

UNIVERSIDADE FEERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

SILLAS RAMOS MARIANO

ANÁLISE DE DIFERENTES VOLUMES DE ÀGUA NO COMBATE AOS
INCÊNDIOS FLORESTAIS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2016

SILLAS RAMOS MARIANO

ANÁLISE DE DIFERENTES VOLUMES DE ÀGUA NO COMBATE AOS
INCÊNDIOS FLORESTAIS

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2016

SILLAS RAMOS MARIANO

ANÁLISE DE DIFERENTES VOLUMES DE ÁGUA NO COMBATE AOS INCÊNDIOS
FLORESTAIS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Florestal.

Aprovado em: 21 de Junho de 2016

COMISSÃO EXAMINADORA

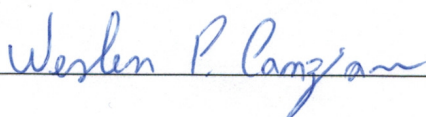


Prof. Dr. Nilton César Fiedler

DCFM/CCAUE/UFES



MSc. Saulo Boldrini Gonçalves



MSc. Weslen Pintor Canzian



Prof. MSc. Elaine Cristina Gomes da Silva

DZOO/CCAUE/UFES

A Deus que cuidou de mim durante todos esses anos e esteve sempre comigo.

Aos meus pais, Aldimar Mariano (Kim) e Luciene de Oliveira Ramos Mariano que fizeram desse sonho realidade.

“O mundo não é um grande arco-íris. É um lugar sujo, um lugar cruel, que não quer saber o quanto você é durão. Vai botar você de joelhos e você vai ficar de joelhos para sempre se você deixar. Você, eu, ninguém vai bater tão forte como a vida, mas não se trata de bater forte. Se trata de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente, o quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer.”

Rocky Balboa

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo seu amor e cuidado me guiando durante essa jornada.

Aos meus pais Aldimar Mariano (Kim) e Luciene de Oliveira Ramos Mariano e meu irmão Talles Ramos Mariano pelo apoio, paciência e pela confiança.

A minha querida igreja por me sustentar em oração.

Ao professor Nilton Cesar Fiedler pela orientação, ensinamentos e por abrir as portas do laboratório de incêndios e permitir a realização deste trabalho.

A Universidade Federal do Espírito Santo pelo ensino e amizades proporcionadas.

Aos amigos do LABCELF, em especial o Capenga que me tirou muitas dúvidas me ajudando na realização deste trabalho.

Ao Guilherme Bravim Canal (Pedra Azul), William Masioli (Nino) e Wesley Canzian (Capenga) que me ajudaram na coleta de dados deste trabalho.

Ao Apeles Ribeiro ou simplesmente Pelego por todos esses anos dividindo um lar e proporcionando muitas histórias engraçadas e inacreditáveis, muitas partidas de PES, peladas jogadas e pela amizade durante todos esses anos.

Ao grande “vizinho” e amigo Maikon Keoma, vulgo gaúcho ou Pedro.

Ao Pelego, Pedra Azul, Jonas Vinco, Nino da viola, Lucão e Davi Luiz pela amizade e pelos grupos de estudos durante toda a graduação, madrugadas estudando que nem sempre renderam boas notas, mas sempre muitas risadas.

A toda a turma de Floresta 2012/1.

Aos amigos de longa data Whallephy Feitosa e Jefferson Reis que mesmo longe estiveram sempre presentes durante minha graduação.

Aos meus primos Erick, Joyce, Jéssica e Lucas por serem como irmãos principalmente nos últimos anos.

E a todos os professores que passaram por minha vida me ensinando, incentivando e capacitando.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes volumes de água na realização de linha úmida para combate a incêndios em plantios de eucalipto. A coleta de dados foi realizada em um plantio de eucalipto com 7 anos de idade, em uma propriedade rural no município de São José do Calçado, sul do estado do Espírito Santo. Foram utilizados diferentes volumes de água por metro quadrado em cada tratamento, 0,5L; 1L; 1,5L; 2L; 2,5L e testemunha sem água. Durante a queima de cada parcela (tratamento/repetição) foram avaliadas as seguintes variáveis: velocidade do vento, temperatura, tempo gasto para o fogo queimar cada parcela e altura de chama. Foi calculada ainda a intensidade de queima. A partir da análise de intensidade de queima e altura de chama o tratamento 4, que corresponde ao uso de 2 litros de água por metro quadrado, foi o que apresentou melhor resultado já que não se diferiu do tratamento 5 quanto a intensidade de queima e altura de chamas o tornando mais viável ambientalmente e economicamente.

Palavras-chave: Incêndios Florestais; Combate a Incêndios; Intensidade de Queima.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivos gerais	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Incêndios florestais	4
2.2 Incêndios em florestas plantadas.....	4
2.3 Fatores que atuam sobre a ocorrência e propagação do fogo.....	5
2.4 Prevenção e combate a incêndios florestais.....	6
2.5 O uso da água no combate aos incêndios florestais.....	7
2.6 Retardantes de fogo.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Descrição da área de estudo	9
3.2 Procedimento de coleta de dados.....	9
3.3 Análise dos dados.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
4.1 Intensidade de queima.....	13
4.2 Altura de chama	15
5. CONCLUSÃO.....	18
6. REFERÊNCIAS.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados obtidos de cada tratamento.	13
Tabela 2. Intensidade média de queima de cada tratamento ($\text{Kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$).	13
Tabela 3. Altura de chama de cada tratamento (m).	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Disposição das parcelas. B) Dimensões da parcela.....	10
Figura 2. Modelo de aplicação do fogo e da água.....	11
Figura 3. Regressão da intensidade de queima pelo volume de água por m ²	14
Figura 4. Regressão da altura de chama pelo volume de água por m ²	16
Figura 5. Regressão da intensidade de queima pela altura de chama.....	16

1. INTRODUÇÃO

O fogo tem sido usado pela humanidade desde os primórdios da civilização como ferramenta de trabalho para limpeza de áreas para produção agrícola. De acordo com Miranda (2007), o fogo é utilizado no manejo de ambientes agrícolas e pastoris por ser mais viável economicamente e já estar inserido na cultura humana há milhares de anos.

Segundo Soares e Batista (2007), os incêndios florestais atingem grandes áreas florestais todos os anos no Brasil e no mundo, podendo ocorrer nos locais mais variados, gerando prejuízos econômicos, ambientais e paisagísticos.

Devido ao alto risco de incêndios, principalmente em florestas plantadas, é de grande importância o desenvolvimento de técnicas eficientes de prevenção e combate, como zoneamento de área de risco, cálculo de risco de incêndios a partir de dados meteorológicos.

As técnicas de prevenção são medidas aplicadas para diminuir as chances de ocorrência de incêndios, sendo mais vantajosa a sua prevenção que o seu combate. Entretanto, mesmo que exista um sistema de prevenção, existe a possibilidade de ocorrência de incêndios florestais. Nesse caso, é necessária uma atuação rápida e eficaz.

Além de possuir alto custo, o combate a incêndios florestais é uma atividade desgastante e que pode trazer sérios problemas à saúde do trabalhador que atua efetivamente no combate (FIEDLER, 2006).

Empresas e Unidades de Conservação contam com planos de prevenção e combate a incêndios, onde seus objetivos são evitar a ocorrência de incêndios, a conscientização da população e funcionários, a rápida detecção de focos de incêndios e disponibilidade de meios para o deslocamento e o combate rápido.

Alguns aspectos que possibilitam um combate mais rápido e preciso são: o treinamento da equipe de brigadistas, ferramentas e máquinas em boas condições de combate, confecção de aceiros, confecção e manutenção de estradas de acesso a zonas de risco, torres de vigilância, sistema de comunicação e disponibilidade de água.

Um elemento de grande importância para o combate aos incêndios florestais é a água, pois atua diretamente sobre um dos lados do triângulo do fogo, reduzindo o calor. Entretanto, muitas vezes, a falta desse recurso nas proximidades da

ocorrência do incêndio pode aumentar consideravelmente os custos do combate, uma vez que, quanto maior a distância para obtenção desse recurso, maiores serão os gastos com o transporte.

Existindo uma baixa disponibilidade de água, deve então fazer o uso de forma otimizada, visando diminuir os custos que são gerados no transporte da água.

Uma forma de aumentar a eficiência da água é utilizando retardantes de fogo, que são produtos químicos que adicionados a água aumentam a sua eficiência no combate. Porém os retardantes são produtos de preço elevado, sendo então necessária fazer uma avaliação de quando é mais viável economicamente fazer o transporte da água para o auxílio no combate e quando é mais viável a compra de retardantes.

O uso de retardantes também aumenta a eficiência de aceiros molhados, que são feitos para impedir ou diminuir a propagação do fogo.

1.1 O problema e sua importância

Os incêndios florestais causam todos os anos perdas ecológicas, problemas sociais e prejuízos econômicos no Brasil e no mundo. Técnicas de combate eficientes tendem a minimizar os danos causados pelos incêndios. Dessa forma, o uso racional e eficiente da água no combate dos incêndios florestais surge como uma alternativa para essa problemática.

É importante o estudo do uso da água de forma eficiente, ou seja, com o mínimo de perdas, uma vez que existe a baixa disponibilidade desse recurso nas proximidades das ocorrências e em muitos casos até mesmo sua escassez. Devido a essa escassez é importante quantificar o volume de água ideal a ser utilizado em um combate a incêndios sem que haja perda.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Analisar o efeito de diferentes volumes de água na realização de linha úmida para combater incêndios florestais de plantios de eucalipto.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar intensidade de queima.

Avaliar altura de chama.

Avaliar o melhor volume de água.

Quantificar o volume de água necessário em função da frente de fogo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Incêndios florestais

Para Velez (2000), incêndio florestal é o fogo descontrolado que queima uma floresta de forma natural ou intencional. Soares (1985) define fogo como fenômeno físico resultante da rápida combinação entre três elementos: oxigênio, calor e combustível (triângulo do fogo).

Incêndio florestal é caracterizado por uma combustão sem controle que avança consumindo os materiais combustíveis naturais de uma floresta, se alastrando livremente (BATISTA e SOARES, 2003), tendo sua ignição e propagação fortemente influenciada pelas alterações do ambiente, dos combustíveis vegetais, da topografia e variações climáticas como temperatura, vento, precipitação e umidade relativa (BATISTA, 2005).

Segundo Santos et al. (2006), o fogo é um dos principais causadores de danos as florestas no Brasil e no mundo, consumindo milhares de hectares todos os anos, ocasionando perdas econômicas, ambientais, sociais e até mesmo humanas.

Os incêndios florestais são responsáveis por inúmeros danos aos ecossistemas florestais e possuem grande importância ecológica por causa da sua influência na poluição atmosférica e nas mudanças climáticas, que têm impactos diretos e indiretos sobre os habitats e os ecossistemas (BATISTA, 2009).

O Brasil possui uma legislação abrangente sobre a questão de queimadas e incêndios florestais, que satisfaz as necessidades relacionadas à proteção legal do meio ambiente. Mas a proteção das florestas somente é efetiva quando feita através da prevenção, pois a melhor maneira de se combater um incêndio é evitando que ele ocorra (PARIZOTO, 2008).

2.2 Incêndios em florestas plantadas

De acordo com o Indústria Brasileira de árvores- IBÁ (2015), o Brasil possui 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas, que corresponde menos do que 1% do território brasileiro. Entre as espécies florestais cultivadas, destacam-se o Eucalipto, Pinus, Acácia, Araucária, Paricá e Teca.

Nos últimos 30 anos os incêndios florestais têm sido uma das grandes preocupações para os administradores de florestas plantadas. Eles ocorrem quando

alguns fatores associados à combustão e à propagação do fogo tornam-se favoráveis à ignição e ao espalhamento das chamas (NOGUEIRA et al., 2002). Para Parizotto (2008), incêndios florestais são as maiores ameaças para os povoados florestais e florestas nativas.

No Brasil 14 mil hectares de eucaliptos foram atingidos por incêndios entre os anos de 1994 e 1998 (SOARES e SANTOS, 2002). Já entre os anos de 1998 a 2002 a área atingida foi de aproximadamente 13,5 mil hectares, correspondendo a 30% dos incêndios sobre todas as vegetações em território nacional (SANTOS, 2006).

Segundo Soares (2000), as florestas plantadas são mais suscetíveis a ocorrência de incêndios se comparadas às florestas naturais, dado a maior incidência de vento e luminosidade, que diminuem a umidade no seu interior, possibilitando a maior chance de surgimento de focos.

2.3 Fatores que atuam sobre a ocorrência e propagação do fogo

As preocupações com incêndios são constantes nos meses de inverno e primavera pelo fato da ocorrência de baixa precipitação. Porém, com as variações climáticas e sazonalidade, esse período pode ser diferente (PEZZOPANE et al., 2001).

Soares (1992) destaca que os plantios de eucalipto são altamente suscetíveis a incêndios e que a grande disponibilidade de material combustível como a madeira, serrapilheira originados dos plantios e vegetação de sub-bosque que são encontrados em uma floresta é um fator que aumenta o risco de incêndios florestais.

Nas florestas, os materiais combustíveis são representados pela folhagem, arbustos, herbáceas, ramos, troncos mortos e restos provenientes do corte de árvores. Os materiais finos mortos, que constituem a serrapilheira, é o de maior importância na propagação dos incêndios florestais, pois sofrem rápida variação no seu teor de umidade em resposta às variações climáticas. Essa variação, condiciona de maneira decisiva a intensidade e a velocidade de propagação do fogo (MARTINS, 2010).

A temperatura do ar é outro fator que atua na combustão do material combustível e na propagação do fogo. Quanto mais elevada for a temperatura do ar, maior será a temperatura do material combustível e menor a necessidade de calor

para que este atinja a temperatura de ignição (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

A intensidade de um incêndio e a velocidade de propagação estão diretamente relacionados à umidade relativa, temperatura e velocidade do vento (NUNES, 2005).

A declividade atua sobre a propagação do fogo de forma direta, sendo que, quanto maior o grau de inclinação, maior é a velocidade de propagação do fogo, uma vez que a inclinação do terreno aproxima as chamas da frente do fogo ao material combustível o pré-aquecendo, tornando a troca de calor mais rápida, explicando assim a rápida propagação do fogo em aclives (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

2.4 Prevenção e combate a incêndios florestais

Segundo Botelho (1996), a prevenção é o conjunto de ações que visam evitar que um sinistro ocorra, minimizam os seus efeitos e prejuízos. Velez (2000), define a prevenção dos incêndios florestais como um conjunto de medidas que tem como objetivo reduzir a probabilidade de que o fogo inicie e limitar seus efeitos caso ele ocorra, ou seja, evitar o início ou dificultar a propagação. O mesmo autor ainda afirma que podemos classificar o modo de prevenção de incêndios em grupos: prevenção das fontes de ignição de fogo e prevenção da proliferação do fogo.

Existem diversas alternativas que podem ser usadas para diminuir a ocorrência de incêndios florestais. A prevenção ao fogo é importantíssima, pois, se a ocorrência de incêndios for totalmente prevenida, todos os danos produzidos pelo fogo, além dos custos de combate, seriam evitados. Afinal, um incêndio prevenido não precisa ser combatido e não causa nenhum dano (BATISTA,2009).

Existem ainda diversas técnicas de prevenção a ocorrência de incêndios, porém nem sempre a prevenção é capaz de evitar a sua ocorrência, principalmente por serem em sua maioria ocasionados intencionalmente. Dessa forma, existe grande necessidade de melhorias de técnicas e metodologias de combate (FIEDLER et al., 2015).

Uma vigilância eficiente é a primeira etapa para o sucesso do combate, pois quanto mais cedo o foco for detectado, menor será a frente do incêndio e,

consequentemente, menor a estrutura a ser empregada para o combate (Soares, 1985).

Para combater um incêndio florestal deve se ter como finalidade a eliminação de ao menos um dos componentes do triângulo do fogo (oxigênio, material combustível ou calor) (FIEDLER et. al., 2000). Soares (2000) e Velez (1991) citam o uso de práticas silviculturais preventivas como forma de controlar o material combustível presente no solo, reduzindo a probabilidade de ocorrência de incêndios em florestas plantadas. White et al. (2014) destaca também a importância de conhecer esse material combustível presente, pois seu manejo torna mais eficiente as ações de combate e prevenção dos incêndios florestais.

Para Ribeiro (2006), a construção de aceiros é uma alternativa viável e bastante utilizada no meio florestal, sendo uma estratégia valiosa de prevenção e combate. Rigolot (2002) atenta sobre a eficiência de um aceiro, que varia de acordo com a composição vegetal e estrutura do material combustível ao seu entorno, principalmente pelas características das espécies dominantes, como altura e aproximação entre as partículas do combustível. Nesse contexto, vários estratos da vegetação devem ser considerados, como árvores, arbustos, plantas herbáceas e serrapilheira.

Santos (2004) destaca a importância do conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais, principalmente levando-se em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber como o fogo surgiu.

2.5 O uso da água no combate aos incêndios florestais

A água é um dos elementos mais usados na extinção dos incêndios devido a sua alta capacidade de absorver calor. Quando aplicada de forma eficiente, é o meio mais econômico de se combater um incêndio. No combate aos incêndios florestais, o problema é como obter água em quantidade suficiente e como usá-la da maneira mais eficiente possível (BATISTA, 2009).

Uma das maiores dificuldades encontradas no combate aos incêndios florestais é a obtenção de água. Esse recurso, que se encontra cada vez mais escasso, muitas vezes se encontra em regiões distantes dos incêndios e de difícil disponibilidade, o que torna a atividade de alto custo (FIEDLER et al., 2015).

Sant' Anna, Fiedler e Minette (2007) e Batista (2009) destacam ainda o uso de retardantes químicos que têm como vantagem o aumento da eficiência de água na extinção do fogo, principalmente quando a água é escassa ou de difícil acesso.

2.6 Retardantes de fogo

Ribeiro et. al (2006) define retardante de fogo como um agente químico que pode ser utilizado sozinho ou junto com água para aumentar a eficiência da água no combate a incêndios, reduzindo ou eliminando a combustão de um determinado combustível e uma futura posterior propagação do fogo.

Segundo Pardo (2007) os retardantes têm a função de evitar a pirólise, transformando o combustível em um material não inflamável. Ressalta também que são aplicados sobre o material combustível para retardar ou impedir a combustão, sendo que sua ação não é interrompida após a evaporação da água. A fixação e durabilidade do produto permanece com até 4 mm de chuva, condições que o produto se mantém com todas as características retardantes por tempo indeterminado.

De acordo com Ribeiro et al (2006) os retardantes podem ser classificados em dois tipos de acordo com sua composição e propósito de uso:

- 1- Retardantes de curta duração – que atuam simplesmente pela intensificação da capacidade de extinção da água, através da maior retenção da água pelo combustível ou pelo retardamento da evaporação, ou ambos;
- 2- Retardantes de longa duração – que deixam resíduos de agentes inibidores da combustão sobre o material combustível depois de toda água ter sido evaporada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área de produção de florestas de eucalipto em uma propriedade rural particular situada no município de São José do Calçado, sul do estado do Espírito Santo, (20° 55' 55"S e 41° 37' 34" W). A propriedade se encontra em uma zona natural chuvosa, caracterizada por possuir temperaturas amenas, e relevo acidentado com declividades superiores a 8% (INCAPER, 2010). A área onde o trabalho foi desenvolvido é ocupada por cultivo de eucalipto com 7 anos de idade. As estradas não pavimentadas entre os plantios de eucalipto proporcionam acúmulo de material combustível seco.

3.2 Procedimento de coleta de dados

Para a realização do experimento foram montadas 18 parcelas, testando cinco quantidades diferentes de água em três repetições, além de uma testemunha, sem água pulverizada. Os tratamentos realizados foram com 0,5L; 1,0L; 1,5L; 2,0L e 2,5L.

As parcelas foram montadas realizando delineamento em parcelas inteiramente ao acaso ao longo da estrada de três metros de largura, sem declividade, dividindo a estrada em três partes iguais de um metro.

Para a padronização do experimento, todas as 18 parcelas foram montadas com o material combustível característico de plantio de eucalipto, ou seja, a serapilheira seca depositada no solo de forma natural, constituída de folhas secas e galhos de até 5 cm de diâmetro. A parte central recebeu no centro da estrada o material das duas outras partes com auxílio de rastelo, formando uma única leira com 1 metro de largura.

O teste foi realizado em uma estrada de um plantio de eucalipto de 7 anos de idade, sem declividade, com parcelas de 1,0 x 3,0 m de dimensão (Figura 1).



Figura 1. A) Disposição das parcelas. B) Dimensões da parcela.

Fonte: O autor

Antes de ser dada a ignição em um dos lados da parcela, foi aplicado de forma homogênea a água no espaço destinado (1,0 x 1,0 m), com o auxílio de uma adaptação de bico de bomba costal com garrafa pet.

A linha de fogo foi acesa em uma das extremidades da parcela (sem água pulverizada), de forma que o fogo percorresse na direção do local com água aplicada. A distância queimada referiu-se, apenas, à extensão que o fogo percorreu na parte da parcela com água. A parte da parcela sem o produto serviu apenas para a linha de fogo se estabelecer (Figura 3).

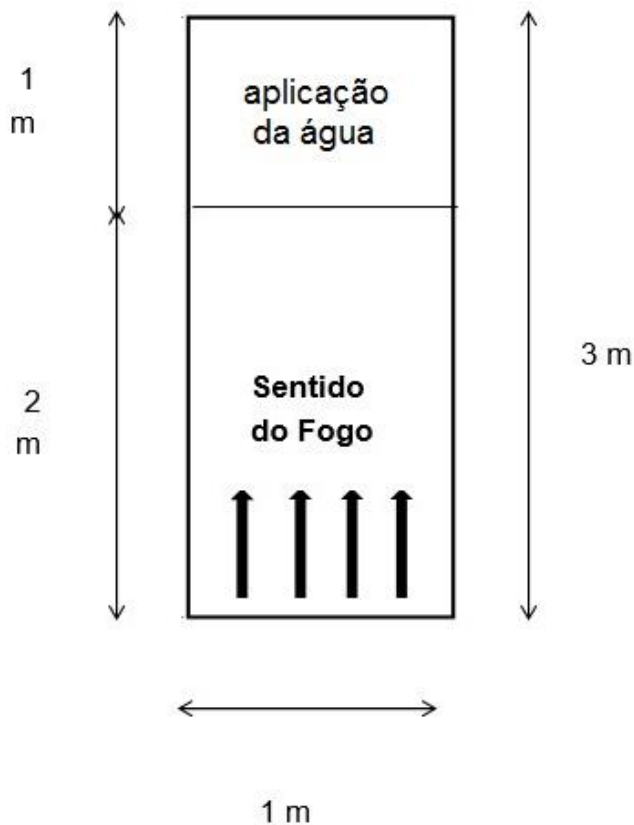


Figura 2. Modelo de aplicação do fogo e da água

Fonte: Sillas Mariano

Durante a queima de cada parcela (tratamento/repetição) foram realizadas as seguintes medições: velocidade do vento com auxílio de anemômetro, tempo gasto para o fogo queimar a parcela sem calda e tempo gasto para o fogo queimar a parcela com calda com auxílio de cronômetro e a distância que o fogo avançou na parcela com o produto.

Foi calculado a intensidade de queima que foi determinada pela equação de Byram (1959). (Equação 1).

$$I = H.w.r \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

I = intensidade de queima, ($\text{kcal.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$);

H = poder calorífico do material combustível dominante, (kcal);

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

r = velocidade de propagação do fogo, velocidade em que o fogo queimou a área de aplicação de água. (m.s^{-1})

Para determinação da umidade, foi utilizado um gabarito de 1m² que correspondeu a 2,5 kg de material combustível seco. Essa amostra de material foi levada para estufa a 65° C até peso constante para determinação da quantidade de matéria seca, umidade e determinação do poder calorífico.

3.3 Análise dos dados

Após o cálculo de intensidade de queima de cada parcela/repetição, procedeu-se a análise estatística através da análise de variância (ANOVA), o teste t de Tukey a 5% para a comparação de médias realizado pelo programa Assistat 7.7 e análise de regressão pelo programa office Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Intensidade de queima

A temperatura média medida durante a realização da coleta dos dados foi de 32,87° C e a velocidade média do vento foi de 2,02 m.s⁻¹ durante a realização do experimento.

Na Tabela 1 estão os dados obtidos das médias de tempo de queima, altura de chama e intensidade de fogo de cada tratamento analisado e a porcentagem de redução na altura de chama e intensidade de queima. A partir dessa tabela é possível observar a diferença entre cada tratamento.

Tabela 1. Resultados obtidos de cada tratamento.

Tratamentos	Tempo de queima (s)	Altura de chama (m)	Redução (%) Altura de chama	Intensidade de queima (Kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹)	Redução (%) Intensidade de queima
T1 0,5L	216,67	1,00	30,23	72,003	74,99
T2 1,0L	374,67	0,70	51,16	41,295	85,66
T3 1,5L	444,33	0,47	67,44	34,634	87,97
T4 2,0L	581,33	0,33	76,74	26,450	90,81
T5 2,5L	822,00	0,33	76,74	18,782	93,48
Testemunha	56,00	1,43		287,898	

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os tratamentos apresentaram uma redução superior a 70% na intensidade de queima em relação a testemunha como observado na Tabela 1. Já a altura de chama apresentou a sua redução entre 30% e 77%.

Observando os dados de intensidade de queima, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade inicialmente não mostrou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando diferença apenas dos tratamentos com a testemunha, que obteve um valor muito elevado (287,8979 Kcal.m⁻¹.s⁻¹) quando comparando com os valores obtidos dos tratamentos realizados. Foi então realizado um novo teste entre as médias dos tratamentos excluindo a testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Intensidade média de queima de cada tratamento (Kcal.m⁻¹.s⁻¹).

Tratamentos	Médias	Resultado do teste
T1 0,5L	72,00334	a
T2 1,0L	41,29498	b
T3 1,5L	34,63438	b
T4 2,0L	26,44994	bc
T5 2,5L	18,78167	c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, entre tratamentos pelo Teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 2, os melhores resultados foram os tratamentos com 2,5L e 2L, pois apresentaram as menores intensidades de queimas e não se diferenciaram entre si, seguidos pelos tratamentos de 1,5L e 1L. O tratamento de 0,5 L foi o resultado mais baixo obtido tendo um valor bem próximo do encontrado por Fiedler et al. (2015).

A menor intensidade de queima correspondeu ao tratamento 5 de 2,5L.m² com 18,781 Kcal.m⁻¹.s⁻¹, valor equivalente a 15,33 vezes menor que a testemunha.

Fiedler et al. (2015) comparando a eficiência de diferentes retardantes obteve como melhores resultados os retardantes HMIS 1-0-0 DPnb e WD 881 com intensidade de queima igual a 48,613 Kcal.m⁻¹.s⁻¹ e 54,296 Kcal.m⁻¹.s⁻¹, respectivamente, em calda de 0,5L com concentração de 0,5% valores próximos ao tratamento 2 que com 1L.m⁻² apresentou intensidade de queima de 41,294 Kcal.m⁻¹.s⁻¹. É possível observar que a o uso desses retardantes a 0,5% em 0,5L.m⁻² é equivalente ao uso de 1L.m⁻² podendo então no combate a um incêndio fazer a opção entre essas duas opções, levando em consideração a disponibilidade de água e o preço do retardante, para um combate mais eficiente e com menor custo.

Conforme a representação gráfica da regressão linear (Figura 3), é possível ver o comportamento da intensidade de queima em relação ao volume de água aplicado

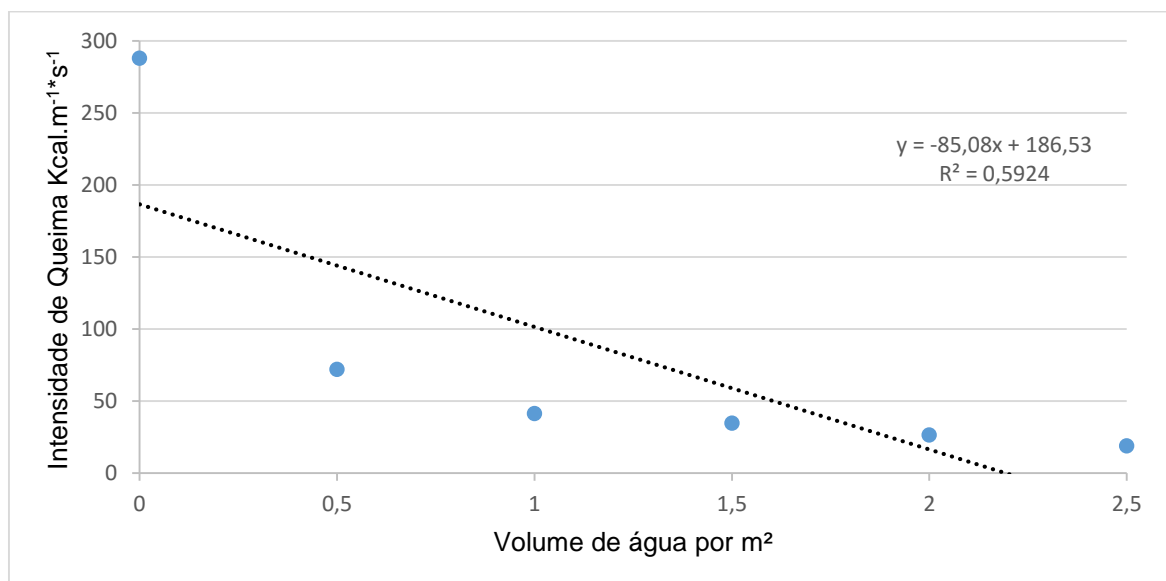


Figura 3. Regressão da intensidade de queima pelo volume de água por m².

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 representa o gráfico de regressão da intensidade de queima onde o valor de $R^2=0,5924$, representa que há 59,24% de correlação entre as variáveis, ou seja, 59,24% da variação de intensidade de queima é causada pelo volume de água aplicado por metro quadrado.

4.2 Altura de chama

Na tabela 3 é possível observar a diferença estatística da altura de chama a partir do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os melhores resultados obtidos foram os tratamentos T3, T4 e T5 com altura de chama entre 0,46 a 0,33 m respectivamente, onde não apresentaram diferença estatística entre si, seguidos pelos demais tratamentos.

Tabela 3. Altura de chama de cada tratamento (m).

Tratamentos	Médias	Resultado do teste
T1 0,5L	1,00	b
T2 1,0L	0,70	bc
T3 1,5L	0,46	cd
T4 2,0L	0,33	d
T5 2,5L	0,33	d
Testemunha	1,43	a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, entre tratamentos pelo Teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados da pesquisa.

Batista et al. (2007) analisando o retardante *LICET-F*, obteve valores de altura de chama igual a 0,76m na avaliação apenas com 1L de calda, obtendo o resultado bem próximo do observado no atual trabalho. Com o uso do retardante a 15% obteve a altura de chama igual 0,21m, uma redução de 72% enquanto o uso de 2,0 e 2,5L teve uma redução de 76%.

Comparando os resultados obtidos por Batista et al. (2007), é possível ver que o uso de 15% reduziu ao mesmo nível a altura de chama que o reduzido pelos tratamentos 4, porém com o uso de 1L a menos de água. Para o uso em um combate, pode-se então fazer a opção da aplicação de dos $2L.m^{-2}$ ou $1L.m^{-2}$ com 15% do retardante *LICET-F* levando em conta a disponibilidade de água.

Analisando a altura de chama por meio de gráfico de regressão linear (Figura 4), observou-se que, o aumento de água aplicada resultou na diminuição da altura de chama.

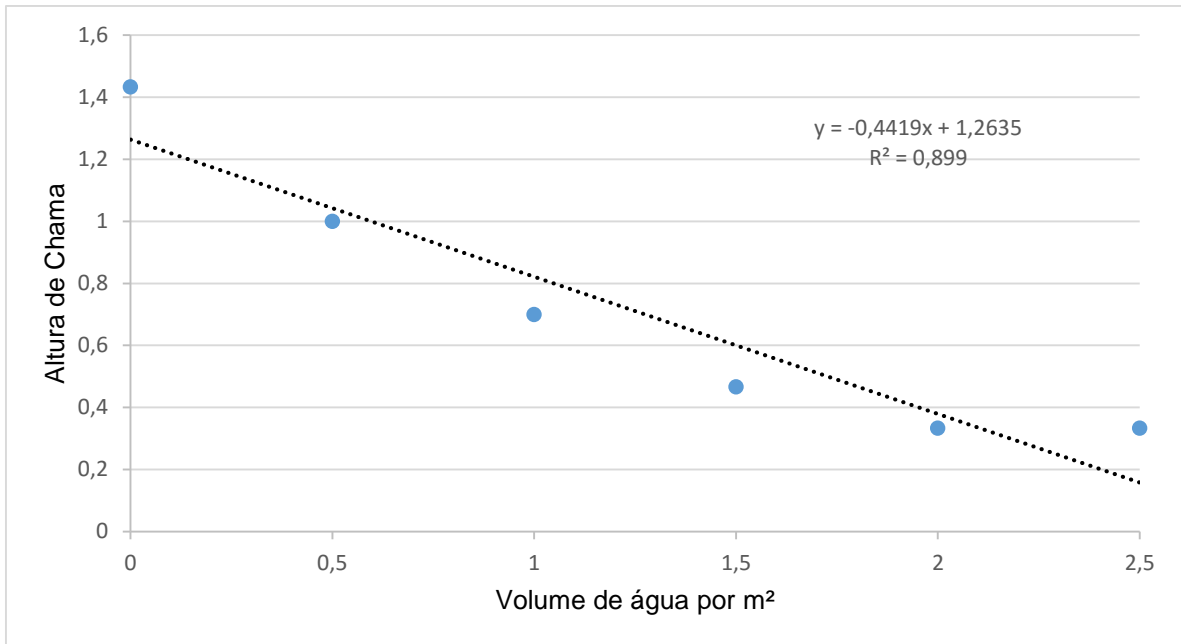


Figura 4. Regressão da altura de chama pelo volume de água por m².
Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 4 é observado a relação da altura de chama de acordo com o volume de água, onde 89,99% da variação da altura de chama é causada pelo volume de água aplicado no tratamento.

Depois de analisada a intensidade de queima e altura de chama em função do volume de água aplicado por tratamento, foi analisado por meio de regressão a relação entre a intensidade de queima e a altura de chamas (Figura 5).

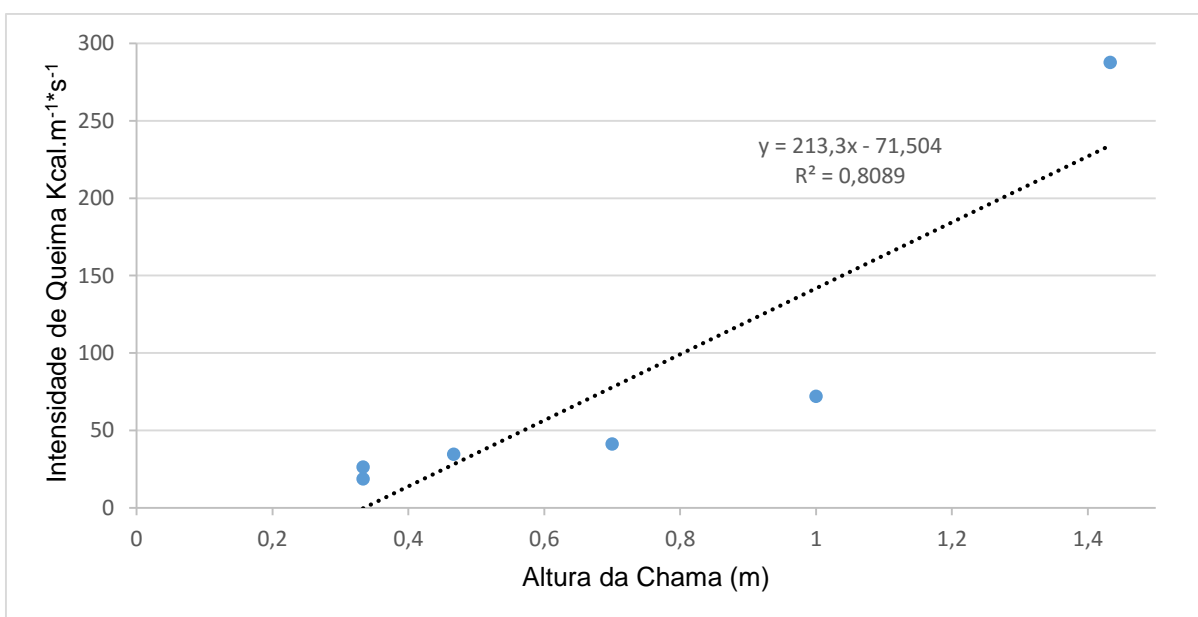


Figura 5. Regressão da intensidade de queima pela altura de chama.
Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da Figura 5 observa-se que existe uma relação de 80,89% da intensidade de queima e altura de chama, onde quanto maior a altura da chama, maior foi a intensidade de queima. MACHADO FILHO et al. (2012) também observou que a quanto maior a altura de queima, maior a intensidade de queima obtida.

Os tratamentos 4 e 5 não se diferenciaram estatisticamente e foram os que apresentaram melhores resultados, sendo mais viável economicamente o tratamento 4, usando 2L de água por m², uma vez que, utilização da água deve ser otimizada no combate aos incêndios florestais.

A partir do encontrado neste estudo, obteve que o valor ideal para o combate aos incêndios é de 2L de água por m² sendo então indicado 20 000L por ha de linha de fogo.

De acordo com a disponibilidade de água e o valor no seu transporte, pode ser feito o uso de retardantes para aumentar a eficiência da água, porém só será economicamente viável o uso de retardantes se o custo para adquiri-lo for menor que o valor do transporte da água.

5. CONCLUSÃO

Ao analisar os diferentes volumes de água aplicado por m², chegou-se a conclusão que:

O tratamento 4, que corresponde ao uso de 2 litros de água por metro quadrado, é o mais adequado e indicado para o combate a incêndios florestais, uma vez que, não se diferiu do tratamento 5 quanto a intensidade de queima e altura de chamas com o menor uso da água, o que o torna mais viável ambientalmente e economicamente.

Aumentando a escala, o indicado para 1 hectare de frente de fogo é indicado o uso de 20 mil litros de água.

A intensidade de queima respondeu como o esperado, diminuindo os seus valores de acordo com o aumento no volume de água por m², com os melhores valores obtidos pelos tratamentos 4 e 5.

A altura de queima também apresentou valores menores de acordo com o aumento do volume de água aplicado, com valores estatisticamente semelhantes para os tratamentos 3, 4 e 5.

Observou-se também que a diminuição da altura de chama resultou numa menor intensidade de queima.

6. REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, v. 30, n. 12, dez. 2005.

BATISTA, A. C. O uso dos retardantes no combate aéreo aos incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, p. 5-10, 2009.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; IMAGUIRE, K. "LICET-F", retardante de longo prazo: relatório de avaliação da eficiência do retardante no combate a incêndios florestais. CURITIBA: UFPR; 2007.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003. 52 p.

BOTELHO, H. S. **Efeitos do fogo controlado em árvores de povoamento jovens de *Pinus pinaster***. Vila Real, Portugal: UTAD, 1996.

BYRAM, G.M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K.P. **Forest fire - control and use**. New York: Mc Graw Hill, 1959. p. 77-84.

FIEDLER, N.C.; SILVA, J.C.; SANTIAGO, J.; MEDEIROS, M.B. Combate aos incêndios florestais. In: **Revista Comunicações Técnicas Florestais**, v.1. n.2. Brasília. 2000. 36 p.

FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, T. O.; MEDEIROS, M. B. de. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do Distrito Federal: estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 55-63, fev. 2006 .

FIEDLER, N. C., CANZIAN, W. P., MAFIA, R. G., RIBEIRO, G. A., & JUNIOR, J. K. INTENSIDADE DE QUEIMA DE DIFERENTES RETARDANTES DE FOGO. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 691-696, ago. 2015.

Indústria brasileira de árvores (IBA). **Relatório IBÁ 2015**. Disponível em: <http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acessado em 02 mai. 2016.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural 2010**. Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Caparao/Sao_Jose.pdf>. Acessado em 22 abr. 2016.

MACHADO FILHO, C., MARTINS, M. C., RIBEIRO, G. A., LIMA, G. S., CARDOSO, M. T., TORRES, C. M. M. E., & PINTO, F. B. Eficiência de um retardante de fogo de longa duração utilizado em incêndios florestais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 365-371, 2012.

MARTINS, S.R. 2010. **Incêndios Florestais: Comportamento, Segurança e Extinção**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em ciência do Risco). Universidade de Coimbra. COIMBRA 2010.

MIRANDA, E. E. **Quando o Amazonas corria para o Pacífico**. Petrópolis. ed. Vozes, 2007. 253 p.

NOGUEIRA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. P. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com o auxílio do SIG. **Revista Árvore**. Viçosa/MG, v.26, n. 3, p.363-369. 2002.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. Curitiba, 2005, 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PARDO, J. M. **Retardantes terrestres, uma novidade em La lucha de incêndios forestales**. IV Simpósio Sul Americano sobre prevenção e combate a incêndios florestais e 8ª Reunião técnica conjunta SIF/FUPEF/IPEF sobre controle de incêndios florestais. Belo Horizonte, 2007.

PARIZOTTO, W., SOARES, R., BATISTA, A., SOUSA, N.; Controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 651-662, out./dez. 2008.

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VILELA, M. F. Risco de incêndio em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. **Floresta e Ambiente**, v.8. n.1, p.161-166, 2001.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S.; CAMARGOS, V. L.; MAGALHAES, M. U. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, v. 30, p. 1025-1031, 2006.

RIGOLOT, E. VIEGAS, D. X. Fuel-break assessment with an expert appraisal approach. In: **Forest fire research and wildland fire safety: Proceedings of IV International Conference on Forest Fire Research 2002 Wildland Fire Safety Summit, Luso, Coimbra, Portugal, 18-23 November 2002**. Millpress Science Publishers, 2002.

SANT'ANNA, C.M.; FIEDLER, N.C.; MINETTE, L.J. **Controle de incêndios florestais**. Alegre, ES. Os Editores, 2007. 152 p.

SANTOS, J. F. **Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002**. 2004, 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93 - 100, 2006.

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

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**. Curitiba, v.22, n.1/2, p.39-53, 1992.

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

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 32, n. 2, p. 219-225, 2002.

SOARES, R.V. Novas tendências de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta** v. 30, n.1/2, p. 11-21, 2000.

VELEZ, R. M. **La defensa contra incêndios forestales – fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw-Hill, 2000.

VELEZ, R. M. Uso del fogo en silvicultura. Paris, **Actas del 10 Congresso Forestal Mundial**, v. 2, p. 461-470, 1991.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. de S.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n. 3, p. 699-706, 2014.