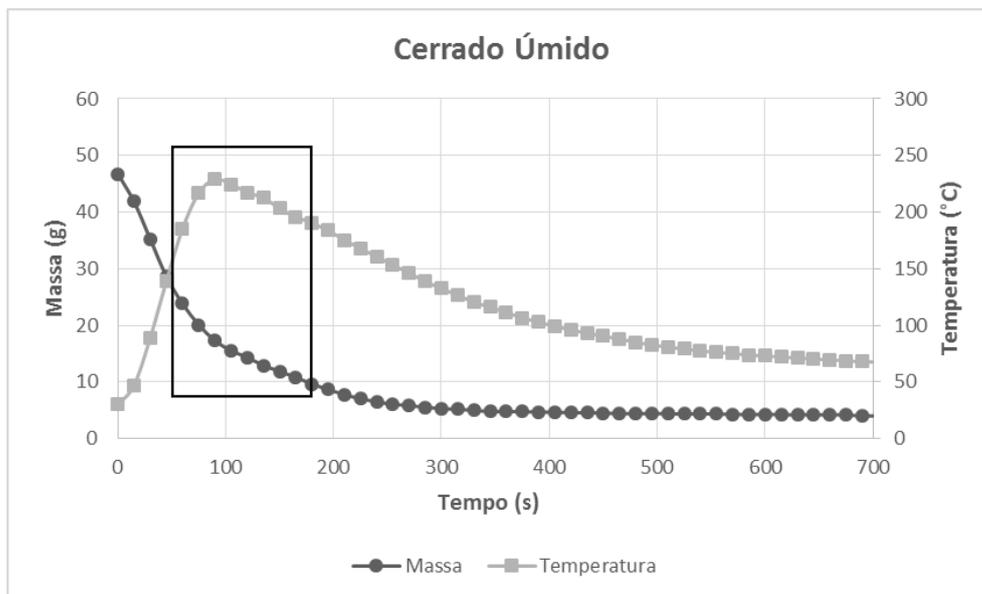
**Figura 12:** Queima das amostras de Eucalipto seco. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.



**Figura 13:** Queima das amostras de Eucalipto úmido. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.



**Figura 14:** Queima das amostras de Cerrado seco. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.



**Figura 15:** Queima das amostras de Cerrado Úmido. A área em destaque mostra o período de duração das chamas.

Com base nas figuras acima, percebe-se que o Cerrado e Eucalipto secos foram os que alcançaram temperaturas mais altas, com  $268^{\circ}\text{C}$  e  $277^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Pode-se inferir também que os tratamentos que tiveram menor tempo de combustão (desde a ignição ao apagar da última brasa) foram a Vereda úmida e seca. Nos estudos

de Miranda (2010) em Cerrado sensu stricto, as temperaturas a 60cm de altura chegaram a 900° C. Porém, essa grande diferença pode ser devido aos efeitos do experimento ter sido realizado em laboratório.

O Cerrado úmido foi o que apresentou curva de perda de massa mais suave em relação às outras, o que mostra que a perda de massa foi menor e ocorreu de forma menos brusca. A Vereda Seca, nesse aspecto, foi a que perdeu massa com maior rapidez.

Nos gráficos também é possível perceber que a Vereda seca foi a que apresentou a maior velocidade (menor tempo) ao atingir o pico de temperatura máxima, contrapondo-se ao Eucalipto úmido, que se mostrou o mais lento de todos nesse ponto.

Em todos os tratamentos a fase mais rápida foi a do aquecimento do combustível e fica bastante visível a diferença entre os secos e úmidos da mesma fitofisionomia. Isso se deve ao fato de que na primeira etapa do processo de queima, o material começa a aquecer e a perder umidade gradativamente, como os materiais secos têm menos umidade, esse processo se dá de forma mais rápida. Na fase inicial da combustão, quando os combustíveis florestais começam a ganhar calor e começa a perda de umidade ocorre a partir dos 100° C até cerca de 250° C. Daí em diante começam a emitir gases, oriundos de seus diversos compostos vegetais (ICMBio, 2010), que é o que realmente queima. No presente estudo, em todos os tratamentos as chamas ocorreram antes dos 100° C, o que pode ser em decorrência do estudo ter sido feito em condições de laboratório e não em campo.

Quanto mais úmido é o combustível, mais lenta será sua combustão e consequentemente menor a velocidade de propagação, sendo o contrário, quanto mais seco, mais rápida é a combustão, e mais rapidamente os combustíveis passarão para a próxima fase. Dessa forma, quanto maior a energia calórica liberada pelo incêndio, mais rápido se dá o preaquecimento dos combustíveis que ainda não queimaram (ICMBio, 2010).

As chamas ocorrem quando o ar se torna carregado de gases inflamáveis provenientes do material combustível aquecido, que reagem com o oxigênio produzindo as chamas, não havendo mais a necessidade de uma fonte externa de calor (ICMBio, 2010).

A Vereda seca e úmida e o Eucalipto seco foram os que iniciaram as chamas mais cedo. E o Cerrado úmido e Eucalipto seco os que encerram as chamas mais tarde. Os tratamentos que tiveram o menor período de chamas foram a Vereda seca e o Cerrado seco, o que tem relação com o período total da combustão, sendo esses os mais curtos também.

### **6.3.1. Análise estatística das variáveis relacionadas ao comportamento do fogo**

As análises de variância das variáveis do comportamento do fogo (temperatura máxima, altura da chama, tempo de duração da chama, porcentagem de perda de massa durante a chama, porcentagem de perda de massa total, tempo total de combustão, razão massa perdida por volume por hora durante a chama e energia necessária para ignição) estão contidas em anexo.

As variáveis temperatura máxima e porcentagem de perda de massa durante a chama não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, a um nível de 5% de significância, não sendo necessária a realização do Teste de Tukey. A variável porcentagem de perda de massa durante a chama é referente ao total de massa perdido, o que explica alguns dos valores serem superiores à porcentagem de perda de massa total.

O Teste de Tukey foi realizado nos casos em que se verificou diferença significativa entre os tratamentos (altura da chama, tempo de duração da chama, porcentagem de perda de massa total, tempo total de combustão, razão massa perdida por volume por hora durante a chama e energia necessária para a ignição), aplicou-se o Teste para comparação das médias a um nível de 5 % de significância (Tabelas 3 a 9). Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferenças significantes, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

**Tabela 3.** Teste de Tukey da variável Altura da chama (cm)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Altura da chama (cm)</b>
<b>Vereda seca</b>		113.7 ab
<b>Vereda úmida</b>		106.7 ab

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Altura da chama (cm)</b>
<b>Eucalipto seco</b>		118.5 a
<b>Eucalipto úmido</b>		80.5 c
<b>Cerrado seco</b>		117 ab
<b>Cerrado úmido</b>		98.4 bc

De acordo com a Tabela 3, podemos observar que o Eucalipto seco foi o que apresentou os maiores comprimentos de chama, e o Eucalipto úmido foi o que apresentou os menores, sendo os dois diferentes estatisticamente entre si e entre os outros tratamentos. As Veredas seca e úmida apresentaram-se semelhantes estatisticamente, enquanto o Eucalipto seco e úmido foram os mais diferentes dentro da mesma área.

**Tabela 4.** Teste de Tukey da variável Tempo de duração da chama (s)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Tempo de duração da chama (s)</b>
<b>Vereda seca</b>		60 c
<b>Vereda úmida</b>		88.5 abc
<b>Eucalipto seco</b>		84 abc
<b>Eucalipto úmido</b>		120 ab
<b>Cerrado seco</b>		67.5 bc
<b>Cerrado úmido</b>		138 a

A Tabela 4 mostra os resultados para o tempo de duração da chama, sendo que a Vereda seca teve a menor duração entre os tratamentos e o Cerrado úmido levou o maior tempo. A única diferença estatística encontrada foi entre Cerrado seco e úmido.

**Tabela 5.** Teste de Tukey da variável Porcentagem de perda total de massa (%)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Porcentagem de perda total de massa (%)</b>
<b>Vereda seca</b>		93.06112 ab
<b>Vereda úmida</b>		93.48464 ab
<b>Eucalipto seco</b>		97.62857 a
<b>Eucalipto úmido</b>		95.31836 ab
<b>Cerrado seco</b>		97.08541 ab
<b>Cerrado úmido</b>		92.70691 b

No que diz respeito a porcentagem de perda total de massa (%) (Tabela 5), a maior média foi a do Eucalipto seco, seguida pelo Eucalipto úmido, e os dois tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas. As Veredas seca e úmida apresentaram semelhança estatística.

**Tabela 6.** Teste de Tukey da variável Tempo total de combustão (s)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Tempo total de combustão (s)</b>
<b>Vereda seca</b>		336 b
<b>Vereda úmida</b>		567 ab
<b>Eucalipto seco</b>		496.5 ab
<b>Eucalipto úmido</b>		591 ab
<b>Cerrado seco</b>		546 ab
<b>Cerrado úmido</b>		715.5 a

A Tabela 6, referente ao tempo total de combustão (s), mostra que o Cerrado úmido foi o que levou maior tempo, o que, de acordo com o ICMBio (2010), mais lenta a combustão, menor a velocidade de propagação de um incêndio. A Vereda seca

apresentou menor tempo de combustão, não sendo diferente estatisticamente da vereda úmida. Os Eucaliptos seco e úmido apresentaram semelhança estatística entre si. E ainda, Eucalipto seco e Cerrado seco também apresentaram valores semelhantes estatisticamente.

**Tabela 7.** Teste de Tukey da variável Razão massa perdida por volume por hora (kg/m<sup>3</sup>/h)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Razão massa perdida por volume por hora (kg/m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>Vereda seca</b>		761.99831 ab
<b>Vereda úmida</b>		682.3536 ab
<b>Eucalipto seco</b>		828.22636 a
<b>Eucalipto úmido</b>		502.54396 b
<b>Cerrado seco</b>		879.93777 a
<b>Cerrado úmido</b>		477.57007 b

De acordo com a tabela 7, os tratamentos que possuem maiores médias para a variável razão massa perdida por volume por hora durante (kg/m<sup>3</sup>/h) foram o Eucalipto seco e Cerrado seco, não apresentando diferenças estatísticas entre si. Além disso, as Veredas seca e úmida não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

**Tabela 8.** Teste de Tukey da variável Energia necessária para a ignição (cal)

<b>Tratamento</b>	<b>q: 4,175</b>	<b>Energia necessária para a ignição (cal)</b>
<b>Vereda seca</b>		17665.3035 a
<b>Vereda úmida</b>		8204.556 b
<b>Eucalipto seco</b>		8485.889 b
<b>Eucalipto úmido</b>		7223.147 b
<b>Cerrado seco</b>		10029.961 b

Tratamento	q: 4,175	Energia necessária para a ignição (cal)
Cerrado úmido		9820.6 b

Para a variável Energia necessária para a ignição (cal), o único tratamento que apresentou diferença estatística dos demais foi a vereda seca, apresentando a maior média. Nesse caso, todos os combustíveis úmidos mostraram-se iguais estatisticamente.

## 7. Conclusão

Com esse estudo pode-se concluir que:

- O Cerrado apresenta menor umidade dentre as vegetações estudadas, o que indica maior risco de incêndios que as outras, nesse aspecto;
- Na Vereda, o Coeficiente de Variação (%) do peso seco se mostrou bastante alto, o que pode ser devido a presença da *Trembleya parviflora* em algumas das amostras e em outras não;
- A Vereda apresentou carga de combustível elevada (4 Mg ha<sup>-1</sup>), em relação às outras fitofisionomias, o que deve-se ao fato da grande quantidade de gramíneas;
- Em todos os tratamentos a fase mais rápida foi a do aquecimento do combustível, onde ficou evidente a diferença entre os secos e úmidos na mesma vegetação, já que essa fase é a de perda de umidade;
- Os tratamentos tiveram comportamentos semelhantes ao encontrado na literatura, de forma que quanto maior o período de chamas, maior o período total da combustão;
- A maior porcentagem de perda total de massa (%) foi a do Eucalipto seco, seguida pelo Eucalipto úmido;
- Os tratamentos que possuem maiores médias para a variável razão massa perdida por volume por hora durante (kg/m<sup>3</sup>/h) foram o Eucalipto seco e Cerrado seco, não apresentando diferenças estatísticas entre si, e as veredas Seca e úmida não apresentaram diferenças estatísticas, o que pode ser explicado pelas características do combustível (disposição, continuidade etc);

- Todos os combustíveis úmidos possuem energia necessária para a ignição (cal) semelhantes, estatisticamente;
- A fitofisionomia que mais se assemelhou estatisticamente entre o tratamento seco e úmido foi a vereda (em 50% dos testes de Tukey), evidenciando um comportamento diferenciado nessa área, se comparado às outras duas;
- Os tratamentos que tiveram mais semelhanças estatísticas foram entre Vereda úmida e eucalipto úmido, e Eucalipto Seco e Cerrado Seco;

## 8. Referências Bibliográficas

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>>. Acesso em: 26 Set. 2016.

AGEITEC. ÁRVORE DO CONHECIMENTO. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 2014. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/Abertura.html>>. Acesso em: 26 Set. 2016.

ALBUQUERQUE, L.B., AQUINO, F. G. , COSTA L. C., , MIRANDA Z. J.G. & SOUSA S. R. Espécies de Melastomataceae com potencial para restauração ecológica de mata ripária no cerrado. Polibotânica, México. Núm. 35, pp. 1-19, ISSN 1405-2768, 2013.

ARAÚJO, G. M., BARBOSA, A. A .A., ARANTES, A. A., AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia. Revista Brasil. Bot., V.25, n.4, p.475-493, dez. 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br> >. Acesso em: 15 Set. 2016.

BATISTA, A.C., Detecção de incêndios florestais por satélite. Revista Floresta, Curitiba, PR 34, 237-241, Mai/Ago, 2004.

BATISTA, A.C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J.F. ESTIMATIVA DO COMPORTAMENTO DO FOGO EM QUEIMAS EXPERIMENTAIS SOB POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii*. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.779-787, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br> >. Acesso em: 30 Ago. 2016.

BEUTLING, A. Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Curitiba, 2005. 113 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; QUANTIFICAÇÃO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL EM REFLORESTAMENTOS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze Vitorino, M. D. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, set./dez. 2005.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Considerando a necessidade de regulamentar a sistemática de queima controlada. PORTARIA Nº 94-N, DE 9 DE JULHO DE 1998. D.O.U. DE 31/97/98.

CARVALHO, P. A. C. F. de. Modelação do Risco de Incêndio Florestal com Redes Neuroriais Artificiais: aplicação ao Parque Natural do Montesinho. 2005. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Estatística Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa. 2006.

COSTA, A. B. Determinação do Poder Calorífico no Controle de Qualidade de Combustíveis para Sistemas de Geração de Energia e Aquecimento Industrial. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29. Salvador, 2009.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013

FAZENDA ÁGUA LIMPA – FAL. Estação Agrometeorológica Automática – Resumo Anual 2012. 2012. Disponível em: <[http://www.fal.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=169%3Aresumo-anual-2012&catid=39&Itemid=78](http://www.fal.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=169%3Aresumo-anual-2012&catid=39&Itemid=78)>. Acesso em: 26 Ago. 2016.

FIEDLER, N. C., DE AZEVEDO, I. N. C., REZENDE, A. V., DE MEDEIROS, M. B., & VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado *sensu stricto* na fazenda água limpa-DF. *Revista Árvore*, 28, 129-138, 2004.

GARLIPP, R. & FOELKEL, C. O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade. In: XIII Congresso Florestal Mundial / FAO, Buenos Aires, Argentina, 2009. Disponível em: <[http://www.sbs.org.br/destaques\\_POSITIONPAPER.pdf](http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf)> Acesso em: 12 Ago. de 2015.

GIOTTO, A.C. COLONIZAÇÃO DE TREMBLEYA PARVIFLORA EM ÁREAS ÚMIDAS NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL. 2015. 109 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biologia, Universidade de Brasília. 2015.

INPE. Banco de Queimadas. Divisão de Processamento de Imagens- DPI. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2015. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 20 Ago. 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. ICMBio. 2010. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/sejaumbrigadista.pdf>>. Acesso em 20 Out. 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. PROJETO CORREDOR ECOLÓGICO DO JALAPÃO. Fitofisionomias - Vereda. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade ICMBio. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/biodiversidade-3/fitofisionomias.html?showall=&start=5>>. Acesso em: 20 Out. 2016.

KLINK, C. A. & MACHADO, R. B. A. Conservação do Cerrado Brasileiro. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, Brasília, 2005.

LOURENÇO, L. Incêndios florestais. Algumas reflexões sobre prevenção e mitos do combate. RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. 2006.

MARTINS, E. Revisão Taxonomica do Gênero *Trembleya* DC. (Melastomataceae) 12/03/1997. 221 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 1997.

MARTINS, S. D. R. Incêndios Florestais: Comportamento, Segurança e Extinção (mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento De Engenharia Mecânica. Coimbra: 2010.

MEDEIROS, M. B. & FIEDLER, N. C. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. Biodiversidade Brasileira, Ano I, No2, p. 4-11, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CERRADO: Ecologia, Biodiversidade e Conservação/Aldicir Scariot, José Carlos Sousa-Silva, Jeanine M. Felfili (Organizadores). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439 p:il, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Florestas do Brasil em Resumo-2013: dados de 2007-2012. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2013. 188 p. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/tecnico-cientifico> />. Acesso em: 20 Ago. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Perfil dos Incêndios Florestais Acompanhados pelo Ibama – 2009. Brasília: Ibama/Prevfogo, 2010. 29 p.

MIRANDA, H. S. Efeitos do Regime do Fogo Sobre a Estrutura de Comunidades de Cerrado: Projeto Fogo. Brasília: IBAMA, 2010. 144p.

MISTRY, J. & BERARDI, A. Assessing Fire Potential in a Brazilian Savanna Nature Reserve. *Revista Biotropica*, v. 37, n. 3, p. 439 – 445, 2005.

MUNHOZ, C.B.R; EUGÊNIO, C.U.O.; OLIVEIRA, R.C. Vereda: guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2011. 224 p.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. *Territorium*, Coimbra: Vol. 8, No 1, p. 25-35, 2001. Disponível em: <[http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T08\\_artg/T08\\_artg03.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T08_artg/T08_artg03.pdf)>. Acesso em: 20 Ago. 2016.

NETO, W.N. Modelagem ecológica de queimadas usando Inteligência Artificial. 2005. 340 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.pgecl.unb.br/images/sampled/imagens/arquivos/teses/2000a2010/2005/Walter%20Nascimento%20Neto.pdf>>. Acesso em: 02 Set. 2016.

PEREIRA, J. F. Comportamento do fogo em função da FMA+ em queimadas prescritas sob povoamentos de *Pinus taeda* no município de Irati - PR. 2015. 165 f. Tese (doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

PROJETO BIOMAS. Projeto Biomas estuda superpopulação de espécie nativa no Cerrado. 2014. Disponível em: <<http://www.projetobiomas.com.br/noticia/cerrado/projeto-biomas-estuda-superpopulacao-de-especie-nativa-no-cerrado>>. Acesso em: 20 Set. 2016.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: *Cerrado, Ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa/CPAC, Planaltina, p.89-166, 1998.

RIGONATO, V. D. & ALMEIDA, M. G. As Fitofisionomias e a Interrelação das Populações Tradicionais com o Bioma Cerrado, Goiás, Observatório Geográfico de Goiás, 2003. Disponível em: <<https://observatoriogeogoiias.iesa.ufg.br/n/29799-artigos>>. Acesso em: 3 Set. 2016.

ROTHERMEL, R. C. A mathematical Model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Service. Research Paper INT-115. 1972. Disponível em: <<https://www.snap.uaf.edu/webshared/JenNorthway/AKFireModelingWorkshop/AKFire>>

ModelingWkshp/FSPPro%20Analysis%20Guide%20References/Rothermel%201972%20INT-115.pdf>. Acesso em: 20 Ago. 2016.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. Fire weather: A guide for application of meteorological information for forest fire control operations. Forest Service, Agriculture Handbook 360. Washington. 1970. 229 p.

SCOTT, J. & BURGAN, R. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-153, 72 pp, 2005.

SEGER, C.D.; BATISTA, A.C.; TETTO, A.F.; SOARES, R.V. COMPORTAMENTO DO FOGO EM QUEIMAS CONTROLADAS DE VEGETAÇÃO DE ESTEPE NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA, PARANÁ, BRASIL. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 547 - 558, out. / dez. 2013.

SIMIANO, L. F.; BAUMEL, L. F. S. Manual de prevenção e combate a princípios de incêndio: Módulo VI. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – Brigadas Escolares, Defesa Civil na Escola. Paraná, 2013. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/>> Acesso em 25 Nov. 2016.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. Floresta, v. 22, n. 12, 1992.

SOARES, R. V. Queimas Controladas: Prós e Contras. Anais IPEF, In: I FÓRUM SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1, 1995. Disponível em: <[http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/cap03.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap03.pdf)> Acesso em 25 Nov. 2016.

SOARES, R. V. & SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Revista Floresta, 32 (2) 219- 232, 2002.

SOMAVILLA, N. S. Aspectos anatômicos, fenológicos e ecofisiológicos de Melastomataceae em vereda e cerrado sensu stricto. 2001. 139 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SOMAVILLA, N. S. & GRACIANO-RIBEIRO, D. Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto. Acta bot. bras. 25(4): 764-775. 2011. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/abb/v25n4/04.pdf>>. Acesso em: 15 Set. 2016.

STANGERLIN, D. M.; HENNERICH, M.; GOMES, F. A.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; GATTO, D. A. Quantificação do material combustível acumulado na serapilheira de

uma floresta de *Eucalyptus grandis*. In: Congresso de Iniciação Científica da UFPEL, 16., 2007, Pelotas. Anais... Pelotas, 2007

USBR - UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION. Firefighting and Fire Prevention. Facilities Instructions, Standards, and Techniques (Versão da Internet). v. 5, n. 2, 2000. Disponível em: <[https://www.usbr.gov/power/data/fist/fist5\\_2/vol5-2.pdf](https://www.usbr.gov/power/data/fist/fist5_2/vol5-2.pdf)> Acesso em 29 Nov. 2016.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL E SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FOGO EM EUCALIPTAIS NO LITORAL NORTE DA BAHIA, BRASIL. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 33 - 42, jan. / mar. 2014.

## ANEXOS

### Anexo 1. ANOVA da variável temperatura máxima

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	26012,15	5202,43	1,861	11,658041 ns
<b>Resíduo</b>	54	150960,7	2795,569		
<b>Total</b>	59	1769772,9			
<b>Médias Geral</b>			264,55		
<b>CV (%)</b>			19,98607		

### Anexo 2. ANOVA da variável altura da chama (cm)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	10448	2089,6	9,6521	0,001685**
<b>Resíduo</b>	54	11690,6	216,4926		
<b>Total</b>	59	22138,6			
<b>Médias Geral</b>			105,8		
<b>CV (%)</b>			13,90708		

### Anexo 3. ANOVA da variável tempo de chama (s)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	45945	9189	4,864	0,097394 **
<b>Resíduo</b>	54	102015	1889,167		
<b>Total</b>	59	147960			
<b>Médias Geral</b>			93		
<b>CV (%)</b>			46,73607		

**Anexo 4.** ANOVA da variável porcentagem de perda de massa durante a chama (%)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	1514,31	302,8619	1,9027	10,906924 ns
<b>Resíduo</b>	54	8595,264	159,1715		
<b>Total</b>	59	10109,57			
<b>Médias Geral</b>			84,46521		
<b>CV (%)</b>			14,93671		

**Anexo 5.** ANOVA da variável porcentagem de perda de massa total (%)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	225,8831	45,17662	3,3119	1,1123*
<b>Resíduo</b>	54	736,6071	13,64087		
<b>Total</b>	59	962,4902			
<b>Médias Geral</b>			94,88083		
<b>CV (%)</b>			3,892625		

**Anexo 6.** ANOVA do tempo total de combustão (s)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	776505	155301	3,8665	0,457723**
<b>Resíduo</b>	54	2168955	40165,83		
<b>Total</b>	59	2945460			
<b>Médias Geral</b>			542		
<b>CV (%)</b>			36,97678		

**Anexo 7.** ANOVA da variável massa por volume por hora (kg m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	1406823	281364,6	5,7493	0,026816**
<b>Resíduo</b>	54	2642719	48939,24		
<b>Total</b>	59	4049542			
<b>Médias Geral</b>			688,7717		
<b>CV (%)</b>			32,11836		

**Anexo 8.** ANOVA da variável energia necessária para ignição (cal)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade (%)
<b>Tratamentos</b>	5	716764659,8	143352932	6,0153	0,018643**
<b>Resíduo</b>	54	1286888746	23831273,06		
<b>Total</b>	59	2003653405			
<b>Médias Geral</b>			10238,24		
<b>CV (%)</b>			47,68131		