

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E COMPORTAMENTO DO FOGO EM ÁREA
DE CERRADO ANTROPIZADO**

Trabalho Apresentado ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília,
Como Parte da Monografia Para
Obtenção de Título de Engenheira
Florestal

Estudante: Sarah Clariene Correia Fontoura
CPF: 040 910 201-60
RG: 2313837/SSPDF
Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira

Brasília, Julho de 2016

SARAH CLARIENE CORREIA FONTOURA

**CARGA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E COMPORTAMENTO DO FOGO EM ÁREA
DE CERRADO ANTROPIZADO**

Trabalho Apresentado ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília,
Como Parte da Monografia Para
Obtenção de Título de Engenharia
Florestal

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Sergio Pereira

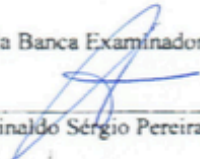
Brasília, Julho de 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

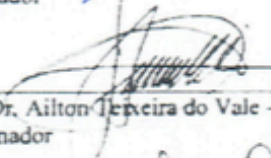
**Carga de Material Combustível e Comportamento do Fogo em Área de Cerrado
Antropizado.**

Sarah Clariene Correia Fontoura
Matrícula: 10/0123261
Menção: SS

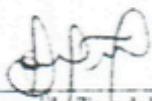
Aprovada pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira - EFL/UnB
Orientador



Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale - EFL/UnB
Examinador



Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi - EFL/UnB
Examinadora

Brasília - DF, 05 Julho de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me guiou e me proporcionou momentos incríveis durante toda a graduação e toda minha vida.

Agradeço também à minha família, por todo apoio dado, o que contribuiu muito para o meu crescimento e amadurecimento. Agradeço aos meus pais, Irene e Claudio pelo suporte em todos os momentos, essencial para a conclusão deste trabalho. Agradeço às minhas irmãs, Ana e Michele, pela contribuição na digitalização do material estudado e pelo acompanhamento de meu trabalho. Agradeço também a todos meus avós, Ivanice, Fontoura e Judith, pelo carinho e conforto que pude obter durante momentos de frustrações e incertezas durante toda graduação e toda vida.

Agradeço, ao Seu Vandui e ao Seu Sebastião, trabalhadores da Fazenda Água Limpa, pela ajuda na coleta e na queima do material combustível. Sou muito grata por todo carinho prestado por eles. A Universidade de Brasília, que concedeu o conhecimento e aprendizado por meio de projetos e de bolsas, como o Ciências sem Fronteiras, base para a realização do presente trabalho.

Agradeço a meu namorado Junior, pelo apoio e a minha amiga Talita, muito importantes na minha vida.

Agradeço aos professores Reginaldo, Ailton pela atenção em cada etapa do trabalho realizado e ao professor Ildeu, pela ajuda com a estatística e pela disposição em ajudar sempre que necessário.

Agradeço ainda a Fabrícia, ao Marco Bruno, a Eduarda e a Camila, pela disposição em me ajudar, pela atenção e toda contribuição.

RESUMO

O Cerrado brasileiro possui grande importância, devido a sua extensa área e a sua grande biodiversidade, sendo considerado um *hotspot* mundial. Um dos elementos característicos deste bioma é o fogo. O fogo, atualmente, é causado por atividades antrópicas e possui grande intensidade e conseqüentemente maiores danos a fauna, flora, ao meio ambiente e à saúde humana. Porém, o fogo também pode ser essencial na manutenção da biodiversidade, além de contribuir para a redução do material combustível, quando aplicado sob forma de queima prescrita. Essa prática é capaz de reduzir a intensidade e os impactos do fogo. No presente trabalho foram delimitadas 10 parcelas ao longo de uma área localizada às margens da Fazenda Água Limpa (Brasília), onde ocorre a queima controlada uma vez ao ano. Dentro de cada parcela foram lançadas 3 repetições, totalizando 30 repetições, nas quais o material foi separado em 6 classes (gramíneas, plântulas, 1 hora, 10 horas e 100 horas e amostra controle) e acondicionado em sacos de papel. Essa separação de classes diz respeito ao estado (vivo ou morto) e ao tempo de resposta do material a umidade (*timelag*), como proposto pelo autor Rothermel. Os teores de umidade do material vivo foram de 55,85 e 96,56%, os do material morto, entre 16,7% e 26,21%. A temperatura máxima, a porcentagem de perda de massa total e o tempo total de combustão foram estatisticamente iguais para todas as classes. A maior altura de chama observada foi em plântulas e a menor foi nas classes de 10 e 100 horas (que teve maior tempo de chama), o material vivo perdeu mais massa no período de chamas e o morto mais grosso, menos. A classe de 100 horas também foi a que necessitou de maior energia para sua ignição.

ABSTRACT

Brazilian Cerrado plays a big role for its extensive area and high biodiversity, which makes it a worldwide hotspot. One of the elements that characterizes this biome is the fire incidence. Currently, fire is caused by anthropogenic activities and it has high intensity, consequently, causing many negative impacts to the fauna and flora, to the environment and to human health. However, fire can also be essential to the biodiversity maintenance, as well as to reduce fuel loads, when it is applied as a prescribed fire. Prescribed fire is capable of reducing fire intensity and also its fire impacts. In this study it was delimited ten quadrats over an area located at Fazenda Agua Limpa edges (Brasília), where it is applied prescribed fire once a year. Three samples were delimited inside each quadrat, totalizing 30 samples. The fuel material was divided into six sections: live herbaceous, live woody, 1-hour fuel debris, 10-hour fuel debris, 100-hour fuel debris and control sample. Each section was divided in different paper bags. These sections are defined by the fuel type (live or dead) and by the time of fuel response to the environment climate conditions (timelag), as recommended by the author Rothermel. Fuel moisture values were between 55,85 and 96,56% to live materials, and between 16,7% - 26,21% to dead fuels. The highest temperature, the percentage of total weight loss and the total combustion time were statistically the same for the six sections. The highest observed flame height was in woody live material combustion, while the lowest value occurred in 10-h and 100-h sections, which had a long lasting flame. The live material had greater values for weight loss when there was flame in the process, while the dead ones had lower values. The 100-h section was also the one that needed more energy for its ignition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Local de coleta do material combustível para o presente estudo.....	14
Figura 2. Representação de duas parcelas lançadas no campo.....	15
Figura 3. Coleta de serrapilheira: Alocação do gabarito e auxílio da peneira.....	16
Figura 4. Representação das duas classes de material verde, gramíneas e plântulas.....	16
Figura 5. Ilustração das três classes de combustíveis mortos encontradas em campo.....	17
Figura 6. Câmara de combustão e seus elementos.....	19
Figura 7. Câmara de combustão em processo de queima.....	20
Figura 8. Porcentagem de cada classe de combustível após secagem do material.....	22
Figura 9. Queima da amostra Controle.....	25
Figura 10. Queima da classe de Gramíneas.....	25
Figura 11. Queima da classe de Plântulas.....	26
Figura 12. Queima da Classe de 1 hora.....	26
Figura 13. Queima da classe de 10 horas.....	27
Figura 14. Queima da classe de 100 horas.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de combustíveis florestais.....	17
Tabela 2. Variáveis ligadas às características de cada classe de combustível florestal.....	23
Tabela 3. Carga de material combustível por classe (Ottmar <i>et al.</i> , 2001).....	24
Tabela 4. Teste de tukey da variável altura da chama.....	29
Tabela 5. Teste de tukey da variável tempo de chama.....	30
Tabela 6. Teste de tukey da variável tempo total de combustão.....	30
Tabela 7. Teste de tukey da massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante a chama..	31
Tabela 8. Teste de tukey da massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante a chama.	31
Tabela 9. Teste de tukey da variação do álcool.....	32
Tabela 10. Teste de tukey da variável energia necessária para ignição.....	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ANOVA da variável temperatura máxima.....	38
Anexo 2. ANOVA da variável altura da chama.....	38
Anexo 3. ANOVA da variável tempo de chama.....	38
Anexo 4. ANOVA da variável porcentagem de perda de massa durante a chama.....	39
Anexo 5. ANOVA da variável porcentagem de perda de massa total.....	39
Anexo 6. ANOVA do tempo total de combustão.....	39
Anexo 7. ANOVA da variável massa por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$).....	39
Anexo 8. ANOVA da variável massa por volume por hora ($\text{kg m}^{-3} \text{h}^{-1}$).....	40
Anexo 9. ANOVA da variável massa de álcool necessária para ignição.....	40
Anexo 10. ANOVA da variável energia necessária para ignição.....	40

SUMÁRIO

PARTE I

Folha de Aprovação.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Anexos.....	viii

PARTE II

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos Gerais.....	4
1.2 Objetivos Específicos	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Cerrado	4
2.1.1 Problemática do Bioma.....	6
2.2 Incêndios Florestais	7
2.2.1 O Fogo	7
2.2.2 Causas e Efeitos	8
2.2.3 Combustíveis Florestais e Tipos de Incêndios Florestais	9
2.2.4 Queima Controlada	11
3 MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1 Área de Estudo	12
3.2 Variáveis mensuradas.....	14
3.3 Amostragem.....	15
3.4 Procedimento para quantificar as variáveis.....	18
3.4.1 Teor de umidade	18
3.4.2 Comportamento do fogo	18
3.5 Análise estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
4.1 Carga e teor de umidade do combustível.....	21
4.2 Avaliação da queima da serrapilheira	24
4.2.1 Análise estatística das variáveis de comportamento do fogo.....	28
5 CONCLUSÃO	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

PARTE III

Anexos.....	38
-------------	----

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um Bioma que apresenta grande importância por sua abrangência, já que ocupa aproximadamente 25% do território brasileiro (NETO *et al.*, 2011), o correspondente a uma área de 2.036.448 km², que lhe confere posição de segundo maior bioma da América do Sul (MMA, 2016). Sua vegetação característica, com uma dinâmica representada por diferentes fitofisionomias, pode ser explicada pela disponibilidade de água no solo (PALHARES *et al.*, 2010). Além do fator solo (pobre em nutrientes) e precipitação (sazonalidade das chuvas), o fogo também é considerado um dos fatores determinantes da vegetação do Cerrado (MIRANDA, 2010).

A disponibilidade hídrica característica do Cerrado ocorre devido ao clima da região, que é estacional, ou seja, possui duas estações bem definidas, uma chuvosa, de outubro a março, e a outra seca, de abril a setembro, sendo que em ambas, a temperatura média está entre 22°C e 27°C (KLINK & MACHADO, 2005). Devido a alta disponibilidade de água e à topografia do Bioma, que ocupa áreas do planalto central brasileiro, no Cerrado encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul: a bacia Amazônica/Tocantins, a bacia São Francisco e a Prata (MMA, 2013). Sendo assim, o Bioma apresenta grande participação no abastecimento de água do país.

O fogo também é um elemento característico do Cerrado fortemente influenciado pelo clima da região. Este é considerado por Medeiros e Fiedler (2011) como um distúrbio florestal que atua nas mudanças do ambiente natural, criando condições necessárias para a manutenção da biodiversidade. Sendo assim, pode-se dizer que a grande biodiversidade do Cerrado também é devida à presença do fogo na região.

De forma equivocada, muitos veem o Cerrado como um bioma pobre, porém, esta é uma das regiões com maior biodiversidade do mundo (MMA & SBF, 2002). Sendo o Cerrado, detentor de 5% da biodiversidade do planeta, e considerado a savana mais rica do planeta, abarcando um mosaico de vários tipos de vegetação (MMA, 2016). Contudo, apesar de sua grande riqueza, o Cerrado também é, hoje, um dos biomas mais ameaçados, com várias de suas espécies sendo encontradas na “Lista das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção” (MMA, 2011), tal fator o torna um *hotspot* mundial, ou seja, um bioma que embora

seja repleto de riqueza biológica, se encontra entre os mais ameaçados do planeta (MMA & SBF, 2002).

Tal problemática tem como principais causas o desmatamento e o fogo. O histórico de ocupação desordenada e uso não-sustentável de recursos vem contribuindo para o desmatamento do Bioma, intensificado pela escassez de áreas sob proteção integral. O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, mas é também o que apresenta menor porcentagem de áreas sob unidade de conservação (somente 8,21% de sua área), sendo que apenas 2,85% do total de unidades é de proteção integral, o que o torna, de acordo com o portal do Ministério do Meio Ambiente, depois da Mata Atlântica, o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana (MMA, 2016). Já o fogo vem contribuindo para perda de áreas de Cerrado devido a sua intensificação nos últimos anos, pois queimadas no Cerrado são observadas desde os primórdios, porém, com a presença mais intensa do ser humano estas foram intensificadas, mudando assim, o regime do fogo (MMA, 2011).

Há controvérsias quanto aos incêndios florestais, pois o fogo não pode ser totalmente excluído dos ecossistemas, sendo estes dependentes do fogo para manutenção de sua capacidade de resiliência e sendo que a supressão contínua de incêndios florestais acarreta na acumulação de combustíveis, que irão contribuir para a ocorrência de incêndios mais intensos além de reduzirem a heterogeneidade da vegetação (MEDEIROS & FIEDLER, 2011). Todavia, a ocorrência de queimadas também tem efeitos negativos sobre o ecossistema, bem como para a fauna, paisagem, solo, água e ar, para os cultivos e para a saúde humana (MMA, 2011). Além disso, o fogo afeta o crescimento, a sobrevivência e reprodução das plantas, atuando sobre a dinâmica do banco de sementes (MEDEIROS & FIEDLER, 2011). Portanto, o manejo do fogo deve ser empregado da forma mais adequada para cada tipo de ecossistema, que reagirá de forma diferenciada dos demais.

No processo de combustão são necessários três elementos básicos, o combustível, o comburente (oxigênio) e o calor, que juntos compreendem o denominado triângulo do fogo, ou tetraedro do fogo, quando se considera a reação química em cadeia, ou seja, a interação dos três elementos que geram a combustão e permitem que ela seja mantida (SIMIANO & BAUMEL, 2013). Destes três elementos, o de mais fácil controle é o combustível florestal. Os combustíveis florestais interferem no comportamento do fogo, já que a umidade destes exerce influência tanto na ignição quanto na propagação do fogo (SCHROEDER & BUCK, 1970), o que torna o estudo dos combustíveis mais finos capaz de predizer as mudanças e o

comportamento do fogo para diferentes períodos do dia, quando analisados (USU, 2005).

Já que o combustível florestal é o elemento de mais fácil controle, técnicas de manejo de combustíveis vêm ganhando cada vez mais espaço no meio florestal, como exemplo estão as queimadas controladas ou prescritas. De acordo com Soares (1995), dentre as técnicas de prevenção de incêndios florestais, a de maior eficiência é a redução de combustíveis florestais, e a queima controlada, quando aplicada de forma criteriosa, tem demonstrado ser a melhor opção para manter o material combustível em níveis toleráveis.

No Cerrado, com o resultado da mudança do comportamento do fogo, que contribuiu para o aumento espacial e temporal de incêndios florestais (aumento na frequência, intensidade e extensão), colocando em risco a sobrevivência de espécies nativas, aumentando a emissão de gases estufas na atmosfera e contribuindo para o aquecimento global, além de ter grande impacto sobre comunidades locais, os estudos do fogo no bioma têm ganhado maior importância ao longo do tempo, assim como o estudo de técnicas de manejo do material combustível, que aparecem como um fator importantíssimo na prevenção de grandes incêndios (MISTRY & BERARDI, 2005). Esses estudos são de grande importância, pois o entendimento dos efeitos e do comportamento do fogo durante um incêndio florestal ou até mesmo durante uma queimada abrange a compreensão do combustível, sua composição e dinâmica (MIRANDA, 2010), já que a carga do combustível, sua composição e distribuição vertical, juntamente às condições climáticas resultarão em diferentes padrões de consumo de combustível (WHITE *et al.*, 2014).

Sendo assim, para que seja realizada a queima controlada, é necessário o entendimento das características do combustível presente na área onde esta irá ser aplicada, bem como o entendimento acerca do comportamento do fogo, que está fortemente ligado as características climáticas, de relevo e dos combustíveis. Além disso, as operações de controle do fogo dependem do estudo acerca da umidade de combustíveis florestais, bem como da predição de sua mudança (SCHROEDER & BUCK, 1970).

O presente estudo envolveu o entendimento da situação em que os combustíveis florestais se encontram, sua carga, umidade e composição, e ainda, os estudos sobre variáveis componentes do comportamento do fogo, sendo possível predizer o que irá ocorrer no momento da queima prescrita ou até mesmo quando houver um incêndio de causa desconhecida. Os resultados deste estudo também são indispensáveis na elaboração de planos

de ações de manejo e combate a incêndios mais eficazes.

1.1 Objetivos Gerais

- Analisar o efeito da queima controlada sobre as características do material combustível e sobre variáveis que compõem o comportamento do fogo ligadas a tais características;
- Prover informações sobre as características dos combustíveis e das variáveis do comportamento do fogo em uma área de cerrado *sensu stricto*, onde ocorre queima controlada uma vez ao ano;

1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características do combustível florestal presente no local de estudo, e as variáveis do comportamento do fogo ligadas à tais características, contribuindo, assim para o enriquecimento do banco de dados da Universidade de Brasília e auxiliando na aplicação de queima controlada e de outras técnicas de manejo do fogo na área;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cerrado

O Cerrado é considerado a savana mais rica do planeta, que compreende vários tipos de vegetação, desde fisionomias campestres, savânicas e florestais (matas secas e matas de galeria) (MMA, 2016). Sua área compreende um quarto da área do Brasil (NETO *et al.*, 2011), e incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas (MMA, 2016).

Sua vegetação característica é formada por alternâncias, de um ou de outro estrato herbáceo (basicamente gramíneas) e arbóreo-arbustivo (de caráter lenhoso), o que ocorre devido a união de elementos ligados a características do solo (fertilidade), relevo e topografia

e ao nível do lençol freático, sendo destes elementos, o que mais influencia no tipo de cobertura vegetal, a composição do solo (RIGONATO & ALMEIDA, 2003). Possui uma flora diversa com uma porcentagem de 44% sendo endêmica do Cerrado, além de haver espécies com características muito distintas vivendo em um mesmo local ou haver espécies que só ocorram em uma de suas formações vegetais. Assim como a flora, a fauna também possui grande diversidade com cerca de 320.000 espécies de animais (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002). Em 2002, a estimativa era de que havia mais de 6.000 espécies de árvores e 800 espécies de aves, sem contar a grande variedade de peixes e outros seres vivos, com muitas espécies sendo endêmicas, como exemplo, 50% das espécies de abelhas, isto é, só ocorrem nas savanas brasileiras (MMA & SBF, 2002).

Além da composição do solo, outro elemento de grande importância e característico do Cerrado é sua elevada altitude, localizando-se, em sua maior parte, no Planalto Central Brasileiro, o que faz com que o bioma Cerrado contribua no processo de distribuição dos recursos hídricos pelo país, dando origem a grandes regiões hidrográficas brasileiras e, até, do continente sul-americano (LIMA, 2011). É no Cerrado que se encontram as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul, tais como a bacia Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata (MMA, 2013). De acordo com Lima e Silva (2005), a influência hidrológica do Cerrado é pouco representativa para a bacia Amazônica, porém, para a Bacia Araguaia/Tocantins esta representa 71% da sua produção hídrica e já para a bacia do São Francisco, representa 94% da água que flui superficialmente na bacia, tendo, assim, uma grande contribuição para o abastecimento da Região Nordeste do país e sua produção alimentícia.

O clima da região do Cerrado é estacional, apresentando duas estações definidas, uma caracterizada por seu período chuvoso, que dura de outubro a março, e a outra por um período seco, que dura de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500mm e a temperatura média varia entre 22° C e 27° C ao longo do ano (KLINK & MACHADO, 2005). O solo de maior ocorrência no Cerrado é o Latossolo (48 % da área do Bioma), profundo de coloração vermelho ou amarelo, devido a presença de ferro, bem drenado, ácido e pobre em nutrientes como cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes (MMA, 2011).

Das paisagens encontradas no Cerrado, podem ser citadas as Veredas, que ocorrem junto a pequenos cursos de água, tendo como principal espécie arbórea o buriti (*Mauritia vinifera*), o Campo Limpo e Campo Sujo, que ocorrem geralmente em áreas planas,

com solos pobres, cascalhentos, com predominância de estrato herbáceo/gramínea com pequenos e esparsos arbustos, o Cerrado "stricto sensu", paisagem mais característica do bioma, por ser a mais encontrada, com uma vegetação composta por dois estratos, um arbóreo/arbustivo, com árvores esparsas e retorcidas, e outro estrato herbáceo/gramínea, o Cerradão, que por ocorrer em solos mais ricos possui composição mais adensada e de maior porte e as Matas de Galeria que também acompanham cursos de água, tendo grande importância na manutenção das nascentes e proteção de mananciais, com composição e altura de dossel diversificados (NASCIMENTO, 2001).

Com essa grande biodiversidade, o Cerrado é considerado uma das 25 áreas do mundo prioritárias para a conservação (EMATER, 2011), ainda assim, várias de suas espécies são encontradas na “Lista das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção” (IN MMA no 6/2008), sendo cerca de 28% das espécies listadas, presentes no Bioma, que hoje é um dos mais ameaçados do mundo. Dentre as causas para tal problemática, as mais importantes são o desmatamento, devido a grande ocupação e uso do solo e de recursos (agropecuária, exploração do carvão vegetal, urbanização) e o fogo (queimadas são observadas desde muito tempo atrás, porém, com a presença do ser humano foram intensificadas, assim, o regime do fogo vem mudando, aumentando a frequência de incêndios florestais) (MMA, 2011).

2.1.1 Problemática do Bioma

A ocupação do Cerrado teve início no século XVIII, com o interesse inicial em se explorar minas nos estados de Goiás e Mato Grosso, com o declínio desta atividade, deu-se início a uma atividade pecuária extensiva, com o uso de pastagens nativas, capins africanos e capim gordura (*Melinis minutiflora*). Mas a grande ocupação se deu mesmo no início do século XX, com a nova capital brasileira instalada no Bioma. Com 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 30 milhões de hectares de pastagens nativas, 13,5 milhões de hectares de culturas anuais e dois milhões de hectares de culturas perenes e florestais, o Cerrado atualmente, conta com tecnologia de ponta para produção agrícola, principalmente para correção do seu solo, porém, o conhecimento sobre a fauna e flora local e seus diversos usos vêm se perdendo com a grande produção de grãos e pecuária (EMATER, 2011).

Com o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros, que

mapeia áreas desmatadas no Cerrado, concluiu que, até 2002, o desmatamento ocupava uma área de aproximadamente 39% do Bioma, porém, em 2008 essa área cresceu para 43,67% do Bioma, apresentando a maior taxa anual de desmatamento para todos biomas brasileiros. O estudo ainda revelou que áreas protegidas também não estão livres da ação humana, já que também há focos de incêndio em Unidades de Conservação e Terras Indígenas (MMA, 2011). Mais recentemente, o Ministério do Meio Ambiente divulgou dados que mostram que até o ano de 2011, o Cerrado perdeu 45,4% de sua área, com grande redução de sua vegetação nativa, dentre os principais causadores de tal degradação, destacam-se a criação de gado, cultivo de soja, desmatamento para produção de carvão vegetal e os incêndios florestais de causa antrópica (WWF, 2015).

Outro problema que contribui para o grande desmatamento no Bioma é a escassez de áreas sob proteção integral. Embora seja o segundo maior bioma da América do Sul, é o que apresenta menor porcentagem de áreas sob proteção integral, o que faz do Cerrado, o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ação humana, de acordo com o portal do ICMBio (2016). De acordo com o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente (CNUC), a porcentagem de áreas do Cerrado sob efetiva proteção é de apenas 8,6%, são as denominadas Unidades de Conservação (UC), sendo que, somente 3,1% estão nas categorias de proteção integral. Esta baixa porcentagem acaba sub representando a maioria dos ecossistemas tanto terrestres quanto aquáticos do Cerrado (WWF, 2015).

Além do desmatamento há o grande problema dos incêndios florestais que ocorrem no bioma, o que causa grandes perdas de biodiversidade e degradação dos recursos hídricos (MMA, 2011), bem como alterações fenotípicas, florísticas e funcionais nas espécies vegetais do bioma (SILVA *et al.*, 2011).

2.2 Incêndios Florestais

2.2.1 O Fogo

O comportamento dos incêndios florestais é determinado pela interação de três fatores de forma dinâmica: o combustível, a chama e o ambiente, que interagem entre si por meio de processos químicos e físicos, como a combustão e a transferência de calor (WHITE, 2010). No processo de combustão são necessários combustível, oxigênio (comburente) para

manter as chamas, e calor para iniciar e manter o fogo. A ausência, ou redução abaixo de certos níveis, de qualquer um dos componentes deste triângulo inviabiliza o processo de combustão, sendo o material combustível, talvez, o único elemento que pode ser controlado ou manejado pelo homem (MOTTA, 2008).

Combustão é um processo de oxidação rápida auto sustentada, que dentre os produtos causadores de algum mal a vida humana estão os gases (CO, HCN, CO, HCl, SO, NOx), o calor (pode provocar queimaduras, desidratação, exaustão, etc.), as chamas (se tiverem contato direto com a pele, podem provocar queimaduras) e a fumaça (a maior causa de morte nos incêndios, pois prejudica a visibilidade, dificultando a fuga) (MOTTA, 2008).

A combustão de serrapilheira e material vegetal vivo ocorre na forma gasosa. Para Rendeiro *et al.* (2008) todo processo de combustão ocorre somente em sua fase gasosa, na qual o gás metano reage com o oxigênio, formando, assim os produtos CO₂ e H₂O, liberando calor e emitindo luz. Juntamente ao oxigênio do ar, existem moléculas de nitrogênio que não reagem, porém atuam na redução de temperatura de chama. Porém, a altas temperaturas o nitrogênio se dissocia e se associa com o radical oxigênio livre formando NO, que, por sua vez, reage com oxigênio do ar formando ozônio, que é um poluente. Na combustão do material florestal ocorrem três etapas, o pré-aquecimento, a fase gasosa e a carbonização. No pré-aquecimento, o material perde sua umidade, enquanto é aquecido e parcialmente destilado, os componentes voláteis (alta quantidade de vapor d'água e alguns compostos orgânicos não combustíveis) se movem para a superfície do combustível de onde são lançados para o ar contíguo, mas ainda não há chamas, é nessa etapa que as folhas e gramineas se enrolam e chamuscam. Na fase gasosa, os gases destilados incendiam-se e entram em combustão, produzindo chamas e altas temperaturas. Durante a carbonização, o combustível (carvão) é consumido, havendo formação de cinzas (MOTTA, 2008).

2.2.2 Causas e Efeitos

Os incêndios florestais podem ser causados naturalmente ou pela ação do homem, sendo que os mais frequentes, no Cerrado, são os de causa antrópica, ou seja, pelo homem, que ocorre geralmente em períodos de seca, tendo assim, maior intensidade e afetando maiores extensões, enquanto os de origem natural são causados por raios no fim da estação chuvosa, causando menores danos a menores áreas e fazendo parte dos processos ecológicos (MMA, 2011).

Dentre as principais consequências das queimadas e incêndios florestais, podem ser citados os efeitos sobre a saúde humana, efeitos econômicos e sociais e os efeitos nos ecossistemas, como sobre sua regulação, sobre o solo, a atmosfera, a flora e a fauna (DIAS, 2009).

Nas queimadas são emitidos vários poluentes, entre eles, os mais clássicos são NO_x, CO, HC e material particulado, além de substâncias altamente tóxicas. Estes prejudicam a saúde humana, principalmente, de pessoas que moram mais próximas às áreas de ocorrência de queimadas ou das que atuam no seu combate (RIBEIRO & ASSUNCAO, 2002). Nos países em desenvolvimento o número de pessoas que têm sua saúde afetada pela combustão de biomassa é elevado, assim como no Cerrado, onde há incêndios constantes durante os meses de inverno, quando a baixa precipitação acarreta na perda de umidade da massa vegetal, favorecendo a ocorrência de queimadas fora ao controle (RIBEIRO & ASSUNCAO, 2002).

Já os efeitos socioeconômicos, apontados por Dias (2009), estão, sobretudo, no aumento de atendimentos hospitalares e gastos com a saúde, muitas vezes, na interrupção do fornecimento de energia elétrica com danos gerais, em diversos problemas no abastecimento de água, bem como na queda da produtividade agrícola e consequente elevação dos preços dos alimentos e na redução ou perda de visibilidade, comprometendo o transporte aéreo e rodoviário.

No que diz respeito aos efeitos sobre o ecossistema, Miller & Spoolman (2009) salientam que o fogo pode causar um ambiente propício ao surgimento e crescimento de populações de espécies oportunistas, por ser um distúrbio ambiental que contribui para mudanças no ecossistema. Estas espécies se reproduzem e dispersam rapidamente quando as condições são favoráveis, ou quando ocorre algum distúrbio que porventura abre algum espaço no habitat ou nicho ecológico, permitindo a entrada e crescimento de espécies oportunistas.

2.2.3 Combustíveis Florestais e Tipos de Incêndios Florestais

Para Schroeder & Buck (1970), combustível é todo material orgânico (vivo ou morto), que está presente dentro do solo, sobre o solo, ou no ar, e que pode sofrer ignição e

queimar. Martins (2010), destaca como carga combustível a quantidade de combustíveis, que compreendem a folhada, as herbáceas, os arbustos, os ramos e troncos mortos e os restos de colheita, existentes numa dada área florestal.

Combustíveis florestais vivos e mortos possuem diferentes mecanismos para a retenção de água, bem como diferentes respostas ao clima (SCHROEDER & BUCK, 1970). Dentre os combustíveis mortos, essa resposta também é diferenciada, por isso, os combustíveis florestais podem ser classificados de acordo com seu tempo de resposta à umidade (*timelag*), definido como a quantidade de tempo necessária para uma substância atingir um valor de umidade dois terços acima ou abaixo do seu conteúdo de umidade de equilíbrio (RIBEIRO, 1997).

Em outras palavras, a influência dos combustíveis florestais, bem como sua umidade está ligada à sua dimensão (diâmetro), a qual definirá seu tempo de resposta - *timelag*-, que representa a capacidade de ter sua umidade em equilíbrio com a umidade do meio ambiente (WHITE, 2010). Dentre os combustíveis florestais, o de maior importância é o grupo de partículas finas, representado por folhas secas e pequenos galhos, por ser o grupo que possui maior rapidez quanto à variação de umidade (WHITE, 2010), além de ser, o que mais determina o início de uma queima e o quanto esta irá propagar-se, sendo possível prever as mudanças e o comportamento do fogo para diferentes períodos do dia, quando analisados (USU, 2005). Sendo assim, a carga e a umidade dos combustíveis mortos mais finos são dois aspectos fundamentais no estudo de combustíveis florestais, por determinarem a ignição e propagação de incêndios florestais (MARTINS, 2010). É de acordo com os combustíveis presentes que é definido o tipo de incêndio florestal, que pode ser classificado como incêndio de copa, de palha ou superfície, e de manta.

O de copa é mais comum em florestas, onde o fogo se alastra de uma copa a outra; O de palha (ou de superfície) ocorre nas vegetações mais abertas, alastrando-se por meio das gramíneas, e queimando todo material combustível presente até 1,80 metros de altura, apresenta grande velocidade de propagação, abundância de chamas e altas temperaturas, porém não são muito difíceis de se combater, se as condições não forem muito favoráveis, o que pode dar origem ao fogo de copa e ao fogo subterrâneo; Já o de manta atinge a serrapilheira acamada sobre o solo, que se queima lentamente, sendo comum sua ocorrência em Cerradões, onde também há maiores ocorrências do incêndio de copa, enquanto nas outras fitofisionomias os incêndios de palha são mais predominantes (CARVALHO, 2009).

Com o acúmulo de biomassa seca (palha), condições favoráveis à queima são criadas, fazendo com que qualquer descuido antrópico ou até mesmo fenômenos naturais (raios no final da estação chuvosa), acabam produzindo incêndios desastrosos para o ecossistema como um todo, difíceis de serem controlados e com medidas de combate onerosas (DE MATOS FILHO *et al.*, 2005). Por isso, é de extrema importância o manejo de fogo em áreas protegidas que apresentam propensão natural ao fogo, a exemplo o Cerrado. Para isso, deve-se levar em consideração os efeitos históricos do fogo na biota local e sobre processos ecológicos, e a sua relação com o ambiente atual, além de serem analisados o grau de antropização do entorno, a ocorrência de espécies invasoras e exóticas, os padrões de conectividade dos fragmentos e a fauna associada (MEDEIROS & FIEDLER, 2011).

Como as queimadas podem ter efeitos negativos e positivos sobre os habitats, o manejo adequado do fogo em reservas de Cerrado pode ser um eficiente meio para a preservação da flora e da fauna locais (CARVALHO, 2009). Esse mesmo autor sugeriu que uma maneira de se reduzir os riscos de grandes incêndios seria a queimada em rodízio, em parcelas pequenas e com regimes próprios, além de acarretar na aceleração da ciclagem dos nutrientes e aumentar a produtividade.

2.2.4 Queima Controlada

A exemplo de outros países que obtiveram resultados negativos quando adotada uma política de supressão total de queimadas, percebe-se que a solução para incêndios florestais de grande intensidade está longe desta política. Isso se dá porque a supressão do fogo provoca aumento na carga de combustíveis florestais e conseqüente aumento no risco de incêndios de grande porte, os quais possuem maiores impactos ecológicos, além de muitas espécies também serem dependentes do fogo (MIRANDA, 2010).

É conhecido que o fogo pode ter efeitos negativos de destruição, mas quando usado de forma consciente e adotando-se técnicas adequadas, este pode servir como ferramenta para o manejo da vegetação e combustíveis, por exemplo sob forma de queima controlada (SOARES, 1995). A queima prescrita (ou controlada) é a aplicação de fogo na vegetação, sendo esta, natural ou plantada, sob controle, a uma baixa intensidade, permitindo apenas a atuação do fogo em um local específico (confinado), produzindo, assim, pouco calor

e pequena velocidade de espalhamento, necessários para que haja um baixo impacto e para alcançar as características desejadas aos objetivos de manejo (SILVA,1998).

No Cerrado, a prática apresenta grande potencial, pois a mudança de comportamento do fogo no bioma, graças a ações antrópicas, vem contribuindo para o aumento espacial e temporal de incêndios florestais (aumento na frequência, intensidade e extensão) colocando em risco a sobrevivência de espécies nativas, contribuindo para a emissão de gases estufas na atmosfera e o aquecimento global e exercendo grande impacto em comunidades locais, tornando o estudo de técnicas de manejo do material combustível, algo de extrema importância. O uso do fogo na forma de queima controlada pode ser uma maneira eficiente de prevenção de incêndio florestais no bioma, visto que as espécies nativas e alguns processos naturais (como a ciclagem de nutrientes) do Cerrado dependem fortemente do fogo (MISTRY & BERARDI, 2005).

É importante ressaltar a diferença entre incêndios florestais e queimada controlada. Em incêndios florestais o fogo se propaga de forma livre, de acordo com as condições climáticas, topográficas e de material combustível existentes no local, conseqüentemente, é comum que grande quantidade de energia (calor) seja liberada, produzindo altas temperaturas e grande impacto. Já em queimada controlada, o uso do fogo é feito de forma prescrita, com limites e objetivos pré-estabelecidos (SOARES, 1995).

Como base para realização da queima controlada, faz-se necessária a avaliação acerca do perigo que o fogo desempenha na área a ser aplicada, que também pode ser aplicada para medidas de prevenção, como aceiros ou patrulhas de incêndio, por exemplo (MISTRY & BERARDI, 2005). É fundamental, também, verificar com atenção alguns itens. São eles: 1) área a ser queimada; 2) Tipo de vegetação local; 3) Temperatura local; 4) Umidade do ar; 5) Pessoal disponível. Além de verificar esses itens, também deve-se: 1) Queimar, antecipadamente, as acumulações de materiais combustíveis (lenhosos) na linha de controle do fogo; 2) Por fim, não abandonar a área incendiada até a completa extinção do fogo (SILVA, 1998).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Água Limpa (FAL), pertencente à Universidade de Brasília (UnB), a uma distância de 28 Km da sede do Campus Universitário,

Asa Norte. Esta é limitada ao norte pelo Ribeirão do Gama e o Núcleo Rural da Vargem Bonita, ao sul pela BR 251, ao leste pelo Córrego Taquaras e a oeste pelo Country Club de Brasília (FAL, 2009).

A uma altitude de 1100 metros e com predominância de Latossolo Vermelho-Amarelado, pobre em nutrientes e com alto teor de alumínio, e sob um clima classificado por Köppen como tipo Aw, com temperatura máxima de 28,5° C, e mínima de 12° C, a Fazenda tem uma precipitação média anual de 1.600 mm, ocorrendo nos meses de junho a setembro uma estação seca intensa, com a umidade mínima ocorrendo em Agosto (que pode cair para 15%) (FIEDLER *et al.*, 2004).

A Fazenda faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA), Bacia do Gama, Cabeça de Veado e possui uma área de total aproximadamente 4.340 ha, da qual, 2340 ha são destinados à preservação, 800 ha à conservação e 1200 ha à produção. A FAL possui duas ARIES (Área Relevante de Interesse Ecológico) denominadas Capetinga e Taquaras, criadas pelo Decreto Federal n. 91303 de 03 de junho de 1985, que juntas somam uma área total de aproximadamente 2.100 ha (FAL, 2009).

A área de estudo encontra-se inserida no Bioma Cerrado, que tem uma vegetação típica de estruturas variáveis, sendo a mais característica formada por um estrato herbáceo (basicamente gramíneas) em alternância a um arbóreo-arbustivo (de caráter lenhoso) (RIGONATO & ALMEIDA, 2003).

A coleta do material combustível foi realizada em uma área de cerrado *sensu stricto* onde ocorre a prática de queima controlada anual precoce, ou seja, no início da estação seca. A prática mais comum para esse período (início da estação seca) é a de queima bienal precoce. A queima bienal precoce é feita a cada dois anos e tem como objetivo reduzir o combustível, para que sejam evitados grandes incêndios acidentais e, além disso, propiciar condições para a rebrota da vegetação herbácea, que serve como alimento para a fauna durante a seca (DIAS & MIRANDA, 2010).

A coleta aconteceu no dia 13 de abril de 2016 na Fazenda Água Limpa (FAL - UnB), próximo a estrada BR 251. A área de estudo possui dimensões de 50m de comprimento por 3,5 km de extensão, totalizando uma área de 175.000 m². O local de coleta está apresentado na figura 1, seguinte.

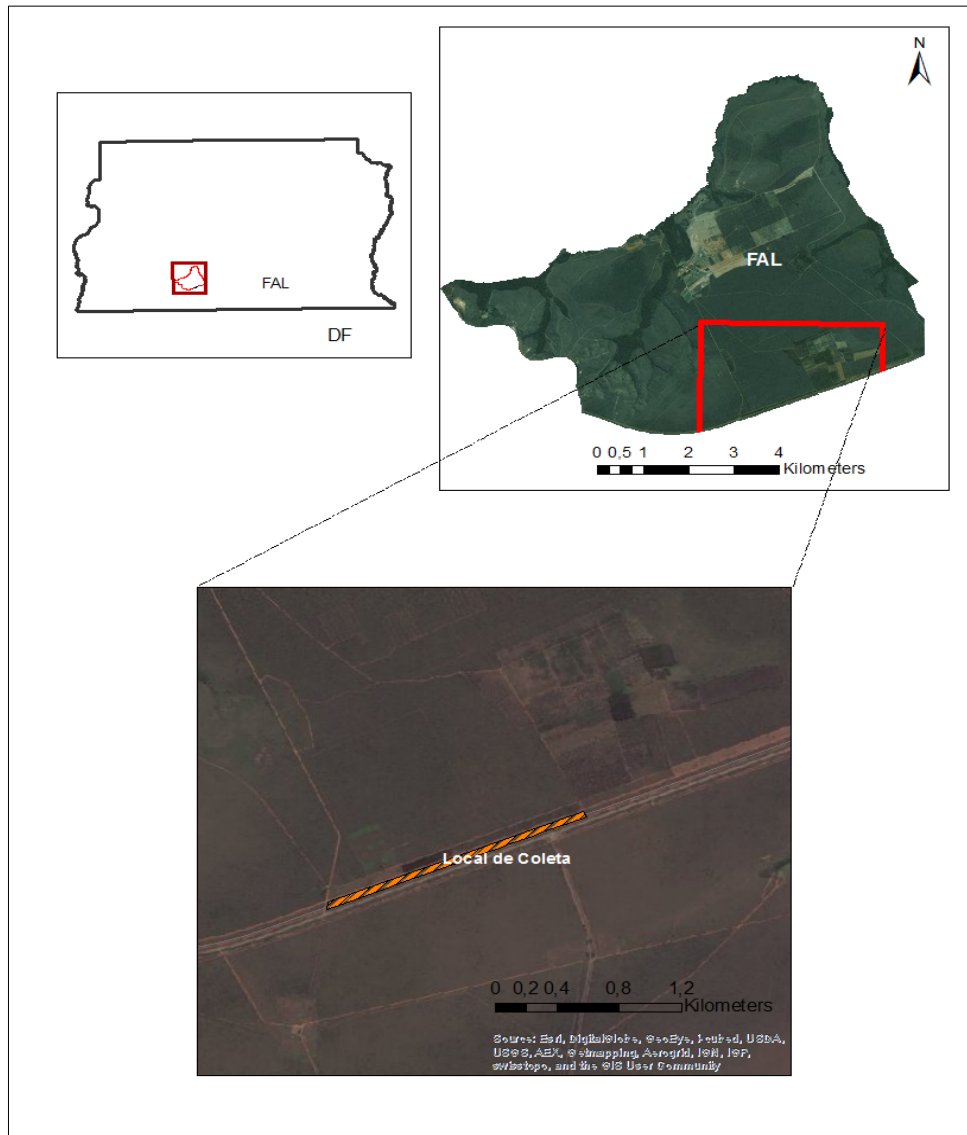


Figura 1. Local de coleta do material combustível para o presente estudo

3.2 Variáveis mensuradas

As variáveis mensuradas no presente trabalho foram: carga de combustível florestal seco (Mg/ha), umidade de cada classe de combustível coletada (%), variáveis relacionadas à queima do material combustível, como perda de massa por tempo de queima (g/s), 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), tempo total de combustão (s).

3.3 Amostragem

A amostragem foi constituída por 10 parcelas, cada uma com 3 repetições aleatórias. Primeiramente, foram demarcadas as 10 parcelas, sendo de 50 x 50m cada e com um intervalo de pelo menos 50 metros entre cada parcela. Dentro de cada parcela foram lançadas 3 repetições de 0,5 x 0,5 m (dimensões do gabarito), onde foram coletadas, na diagonal, amostras simples de serrapilheira e de material vivo, como mostra a figura 2 a seguir.

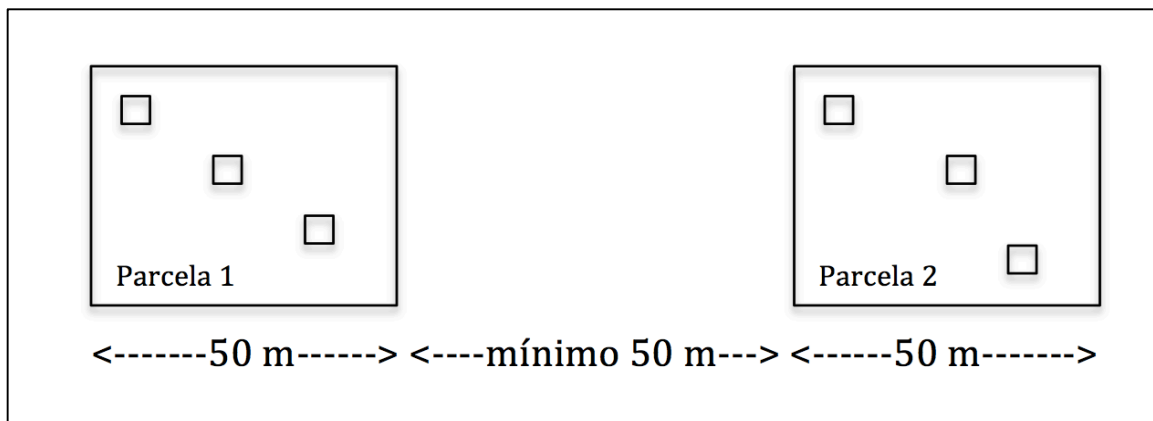


Figura 2. Representação de duas parcelas lançadas no campo.

Após a alocação do gabarito (instrumento de dimensões 0,5 x 0,5m), foi coletada a serrapilheira, bem como o material vivo (capim, plântulas), presentes no interior do gabarito. Com o auxílio de uma peneira, foram retiradas as partículas de solo que estivessem em contato com o material combustível. A figura 3 exemplifica a coleta do material combustível.



Figura 3. Coleta de serrapilheira: Alocação do gabarito e auxílio da peneira

O material coletado foi, então, acondicionado em sacos de papel e levado ao laboratório para a realização da etapa de pesagem. Anteriormente à pesagem do material combustível, este foi separado de acordo com seu estado (em verde e morto). O material verde, por sua vez, foi separado em duas classes distintas: plântulas vivas e gramíneas vivas, conforme a Figura 4.



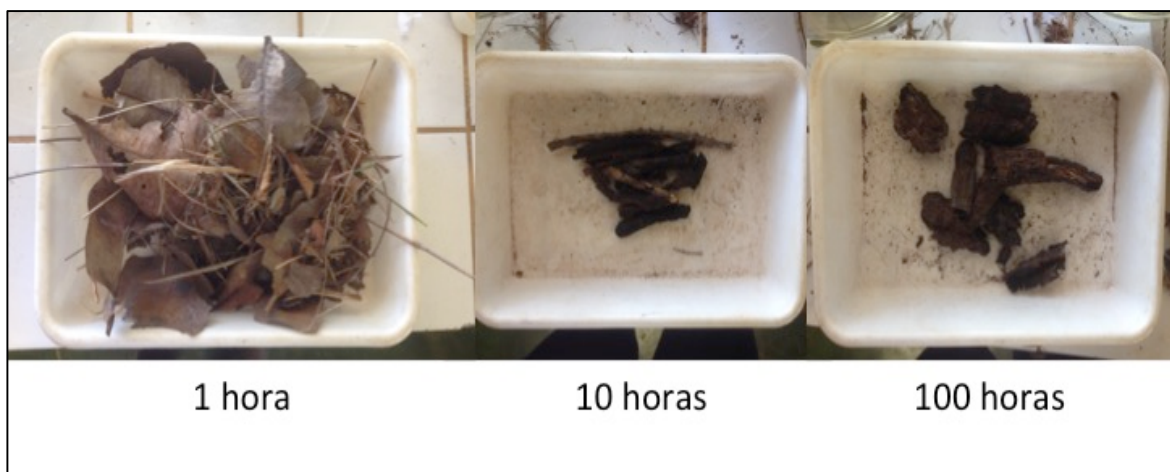
Figura 4. Representação das duas classes de material verde, gramíneas e plântulas

Já o material morto foi separado de acordo com seu diâmetro, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de combustíveis florestais.

<i>Classificação do combustível segundo seu tempo de resposta à umidade</i>	<i>Diâmetro</i>
1 hora	$x < 0,7 \text{ cm}$
10 horas	$0,7 \leq x < 2,5 \text{ cm}$
100 horas	$2,5 \leq x < 7,6 \text{ cm}$

As classes de combustíveis florestais apresentadas na Tabela 1 estão de acordo com a classificação de sua *timelag* (tempo de resposta à umidade), ou a quantidade de tempo necessária para uma substância atingir um valor de umidade dois terços acima ou abaixo do seu conteúdo de umidade de equilíbrio (RIBEIRO, 1997). Portanto, as classes estabelecidas são: 1 hora (diâmetro de até 0,25 polegadas), 10 horas (diâmetro entre 0,25 e 1 polegada) e 100 horas (diâmetro entre 1 e 3 polegadas), sendo que os valores da tabela estão apresentados em centímetros. Essa classificação é utilizada em modelos de comportamento do fogo propostos por Rothermel, utilizados em softwares que predizem o comportamento do fogo em uma dada área a partir de suas características, a exemplo está o software muito utilizado a nível mundial, *BehavePlus*. Na figura 5 estão representadas amostras de cada uma dessas classes encontradas no experimento.

**Figura 5.** Ilustração das três classes de combustíveis mortos encontradas em campo

3.4 Procedimento para quantificar as variáveis

3.4.1 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada da seguinte forma: cada amostra de serrapilheira, separada nas classes definidas no item 3.3, foi pesada, numa balança digital com precisão de 0,01g, sendo este peso definido como a massa úmida do material. O material foi colocado, em seguida, em estufa com circulação e renovação de ar a 70° C, por 72 horas, que foi quando o peso se manteve constante. Depois de seca, a amostra foi novamente pesada, obtendo a massa seca do material. A massa seca e a massa úmida do material foram obtidas a fim de se determinar seu teor de umidade.

O teor de umidade de cada amostra foi determinado de acordo com a seguinte equação:

$$TU (\%) = \left(\frac{MU-MS}{MS} \right) * 100 \quad (1)$$

Sendo:

TU (%) = Percentagem do teor de umidade.

MU = Massa úmida

MS = Massa seca

Depois de obtidos os resultados de umidade e carga para cada tratamento, as médias dos resultados foram, então, extrapoladas para área total do experimento.

3.4.2 Comportamento do fogo

Após determinadas as características de carga e umidade dos combustíveis florestais, estes foram novamente acondicionados em sacos de papel por cerca de 15 dias até a etapa de combustão do material. Isso foi feito para que o combustível, que antes foi seco (para medida de umidade), pudesse adquirir umidade do meio novamente. A combustão deste material foi, então, realizada, afim de se obter as variáveis relacionadas ao comportamento do fogo.

Primeiramente, foram extraídas, aleatoriamente, três amostras-controle de aproximadamente 60 gramas, compostas por todas as classes de combustíveis. Logo após, os combustíveis foram agrupados de acordo com sua classe correspondente, em gramínea verde, plântula verde, 1 hora, 10 horas e 100 horas. Foram extraídas, então, três amostras para cada uma destas classes, aleatoriamente.

Para a ignição foi utilizado álcool de limpeza, e para a combustão foi utilizada a 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 6). 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).

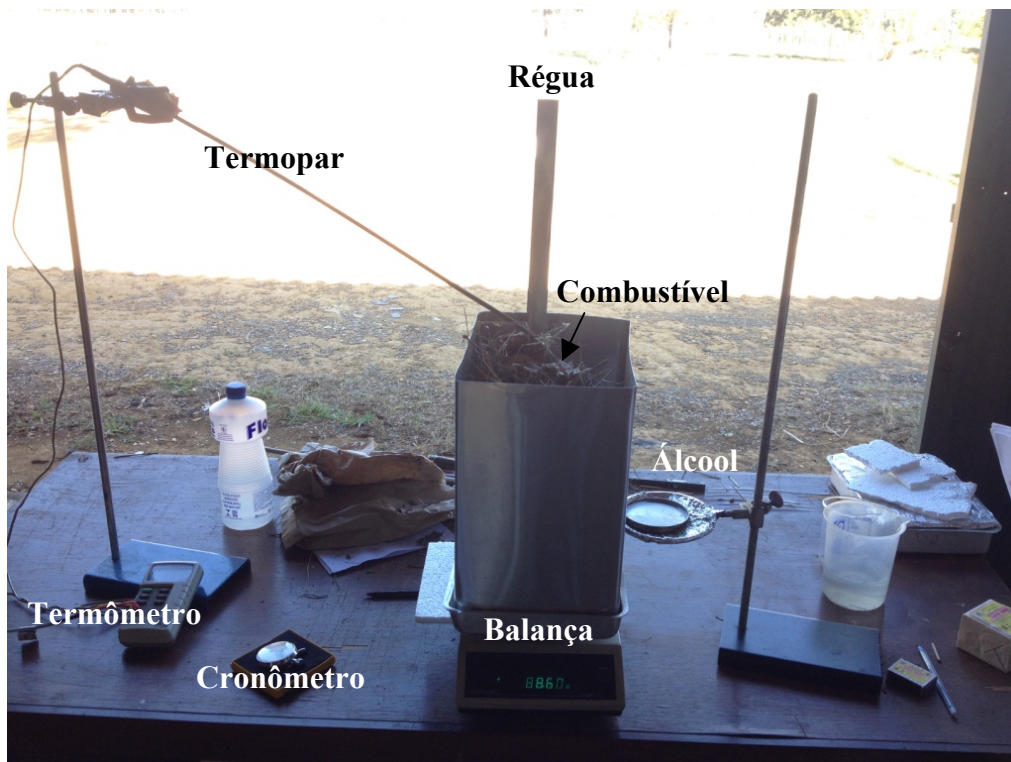


Figura 6. Câmara de combustão e seus elementos

A massa e a temperatura foram anotadas a cada 15 segundos, com o auxílio de um cronômetro analógico. 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 houvesse ignição foi medida a partir da seguinte equação:

$$\text{Energia (cal)} = Mv * 6542,705 \quad (2)$$

Sendo:

Mv = Massa variada do álcool

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 *et al.* (2009).

Durante 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 ($\text{kg/m}^2/\text{h}$) e por volume por tempo de queima ($\text{kg/m}^3/\text{h}$), 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. Sendo os dados de massa e temperatura obtidos a cada 15 segundos. A figura 7 mostra o processo de queima do material.



Figura 7. Câmara de combustão em processo de queima

3.4.2.1 Tratamentos na combustão

Para a obtenção das variáveis durante a queima do combustível houve 18 tratamentos, compostos por cinco níveis de combustível florestal (gramíneas vivas, plântulas vivas, 1 hora, 10 horas e 100 horas) e, ainda, o grupo controle (amostras com todas classes de combustível) distribuídos em três amostras cada (6x3).

3.5 Análise estatística

Foi feita uma estatística descritiva para a carga e o teor de umidade, calculados o erro e o coeficiente de variação para a amostragem do estudo. E posteriormente foi calculado o desvio padrão da média de peso úmido, peso seco e teor de umidade para cada classe de estudo.

Já na etapa de combustão, foi aplicada a análise de variância ANOVA para os 18 diferentes tratamentos em dez variáveis do comportamento do fogo com auxílio do Programa Genes. As dez variáveis foram a temperatura máxima, altura da chama, tempo de duração da chama, a porcentagem de perda de massa durante a chama, a porcentagem de perda de massa total, o tempo total de combustão, a razão massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante o período de chama, a razão massa perdida por volume por hora ($\text{kg m}^{-3} \text{h}^{-1}$), a massa de álcool necessária para ignição e, por fim, a energia necessária para ignição.

Caso fosse verificada diferença significativa entre os tratamentos, foi aplicado o teste de *tukey* para comparação das médias a um nível de 5 % de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Carga e teor de umidade do combustível

A amostragem do presente estudo apresentou um erro de aproximadamente 17% (17,069%) e um coeficiente de variação de 44,87% para o peso seco das amostras. O coeficiente de variação se apresentou elevado, devido à discrepância entre as amostras, já que o local de estudo exibia elevada heterogeneidade. Portanto, a disparidade entre a massa total seca de cada amostra pode ser explicada pela variedade de combustível do local de estudo, que apresentava para algumas amostras maior porcentagem de material morto e grosso,

tornando-o mais pesado, e para outras, maior porcentagem de gramíneas vivas, que possuem massa muito inferior.

A carga total de material combustível seco presente na área de estudo foi de 5,41 Mg ha⁻¹. Miranda (2010) em estudo denominado “Projeto Fogo” observou para áreas de cerrado sensu stricto, onde não havia incidência de fogo há dois anos, localizadas também em Brasília, cargas variando entre 9,8 e 19,2 Mg ha⁻¹. Já após queima controlada, nessas mesmas áreas, foram observadas cargas entre 0,1 e 5,3 Mg ha⁻¹. Como o presente estudo foi realizado nove meses após a queima controlada, verifica-se um número um pouco maior de material combustível, o que pode ter ocorrido devido a regeneração de gramíneas e plântulas, por exemplo.

Dentre as classes observadas no estudo, a classe dos materiais mortos mais finos (1 hora) foi a que obteve maior representatividade (36% da carga total), seguida pelas classes de gramíneas vivas (20%) e de material morto mais grosso (100 horas) (20%). A classe de material morto de dimensões médias (10 horas) correspondeu a 18% da carga total e a classe com menor representatividade foi a de plântulas (6%), conforme apresentado na Figura 8. Os materiais mortos (1 hora, 10 horas e 100 horas) somaram, juntos, 74% de todo material combustível.

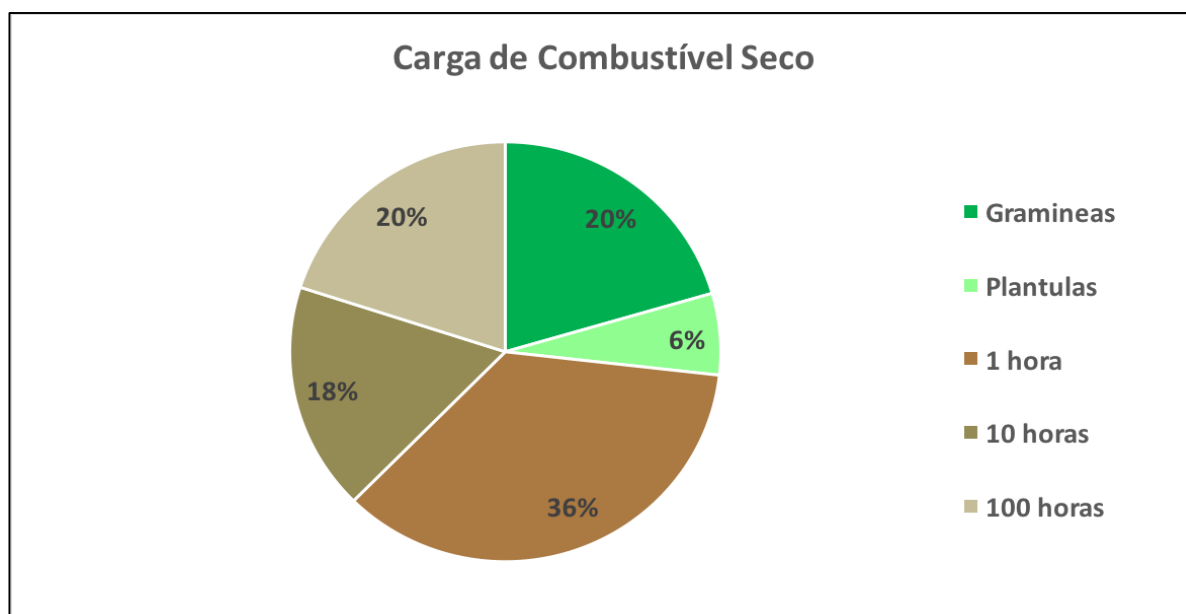


Figura 8. Porcentagem de cada classe de combustível após secagem do material

A classe de combustível presente em maior proporção (quanto à sua massa) na área é a que mais influencia no tipo de incêndio que ocorre no Cerrado (o incêndio de superfície). Pois, durante a queima, no fogo de superfície, o combustível fino é o principal

combustível a ser consumido do estrato rasteiro, junto às folhas de ramos mais baixos dos componentes do estrato arbóreo-arbustivo (MIRANDA, 2010). Já as gramíneas são citadas por Mistry & Berardi (2005) como as principais causas da alta inflamabilidade dos ecossistemas de savana, por produzirem combustível florestal em abundância, onde o microclima favorece queimadas (o que é o exemplo do Cerrado) e por outro lado, são escassos em regiões florestais. A classe de 100 horas se apresentou a segunda de maior representatividade, junto a classe de gramíneas, isso ocorreu devido a massa do material, pois o material não apareceu muitas vezes nas amostras (apareceu em apenas 4 das 30 amostras), mas seu alto valor de massa garantiu-lhe alta representatividade no presente estudo.

O teor de umidade das diferentes classes e o respectivo desvio padrão da média estão apresentados na tabela 2, assim como o peso úmido (Pw), o peso seco (Ps) e a carga de cada classe de estudo.

Tabela 2. Variáveis ligadas às características de cada classe de combustível florestal

<i>Material</i>	<i>Pw (g)</i>	<i>Ps (g)</i>	<i>TU (%)</i>	<i>Carga (Mg ha⁻¹)</i>
<i>Gramíneas</i>	43,91 ± 34,48	27,78 ± 20,9	55,85 ± 17,42	1,11
<i>Plântulas</i>	15,97 ± 15,03	8,59 ± 9,31	96,56 ± 34,45	0,34
<i>1 Hora</i>	56,51 ± 40,77	48,31 ± 35,05	16,7 ± 5,51	1,93
<i>10 Horas</i>	27,55 ± 21,72	23,73 ± 19,23	20,93 ± 9,75	0,95
<i>100 Horas</i>	35,43 ± 22,31	27,1 ± 13,9	26,21 ± 17,58	1,08
<i>Total</i>				5,41

Os valores elevados de desvio padrão para os pesos úmido e seco refletem, mais uma vez, a característica heterogênea da área.

O teor de umidade dos materiais mortos se mostrou muito abaixo do teor de umidade dos materiais vivos, sendo que a classe que apresentou maior teor de umidade foi a de Plântulas (material vivo encontrado em pé que possui parte lenhosa) com média de 96,56% de umidade, seguida pela classe de gramíneas, sendo a classe de 1 hora a que apresentou menor taxa de umidade entre as classes de estudo, além de possuir o maior valor de carga por hectare ($1,93 \text{ Mg ha}^{-1}$). Os maiores valores de desvio padrão da média para a taxa de umidade encontrados ocorreram nas classes de material vivo (gramíneas e plântulas) e na classe de 100 horas. A classe de 100 horas apresentava alguns materiais que já estavam queimados, devido a queima controlada passada, que não consumiu esse material por completo, enquanto apresentava também alguns materiais que, visivelmente, se desprenderam há pouco tempo de árvores próximas.

De acordo com Martins (2010), o estudo do teor de umidade é de grande importância, pois tem forte influência na intensidade e velocidade de propagação do fogo, sendo que para combustíveis finos mortos, teores de umidade abaixo de 10% são preocupantes, pois o incêndio adquire um comportamento muito mais violento. Sendo assim, a classe de 1 hora do presente estudo, por conter um teor médio de umidade de 16,7%, não confere grandes riscos a um comportamento mais violento do fogo. Porém, tal característica foi observada sob condições climáticas do mês de abril, quando ainda não se iniciou o período intenso de seca na Fazenda Água Limpa (FIEDLER *et al.*, 2004).

Em estudo realizado na Reserva Ecológica do IBGE em Brasília, em área de cerrado *sensu stricto* onde não havia incidência de fogo há 20 anos, Ottmar *et al.* (2001) encontraram maior representatividade da classe de gramíneas ($1,78 \text{ Mg ha}^{-1}$), já o material morto somou uma carga total de $1,73 \text{ Mg ha}^{-1}$, a classe de 1 hora possuía carga de $1,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ ao passo que a carga de 10h, de $0,40 \text{ Mg ha}^{-1}$ e a classe de 100h não possuiu representatividade ($0,0 \text{ Mg ha}^{-1}$). A diferença entre a carga de gramíneas do presente trabalho e do trabalho de Ottmar *et al.* (2001) pode ser explicada pelo fato de que a área estudada pelos autores não havia sofrido incidência de fogo há 20 anos quando estudada, enquanto na área do presente trabalho a última queima controlada havia sido aplicada há cerca de 9 meses.

4.2 Avaliação da queima da serrapilheira

Durante a queima das diferentes classes de combustíveis foram gerados gráficos

que relacionam a massa e a temperatura com o tempo de queima. Como cada classe possuía três amostras, foi elaborada uma curva média para representação do comportamento de cada classe durante a combustão. O comportamento de cada classe durante a combustão está representado a seguir, nas figuras (9-14).

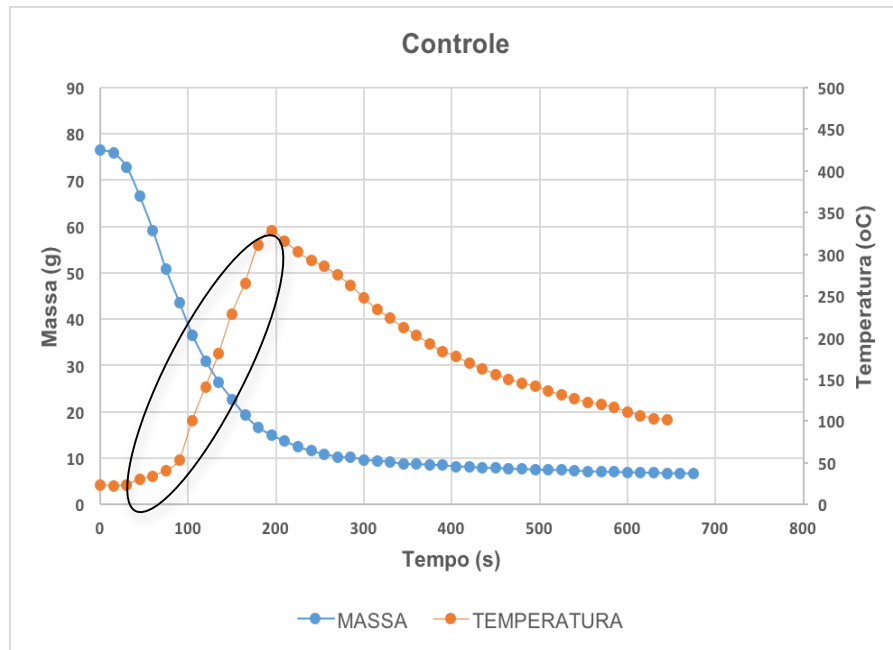


Figura 9. Queima da amostra Controle

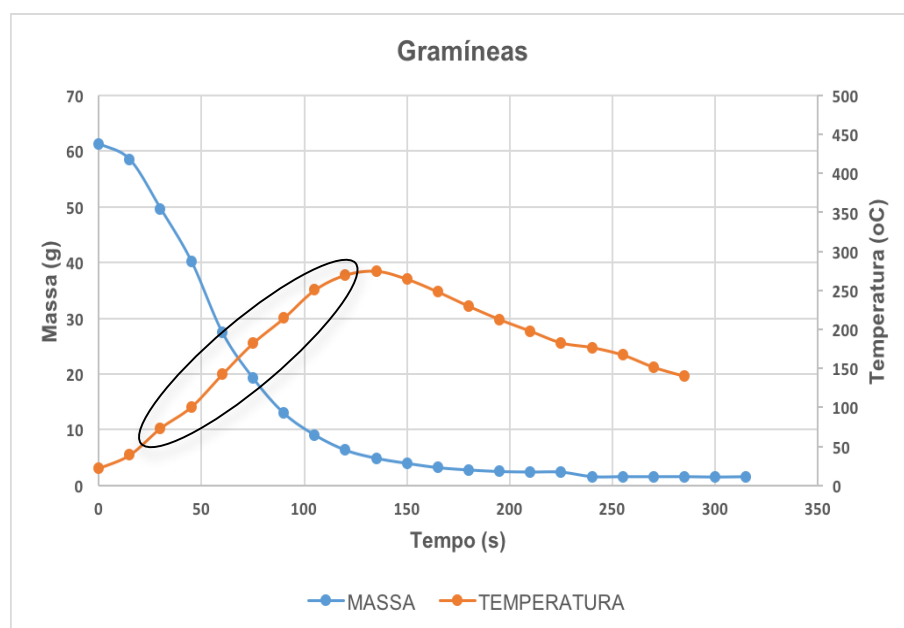


Figura 10. Queima da classe de Gramíneas

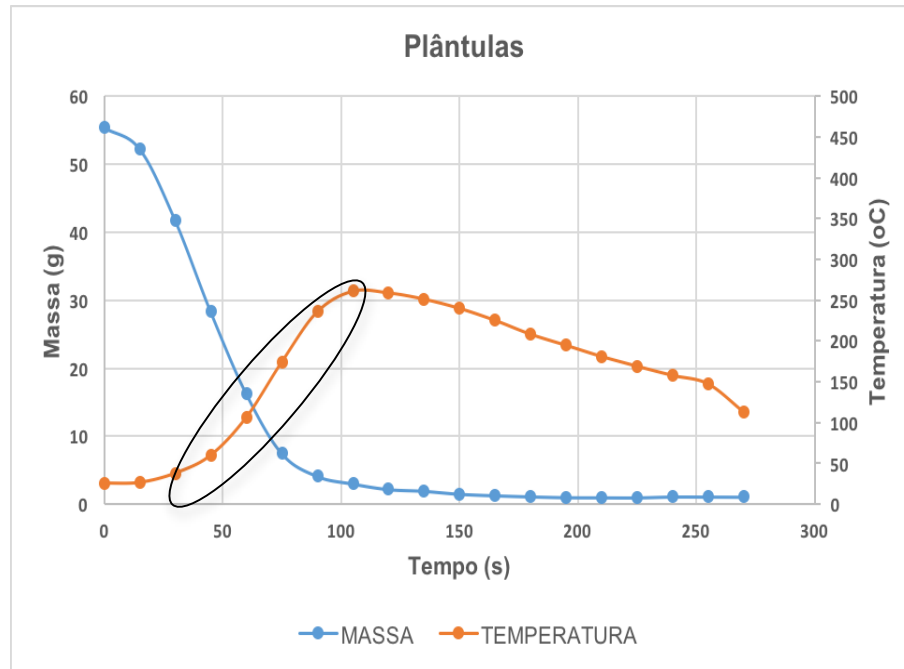


Figura 11. Queima da classe de Plântulas

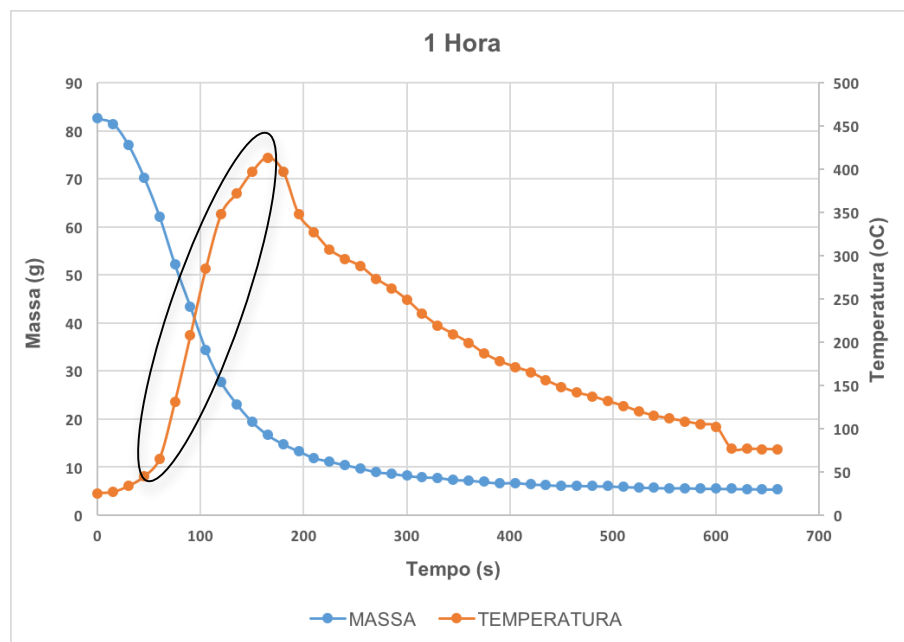


Figura 12. Queima da classe de 1 hora

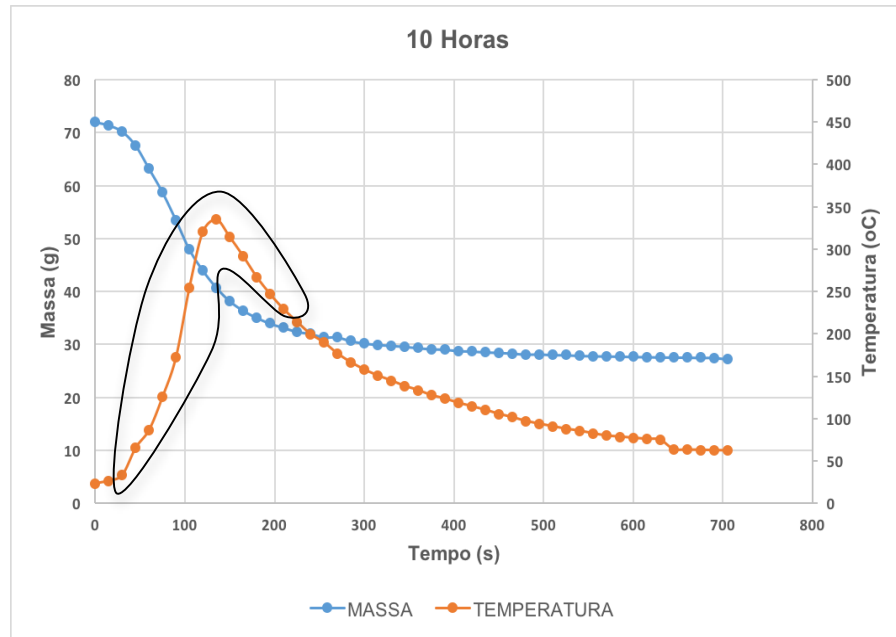


Figura 13. Queima da classe de 10 horas

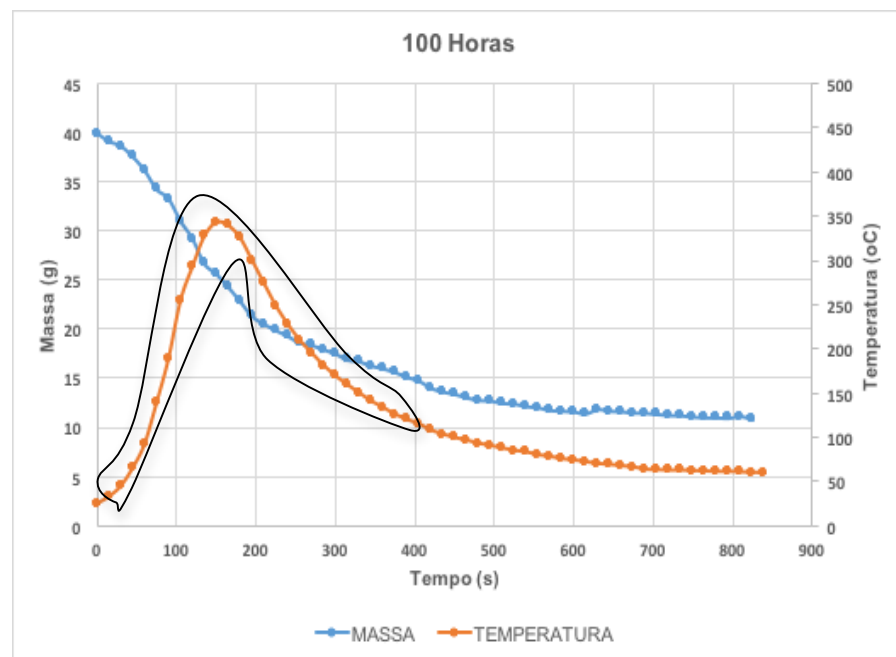


Figura 14. Queima da classe de 100 horas

As áreas apresentadas em evidência nas figuras acima simbolizam o período em que havia chamas durante a queima do material. Percebe-se que as classes de material morto e a classe controle permaneceram maior tempo na fase gasosa, ou seja, na fase em que há combustão dos gases destilados do material combustível em questão, produzindo chamas e

consequentemente altas temperaturas (MOTTA, 2008). Anterior a esse período ocorreu a secagem do material combustível, que se demonstrou a fase mais rápida para todas classes de combustíveis, variando entre 15 s (para a classe de 100 horas) e 45 s (para as classes controle e 1 hora).

O formato das curvas de perda de massa e ganho de temperatura estão de acordo com aqueles encontrados na literatura. Na queima de briquetes, como sugerido por Quirino & Britto (1991) os comportamentos das classes do estudo se demonstram parecidos. Ao visualizar as figuras (9 – 14), fica perceptível a diferença existente entre as classes de 10 horas e 100 horas para as demais. Essa diferença se dá, principalmente, por causa da variável massa, que tem sua perda de maneira mais lenta e não chega a valores muito baixos nas classes de 10 e 100 horas, nem mesmo no fim da combustão, como ocorre nas demais classes.

As classes de material morto (1 hora, 10 horas e 100 horas) alcançaram maiores temperaturas que o material vivo, sendo a classe de maior temperatura máxima a de 1 hora, com valor acima de 400° C. Em estudo entre os anos de 1992 e 2000 realizado por vários autores nas parcelas do Projeto Fogo, em Cerrado *sensu stricto*, na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF), as temperaturas máximas encontradas oscilaram entre aproximadamente 250° C e 850° C a 1 cm de altura, ao passo que, a 60 cm de altura, essa temperatura chegou a 900° C e a 160 cm os valores de temperatura máxima caíram para valores entre 150° C e 550° C (MIRANDA, 2010). Por ter sido realizado em condições de laboratório, o presente estudo observou valores abaixo dos apresentados em campo, com a temperatura máxima oscilando entre 250° C e 450° C.

A curva do denominado controle se assemelhou mais à curva da classe de 1 hora. As chamas permaneceram durante mais tempo nas classes de material morto de 10 horas e 100 horas, assim como o tempo de combustão que também se prolongou por mais tempo. Com o aumento do diâmetro do material, o tempo de chama foi maior. Isso pode ser devido a maior superfície de contato dos materiais vivos (finos) e do material de 1 hora quando comparados aos materiais mais grossos (10 horas e 100 horas), o que favorece sua perda de umidade e o faz arder mais rapidamente (CASTRO *et al.*, 2003).

4.2.1 Análise estatística das variáveis de comportamento do fogo

O resultado da análise estatística acerca das dez variáveis de 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 área por hora durante o período de chama, razão massa perdida por volume por hora durante a chama, massa de álcool necessária para ignição e energia necessária para ignição) está apresentado nos anexos do presente estudo.

As variáveis temperatura máxima, porcentagem de perda de massa durante a chama e porcentagem de perda de massa total não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, ou seja, todas as classes do estudo apresentaram valor estatístico semelhante para essas três variáveis a um nível de 5% de significância, não sendo necessária a realização do teste de *tukey* para essas.

A porcentagem de perda de massa total para cada classe se manteve entre 69,7% – 98,18%, o que está dentro do previsto por White *et al.* (2014), segundo os autores, em queimadas ocorrentes no Cerrado, o consumo de combustível varia entre 33% e 100%, sendo que em fisionomias mais abertas, o consumo é maior.

Já as demais variáveis (altura da chama, tempo de chama, tempo total de combustão, massa perdida por área por hora durante a chama, razão massa perdida por volume por hora durante a chama, massa de álcool necessária para ignição e energia necessária para ignição) apresentaram diferença estatística a um nível de 1% de significância, ou seja, pelo menos um dos tratamentos obteve média diferente dos demais para essas variáveis. Os coeficientes de variação obtidos oscilam entre 13,39 e 45,24. Sendo assim, com a aplicação do teste de *tukey*, foram geradas as tabelas 4 - 9 seguintes.

Tabela 3. Teste de *tukey* da variável altura da chama

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>Altura da chama (cm)</i>
<i>Controle</i>		74,33 b
<i>Gramíneas</i>		90,67 ab
<i>Plântulas</i>		101,33 a
<i>1 Hora</i>		86,33 ab
<i>10 Horas</i>		46 c
<i>100 Horas</i>		40,33 c

A classe que apresentou maior valor de altura da chama (vide tabela 4) foi a classe de plântulas. As de gramíneas e 1 hora não apresentaram diferença estatística com a classe de plântulas. Já as classes de 10 horas e 100 horas (estatisticamente iguais entre si a um nível de 5% de significância), apresentaram a menor altura de chama.

Tabela 4. Teste de tukey da variável tempo de chama

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>Tempo de chama (s)</i>
<i>Controle</i>		140 b
<i>Gramíneas</i>		75 b
<i>Plântulas</i>		65 b
<i>1 Hora</i>		155 b
<i>10 Horas</i>		215 ab
<i>100 Horas</i>		410 a

Para a variável tempo de chama (tabela 15), a classe de 100 horas obteve maior média. A classe de 10 horas não diferiu nem da de 100 horas, nem das demais classes. As demais classes apresentaram valores de média estatisticamente iguais.

Tabela 5. Teste de tukey da variável tempo total de queima

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>Tempo total (s)</i>
<i>Controle</i>		685 ab
<i>Gramíneas</i>		320 b
<i>Plântulas</i>		275 b
<i>1 Hora</i>		740 ab
<i>10 Horas</i>		710 ab
<i>100 Horas</i>		905 a

Também para a variável tempo total de queima (tabela 16), a classe de 100 horas obteve a maior média, sendo que as menores médias de tempo total se apresentaram em gramíneas e plântulas.

Tabela 6. Teste de tukey da massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante a chama

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>kg m⁻² h⁻¹ perdido</i>
<i>Controle</i>		98,48 ab
<i>Gramíneas</i>		142,69 a
<i>Plântulas</i>		145,7 a
<i>1 Hora</i>		106,23 ab
<i>10 Horas</i>		53,86 bc
<i>100 Horas</i>		18,09 c

As classes de maiores médias de massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante a chama foram as de gramíneas e plântulas (tabela 17). As classes controle e 1 hora não apresentaram diferença estatística para as gramíneas e plântulas. Já a classe de 100 horas foi a que apresentou menor média de massa perdida por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) durante a chama.

Tabela 7. Teste de tukey da massa perdida por volume por hora ($\text{kg m}^{-3} \text{h}^{-1}$) durante a chama

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>kg m⁻³ h⁻¹ perdido</i>
<i>Controle</i>		615 ab
<i>Gramíneas</i>		891,33 a
<i>Plântulas</i>		910,33 a
<i>1 Hora</i>		663,33 ab
<i>10 Horas</i>		336 bc
<i>100 Horas</i>		112,67 c

Para a variável massa perdida por volume por hora ($\text{kg m}^{-3} \text{h}^{-1}$) durante a chama, os maiores valores médios obtidos foram para as classes de gramíneas e plântulas também (tabela 18), que apresentaram valores estatisticamente iguais. As classes controle e 1 hora não apresentaram diferença estatística para as gramíneas e plântulas. Nesse caso, a classe de 100 horas também foi a que apresentou menor média.

Tabela 8. Teste de tukey da variação do álcool

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>Variação do álcool (g)</i>
<i>Controle</i>		2,67 b
<i>Gramíneas</i>		3,00 b
<i>Plântulas</i>		5,33 b
<i>1 Hora</i>		5,00 b
<i>10 Horas</i>		4,67 b
<i>100 Horas</i>		15,33 a

A variação do álcool diz respeito a massa necessária para que houvesse ignição do material combustível. Nesse caso (tabela 19), a classe de 100 horas foi a classe que necessitou de uma maior quantidade de álcool para que houvesse ignição, sendo todas as demais classes estatisticamente iguais para essa variável.

Tabela 9. Teste de tukey da variável energia necessária para ignição

<i>Tratamento</i>	<i>q: 4,75</i>	<i>Variação do álcool (g)</i>
<i>Controle</i>		21874,44 b
<i>Gramíneas</i>		22070,73 b
<i>Plântulas</i>		36813,62 b
<i>1 Hora</i>		37424,27 b
<i>10 Horas</i>		33716,74 b
<i>100 Horas</i>		103636,45 a

Para a variável energia necessária para ignição (tabela 20), como previsto, a classe de 100 horas necessitou de uma maior energia, diferenciando estatisticamente das demais.

De todas variáveis, apenas a altura de chama não apresentou valores estatisticamente iguais para as classes controle e 1 hora, o que reforça a teoria de que a classe de 1 hora é a que mais influencia no incêndio de superfície, que é o que ocorre no Cerrado, por ser o principal combustível a ser consumido do estrato rasteiro, como descrito por Miranda (2010). E ainda, para todas as variáveis, as classes de materiais vivos não apresentaram diferença estatística significativa a um nível de 5%.

5 CONCLUSÃO

Na análise acerca das características dos combustíveis florestais encontrados, foi concluído que:

- A carga total de combustíveis florestais em área de queima controlada anual se demonstrou inferior àquela apresentada em áreas de cerrado *sensu stricto* que não estão sob tal regime.
- A classe de gramíneas também teve sua proporção reduzida por causa da queima controlada. Sendo que em áreas de cerrado *sensu stricto*, essa classe se apresenta, geralmente, como a de maior representatividade e no presente estudo foi a classe de materiais mortos finos (1 hora) a de maior representatividade.
- Os materiais mortos (1 hora, 10 horas e 100 horas) somaram, juntos, 74% de todo material combustível encontrado no local, já que a queima controlada é aplicada no local anualmente, não permitindo a regeneração do estrato herbáceo.
- Os materiais combustíveis mortos (16,7 - 26,21%) apresentaram teores de umidade bem abaixo dos materiais combustíveis vivos (55,85 - 96,56%).

Na análise da combustão do material combustível, foi concluído que:

- A separação de classes se demonstrou de grande importância, visto que apenas três variáveis (temperatura máxima, porcentagem de perda de massa durante a chama e porcentagem de perda de massa total) possuíram médias estatisticamente iguais para todas as classes de estudo. Contudo, para as classes de materiais vivos, todas variáveis de comportamento do fogo possuíram médias estatisticamente iguais para gramíneas e plântulas.
- A porcentagem de perda de massa total e temperatura máxima encontradas para valores de laboratório não se diferiram tanto das apresentadas em campo, na literatura. Estando a temperatura máxima de laboratório um pouco abaixo dos valores de campo.
- O material mais grosso perdeu menor quantidade de massa em menos tempo, durante a etapa de chamas da queima, devido a menor superfície de contato do material com o fogo, quando comparado ao material mais fino.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do Comportamento do Fogo em Queimas Experimentais sob Povoamentos de *Pinus elliottii*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 779-787, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/> > Acesso em 4 jan. 2016.

CARDOSO, E.; MORENO, M. I. C.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Mudanças Fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de Sucessão Ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia- MG. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 10, n. 32, p. 254-268, 2009.

CARVALHO, J. X. *FOGO NO CERRADO: Causas e Conseqüências da Ação do Fogo no Bioma Cerrado no Município de Goiás*. (2009). 111 f. Monografia em Geografia- Universidade Estadual de Goiás, Goiás. 2009.

CASTRO, C. F. *et al. Combate a incêndios florestais*. Escola Nacional de Bombeiros, SINTRA, v. 13, 2 ed. 2003.

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.

EMATER. *Bioma Cerrado: ocupação começou no século 18*. 2011. Disponível em: <<http://www.emater.gov.br/w/5042>> Acesso em: 20 dez. 2015.

FAL - FAZENDA ÁGUA LIMPA. Universidade de Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.fal.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=61> Acesso em 04 Jan. 2016.

FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C.; REZENDE, A. V.; 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*, v. 28, n. 1, feb. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000100017> Acesso em 05 Jan. 2016.

HERINGER, I. & JACQUES, A. V. A. Adaptação das Plantas ao Fogo: Enfoque na Transição Floresta – Campo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.6, p. 1085-1090, 2001.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE- ICMBio. *Cerrado*. Disponível em:

<<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/cerrado.html>> Acesso em: 4 Jan. 2016.

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

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. *Ciencia e Cultura*, v. 63, n. 3, São Paulo, 2011.

LIMA, J. E. F. W. & SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C. & FELFILI, J. M. (org.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. MMA, Brasília, 2005.

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. Disponível em: <<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/14378/1/Incêndios%20florestais,%20comportamento,%20segurança%20e%20extinção.pdf>> Acesso em: 25 jun.2016.

DE MATOS FILHO, H. J. S. M. *et al.* Carta de Combustível no Bioma Cerrado, Utilizando Imagens do Satélite CBERS-2. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005.

MEDEIROS, M. B. & FIEDLER, N. C. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I, n. 2, p. 4-11, 2011.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE & SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. *Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias Para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade nos Biomas Brasileiros*. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p. Disponível em: <http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/BiodiversidadeBrasileira_MMA.pdf> Acesso em 9 Jun. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Florestas do Brasil em Resumo - 2013: dados de 2007-2012*. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 2013, 188 p. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/tecnico-cientifico/>> Acesso em 4 Jan. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Projetos de Apoio ao PPCerrado*. MMA, Mato Grosso, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/convencao-da-onu/itemlist/category/86-controle-e-prevencao-do-desmatamento>> Acesso em 5 Jan. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado*. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Consulta por: *O Bioma Cerrado*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 16 de Abril. 2016.

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.

MOTTA, D. S. *Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais*, Seropédica, 2008. 24f. (Monografia em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. *Territorium*, Coimbra: v. 8, n. 1, p. 25-35, 2001. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/t08>> Acesso em 6 jan. 2016.

NETO, M. S. *et al.* Emissão de Gases do Efeito Estufa em Diferentes Usos da Terra no Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 63-76, 2011.

OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*, Nova York: Columbia University Press, 2002. 367p.

OTTMAR, R. D.; VIHANEK, H. S. M.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. Stereo Photo Series for Quantifying Cerrado Fuels in Central Brazil. United States Department of Agriculture (USDA) e Universidade de Brasília, v. 1. 2001. 87p. Disponível em: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015051834383;view=1up;seq=1>> Acesso em: 26 jun. 2016.

PALHARES, D.; FRANCO, A. C.; ZAIDAN, L. B. P. Resposta fotossintéticas de plantas de cerrado nas estacoes seca e chuvosa. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.

QUIRINO, W. F. & BRITTO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal, Laboratório de Produtos Florestais, IBAMA, série n. 13, Brasília, 1991. Disponível em: <<http://mundoflorestal.com.br/arquivos/indice.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2016.

RENDEIRO, G. *et al.* *Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia*, 1 ed., Ministério Minas e Energia, Brasília. 2008. 192 p.

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 20 dez. 2005.

RIBEIRO, G. A. Estudo do Comportamento do Fogo e de Alguns Efeitos da Queima Controlada em Povoamentos de *Eucalyptus viminalis* Labill. em Três Barras, Santa Catarina. 1997. 163f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1997.

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.

SILVA, R. G. *Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. Disponível em:

<<http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-de-prevencao-e-combate-aos-incendios-florestais.pdf>> Acesso em: 25 jun. 2016.

SILVA, D. M. *et al.* Os Efeitos dos Regimes do Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade. *Biodiversidade Brasileira*, Ano I, n. 2, p. 26-39, 2011.

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> Acesso em 02 Jun. 2016.

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 16 Abr. 2016.

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> Acesso em 11 Jan. 2016.

UTAH STATE UNIVERSITY. Unit 5: Fuel Moisture. In: Free Online Course Materials-USU Open Course Ware, 2005. Disponível em:
<http://ocw.usu.edu/Forest_Range_and_Wildlife_Sciences/Wildland_Fire_Management_and_Planning/Unit_5__Fuel_Moisture_5.html> Acesso em 11 jan. 2016.

WHITE, B. L. A. Forest Fires in Mountain National Park of Itabaiana - Sergipe. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

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, v. 44, n. 1, p. 33 – 42. 2014.

WWF. Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Cerrado e Pantanal. WWF-Brasil, Brasília, 2015. 128 p. Disponível em:
http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/publicacao_areasprioritarias_cerrado_pantanal_1.pdf> Acesso em: 15 jun. 2016.

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA da variável temperatura máxima

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	52558,94	10511,79	1,16	38,39 ns
<i>Resíduo</i>	12	108950	9079,17		
<i>total</i>	17	161508,94			
<i>Média Geral</i>			338,06		
<i>CV (%)</i>			28,19		

Anexo 2. ANOVA da variável altura da chama

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	9271,17	1854,23	19,33	0,002 **
<i>Resíduo</i>	12	1151,33	95,94		
<i>total</i>	17	10422,5			
<i>Média Geral</i>			73,17		
<i>CV (%)</i>			13,39		

Anexo 3. ANOVA da variável tempo de chama

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	241600,0	48320,0	8,33	0,133 **
<i>Resíduo</i>	12	69600,0	5800,0		
<i>total</i>	17	311200,0			
<i>Média Geral</i>			176,67		
<i>CV (%)</i>			43,11		

Anexo 4. ANOVA da variável porcentagem de perda de massa durante a chama

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	629,73	125,95	1,11	40,7 ns
<i>Resíduo</i>	12	1366,67	113,89		
<i>total</i>	17	1996,4			
<i>Média Geral</i>			77,47		
<i>CV (%)</i>			13,78		

Anexo 5. ANOVA da variável porcentagem de perda de massa total

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	1775,97	355,19	0,97	100 ns
<i>Resíduo</i>	12	4394,10	366,18		
<i>total</i>	17	6170,07			
<i>Média Geral</i>			88,58		
<i>CV (%)</i>			21,60		

Anexo 6. ANOVA do tempo total de combustão

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	947312,5	189462,5	6,48	0,39 **
<i>Resíduo</i>	12	351000,0	29250,0		
<i>total</i>	17	1298312,5			
<i>Média Geral</i>			605,83		
<i>CV (%)</i>			28,23		

Anexo 7. ANOVA da variável perda de massa por área por hora ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$)

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	37761,65	7552,33	14,56	0,0097 **
<i>Resíduo</i>	12	6225,52	518,79		
<i>total</i>	17	43987,17			
<i>Média Geral</i>			94,18		
<i>CV (%)</i>			24,19		

Anexo 8. ANOVA da variável massa por volume por hora ($\text{kg m}^{-3} \text{h}^{-1}$)

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	1475279,11	295055,82	14,58	0,0096 **
<i>Resíduo</i>	12	242796,67	20233,06		
<i>total</i>	17	1718075,78			
<i>Média Geral</i>			588,11		
<i>CV (%)</i>			24,19		

Anexo 9. ANOVA da variável massa de álcool necessária para ignição

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	331,33	66,27	15,69	0,0067 **
<i>Resíduo</i>	12	50,67	4,22		
<i>total</i>	17	382,00			
<i>Média Geral</i>			6		
<i>CV (%)</i>			34,25		

Anexo 10. ANOVA da variável energia necessária para ignição

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidade (%)</i>
<i>Tratamentos</i>	5	14146888666,04	2829377733,21	15,04	0,0083 **
<i>Resíduo</i>	12	2258027782,71	188168981,89		
<i>total</i>	17	16404916448,75			
<i>Média Geral</i>			42589,38		
<i>CV (%)</i>			32,21		