

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA – CBMSC  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR-CEBM  
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR - ABM**

**FERNANDO IRENO VIEIRA**

**COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL:  
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE RETARDANTES  
QUÍMICOS DE CURTA E DE LONGA DURAÇÃO E AVALIAÇÃO DE SEUS  
EFEITOS SOBRE A REDUÇÃO DA INTENSIDADE DO FOGO EM VEGETAÇÃO,  
EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.**

**FLORIANÓPOLIS  
AGOSTO 2011**

**Fernando Ireno Vieira**

**Combate a incêndio florestal:  
Determinação do Índice de Eficiência Global de retardantes químicos de curta e de longa duração e avaliação de seus efeitos sobre a redução da intensidade do fogo em vegetação, em condições de laboratório.**

Monografia apresentada como pré-requisito para a conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

**Orientador: Capitão BM Walter Parizotto.**

**Florianópolis  
Agosto 2011**

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na fonte

---

L769c      Vieira, Fernando Ireneo  
              Combate a incêndio florestal : determinação do índice de eficiência global em retardantes químicos de curta e de longa duração e avaliação de seus efeitos sobre a redução da intensidade do fogo em vegetação, em condições de laboratório. / Fernando Ireneo Vieira. – Florianópolis : CEBM, 2011.  
              78 f.: il.

1. Incêndio florestal. 2. Retardantes químicos. 3. Intensidade do fogo. 4. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. II. Título.

---

CDD 363.377

Ficha catalográfica elaborada pelas Bibliotecárias Marchelly Porto CRB 14/1177 e Natalí Vicente CRB 14/1105

Fernando Ireno Vieira

Combate a incêndio florestal: Determinação do Índice de Eficiência Global de retardantes químicos de curta e de longa duração e avaliação de seus efeitos sobre a redução da intensidade do fogo em vegetação, em condições de laboratório.

Monografia apresentada como pré-requisito para a conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 01 de Agosto de 2011.

---

Capitão BM Walter Parizotto, MSc.  
Orientador

---

Capitão BM Hilton de Souza Zeferino  
Membro da Banca Examinadora

---

1° Tenente BM Marco Antônio Eidt  
Membro da Banca Examinadora

*Dedico este trabalho a todos os bombeiros que,  
diariamente, travam batalhas colossais contra o  
fogo, nos combates aos incêndios florestais.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar condições físicas e mentais para esta conquista, por iluminar e traçar caminhos de vitórias na minha vida e por me proporcionar lucidez e sabedoria em minhas decisões e escolhas;

Aos meus pais, pelo apoio incondicional e por nunca terem deixado faltar qualquer coisa em minha vida, principalmente amor.

A minha irmã, que sempre me trouxe incentivo para me manter forte e otimista em busca de meus objetivos.

A Aline Rodrigues, uma joia rara que tive o prazer e o privilégio de encontrar, e que hoje ocupa a parte mais preciosa do meu coração.

Ao meu orientador, pela dedicação, conhecimento e experiência transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

A todos os amigos e colegas de classe do Curso de Formação de Oficiais do CBMSC.

A todos os instrutores, que com dedicação e empenho nos transmitiram parte de seus conhecimentos.

Aos Oficiais, Praças e funcionários civis do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

A todos os colegas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina.

E, finalmente, a todos que participaram, direta ou indiretamente, desta conquista.

*“Respeitar as opções dos outros, em qualquer aspecto, é uma das maiores virtudes que um ser humano pode ter. As pessoas são diferentes, agem diferente, e pensam diferente. Por isso nunca julgue, apenas compreenda”.*

*(Autor desconhecido)*

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de levantar referencial teórico sobre combate aos incêndios florestais. Aborda suas causas, seus tipos, suas formas de prevenção, os materiais e equipamentos utilizados, os métodos de combate e as partes de um incêndio florestal. Versa também sobre o comportamento do fogo nestes incêndios, citando seus parâmetros e os fatores que afetam seu comportamento. Tem como foco principal, o uso de retardantes químicos no combate aos incêndios florestais, conceituando e diferenciando os dois tipos de retardantes químicos utilizados, além de descrever alguns requisitos necessários para sua utilização no Brasil. Apresenta ainda como escopo a avaliação da eficiência do retardante de curta duração Phos Chek WD 881 e dos retardantes de longa duração Phos Chek G -75 e LICET-F, além de analisar a influência destes na redução da intensidade do fogo em vegetação, em condições de laboratório. A pesquisa caracteriza-se por ser exploratória, tendo como método de abordagem, o dedutivo, tanto de forma qualitativa quanto quantitativa. Está dividida em duas partes, uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa experimental. Na primeira, consultaram-se apostilas, revistas, manuais, dissertações, entre outros materiais de apoio. Na segunda, foi utilizada a metodologia da determinação do Índice de Eficiência Global, realizando-se o experimento em uma plataforma de queima, e analisando a evolução do fogo na vegetação, com e sem a aplicação dos produtos retardantes. Determinou-se que, em média, o Índice de Eficiência Global do Phos Chek WD 881 foi de 73,94 %, o do Phos Chek G - 75 foi de 73,49 % e o do LICET-F foi de 74,89 %. Ainda, que a redução da intensidade do fogo na vegetação foi, na média dos três produtos, de 95,47 %. Com isso a pesquisa possibilitou juntar material teórico de referência de combate a incêndio florestal e concluir que os três produtos retardantes analisados oferecem eficiência satisfatória para uso no combate aos incêndios florestais, pois apresentaram, como resultados, efeitos supressantes em 100 % das queimas realizadas. Concluiu-se também que o uso destes retardantes químicos tem influência direta na redução da intensidade do fogo, pois diminuem consideravelmente o comprimento das chamas.

**Palavras-chave:** Incêndio florestal; Retardante químico; Intensidade do fogo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Partes de um incêndio florestal.....	28
Figura 2:	Croqui da divisão da plataforma de queima.....	49
Figura 3:	Plataforma de queima. ....	50
Figura 4:	Progressão da terceira queima na análise da eficiência do Phos Chek WD 881.....	58
Figura 5:	Progressão da terceira queima na análise da eficiência do Phos Chek G -75.....	62
Figura 6:	Progressão da terceira queima na análise da eficiência do LICET-F.....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Distância de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek WD 881 .....	56
Gráfico 2:	Tempo de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek WD 881 .....	56
Gráfico 3:	Índices de eficiência do retardante Phos Chek WD 881 .....	58
Gráfico 4:	Distância de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek G – 75 .....	60
Gráfico 5:	Tempo de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek G – 75.....	60
Gráfico 6:	Índices de eficiência do retardante Phos Chek G – 75 .....	62
Gráfico 7:	Distância de queima sobre a área de aplicação do LICET-F.....	64
Gráfico 8:	Tempo de queima sobre a área de aplicação do LICET-F.....	64
Gráfico 9:	Índices de eficiência do retardante LICET-F.....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação entre intensidade do fogo e comprimento das chamas, com a forma de combate .....	37
Quadro 2: Classificação da velocidade de propagação do fogo .....	39
Quadro 3: Descrição do experimento .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do Phos Chek WD 881.....	55
Tabela 2:	Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do Phos Chek WD 881 .....	57
Tabela 3:	Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do Phos Chek G – 75 .....	59
Tabela 4:	Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do Phos Chek G – 75 .....	61
Tabela 5:	Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do LICET-F.....	63
Tabela 6:	Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do LICET-F .....	65
Tabela 7:	Intensidade e redução da intensidade do fogo dos três produtos analisados.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS

cm – Centímetros

Kcal – Quilocaloria

Kcal.Kg<sup>-1</sup> – Quilocalorias por quilogramas

Kcal.m<sup>-2</sup> – Quilocalorias por metro quadrado

Kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> – Quilocalorias por metro e por segundo

Kg – Quilograma

Kg.m<sup>-2</sup> – Quilogramas por metro quadrado

Kg.m<sup>-3</sup> – Quilogramas por metro cúbico

L.m<sup>-2</sup> – Litros por metro quadrado

m – Metros

mL – Mililitros

mL.L<sup>-1</sup> – Mililitros por litro

mL.m<sup>-2</sup> – Mililitros por metro quadrado

m.s<sup>-1</sup> – Metros por segundo

seg – Segundos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>18</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	18
1.1.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>1.2 Metodologia .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>19</b>
<b>2 COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Causas dos incêndios florestais .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Componentes do fogo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Fases da combustão nos vegetais .....</b>	<b>23</b>
2.3.1 Pré-aquecimento .....	24
2.3.2 Destilação ou gasosa .....	24
2.3.3 Incandescência ou carbonização .....	24
<b>2.4 Mecanismos de transferência de calor .....</b>	<b>25</b>
2.4.1 Radiação .....	25
2.4.2 Convecção .....	25
2.4.3 Condução .....	25
<b>2.5 Tipos de incêndio florestal .....</b>	<b>26</b>
2.5.1 Incêndios florestais subterrâneos .....	26
2.5.2 Incêndios florestais de superfície .....	26
2.5.3 Incêndios florestais de copa .....	27
<b>2.6 Partes do incêndio florestal .....</b>	<b>27</b>
<b>2.7 Materiais e equipamentos .....</b>	<b>29</b>
<b>2.8 Prevenção dos incêndios florestais .....</b>	<b>29</b>
2.8.1 Prevenção das fontes de fogo .....	30
2.8.2 Prevenção da propagação do fogo .....	31
<b>2.9 Métodos de combate a incêndio florestal .....</b>	<b>31</b>
2.9.1 Método direto .....	31
2.9.2 Método indireto .....	32
2.9.3 Método paralelo .....	32
2.9.4 Método aéreo .....	32

<b>3 COMPORTAMENTO DO FOGO NOS INCÊNDIOS FLORESTAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Fatores que afetam o comportamento do fogo nos incêndios florestais .....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Topografia .....	34
3.1.2 Condições meteorológicas .....	35
3.1.3 Tipos de vegetação .....	35
<b>3.2 Parâmetros do comportamento do fogo nos incêndios florestais .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Intensidade do fogo .....	36
3.2.2 Comprimento das chamas .....	37
3.2.3 Velocidade de propagação do fogo.....	38
3.2.4 Energia ou calor liberado na combustão.....	39
<b>4 RETARDANTES QUÍMICOS NO COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL ....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Retardantes químicos de curta duração .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 Retardantes químicos de longa duração.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3 Requisitos para o uso de retardantes químicos no combate a incêndio florestal.</b>	<b>45</b>
4.3.1 Testes de eficiência .....	46
4.3.2 Testes de toxicidade .....	46
4.3.3 Determinação da dosagem ideal para aplicação .....	46
4.3.4 Propriedades Físicas .....	46
4.3.5 Efeitos sobre os equipamentos de aplicação .....	46
4.3.6 Testes de estabilidade durante a estocagem e armazenamento .....	47
4.3.7 Testes operacionais em condições de campo .....	47
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1 Produtos analisados .....</b>	<b>48</b>
5.1.1 Retardante de curta duração .....	48
5.1.2 Retardantes de longa duração .....	48
<b>5.2 Plataforma de queima .....</b>	<b>49</b>
<b>5.3 Descrição do experimento .....</b>	<b>50</b>
<b>5.4 Método para avaliação da eficiência dos retardantes químicos .....</b>	<b>51</b>
<b>5.5 Método para a avaliação da redução da intensidade do fogo .....</b>	<b>53</b>
<b>5.6 Materiais .....</b>	<b>54</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>6.1 Análise do retardante de curta duração Phos Chek WD 881 .....</b>	<b>55</b>
<b>6.2 Análise do retardante de longa duração Phos Chek G – 75 .....</b>	<b>59</b>

<b>6.3</b>	<b>Análise do retardante de longa duração LICET-F .....</b>	<b>63</b>
<b>6.4</b>	<b>Análise conjunta dos resultados .....</b>	<b>67</b>
<b>6.5</b>	<b>Análise da redução da intensidade do fogo .....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES.....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Batista (2004), os incêndios florestais são uma das catástrofes mais graves que ocorrem em todo o mundo, não somente pela elevada frequência com que acontecem e dimensões que alcançam, como também pelos efeitos destruidores que causam. Consomem milhares de hectares de florestas em todo mundo a cada ano, ocasionando efeitos de grande impacto, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Tem influência direta sobre o aquecimento global, pois um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), é liberado em enormes quantidades por estes incêndios. Segundo Parizotto et al. (2006, p. 651), “atualmente os incêndios florestais tem atingido níveis preocupantes, pois ameaçam a manutenção da biodiversidade, o rendimento sustentado das florestas, as benfeitorias e até mesmo vidas humanas”.

Os incêndios florestais podem causar danos diretos ou indiretos aos animais que vivem na floresta. Diretos, através da morte dos animais que não conseguem escapar do fogo. Indiretos, pelas modificações provocadas ao habitat dos animais principalmente no que se refere à alimentação e abrigo. De acordo com Rodrigues (2008), os incêndios em vegetações são um dos maiores responsáveis pela destruição de habitats naturais dos animais em todo o mundo e, conseqüentemente, uma das maiores causas da extinção de espécies.

Santos (2009) afirma que os incêndios florestais são causa de prejuízos incalculáveis ao meio ambiente, pois além da destruição total ou parcial das árvores também pode eliminar espécies inteiras.

Incêndios de grande intensidade, ou mesmo de média intensidade, repetindo-se periodicamente em um mesmo local, podem provocar sérios danos ao solo. Para Soares (1995), o fogo pode gerar o empobrecimento do solo, pois as queimas volatilizam ou dispersam quase toda a matéria orgânica e reduzem o capital de nutrientes do mesmo, sem permitir a sua recomposição.

Além dos danos à vegetação, à fauna, ao solo e ao ar atmosférico, os incêndios podem danificar outras propriedades tais como casas, construções, veículos e equipamentos diversos. Porém, o que mais preocupa são os danos causados à vida humana, os quais podem não somente estar representado por graves ferimentos, como também pela morte de pessoas, envolvidas ou não no combate ao fogo.

De acordo com Batista e Soares (2006), um incêndio florestal no Paraná, em 1963, resultou em 110 mortes, outro incêndio, o do Parque do Rio Doce, em Minas Gerais, no ano de 1967, provocou a morte de 12 pessoas, e em 1988, incêndios abrangendo o território

de quatro estados brasileiros (Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul) mataram outras 08.

Diante das perdas anuais decorrentes do fogo em vegetação, com a aceleração da ocupação humana em áreas antes não habitadas e o aumento das consequências ambientais e econômicas dos incêndios florestais, surgiu a necessidade de que estratégias e instrumentos fossem buscados em outros países e adaptados de modo a aumentar a eficiência do combate a esses incidentes no Brasil (RIBEIRO, 2011).

Além disto, durante o desenrolar de uma ocorrência de incêndio florestal, que pode levar horas, senão dias, para se extinguir totalmente o fogo, os bombeiros envolvidos no combate, quase sempre, são submetidos a um longo período de combate as chamas, ocasionando assim um possível estresse físico e mental. Neste sentido, Medeiros (2002) diz que nos incêndios florestais, os combatentes quase sempre trabalham em locais de difícil acesso e locomoção, além de serem submetidos frequentemente a jornadas estafantes, utilizando equipamentos em quantidade insuficiente ou de eficiência duvidosa para o tipo de combate a ser travado.

Dessa forma, o homem vem, ao longo do tempo, buscando novas tecnologias, como ferramentas, equipamentos, produtos, sistemas de planejamento e de aquisição, armazenamento e manejo de dados, visando o controle dos incêndios florestais e um combate com mais celeridade, mais eficiência e com o menor desgaste do combatente.

Uma das formas de promover isto pode ser através da implantação do uso de retardantes químicos nas atividades de combate aos incêndios florestais. Pois estes produtos são fabricados para obterem como principal característica a capacidade de suprimir as chamas e bloquear a passagem do fogo, e podem ser utilizados nas ações de combate direto, indireto e de maneira preventiva nos incêndios florestais.

Ribeiro (2011) diz que a combinação entre a utilização e a eficiência dessa tecnologia, já disponíveis no mercado brasileiro, no entanto, ainda não encontra consenso entre pesquisadores e usuários, tendo em vista o pouco conhecimento e domínio existente sobre o assunto e os altos custos atuais para sua utilização.

Batista (2009) afirma que no Brasil, o uso de retardantes químicos ainda é incipiente. Esta técnica oferece grandes possibilidades de sucesso na inibição e extinção do fogo. No entanto, existem ainda muitas incertezas relacionadas com sua eficiência e a capacidade operacional, devido à falta de conhecimento sobre o seu comportamento no ambiente, ao se usar em larga escala.

No Estado de Santa Catarina, conforme prevê a Constituição Estadual, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) é o órgão responsável pela realização de serviços de combate a incêndio. O inciso I, do artigo 108 da Constituição Estadual, assim dispõe:

Art. 108. O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em Lei:

I – **realizar os serviços** de prevenção de sinistros ou catástrofes, **de combate a incêndio** e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar (SANTA CATARINA, 1989, p. 29, grifo nosso).

Dessa forma, o CBMSC emprega homens e materiais para o atendimento das ocorrências de incêndio em vegetação. Entretanto, nas ocorrências de maior amplitude, exige-se uma demanda de muitos bombeiros para a obtenção do êxito no combate, deixando desguarnecidas as Organizações de Bombeiro Militar (OBM) da região.

No intuito, portanto, de otimizar os recursos disponíveis – muitas vezes escassos – aparecem os retardantes químicos que, para além da otimização, visam potencializar a ação da água em combate, além de preservar, sob certo ponto de vista, a integridade física do combatente.

Em Santa Catarina, são raras as guarnições de bombeiros militares que fazem uso de retardantes químicos para o combate a incêndio em vegetação. Pois, na maior parte do Estado, o uso destes produtos ainda é novidade, portanto, sua eficiência no combate aos incêndios florestais torna-se duvidosa por parte dos combatentes.

Vale destacar, apesar do clima de desconfiança: o que se torna mais importante no uso dos retardantes químicos, é que sua aplicação nas ações de combate aos incêndios visa alterar uma realidade de impossibilidade de combate, criando-se uma outra realidade, a qual permita a aproximação e a extinção do fogo (CUNHA, 2010).

Diante do exposto, faz-se necessário, primeiramente, verificar a eficiência destes produtos através de testes laboratoriais ou em campo. E, caso a eficiência destes produtos seja realmente confirmada, cabe ao CBMSC estudar a possibilidade de ampliar a sua utilização pelas guarnições de combate a incêndios florestais.

Neste trabalho encontram-se conceitos fundamentais sobre incêndio florestal, suas principais causas, seus tipos, suas formas de propagação. Fala sobre o comportamento do fogo e traz também conceitos importantes sobre retardantes químicos, seus tipos, sua ação sobre a vegetação, e alguns requisitos para sua utilização no Brasil. Apresenta ainda um ensaio prático verificando a eficiência de três produtos retardantes de fogo.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo reunir, em um documento, dados sobre combate a incêndio florestal, comportamento do fogo e o uso de retardantes químicos no combate a incêndio florestal. Também verificar, através de ensaios de laboratório, a eficiência de três retardantes químicos, e os efeitos de seu uso quanto à redução da intensidade do fogo em vegetação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar referencial teórico sobre combate a incêndio florestal, comportamento do fogo e sobre o uso de retardantes químicos em incêndios florestais.
- Verificar, através de ensaios de laboratório, a eficiência do retardante químico de curta duração Phos Chek WD 881, na redução da velocidade de propagação do fogo, na diminuição do comprimento das chamas e na preservação da massa da vegetação.
- Verificar, através de ensaios de laboratório, a eficiência dos retardantes químicos de longa duração Phos Chek G -75 e LICET-F, na redução da velocidade de propagação do fogo, na diminuição do comprimento das chamas e na preservação da massa da vegetação.
- Apontar, através dos resultados dos ensaios laboratoriais, qual dos dois retardantes químicos de longa duração analisados se mostra mais eficiente.
- Avaliar a redução da intensidade do fogo, comparando os valores de intensidade obtidos nas queimas realizadas sem a aplicação de retardantes, com os respectivos valores obtidos nas queimas com aplicação dos mesmos.
- Apontar a influência do uso de retardantes químicos na redução da intensidade do fogo e sua importância no controle dos incêndios florestais.

## **1.2 Metodologia**

Este trabalho apresenta o tipo de pesquisa, quanto aos objetivos, uma pesquisa exploratória, e tem como característica o fato de apresentar dois tipos de procedimentos técnicos. O primeiro se trata de uma fundamentação teórica através de pesquisa bibliográfica e o segundo de uma pesquisa experimental.

Na primeira parte, a elaboração da fundamentação teórica possui caráter pesquisa bibliográfica, que Lakatos e Marconi (2005) conceituam como o método de levantar informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliar e filtrar os dados, de acordo com o propósito basilar da pesquisa.

A segunda parte envolve uma pesquisa experimental, que Gil (2002) define como sendo a determinação de um objeto de estudo, e a partir dele selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, e definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

O trabalho apresenta ainda como método de abordagem, o dedutivo, e como método de procedimento, o monográfico. O primeiro, Lakatos e Marconi (2005) definem como o método que parte de teorias e leis mais gerais para a ocorrência de fenômenos particulares e o segundo como o estudo sobre um tema específico, que tenha suficientemente um valor representativo e que obedece a uma metodologia definida. A abordagem aplicada foi qualitativa e quantitativa. No tratamento estatístico dos dados utilizou-se o cálculo das médias e desvio padrão.

Por fim, o embasamento teórico foi construído através revisão bibliográfica utilizando-se de dados secundários, que são dados que já se encontram disponíveis e que já foram objeto de estudo e análise. Na pesquisa bibliográfica, foram consultadas apostilas, revistas, manuais, dissertações, teses, livros, documentos digitais extraídos da internet, entre outros (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010).

## **1.3 Estrutura do trabalho**

O trabalho está organizado em cinco seções, sendo elas, a introdução, o desenvolvimento, os materiais e métodos, os resultados e discussões dos testes e as considerações finais.

Na introdução, apresenta-se um breve relato sobre as consequências dos incêndios florestais, a problemática que os combatentes enfrentam durante o combate, destacando então

a partir disto, a importância de se estudar o uso de retardantes químicos no combate aos incêndios florestais, como forma de otimizar o combate e minimizar o desgaste sofrido pelos combatentes.

Na segunda seção, o desenvolvimento, esta dividido em três capítulos. O primeiro é a fundamentação geral sobre combate a incêndio florestal, no segundo é abordado o comportamento do fogo nos incêndios florestais e no terceiro e último sobre o uso de retardantes químicos nos incêndios florestais.

A terceira seção traz os métodos e matérias utilizados durante a parte experimental do trabalho.

Na quarta seção são abordados os resultados e as discussões sobre a parte experimental, com a elaboração de quadros e gráficos para melhor expor o conteúdo.

Na quinta e última seção, as considerações finais, onde se aponta as conclusões do trabalho e sugestões para futuras pesquisas.

## 2 COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL

Incêndio florestal de acordo com Macedo e Sardinha (1985 apud TORRES, 2009), é uma combustão descontrolada, em espaço aberto, e que pode se expandir livremente, consumindo combustíveis vegetais como manta morta, ervas, arbustos e árvores, independente de sua origem e do agente causador. Nunes (2005) afirma que incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta. Para Castro et al. (2006), um incêndio florestal é a combustão, sem controle no espaço e no tempo, dos materiais combustíveis existentes nas áreas florestais. Soares e Santos (2002) entendem que, incêndio florestal é a propagação livre ou descontrolada de fogo em florestas e outras formas de vegetação.

Pode-se perceber que o próprio conceito de incêndio florestal acaba por gerar algumas contradições, tendo em vista que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004, p. 146):

Floresta é o conjunto de sinúsias dominado por fanerófitos de alto porte, e apresentando quatro estratos bem definidos: herbáceo, arbustivo, arvoreta e arbóreo. Deve ser também levada em consideração à altura, para diferenciá-la das outras formações lenhosas campestres.

Sendo assim, o termo incêndio florestal não poderia ser utilizado como fogo em qualquer tipo de vegetação, somente para fogo em florestas, de acordo com a definição citada acima. Contudo, neste estudo, utiliza-se um conceito mais abrangente de acordo com Ramos (1995), que define incêndio florestal como todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, seja ela pasto, campo ou floresta, podendo ter sido provocado antropicamente (intencional ou negligência) ou naturalmente.

Segundo Fiedler (2005), os incêndios florestais geram diversos prejuízos econômicos, paisagísticos, ecológicos, podendo ocorrer em áreas de preservação, fazendas, margens de estradas, proximidades de aglomerados urbanos e áreas de reflorestamento, dentre outras localidades. Corroborando, Batista (2004) diz que estes incêndios, além dos inúmeros danos causados aos ecossistemas florestais, tem importância ecológica fundamental, devido sua influência sobre a poluição atmosférica e mudanças climáticas, que tem impactos sobre os habitats naturais e os ecossistemas.

Nunes, Soares e Batista (2006) afirmam que os incêndios florestais no Brasil tornam-se a cada ano mais críticos, com o aumento da extensão da área queimada e os consequentes danos ao ambiente e à sociedade.

## 2.1 Causas dos incêndios florestais

Os agentes causadores dos incêndios florestais podem ser determinados como naturais ou antrópicos. A única causa natural destes incêndios é a ação direta ou indireta de descargas atmosféricas (raios), portanto, são os únicos que não constituem responsabilidade humana, sendo sua prevenção praticamente impossível. As demais causas são de natureza antrópica e as principais são apresentadas a seguir (PIAUI, 2010):

- Incendiários – incêndios provocados intencionalmente por pessoas com problemas mentais, por vingança ou por vandalismo, em propriedades alheias;
- Queimas para limpeza – incêndio originário do uso do fogo na limpeza de terreno seja para fins florestais, agrícolas ou pecuários, e que tenha escapado ao controle;
- Fumantes – incêndios provocados por fósforos ou pontas de cigarro aceso;
- Estradas de ferro – incêndios causados direta ou indiretamente pelas atividades ferroviárias;
- Operações florestais – incêndios originados por trabalhadores florestais em atividades nas florestas;
- Fogos campestres ou por atividades recreativas – são os incêndios originados de fogueiras feitas por pessoas que estejam acampadas, caçando ou pescando na floresta ou proximidades;
- Diversos – são causas pouco frequentes, que ocorrem esporadicamente e por esta razão não justificam uma classificação especial.

Para Santos (2004), é de suma importância o conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais. Saber quem, ou o que iniciou o fogo é fundamental para a elaboração dos planos de prevenção de incêndios florestais.

Torna-se obrigação das instituições constituídas e dever de cada cidadão que, cientes de que os incêndios florestais constituem um dos fatores que mais contribuem para a redução das florestas em todo o mundo, preservar as florestas nativas, combater a prática ilícita da queima e do desmatamento da cobertura vegetal natural (PARIZOTTO; SILVA; TÊO, 2004).

## 2.2 Componentes do fogo

Segundo Schumacher, Brun e Calil (2005), no incêndio florestal, o fogo é uma reação química e é considerado um fenômeno que ocorre quando se aplica calor a uma substância combustível em presença do ar, elevando sua temperatura até que ocorra a liberação de gases, cuja combinação com o oxigênio do ar proporciona a energia necessária para que o processo continue. Motta (2008) diz que o fogo move três elementos básicos:

- Combustível – é tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.);
- Comburente – é todo elemento que, associando-se quimicamente ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão (o oxigênio é o principal comburente);
- Calor (temperatura de ignição) – é o calor necessário para iniciar e continuar o processo de queima, ou seja, é a temperatura acima da qual um combustível pode queimar.

Para Schumacher, Brun e Calil (2005, p.23), “esta inter-relação entre os três elementos, necessário para a ocorrência de qualquer incêndio florestal, é denominada triângulo do fogo. A ausência de qualquer um dos três componentes do triângulo do fogo torna impossível a combustão”.

Uma vez iniciada a combustão, os gases nela envolvidos reagem em cadeia, alimentando-a, dada a transmissão de calor de umas partículas para outras no combustível, mas, se a cadeia for interrompida, não poderá continuar o fogo. Com isso, além do triângulo de fogo, temos também a teoria do tetraedro de fogo que, além de incluir combustível, comburente e calor, também considera a reação em cadeia um componente do fogo, pois para o fogo se manter aceso é necessário que a chama forneça calor suficiente para continuar a queima do combustível (PIAUI, 2010).

## 2.3 Fases da combustão nos vegetais

Segundo Motta (2008), a combustão é um processo de oxidação rápida, autossustentável, acompanhada da liberação de luz e calor, de intensidade variável. Os principais produtos da combustão são: Gases; Calor; e Fumaça. A combustão do material

florestal compreende basicamente três fases: pré-aquecimento, fase gasosa ou destilação e fase da incandescência ou carbonização.

### 2.3.1 Pré-aquecimento

Nesta primeira fase, o material combustível é seco, aquecido e parcialmente destilado, porém ainda não existem chamas. O calor elimina a umidade existente no material e continua aquecendo o combustível até a temperatura de ignição. Os componentes voláteis se movem para a superfície do combustível e são expelidos para o ar circundante. Inicialmente esses voláteis contêm grandes quantidades de vapor d'água e alguns compostos orgânicos não combustíveis (MOTTA, 2008).

### 2.3.2 Destilação ou gasosa

Nesta fase, os gases destilados da madeira incendeiam-se e entram em combustão, produzindo chamas e podem atingir temperaturas em torno de 1250 °C. Nesse estágio do processo de combustão os gases estão queimando, mas o combustível propriamente dito, ainda não está incandescente (BATISTA; SOARES, 2006).

### 2.3.3 Incandescência ou carbonização

Na terceira e última fase, o combustível propriamente dito, é consumido, havendo formação de cinzas. O calor é intenso, porém praticamente não existem chamas nem fumaça. A quantidade de calor liberada nessa fase depende do tipo de combustível, mas de um modo geral, pode-se dizer que 30 a 40 % do calor de combustão da madeira, está na sua quantidade de carbono. A temperatura gira em torno de 400 a 800 °C (SCHUMACHER; BRUN; CALIL, 2005).

Ainda que haja certa sobreposição entre elas, as três fases da combustão podem ser bem observadas em um incêndio florestal. A primeira é a zona na qual as folhas e gramíneas se enrolam e se chamuscam à medida que são pré-aquecidas. Em seguida vem à zona de combustão dos gases, onde se destacam as chamas. Posteriormente a passagem das chamas vem a terceira e menos distinta das zonas, a incandescência (MOTTA, 2008).

## 2.4 Mecanismos de transferência de calor

Uma fonte de calor suficientemente forte é uma condição necessária para que a combustão ocorra e se mantenha. Depois de iniciado o fogo, o calor deve ser transferido para outros combustíveis a fim de que o incêndio possa avançar ou se propagar. Essa transferência de calor é feita através de radiação, convecção e condução (SCHUMACHER; BRUN; CALIL, 2005).

### 2.4.1 Radiação

De acordo com Oliveira (2005), radiação é a transmissão de energia em forma de ondas eletromagnéticas. Motta (2008) diz que é a transferência de calor através do ar, em qualquer direção, à velocidade da luz, e que é o principal método de transferência de calor nos grandes incêndios florestais.

### 2.4.2 Convecção

Para Motta (2008, p.6), “convecção é o movimento circular ascendente, devido ao aquecimento das massas de ar, localizadas acima do foco do incêndio”. O mesmo autor afirma que o fogo florestal cria condições de turbulência, aspirando oxigênio dos lados e lançando para cima o ar aquecido. Este processo é o responsável pelo barulho que se houve em grandes incêndios que se movem rapidamente. Isso pode levar fagulhas a grandes distâncias, dificultando o controle do incêndio.

### 2.4.3 Condução

Segundo Oliveira (2005, p.24), “condução é a transferência de calor através de um corpo sólido de molécula a molécula”. Para Schumacher, Brun e Calil (2005), a condução é a transferência de calor por contato direto com a fonte de calor e por ser a madeira um mal condutor de calor, a transferência por condução tem pouca importância em incêndios florestais.

## 2.5 Tipos de incêndio florestal

A classificação mais adequada para definir os tipos de incêndios florestais se baseia no grau de envolvimento de cada estrato do combustível florestal, desde o solo mineral até o topo das árvores, no processo de combustão. Neste caso, os incêndios são classificados em incêndios subterrâneos, incêndios de superfície e incêndios de copa (PIAÚÍ, 2010).

### 2.5.1 Incêndios florestais subterrâneos

Para Motta (2008), os incêndios subterrâneos são aqueles que se propagam debaixo da superfície terrestre, alimentados por matéria orgânica seca, raízes e turfas, bem compactadas, de combustão lenta e contínua. Apoiando, Gutierrez et al. (2006) define como sendo aquele que ocorre junto ao solo, queimando restos vegetais, folhas secas, galhos e gramíneas, que formam o piso do terreno.

Nessas ocasiões, o fogo avança com elevada temperatura, tornando difícil o combate do mesmo. Devido ao seu lento avanço, este tipo de incêndio causa grandes danos às raízes e a fauna de solo, causando inclusive a morte destes e consequente morte da árvore (PIAUI, 2010).

O solo fica mais sujeito a processos erosivos e sua fertilidade fica comprometida. A dificuldade de extinção determina que muitas vezes um incêndio desta classe dure o suficiente para afetar uma área tão extensa como a abrangida por um incêndio de superfície (SCHUMACHER; BRUN; CALIL, 2005).

### 2.5.2 Incêndios florestais de superfície

Os incêndios de superfície são caracterizados pela queima da vegetação na superfície do piso da floresta, ou seja, é a queima de restos vegetais como folhas secas, galhos e outros, que se misturam com a terra que cobre o solo da mata, bem como os troncos, e todo material que tenha sofrido decomposição, enfim, todo o material combustível até cerca de 1,80 metros de altura (MOTTA, 2008; PIAUI, 2010).

Segundo Motta (2008), esses materiais são geralmente bastante inflamáveis, principalmente durante a estação seca, e por esta razão os incêndios florestais de superfícies são caracterizados por uma propagação relativamente rápida, abundância de chamas, muito calor, mas não sendo muito difícil de combater. Struminski (2005 apud SANTOS 2009), por

sua vez, diz que devido a sua altura e grande quantidade de calor produzido são muito difíceis de combater e que podem evoluir para incêndios subterrâneos e/ou de incêndios de copa.

### 2.5.3 Incêndios florestais de copa

São considerados incêndios de copa os que queimam combustíveis acima de 1,80 metros de altura, e destroem totalmente a folhagem das árvores e geralmente as levam a morte. Com exceção de casos excepcionais, como raios, por exemplo, os incêndios de copas originam-se de incêndios superficiais (PIAUI, 2010).

De acordo com Motta (2005), estes incêndios se propagam com muita rapidez, e liberam grande quantidade de calor e são sempre seguidos por um incêndio florestal de superfície. Isto porque os incêndios de copa deixam cair fagulhas e outros materiais incandescentes que irão gradativamente queimando arbustos e materiais combustíveis da superfície do solo.

Em todos os incêndios de copa o fator mais importante na sua propagação é o vento, de tal maneira que quando este inexistente, dificilmente o fogo se expande pela copa das árvores. Pelas características do material combustível e pelas próprias características dos incêndios de copa, são os mais difíceis de serem combatidos (MOTTA, 2005).

## 2.6 Partes do incêndio florestal

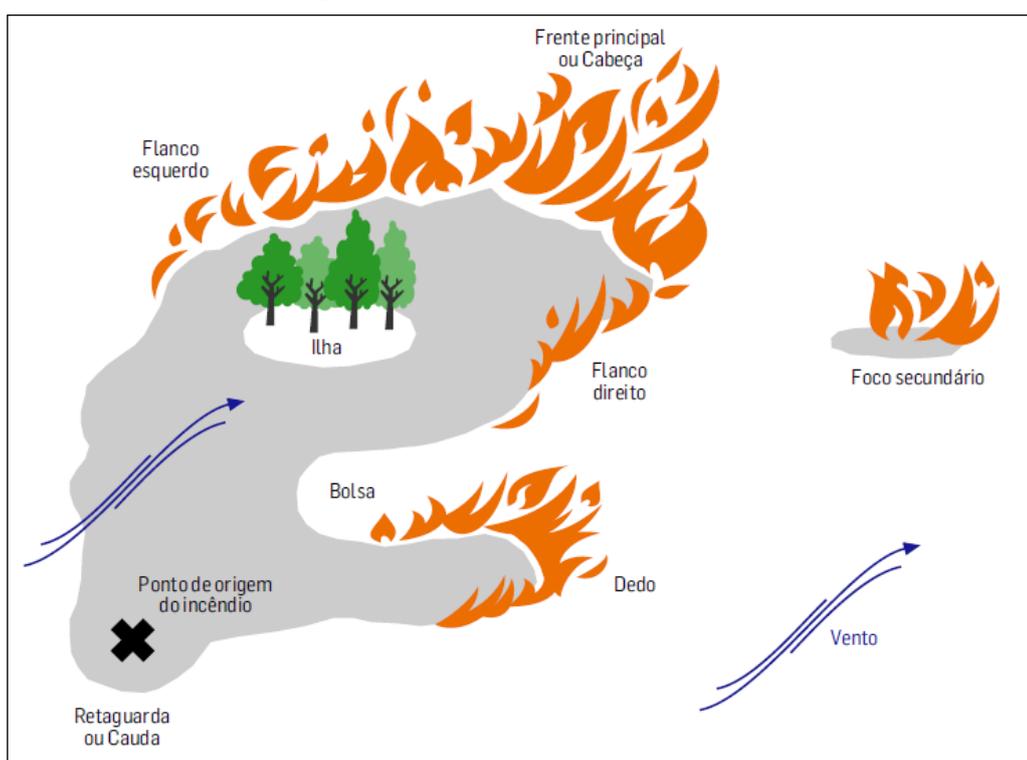
Um incêndio florestal quase sempre começa através de um pequeno foco (fósforo aceso, toco de cigarro, fagulha, pequena fogueira), e inicialmente tende a se propagar para todos os lados, de forma aproximadamente circular, e assim permanece caso não haja ação de ventos e da topografia. Com a ação do vento, em um terreno plano, a forma do incêndio passa a ser ligeiramente elíptica, uma vez que o fogo em um dos lados propaga-se mais rapidamente que nos outros. Daí em diante o incêndio toma uma forma definida. Em terrenos íngremes e com ação de ventos inconstantes, os incêndios assumem formas irregulares (SOARES, 1985; SAVIOLI, 1998).

De uma forma geral os incêndios florestais compreendem as seguintes partes (figura 1): cabeça ou frente, flancos, dedo, bolsa, cauda ou base, ilha, foco secundário e perímetro (SAVIOLI, 1998).

Segundo Castro et al. (2006), as diferentes partes de um incêndio florestal são dados nomes que todos os bombeiros devem conhecer, como segue abaixo:

- Cabeça ou frente principal: é a parte que avança mais rapidamente e segue a direção do vento, ou seja, é onde o incêndio se propaga com maior intensidade;
- Cauda ou base: zona onde o fogo se propaga em direção oposta à frente, contra o vento, lentamente, e às vezes se extingue; onde o fogo assume menor intensidade;
- Flancos: partes laterais situadas entre a frente e a retaguarda do fogo, se propagam perpendicularmente à cabeça do incêndio, ligando está à cauda; A partir dos flancos formam-se os dedos;
- Dedo: saliência estreita, que se propaga rapidamente a partir de um dos flancos; Quando não controlado poderá dar origem a uma nova frente de fogo;
- Bolsa: Zona compreendida entre o flanco e o dedo, local impróprio para o combate;
- Ilha: área situada no interior do perímetro do incêndio que não foi afetada pelo mesmo, ou seja, não foi queimada;
- Perímetro: é toda a borda que circunda o fogo, ou seja, é o comprimento total das margens da área que esta em processo de queima;
- Foco secundário: ponto exterior, separado do perímetro do incêndio principal, onde se verifica a ignição de um novo foco de incêndio.

Figura 1 - Partes de um incêndio florestal



Fonte: Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009, p.12).

## **2.7 Materiais e equipamentos**

Batista e Soares (2003 apud PARIZOTTO, 2006) definem materiais e equipamentos de controle de incêndios florestais como produtos ou ferramentas utilizados para quebrar a combinação entre o oxigênio, calor e combustível.

Santos (2009) constrói uma divisão nos materiais e equipamentos de combate a incêndio florestal de acordo com suas finalidades e seus critérios de utilização, como descrito a seguir:

- Material básico: enxadas, foices, rastelos, machados, bombas costais, abafadores, pás, lanternas, apitos, facões, cantis e ferramentas combinadas;
- Material auxiliar: motosserra, limas, roçadeiras, pinga-fogo, binóculos, cunhas de madeira e ferro, materiais para captura de ofídios e cordas;
- Material para emergência: ambulância com pessoal habilitado e kit de primeiros socorros.
- Material de orientação: bússola, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e cartas topográficas.
- Material de comunicação: estações fixas de rádio, estações portáteis de rádio (HT), telefones móveis e sinalizadores visuais.
- Material moto mecanizado e aéreo: tratores, arados, caminhão de bombeiro, caminhonete, helicópteros, aviões, gerador e bomba d'água;
- Material para acampamento.

Pode-se incluir ainda a estes materiais, os equipamentos de proteção individual, que podem e devem ser utilizados durante o combate a incêndio florestal, os quais são: roupas, óculos, capacetes, botas ou coturnos, luvas, máscaras e capa de chuva.

## **2.8 Prevenção dos incêndios florestais**

De acordo com Parizotto (2006), geralmente os incêndios florestais resultam de uma combinação de circunstâncias que poderiam ser evitadas, pois a maior parte dos incêndios se deve a causas humanas e podem-se buscar meios de agir sobre essas circunstâncias.

Prevenir qualquer evento ameaçador, em qualquer atividade humana, é nada mais que antecipar a sua causa. No caso de incêndios florestais, a prevenção se resume em evitar o momento inicial que dá início à reação da combustão, ou seja, em impedir a ação do agente causador. Por outro lado, é de conhecimento geral que não existe sistema de prevenção de incêndios florestais capaz de evitar todo e qualquer tipo de ocorrência. O sistema de proteção deve ser planejado de tal forma a atuar em um segundo momento, o combate, que tem o objetivo de evitar a dispersão ou a propagação do fogo (RIBEIRO, 2011).

Segundo Motta (2008), a prevenção, pelo fato de preceder as demais ações para controle dos incêndios florestais, tem por objetivo principal a adoção de medidas que procuram eliminar a origem ou a causa dos incêndios, bem como reduzir os riscos de propagação do fogo, constituindo-se numa das mais importantes etapas do plano de proteção.

Rodrigues (2008) fala que para o desenvolvimento dos planos de prevenção, é preciso conhecer o perfil dos incêndios florestais, isto é, saber onde, quando e por que ocorreram os incêndios. Diz ainda que a melhor forma de combater um incêndio florestal é através de sua prevenção.

Parizotto (2006, p.15) afirma que “a proteção das florestas somente é efetiva quando feita através da prevenção, pois não existe maneira melhor de se combater um incêndio do que evitando que ele exista”.

A proteção contra os incêndios florestais deve ser realizada a partir de diferentes ações envolvendo etapas de prevenção e pré-supressão do fogo. Velez (2000 apud PARIZOTTO, 2006) diz que as atividades preventivas podem ser classificadas em dois grupos: prevenção das fontes de fogo e prevenção da propagação do fogo.

### 2.8.1 Prevenção das fontes de fogo

São ações preventivas a fim de evitar que o fogo aconteça, e de acordo com Velez (2000 apud PARIZOTTO, 2006), podem ser subdivididas em três tópicos:

- Regulamentação do uso das florestas e parques de lazer;
- Conscientização das pessoas;
- Aplicação da legislação sobre o uso de incêndios e queimadas.

### 2.8.2 Prevenção da propagação do fogo

São ações ou medidas que devem ser tomadas para que, caso ocorra fogo na floresta ou vegetação, evitem sua propagação e o eliminem antes que tome grandes proporções. Abaixo são elencadas algumas dessas medidas descritas por Parizotto (2006):

- Silvicultura preventiva;
- Construção e manutenção de aceiros;
- Sistemas de cortinas naturais;
- Sistemas de acesso;
- Sistemas de mananciais;
- Sistema de apoio a operações de combate a incêndio e socorro;
- Sistema de vigilância e detecção;
- Redução do material combustível;
- Queimas controladas;
- Índice de perigo.

## 2.9 Métodos de combate a incêndio florestal

Segundo Motta (2008), existe três métodos básicos para se combater um incêndio florestal: o direto, o indireto e o paralelo. Soares (1982 apud RODRIGUES, 2008) afirma que existem pelos menos quatro métodos. Além dos três citados anteriormente, acrescenta ainda o método aéreo.

### 2.9.1 Método direto

Este método consiste no corte imediato da propagação do fogo. É um método utilizado quando intensidade do fogo e/ou da fumaça permite uma aproximação suficiente dos combatentes diretamente à frente do fogo. Neste método normalmente são empregados as seguintes técnicas e materiais: água e retardantes, com o uso de baldes, mochilas costais, moto-bombas, com o uso linhas de mangueiras, se o local permitir; terra com o uso de enxadas, pás; batidas utilizando abafadores e até mesmo ramos de árvores (MOTTA, 2008; RODRIGUES, 2008).

### 2.9.2 Método indireto

De acordo com Parizotto (2006), este método deve ser utilizado em incêndios florestais em que a intensidade do fogo é muito grande e a aproximação dos combatentes se torne impossível.

Santos (2009) diz que este método pode ser realizado de duas formas: por meio da remoção do material combustível ou pelo uso da técnica do contra-fogo. O primeiro consiste na remoção do material combustível através da construção de um aceiro, provocando uma descontinuidade do combustível a frente do incêndio impedindo que o mesmo avance. O segundo trata-se da utilização de um aceiro largo na frente do fogo e a partir disto, usar uma linha de fogo que se propague em direção à frente do incêndio, para que ao encontro das duas frentes, o fogo seja eliminado.

É importante frisar que a técnica do contra-fogo é arriscada, e recomendável apenas para situações de emergência ou críticas, sendo importante uma boa instrumentação e qualificação do pessoal para o combate. Somente deverá ser utilizada quando não houver possibilidade da aplicação de outros métodos (MOTTA, 2008).

### 2.9.3 Método paralelo

Rodrigues (2008) diz que este método é utilizado quando a intensidade do fogo ou da fumaça é relativamente alta não permitindo a aproximação do pessoal de combate. Consiste na construção de uma linha de contenção logo a frente do fogo, para que este ao avançar esta linha diminua sua intensidade e possa ser combatido através do método direto. A linha de contenção pode ser construída com o emprego de retardantes aplicados a frente do fogo, ou por uma roçada da vegetação com retirada de parte do material combustível. Ambas as contenções farão com que a intensidade do fogo diminua, permitindo a aproximação dos combatentes.

### 2.9.4 Método aéreo

Este tipo de combate é efetuado em áreas ou locais de difícil acesso pelo pessoal de combate aos incêndios. Este método é muito usado em incêndios de copa de grande intensidade, utilizando-se aviões e helicópteros adaptados ou construídos especialmente para

debelar esses incêndios (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006).

Na escolha do método de combate a ser utilizado, alguns fatores são importantes. Inicialmente, o primeiro fato a se observar é o tipo de incêndio a se combater, efetuando uma análise e verificando, se é um incêndio subterrâneo, de superfície ou de copa. Após isto, alguns outros aspectos devem ser observados, como a intensidade do fogo, a topografia, a existência de barreiras naturais para conter o fogo, tais como, estradas, rios, lagos. Contudo, o mais importante é perceber que cada método se ajusta a algumas situações, que devem ser cuidadosamente estudadas em um mínimo de tempo possível, para por em prática o melhor combate (PIAÚÍ, 2010).

### **3 COMPORTAMENTO DO FOGO NOS INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Conceitualmente corresponde ao conjunto de efeitos, principalmente de caráter físico-mecânico que se observa no ambiente. É a situação que o fogo se desenvolve em um incêndio florestal, ou seja, como se comporta o fogo no terreno que está sendo afetado, sua forma de propagação, velocidade de avanço nas diferentes frentes (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006).

Batista (1995) diz que o comportamento do fogo é o resultado da interação entre clima e condições do combustível, topografia, técnica de queima e forma de ignição. Medidas do comportamento do fogo são úteis para comparar queimas, para o planejamento da supressão e para estimar os efeitos do fogo.

Segundo Motta (2008), os incêndios florestais se comportam de acordo com o ambiente em que se desenvolvem. Torna-se praticamente impossível afirmar com precisão o que sucederá quando se inicia um incêndio florestal, pois são inúmeros os fatores externos que influem no comportamento do fogo.

#### **3.1 Fatores que afetam o comportamento do fogo nos incêndios florestais**

Os fatores que afetam o comportamento do fogo dependem das características da área respectiva, e podem ser classificados em três grupos: topografia, condições meteorológicas e tipos de vegetação (CASTRO et al., 2006; SANTOS, 2009).

##### **3.1.1 Topografia**

A topografia exerce sua influencia através de três fatores: exposição, inclinação e elevação (SAVIOLI, 1998).

De acordo com Santos (2009), a exposição é um fator importante devido ao fato de que as faces que estão voltadas para o sol (ou fonte de calor) absorverão mais calor, conseqüentemente terão maior temperatura e menor umidade relativa, tornando o material mais vulnerável a ocorrências de incêndio. Castro et al. (2006) fala que a maior ou menor inclinação de uma encosta tem influência determinante na propagação dos incêndios, devido ao efeito das colunas de convecção que aquecem a vegetação acima do incêndio. Assim, numa encosta, o incêndio propaga-se muito mais rapidamente no sentido ascendente do que no descendente. Por fim, Savioli (1998) afirma que nos lugares elevados o ar é mais rarefeito

e as temperaturas são mais baixas, sendo assim, locais de grande altitude apresentam condições menos favoráveis ao risco de incêndios florestais.

### 3.1.2 Condições meteorológicas

As principais variáveis meteorológicas relacionadas com ocorrência de incêndios na vegetação são: precipitação, umidade do ar, temperatura do ar e velocidade do vento.

A precipitação influencia de forma que no período de menor ocorrência de chuvas o ar torna-se mais seco, ou seja, com menor quantidade de vapor de água, conseqüentemente, é a fase mais propícia à ocorrência de incêndios. A quantidade de vapor de água contida num certo volume de ar em relação ao mesmo volume de ar saturado é chamada de umidade relativa do ar, e quanto menor for esta, mais seco é o ar e maior é grau de risco de incêndio na vegetação. A temperatura do ar está também relacionada à sua umidade relativa, desta forma, temperaturas elevadas tornam os combustíveis mais secos e suscetíveis de entrar em combustão. O vento aumenta a velocidade de propagação do incêndio porque fornece oxigênio para a combustão, transporta o ar aquecido, resseca os combustíveis e dispersa partículas em ignição (PIAUI, 2010).

### 3.1.3 Tipos de vegetação

Os tipos de vegetação influem de maneiras diferentes no potencial de propagação dos incêndios. A propagação do fogo costuma ser mais rápida e intensa em povoamentos de coníferas do que em folhosas (devido à presença de resina nas coníferas), mais rápida em florestas plantadas que em florestas naturais e mais rápidas ainda em pastagens e campos secos (PIAUI, 2010).

Segundo Batista (2010), as características dos combustíveis que mais influenciam o comportamento do fogo são: tamanho e forma, quantidade, umidade, continuidade e compactação.

## **3.2 Parâmetros do comportamento do fogo nos incêndios florestais**

As análises dos parâmetros do comportamento do fogo tem permitido compreender os fatores que tem um papel importante no início de um incêndio florestal, durante sua propagação e na dificuldade de extinção. Batista (2007) diz que basicamente

quatro parâmetros governam o comportamento do fogo: intensidade do fogo, comprimento das chamas, velocidade de propagação e energia liberada na combustão.

### 3.2.1 Intensidade do fogo

Byram (1959 apud BATISTA, 2007) define intensidade do fogo como a taxa de energia liberada por unidade de tempo e por unidade de comprimento da frente de fogo. É considerado um importante parâmetro para avaliar o comportamento do fogo.

A intensidade do fogo é numericamente igual ao produto do combustível disponível pelo calor de combustão e pela velocidade de propagação do fogo. A estimativa da intensidade do fogo pode ser obtida através da equação (BYRAM, 1959 apud UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2010):

Equação 1: equação de BYRAM para a determinação da intensidade do fogo

$$I = H \cdot w \cdot r$$

Onde:

$I$  = Intensidade de do fogo em  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ;

$H$  = Poder calorífico em  $\text{kcal.kg}^{-1}$ ;

$w$  = Peso do material combustível em  $\text{kg.m}^{-2}$ ;

$r$  = Velocidade de propagação do incêndio em  $\text{m.s}^{-1}$ .

Devido ao fato do combustível requerer certo tempo para queimar, a liberação de calor não está limitada à parte mais avançada da frente de fogo, mas se estende através de toda a zona onde a combustão está se processando.

Segundo Batista (2007), a intensidade do fogo é uma das mais completas descrições de um incêndio, em termos de danos que pode produzir sob determinadas circunstâncias, de tal forma que vários pesquisadores descrevem o comportamento do fogo de acordo com uma escala de diferentes níveis de intensidade.

O quadro 1, elaborado por Parizotto (2006), apresenta uma relação entre a intensidade do fogo e o comprimento das chamas com a forma de combate do incêndio florestal.

Quadro 1 - Relação entre intensidade do fogo e comprimento das chamas, com a forma de combate.

<b>Comprimento das chamas (m)</b>	<b>Intensidade do fogo (Kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Indicações sobre o comportamento do fogo e meios de combate.</b>
< 1,2	< 80	Os incêndios geralmente podem ser combatidos diretamente, na cabeça ou nos flancos usando-se ferramentas manuais, pequenos aceiros manuais são suficientes para segurar o fogo.
1,2 a 2,4	80 a 400	Os incêndios são muito intensos para se usar o método direto, aceiros manuais não conseguem segurar o fogo, equipamentos para bombeamento de água e tratores com laminas são necessários para se combater o fogo.
2,4 a 3,3	400 a 800	Os incêndios podem apresentar sérias dificuldades para serem controlados e combatidos, pois apresentam queima de copa e com isso muito fagulhamento.
> 3,3	> 800	São incêndios extremamente violentos, com queima total da floresta e intenso fagulhamento, nada pode ser feito na frente do fogo, deve-se esperar por uma redução da intensidade do fogo, geralmente causada por mudanças climáticas.

Fonte: Parizotto (2006, p. 41-42).

### 3.2.2 Comprimento das chamas

Para Batista (2007), o comprimento das chamas é a distância entre a ponta da chama e o solo ou a superfície do combustível que está queimando, medido no meio de sua zona ativa.

Através da medida do comprimento das chamas produzidas durante um incêndio florestal, pode-se também estimar a intensidade do fogo. Esta é considerada uma forma alternativa de se obter a intensidade do fogo.

A relação existente entre a intensidade de fogo e o comprimento da chama é dada pela seguinte equação (BYRAM, 1959 apud UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2010):

Equação 2: relação entre a intensidade do fogo e comprimento da chama

$$I = 63,05 \cdot hc^{2,17}$$

Onde:

$I$  = Intensidade de do fogo em  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ;

$hc$  = Comprimento das chamas em metros (m).

O comprimento das chamas pode ser estimado no próprio incêndio ou através de fotografias, desde que se tenha alguma referência no local para servir de escala. Embora seja uma alternativa mais fácil para estimar a intensidade do fogo, sua medição direta em campo não é simples de ser obtida.

### 3.2.3 Velocidade de propagação do fogo

A velocidade de propagação do fogo indica a taxa de avanço do fogo num determinado período de tempo sobre uma área que está queimando em um incêndio florestal. É um importante parâmetro para se avaliar, pois através da medida da velocidade de propagação do fogo podemos ter noção do tempo que teremos para preparar ações de combate, como por exemplo, a construção de aceiros (PIAUI, 2010).

Estabelecendo dois pontos no terreno com medidas pré-estabelecida, podemos obter a velocidade de propagação do fogo, cronometrando o tempo que o fogo leva para avançar a distância entre os dois pontos, este é o método direto. Estas medidas são dadas através de uma unidade de distância por uma unidade de tempo. Normalmente em metros por segundo ( $\text{m.s}^{-1}$ ) ou quilômetros por hora ( $\text{Km.h}^{-1}$ ).

Alguns pesquisadores desenvolveram métodos indiretos, por meio de equações que estimam a velocidade de propagação para um determinado tipo específico de vegetação em função de outras variáveis como velocidade do vento, altura da vegetação, umidade inicial do combustível, umidade relativa do ar (PIAUI, 2010).

A velocidade e direção do vento são fatores com elevada influência na velocidade de propagação do fogo sobre uma área.

De acordo com Botelho e Ventura (1990 apud BATISTA, 2007), a velocidade de propagação do fogo pode ser classificada conforme a seguinte escala apresentada no quadro 2.

Quadro 2 - Classificação da velocidade de propagação do fogo.

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

Fonte: Batista (2007, p. 5).

### 3.2.4 Energia ou calor liberado na combustão

É a quantidade total de energia liberada por unidade de área. Durante o período de tempo da combustão, pode ser estimada através da intensidade do fogo e velocidade de propagação do fogo, mediante a seguinte equação (BATISTA, 2007):

Equação 3: equação para determinação da energia liberada na combustão

$$H_a = \frac{I}{r}$$

Onde:

$H_a$  = Energia (calor) liberado por unidade de área, em kcal.m<sup>-2</sup>;

$I$  = Intensidade do fogo, em kcal.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>;

$r$  = Velocidade de propagação do fogo, em m.s<sup>-1</sup>.

A estrutura da equação mostra que para a mesma intensidade, quanto maior for à velocidade de propagação do fogo, menos calor será concentrado para aquela área. Ao contrário, quanto menor for à velocidade de propagação, mantendo-se a mesma intensidade, maior será a concentração de calor naquela área. Desta forma, o calor liberado em um incêndio florestal é um parâmetro muito empregado para avaliar os efeitos do fogo no solo.

#### 4 RETARDANTES QUÍMICOS NO COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL

Um dos elementos mais usados na extinção dos incêndios, devido a sua alta capacidade de absorver calor, é a água. No combate aos incêndios florestais, o problema é como obter água em quantidade suficiente e como usá-la da maneira mais eficiente possível. Em incêndios florestais de menor intensidade, quando as condições permitem o trabalho de bombeamento, a água é o meio mais rápido e prático para extinguir o fogo. Porém, em incêndios de maior intensidade, longe de estradas, a aplicação de água torna-se mais difícil, somente podendo ser feita com o auxílio de longas mangueiras ou bombeamento aéreo.

Batista et al. (2008) diz que quanto maior o incêndio, menor a eficiência relativa da água no combate ao fogo. Diante disto, à medida que aumenta a dificuldade em se obter água e aumenta a intensidade do incêndio, surge à importância do uso de produtos químicos que melhorem a eficiência da água na extinção do fogo ou que possam substituí-la. Desta forma, os retardantes químicos inserem-se nesta realidade como produtos que visam potencializar a ação da água utilizada em combate, possibilitando a otimização dos recursos disponíveis, além de preservar, sob certo ponto de vista, a integridade física do combatente. Sendo assim, percebe-se a necessidade de informações sobre o uso de retardantes químicos no combate a incêndio florestal.

Retardantes químicos são substâncias químicas que tem a propriedade de dificultar tanto o surgimento do fogo como a sua propagação. Agem através de uma película formada por substâncias químicas sobre a vegetação (CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006).

Segundo Ribeiro et al. (2006), um retardante de fogo é um agente químico que utilizado, sozinho ou misturado com água, reduz ou elimina a combustão de um determinado combustível, ou seja, são produtos químicos que reduzem ou eliminam a reação de combustão.

Chandler et al. (1983 apud BATISTA et al., 2008) diz que, quando se começou a utilizar esses produtos, fazia-se distinção entre produtos retardantes e supressantes de fogo. Considerando-se que os retardantes são produtos utilizados para aplicação sobre os combustíveis à frente do fogo que ainda não entraram em combustão, enquanto que os produtos supressantes são aplicados sobre as chamas na frente de fogo, nas operações de combate direto aos incêndios. Atualmente não se faz mais essa distinção, visto que a maioria dos produtos químicos é utilizada para os dois propósitos e, portanto, o termo retardante de

fogo é empregado para todos os produtos químicos utilizados no combate aos incêndios florestais para a extinção do fogo.

A maioria dos retardantes químicos pode ser aplicada com a utilização de equipamentos terrestres manuais ou motorizados, ou ainda por aeronaves, para isso, os produtos e equipamentos possuem versões e recomendações diferentes para cada tipo de combate. Os retardantes químicos podem ser aplicados de varias formas, podendo ser utilizados através de qualquer um dos métodos de combate e ainda de maneira preventiva.

No combate direto, o produto é aplicado diretamente sobre as chamas, como em um combate convencional com água, no entanto, atentando-se às recomendações de correta diluição e aplicação do fabricante. O comprimento das chamas não deve ser superior a 1,20 m, pois a intensidade gerada pela frente do fogo até esta medida é humanamente suportável. O vento e relevo devem sempre ser considerados (CUNHA, 2010).

No combate indireto e paralelo, o produto deve ser aplicado a uma distância segura da frente de fogo, de maneira a formar um aceiro químico, também chamado de aceiro verde, linha fria, entre outros nomes. A eficiência dos aceiros químicos depende não somente dos retardantes usados, mas também do comportamento do fogo, do tipo de combustível, das condições meteorológicas e da distribuição e concentração do produto químico sobre o combustível. É realizado quando a intensidade do fogo é alta, impedindo a aproximação do combatente. Normalmente, o uso de equipamentos pesados se faz necessário (CUNHA, 2010).

No combate aéreo, o uso de retardantes químicos é fundamental para aumentar a eficiência na extinção dos incêndios, aumentando por consequência o rendimento dos aviões e reduzindo o custo por área tratada. No entanto, o combate aéreo com uso de retardantes não exclui a necessidade de combate direto com equipes terrestres de combate, para realização da extinção completa do incêndio, incluindo as operações de rescaldo, que não são possíveis de realizar somente através de combate aéreo (BATISTA, 2009).

Alguns retardantes permitem sua aplicação de forma preventiva. Geralmente esta ação é recomendada durante o período de maior risco de incêndios florestais, em áreas consideradas importantes e que possuem histórico de ocorrência de incêndios. O produto aplicado desta forma permanece ativo em campo somente por um determinado período de tempo, com isso, se tornam ainda mais importantes os cuidados com esta forma de aplicação.

É evidente que o uso de retardantes será mais eficiente que o uso somente de água. No entanto, é necessário que sejam tomados determinados cuidados para que se alcancem os objetivos pretendidos.

Seja qual for o método utilizado no combate, ou até mesmo no uso preventivo, é fundamental ter conhecimento sobre o comportamento do fogo no local em que ele está se propagando, sobre as características do produto e o desempenho dos equipamentos utilizados para sua aplicação. Portanto, o conhecimento desses três elementos é fundamental para o sucesso das atividades de combate aos incêndios florestais. Não esquecendo que é de suma importância e treinamento do pessoal e das equipes que atuarão na utilização destes produtos e equipamentos no combate aos incêndios florestais (BATISTA, 2009).

Com a aplicação de retardantes químicos na vegetação, observa-se a redução do comprimento das chamas e a consequente redução da intensidade do fogo. Para o combatente, é a oportunidade de finalizar o combate. Muitos retardantes ainda possuem uma ação inibidora do fogo, ocasionada pela deposição do produto sobre a folhagem da vegetação, que podem consequentemente levar a supressão do fogo. (CUNHA, 2010).

Podem-se classificar os retardantes químicos de diversas maneiras, porém a classificação mais utilizada e conhecida é aquela que considera o tempo de duração da ação do produto retardante, e desta forma são classificados em: retardantes de curta duração e retardantes de longa duração (RIBEIRO et al., 2006).

#### **4.1 Retardantes químicos de curta duração**

Os retardantes químicos de curta duração foram os primeiros a serem introduzidos no Brasil, inicialmente sob forma de Líquido Gerador de Espuma (LGE), mais conhecidos como espumógenos (inclui surfactantes, humectantes e tensoativos). São produtos que misturados à água formam uma espuma que aumenta em até cinco vezes a eficiência da mesma na extinção dos incêndios florestais (CUNHA, 2010).

Também fazem parte deste grupo os géis (ou viscosantes), que são aditivos adicionados à água para aumentar a sua viscosidade e, em consequência, permitir uma maior aderência junto aos combustíveis florestais, e desta forma o produto terá melhor eficácia. Em ambos os casos, tanto LGE quanto géis dependem de equipamentos específicos de aplicação, que devem ser considerados na logística das operações (SOARES; BATISTA, 2007).

Estes tipos de retardante atuam simplesmente pela intensificação da capacidade de extinção da água, por meio da maior retenção da mesma pelo combustível florestal ou pelo retardamento da evaporação, ou ambos. São denominados de curto prazo, porque perdem seu efeito quando a água evapora (BATISTA et al., 2008).

Segundo Ribeiro et al. (2006) esta solução retardante, por ter maior densidade, penetra mais profundamente na camada de material combustível, permanecendo maior tempo em contato com a sua superfície. Isso resulta no aumento da umidade desse combustível, dificultando a combustão.

Estes retardantes do tipo espumógenos, possuem também uma combinação de surfactantes em sua composição, que reduzem significativamente a tensão superficial da água, auxiliando a penetração de água e espuma no material combustível (GUARANY, 2011b).

A água, ao evaporar, absorve calor, esfriando o combustível e, conseqüentemente, dificultando a continuação da reação da combustão por causa da barreira formada. A água aplicada em forma de espuma fica retida no combustível e não se perde no solo, resfria e mantém úmida a vegetação ou o material combustível, absorvendo ela mesma o calor irradiado pelo fogo (BATISTA et al., 2008).

A espuma produzida apresenta certa aderência sobre a vegetação ou material combustível e é muito persistente, auxiliando inclusive na identificação da área tratada. O espumógeno age em curto prazo como um supressante de chamas, e podem ser utilizados no combate direto ou na construção de linha frias, barreiras ou faixas corta-fogo, aplicadas à frente do fogo, evitando o avanço do mesmo. Geralmente os retardantes de curta duração são utilizados em ataque direto sobre a frente de fogo em incêndios incipientes de média ou baixa intensidade. Podem ser utilizados em diferentes tipos de situações, tais como: Incêndios florestais, queimas controladas, incêndios em margens de rodovias ou ferrovias, dentre outros (GUARANY, 2011b).

O equipamento utilizado na sua aplicação depende do tipo do material combustível (quantidade, densidade, altura da vegetação e largura do aceiro que se pretende construir). Com base nessas características, também se estima a quantidade do produto a ser aplicado por área.

As soluções de espumógenos somente deixam o estado líquido e transformam-se em espuma com a utilização de equipamentos de aplicação. Para que haja maior eficiência é necessário que o ar também entre na mistura. Por este motivo, quando usado com bombas costais ou equipamentos motorizados, é necessário utilizar bicos com entrada de ar. Os equipamentos motorizados, principalmente os pressurizados, maximizam a eficiência do produto (SOARES; BATISTA, 2007).

## 4.2 Retardantes químicos de longa duração

Os retardantes de longa duração são produtos que deixam resíduos de agentes inibidores da combustão sobre o material combustível mesmo depois de toda água ter sido evaporada. Esse tipo de retardante é produzido à base de sais de amônio, tais como: sulfatos, fosfatos e polifosfatos. Estes sais interrompem a reação da combustão. (BATISTA et al., 2008)

Os retardantes à base de sais de amônio alteram o mecanismo de decomposição térmica (pirólise) dos combustíveis florestais, geralmente pelas reações de desidratação dos ácidos catalisados (BATISTA, 2009).

De acordo com Ribeiro et al. (2006) o produto retardante altera a flamabilidade do material combustível, inibindo a combustão dos gases e intensificando a combustão dos sólidos. A liberação dos gases inflamáveis, os quais contribuem com o pré-aquecimento, combustão em chamas e o conseqüente espalhamento do fogo, não ocorre, pois na presença do produto retardante, o material em combustão promove a formação de água, dióxido de carbono e carvão, às expensas dos gases inflamáveis (aldeídos, ácidos orgânicos e outros hidrocarbonetos). Com isso o material combustível torna-se praticamente não inflamável ou não combustível.

Uma vez diluído em água a solução deve ser aplicada em faixas ou barreiras de proteção para conter o avanço das frentes de fogo. O produto aplicado é eficaz mesmo após a água ter se dissipado e mantém-se assim até que os ativos sejam fisicamente removidos do material combustível. Desta forma seu efeito prolonga-se no tempo, além da evaporação da água, pelo que, nos retardantes de longa duração, não é a água que desempenha o papel fundamental na extinção da combustão, e sim os sais de amônio (GUARANY, 2011a).

Os retardantes de longa duração têm sido utilizados largamente em muitos países de forma preventiva – constituindo os denominados aceiros químicos – e em operações de combate a incêndios florestais. Suas principais aplicações são no controle e prevenção de incêndios e na queima controlada. Geralmente os retardantes de longa duração são utilizados em ataque indireto, aplicando o produto adiante da frente do fogo em incêndios de grande magnitude, formando uma barreira que irá impedir ou reduzir a propagação do fogo no local onde o produto foi aplicado (RIBEIRO, 2011).

Os retardantes químicos de longa duração são, predominantemente, disponibilizados no estado físico sólido e, na maioria das vezes, em forma de pó ou

granulado, o que favorece a logística das operações de combate ao fogo devido à facilidade de transporte e manuseio.

O equipamento utilizado na sua aplicação, assim como nos retardante de curta duração, depende do tipo do material combustível, e dessa forma também se estima a quantidade do produto a ser aplicado por área. Estes retardantes também são altamente recomendáveis no ataque aéreo a grandes incêndios.

#### **4.3 Requisitos para o uso de retardantes químicos no combate a incêndio florestal.**

Segundo Cunha (2010), no Brasil o uso de retardantes químicos no combate a incêndios florestais ainda é novidade. A história dos retardantes ao redor do mundo, desde seu princípio, é marcada por alguns insucessos, resultando, muitas vezes, em saldos negativos importantes sob o ponto de vista ambiental. Muitos retardantes com potencial resultado frente ao fogo também provocam impactos ambientais irreversíveis (contaminação da flora e fauna, muitas vezes ocasionando morte e processos de desertificação; contaminação de rios, e consequente morte de peixes).

Diante desta realidade e mediante a enorme riqueza ambiental do nosso País, o Governo atua de maneira bastante criteriosa frente ao processo de inserção de retardantes químicos como ferramenta (ou tecnologia) de combate aos incêndios florestais, embora, legalmente, não exista ainda regulamentação de uso para o emprego de retardantes químicos no combate aos incêndios (CUNHA, 2010).

Corroborando, Ribeiro et al. (2006) diz que embora os retardantes para o combate a incêndios florestais sejam utilizados em larga escala em diversas regiões do mundo, estando incorporados entre os itens fundamentais no auxílio às atividades de supressão do fogo, no Brasil ainda não existem regulamentos ou dispositivos legais estabelecendo critérios para avaliação destes produtos, bem como procedimento padrão para seu uso. Essa lacuna dificulta o uso destes produtos e impede o aprimoramento das técnicas de combate que visam reduzir a extensão dos danos e das áreas queimadas.

Baseando-se nos países que já utilizam há muito tempo os retardantes em atividades de supressão do fogo, Batista (2009) elenca alguns requisitos básicos a serem observados e analisados para a introdução e uso de produtos retardantes nas atividades de combate a incêndios florestais no Brasil.

#### 4.3.1 Testes de eficiência

Realizar testes para estabelecer o nível de eficiência dos retardantes na redução ou extinção do fogo em combustíveis florestais se torna necessário, pois é importante conhecer a eficiência destes produtos, a fim de escolher os de melhor desempenho e estabelecer o planejamento de combate a incêndios em bases confiáveis.

#### 4.3.2 Testes de toxicidade

É imprescindível a avaliação da toxicidade destes produtos para a fauna, a flora, o solo e a água. É fundamental também estabelecer o nível de toxicidade ao homem, particularmente às pessoas que manuseiam e estão sujeitas à exposição do produto, durante as operações de combate a incêndios.

#### 4.3.3 Determinação da dosagem ideal para aplicação

É importante que os fabricantes apresentem as recomendações ideais de dosagem e de diluição em água, para a aplicação do produto. No entanto, é fundamental que os organismos ambientais reguladores estabeleçam padrões mínimos adequados para que produtos retardantes possam ser utilizados no Brasil. De maneira geral, é sempre recomendável utilizar produtos retardantes que apresentem bom desempenho em baixas concentrações do princípio ativo e fácil diluição em água.

#### 4.3.4 Propriedades físicas

É fundamental estabelecer padrões adequados que definam as propriedades físicas dos produtos a serem empregados como retardantes, pois características como conteúdo de sais, pH, densidade, viscosidade, facilitam a descrição e classificação dos retardantes, bem como tem importante papel nos potenciais efeitos produzidos no ambiente.

#### 4.3.5 Efeitos sobre os equipamentos de aplicação

É necessário estabelecer métodos e procedimentos padrões para definir os efeitos produzidos pelos retardantes sobre os equipamentos e veículos utilizados para aplicação dos

mesmos, pois grande parte dos retardantes, como os de longa duração, são corrosivos aos metais. Outros tipos de retardantes também causam efeito corrosivo em plásticos e borracha.

#### 4.3.6 Testes de estabilidade durante a estocagem e armazenamento

Devem ser estabelecidos padrões mínimos adequados para que os fabricantes ou distribuidores de retardantes atendam durante o período de armazenagem. Os produtos químicos podem sofrer importantes alterações em suas propriedades físicas e químicas em função do armazenamento e estocagem.

#### 4.3.7 Testes operacionais em condições de campo

Esta etapa envolve diversas avaliações, desde as características de aplicação (equipamentos terrestres e aéreos, calibragem, durabilidade), até as avaliações sobre a eficiência do produto na redução da propagação e extinção do fogo. A duração destes testes depende das características do produto e das formas de aplicação.

## 5 MATERIAS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Ensino Bombeiro Militar (CEBM) de Santa Catarina. Os testes de laboratório para a avaliação da eficiência dos produtos foram realizados no mês de julho de 2011, no container de treinamento de combate a incêndio do CEBM. O container possui 04 compartimentos, porém somente dois foram utilizados. Estes compartimentos foram devidamente fechados durante as avaliações, para que no decorrer das análises, fatores externos, como o vento, não influenciassem no resultado do experimento.

### 5.1 Produtos analisados

Foram analisados três produtos retardantes de fogo, sendo um retardante de curta duração do tipo espumógeno e outros dois retardantes de longa duração.

#### 5.1.1 Retardante de curta duração

O retardante de curta duração utilizado foi o Phos Chek WD 881, um concentrado de espuma corta fogo, fabricado pela empresa Norte Americana ICL Performance Products LP e distribuído no Brasil pela empresa Guarany Indústria e Comércio Ltda.

Segundo o fabricante, o Phos Chek WD 881 é uma formulação líquida concentrada, através de uma combinação de surfactantes agindo como um supressante de chamas, especialmente formulado para gerar espuma em soluções líquidas, para o combate a incêndios de classe A. Diz que os princípios ativos utilizados na formulação são atóxicos ao homem ou ao meio ambiente e facilmente biodegradáveis. O produto é utilizado em baixas concentrações, de 0,1 a 1,0 % (1,0 a 10 mL.L<sup>-1</sup> de água) (GUARANY, 2011b).

No experimento a concentração utilizada foi de 1,0 %. Foi diluído 50 mL do produto em 5,0 litros de água.

#### 5.1.2 Retardantes de longa duração

Os retardantes de longa duração utilizados no experimento foram o Phos Chek G-75 e o LICET-F.

O Phos cheque G-75, é um produto fabricado pela empresa Norte Americana ICL Performance Products LP e distribuído no Brasil pela empresa Guarany Indústria e Comércio

Ltda. Segundo o fabricante, este produto possui uma formulação em pó avermelhado, através de uma combinação de sulfato de amônio e fosfato de amônio, agindo como um retardante de chamas de longo prazo, especialmente formulado para o controle e a prevenção de incêndios de classe A. Diz ainda que os princípios ativos utilizados na formulação são atóxicos ao homem ou ao meio ambiente e facilmente biodegradáveis. O produto é utilizado em concentrações de 13,4 % (0,134 quilogramas por litro de água) (GUARANY, 2011a).

No experimento a concentração utilizada foi de 13,4 %. Foi diluído 670 gramas do produto em 5,0 litros de água.

O LICET-F, é um produto fabricado no Brasil pela empresa Rio Sagrado Indústria Química Ltda., situada no município de Quatro Barras – PR.

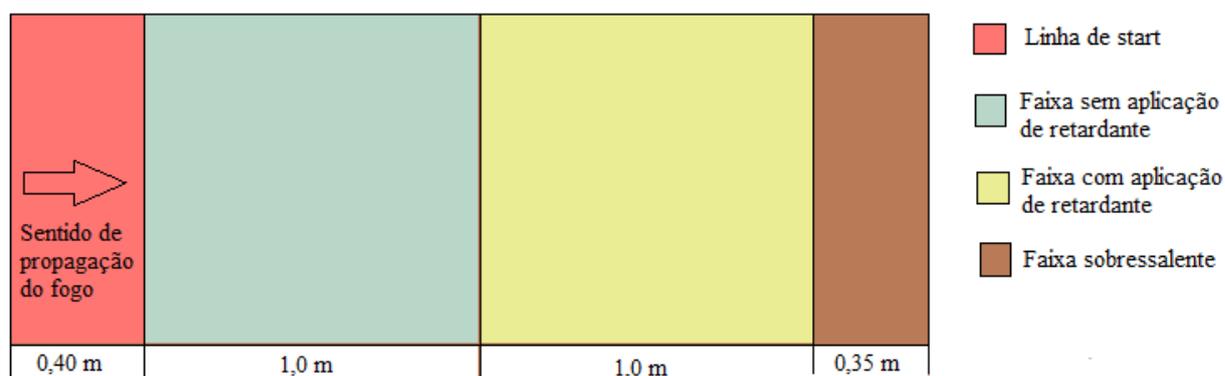
O LICET-F é disponibilizado em forma granulada e solúvel em água. É de fácil aplicação e quando dissolvido, o produto assume a mesma densidade da água, tornando-se extremamente versátil no que diz respeito à aplicação terrestre. É um produto ecologicamente correto, não tóxico e biodegradável, seguro para as pessoas e animais. O produto é utilizado em concentrações de 20,0 % (200 gramas por litro de água) (RIO SAGRADO, 2011).

No experimento a concentração utilizada foi de 20,0%. Foi diluído 1000 gramas do produto em 5,0 litros de água.

## 5.2 Plataforma de queima

No laboratório (container) as queimas foram realizadas sobre uma plataforma de combustão, com superfície plana, com dimensões de 2,75 metros de comprimento por 1,0 metro de largura. Ao longo dos seus 2,75 metros de comprimento a plataforma foi dividida conforme mostra figura 2.

Figura 2 – Croqui da divisão da plataforma de queima



Fonte: do autor

A partir da linha de start (40 cm) foram colocadas marcadores de distância a cada 25 cm até o fim da faixa com aplicação do produto retardante, conforme pode ser observado na foto da plataforma de queima (figura 3).

Figura 3 – Plataforma de queima



Fonte: do autor

### 5.3 Descrição do experimento

Na plataforma de queima, observando-se as condições de proporcionalidade, foram utilizados  $1,0 \text{ kg.m}^{-2}$  de material combustível, com espessura de manta de 8,0 cm, resultando em uma densidade de carga de  $12,5 \text{ kg.m}^{-3}$ . O produto retardante foi aplicado através do uso de bomba costal e a quantidade aplicada foi de  $500 \text{ mL.m}^{-2}$ , para cada repetição, sendo que, para cada um dos produtos analisados foram executadas 03 repetições, totalizando um total de 09 queimas, com a medição das seguintes variáveis: velocidade de propagação, comprimento das chamas e quantidade de material combustível preservado.

A medição das variáveis de interesse foi realizada com base em 08 intervalos de 25 cm ao longo da plataforma de queima. Sendo que, 04 intervalos foram destinados à avaliação do fogo em livre propagação (área sem produto) em uma área de 1,0 m x 1,0 m, e outros 04 intervalos, com a mesma área, foram destinados para avaliação do fogo na área com produto retardante.

Na linha de start aplicou-se determinada quantidade de álcool ao longo da largura desta faixa, para dar início ao fogo. A ignição foi realizada com fósforos.

As queimas para análise dos produtos dos retardante de longa duração (Phos Chek G-75 e LICET-F) foram realizadas 24 horas após a aplicação dos produtos, pois segundo Ribeiro, Viegas e Batalha (2006 apud UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2007), este tempo elimina a ação da água, que evapora, permitindo assim que os resultados obtidos sejam função apenas do efeito químico dos produtos. Nas queimas para analisar o produto retardante de curta duração (Phos Chek WD 881) foram realizadas com 40 minutos após a aplicação do mesmo sobre o material combustível.

Em todas as queimas foram utilizados como material combustível padrão, o feno. O quadro abaixo apresenta a montagem do experimento.

Quadro 3 – Descrição do experimento.

<b>Produto</b>	<b>Carga (kg.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Densidade (Kg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Espessura da manta (m)</b>	<b>Quantidade de produto (L.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Repetições</b>
Phos Chek WD 881	1,0	12,5	0,08	0,5	03
Phos Chek G-75	1,0	12,5	0,08	0,5	03
LICET-F	1,0	12,5	0,08	0,5	03

Fonte: do autor

#### **5.4 Método para avaliação da eficiência dos retardantes químicos**

Os testes de laboratório utilizados para a avaliação da eficiência dos retardantes foram conduzidos com base na metodologia da determinação do Índice de Eficiência Global, proposta por Ribeiro, Viegas e Batalha (2006 apud UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2007).

A determinação do Índice de Eficiência Global foi calculada comparando os resultados de velocidade de propagação do fogo, comprimento das chamas e taxa de preservação da massa, obtidos nas queimas realizadas sem a aplicação de retardante com os respectivos resultados destas variáveis obtidos nas queimas com aplicação de retardante, de acordo com as seguintes equações (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2007):

Equação 4: eficiência na redução da velocidade de propagação do fogo.

$$\rho = \frac{R_{com}}{R_{sem}}$$

Onde:

$\rho$  = eficiência na redução da velocidade de propagação do fogo;

$R_{com}$  = diferença entre a velocidade da propagação do fogo sem aplicação de retardante e a velocidade da propagação com a aplicação do retardante;

$R_{sem}$  = velocidade da propagação do fogo sem aplicação de retardante.

Equação 5: eficiência na taxa de preservação da massa.

$$\mu = \frac{m_{apos}}{m_{antes}}$$

Onde:

$\mu$  = eficiência na taxa de preservação da massa;

$m_{apos}$  = carga de material combustível e resíduos, após a queima na área de aplicação de retardante;

$m_{antes}$  = carga de material combustível na área de aplicação de retardante antes da queima.

Equação 6: eficiência na redução do comprimento das chamas.

$$\lambda = \frac{L_{com}}{L_{sem}}$$

Onde:

$\lambda$  = eficiência na redução do comprimento das chamas;

$L_{com}$  = diferença entre o comprimento das chamas sem aplicação de retardante e o comprimento das chamas com a aplicação do retardante;

$L_{sem}$  = comprimento das chamas na área sem aplicação de retardante.

Equação 7: equação do Índice de Eficiência Global.

$$\sigma = \frac{\rho + \mu + \lambda}{3}$$

Onde:

$\sigma$  = Índice de Eficiência Global.

$\rho$  = eficiência na redução da velocidade de propagação do fogo;

$\mu$  = eficiência na redução da taxa de perda de massa;

$\lambda$  = eficiência na redução do comprimento das chamas.

Para avaliação de eficiência dos retardantes químicos analisados, realizada mediante a metodologia de determinação do Índice de Eficiência Global, a análise das variáveis foram criteriosamente adaptadas às condições e equipamentos disponíveis.

A velocidade de propagação do fogo foi estimada através da determinação do tempo médio gasto pela frente de fogo para percorrer as distâncias pré-estabelecidas (25 cm) durante as queimas. A velocidade é dada em metros por segundo ( $\text{m.s}^{-1}$ ).

A determinação da quantidade de material combustível preservado foi medida através da pesagem dos resíduos e do material combustível não queimado na área de aplicação do produto, aferidas através de balança de precisão. A massa de material preservado é dada em quilogramas (Kg).

O comprimento das chamas foi estimado através da média dos valores coletados durante a queima com o uso de uma fita métrica, anexada ao lado da plataforma de queima. O comprimento é dado em metros (m).

Estes dados foram combinados para determinar os índices de eficiência na redução da velocidade de propagação, na redução do comprimento das chamas e na preservação de massa, culminando na determinação do Índice de Eficiência Global.

### **5.5 Método para avaliação da redução da intensidade do fogo**

A redução da intensidade do fogo foi estimada através da medida do comprimento das chamas. A relação existente entre a intensidade de fogo e o comprimento da chama, é dada pela equação 2, conforme apresentado no capítulo 3:

Equação 2: relação entre a intensidade do fogo e comprimento da chama.

$$I = 63,05 \cdot hc^{2,17}$$

Onde:

$I$  = Intensidade de do fogo em  $\text{kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ;

$hc$  = Comprimento das chamas em metros (m).

A determinação da redução da intensidade do fogo foi calculada através da razão entre os valores da intensidade do fogo obtidos nas queimas realizadas com a aplicação de retardante com os respectivos resultados desta variável obtidos nas queimas sem aplicação de retardante.

Em ambos os métodos de avaliação, os parâmetros do fogo, velocidade de propagação e intensidade do fogo foram estimados através de procedimentos padrão adotados internacionalmente (ROTHERMEL, 1983; ROTHERMEL e DEEMING, 1980 apud UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2007).

## 5.6 Materiais

Abaixo segue relação dos materiais utilizados para a realização do experimento:

- Plataforma de queima;
- Material combustível (Feno);
- Retardantes químicos (Phos Chek WD 881, Phos Chek G-75 e LICET-F);
- Bomba costal com volume de 5,0 litros;
- Balança (Marca/Modelo: Urano/UDI 25000/5);
- Álcool e fósforo;
- Fita métrica;
- Câmera fotográfica;
- Cronômetro;
- Termômetro;
- Fita zebrada;
- Outros.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente o índice de eficiência dos três produtos analisados foi determinado individualmente. Como visto anteriormente, as variáveis analisadas foram a velocidade de propagação do fogo, o comprimento das chamas e quantidade de material combustível preservado. Através destes dados determinaram-se os índices de eficiência na redução da velocidade de propagação, na redução do comprimento das chamas e a quantidade de massa preservada, culminando na determinação do Índice de Eficiência Global de cada produto.

Logo após foi efetuada uma análise conjunta dos resultados e posteriormente foi determinada e analisada a redução da intensidade do fogo para os três retardantes avaliados.

### 6.1 Análise do retardante de curta duração Phos Chek WD 881

As queimas para a avaliação da eficiência do Phos Chek WD 881 foram todas realizadas no mesmo dia. As queimas realizadas para esta análise foram as queimas 1, 2, e 3. A temperatura do ambiente durante as queimas variaram entre 19 e 20 °C. Os valores médios de velocidade de propagação do fogo e comprimento das chamas nas áreas, com e sem a aplicação do produto, estão apresentados na tabela 1. Também estão apresentados na tabela 1, os valores das massas na área de aplicação do retardante antes e depois das queimas.

Tabela 1 - Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do Phos Chek WD 881.

<b>Phos Chek WD 881</b>						
<b>Repetição</b>	<b>Velocidade do fogo (m.s<sup>-1</sup>)</b>		<b>Comprimento das chamas (m)</b>		<b>Massas de material combustível (kg)</b>	
	Sem produto	Com produto	Sem produto	Com produto	Antes da queima	Após a queima
Queima 1	5,60. 10 <sup>-3</sup>	1,48. 10 <sup>-3</sup>	0,593	0,147	1,012	0,809
Queima 2	5,88. 10 <sup>-3</sup>	1,44. 10 <sup>-3</sup>	0,585	0,130	1,018	0,764
Queima 3	6,25. 10 <sup>-3</sup>	1,80. 10 <sup>-3</sup>	0,650	0,168	1,034	0,652
<b>Média</b>	<b>5,91. 10<sup>-3</sup></b>	<b>1,57. 10<sup>-3</sup></b>	<b>0,609</b>	<b>0,148</b>	<b>1,021</b>	<b>0,742</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>3,26. 10<sup>-4</sup></b>	<b>1,97. 10<sup>-4</sup></b>	<b>0,035</b>	<b>0,019</b>	<b>0,011</b>	<b>0,081</b>

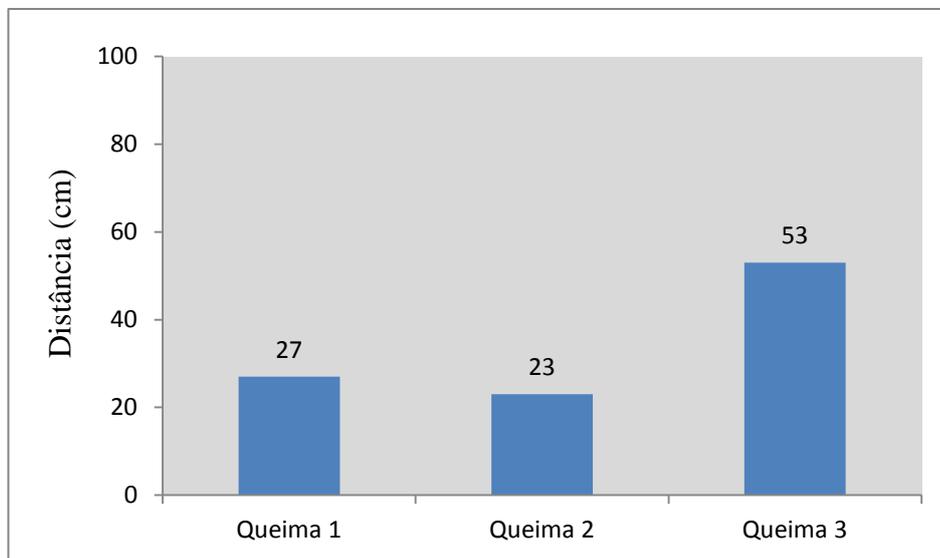
Fonte: do autor

De acordo com os valores obtidos, presentes na tabela 1, pode-se perceber que a velocidade de propagação do fogo na área sem aplicação do retardante foi em média 3,76

vezes maior do que na área com aplicação do produto, enquanto que o comprimento das chamas foi 4,11 vezes maior, evidenciando desta forma o efeito do produto aplicado.

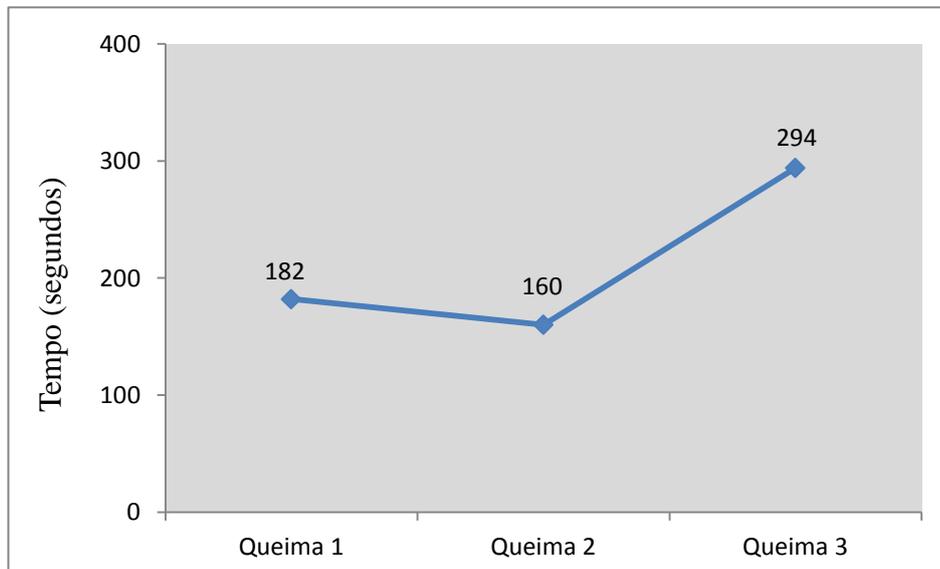
Verificou-se também que o retardante de curta duração, Phos Chek WD 881, apresentou efeito inibidor do fogo em todas as queimas realizadas, extinguindo o fogo antes de percorrer toda a faixa com aplicação do produto. As distâncias de queima sobre a área de aplicação do retardante percorrida pela frente de fogo a partir do contato com a linha de aplicação do produto são apresentadas no gráfico 1, e os tempos que estas frentes levaram para percorrer estas distâncias estão representadas no gráfico 2.

Gráfico 1 - Distância de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek WD 881



Fonte: do autor

Gráfico 2 - Tempo de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek WD 881



Fonte: do autor

Através da análise do gráfico percebeu-se que as frentes de avanço do fogo penetraram em média 34,3 cm na área de aplicação do produto. Sendo que, em duas, das três repetições, a frente de fogo avançou com valores próximos. A primeira queima avançou 27 cm e a segunda avançou 23 cm. A terceira queima apresentou discrepância maior: a frente do fogo avançou 53 cm, ou seja, teve um avanço maior que a soma dos avanços das duas primeiras queimas. Em relação ao tempo de queima na área de aplicação do produto até que o fogo fosse extinto, o mesmo foi percebido. Os tempos nas duas primeiras repetições foram próximos, 182 seg, na primeira queima e 160 seg, na segunda, e um valor um pouco maior para a terceira queima, de 294 seg. O tempo médio registrado até a extinção foi de 212 seg.

A tabela 2 apresenta os valores dos Índices de Eficiência Global obtidos pelo Phos Chek WD 881 nas 03 repetições de queima e o valor médio do índice obtido.

Tabela 2 – Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do Phos Chek WD 881.

<b>Repetição</b>	<b>Redução na velocidade de propagação do fogo (%)</b>	<b>Redução da altura das chamas (%)</b>	<b>Preservação da massa (%)</b>	<b>Índice Global de Eficiência (%)</b>
Queima 1	73,57	75,21	79,94	76,24
Queima 2	75,51	77,78	75,05	76,11
Queima 3	71,20	74,15	63,06	69,47
<b>Média</b>	<b>73,43</b>	<b>75,71</b>	<b>72,68</b>	<b>73,94</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>2,16</b>	<b>1,87</b>	<b>8,68</b>	<b>3,87</b>

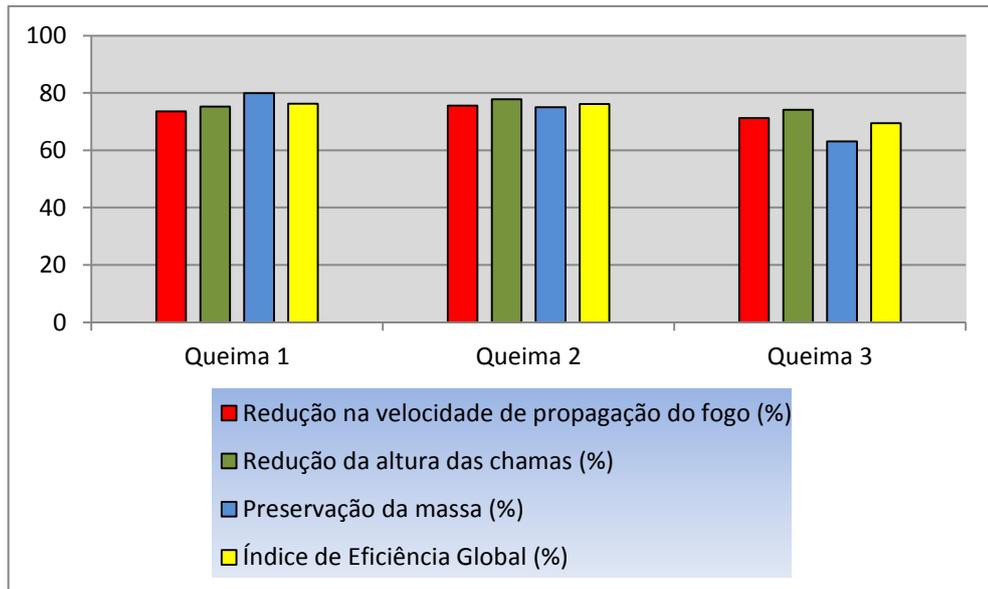
Fonte: do autor

Os valores dos índices de eficiência presentes na tabela acima foram calculados através da metodologia e das equações apresentadas no item 5.4 e com base nos dados fornecidos na tabela 1 deste trabalho. Pode-se perceber então que em média, o valor do Índice de Eficiência Global do retardante Phos Chek WD 881 foi de 73,94 %, com um desvio padrão de 3,87 %.

Em média, o Phos Chek WD 881, provocou uma redução de 73,43 % na velocidade de propagação do fogo e de 75,71 % no comprimento das chamas antes de bloquear o avanço da frente do fogo e extingui-lo. A preservação da massa apresentou valor de 72,68 % de massa preservada após a queima na área de aplicação do produto retardante. O Phos Chek WD 881 apresentou, não somente resultados retardante do fogo, mas também supressante do mesmo.

Os índices de eficiência das queimas do retardante Phos Chek WD 881 estão apresentados em forma de diagrama no gráfico 3.

Gráfico 3 - Índices de eficiência do retardante Phos Chek WD 881



Fonte: do autor

A figura 4 demonstra a progressão da terceira queima para análise da eficiência do retardante Phos Chek WD 881.

Figura 4 – Progressão da terceira queima na análise da eficiência do Phos Chek WD 881



Fonte: do autor

## 6.2 Análise do retardante de longa duração Phos Chek G - 75

As queimas para a avaliação da eficiência do Phos Chek G - 75 foram realizadas em três dias consecutivos. A plataforma foi preparada em um dia e a queima se realizou no dia posterior, para que não houvesse influência da água na avaliação. As queimas realizadas para esta análise foram as queimas 4, 5 e 6. A temperatura do ambiente durante queimas foram respectivamente 21, 19 e 20 °C. Os valores médios de velocidade de propagação fogo e comprimento das chamas nas áreas, com e sem a aplicação do produto, estão apresentados na tabela 3. Também estão apresentados na tabela 3, os valores das massas na área de aplicação do retardante antes e depois da queima.

Tabela 3 - Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do Phos Chek G – 75.

<b>Phos Chek G - 75</b>						
<b>Repetição</b>	<b>Velocidade do fogo (m.s<sup>-1</sup>)</b>		<b>Comprimento das chamas (m)</b>		<b>Massas de material combustível (kg)</b>	
	Sem produto	Com produto	Sem produto	Com produto	Antes da queima	Após a queima
Queima 4	5,95. 10 <sup>-3</sup>	1,54. 10 <sup>-3</sup>	0,617	0,170	1,018	0,836
Queima 5	6,06. 10 <sup>-3</sup>	2,41. 10 <sup>-3</sup>	0,605	0,145	1,010	0,802
Queima 6	6,19. 10 <sup>-3</sup>	2,24. 10 <sup>-3</sup>	0,625	0,150	1,015	0,784
<b>Média</b>	<b>6,07. 10<sup>-3</sup></b>	<b>2,06. 10<sup>-3</sup></b>	<b>0,616</b>	<b>0,155</b>	<b>1,014</b>	<b>0,807</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>1,20. 10<sup>-4</sup></b>	<b>4,61. 10<sup>-4</sup></b>	<b>0,010</b>	<b>0,013</b>	<b>0,004</b>	<b>0,026</b>

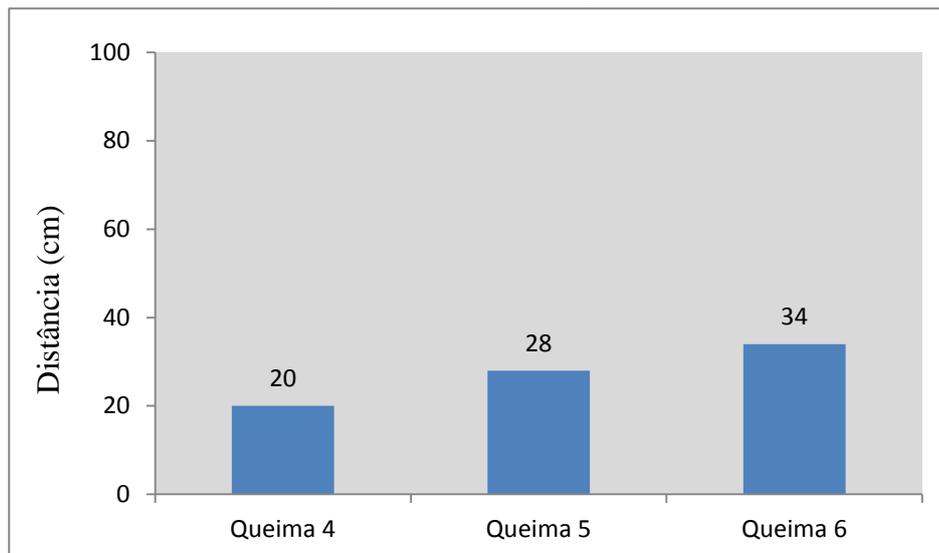
Fonte: do autor

De acordo com os valores obtidos, presentes na tabela 3, percebe-se que a velocidade de propagação do fogo na área sem aplicação do retardante foi em média 2,95 vezes maior do que na área com aplicação do produto, entretanto o comprimento das chamas foi 3,97 vezes maior, confirmando desta forma o efeito do produto aplicado.

De mesma forma que o retardante de curta duração, pode-se verificar que o retardante de longa duração, Phos Chek G -75, também apresentou efeito inibidor do fogo em todas as queimas realizadas, extinguindo desta forma o fogo antes que percorresse toda a faixa com aplicação do produto.

As distâncias de queima sobre a área de aplicação do retardante percorrida pela frente de fogo a partir do contato com a linha de aplicação do produto são apresentados no gráfico 4.

Gráfico 4 - Distância de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek G - 75

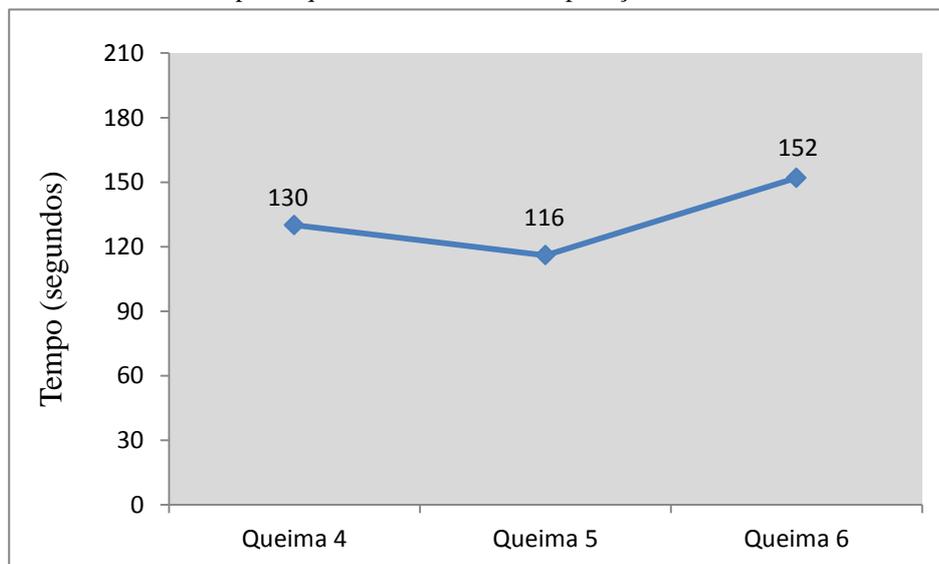


Fonte: do autor

Através da análise do gráfico 4, percebe-se que as frentes de avanço do fogo penetraram em média 27,3 cm na área de aplicação do produto. Sendo que, as frentes avançaram de forma progressiva conforme a ordem de suas queimas. A queima 4, obteve um avanço na frete do fogo no valor de 20 cm e as queimas 5 e 6 obtiveram avanço de 28 e 34 cm, respectivamente.

Os tempos de queima sobre a área de aplicação do retardante percorrida pela frente de fogo a partir do contato com a linha de aplicação do produto são apresentados no gráfico 5.

Gráfico 5 - Tempo de queima sobre a área de aplicação do Phos Chek G - 751



Fonte: do autor

Analisando o gráfico 5, e correlacionando o tempo com as distâncias que a frente do fogo atingiu para se extinguir o fogo dentro da área de aplicação do produto, notou-se que a queima 4 precisou de 130 seg para extinguir o fogo em uma distância de 20 cm, e que a queima 5 precisou de menos tempo, 116 seg, para avançar uma distância maior, 28 cm. Um dos motivos pode ter sido a diferença na velocidade de propagação do fogo entre as duas queimas, pois a queima 5 apresentou velocidade de propagação do fogo maior que a queima 4, tanto na área sem aplicação do retardante quanto na área com a aplicação do mesmo. A queima 6 apresentou um tempo de 152 seg até a extinção, porém a distância avançada foi de 34 cm. O tempo médio registrado para o avanço até a extinção do fogo foi de 132,67 seg.

A tabela 4 apresenta os valores dos Índices de Eficiência Global obtidos pelo Phos Chek G - 75 nas 03 repetições de queima e o valor médio do índice obtido.

Tabela 4 – Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do Phos Chek G – 75.

Repetição	Redução na velocidade de propagação do fogo (%)	Redução da altura das chamas (%)	Preservação da massa (%)	Índice Global de Eficiência (%)
Queima 4	74,12	72,45	82,12	76,23
Queima 5	60,23	76,03	79,40	71,89
Queima 6	63,81	76,00	77,24	72,35
<b>Média</b>	<b>66,05</b>	<b>74,83</b>	<b>79,59</b>	<b>73,49</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>7,21</b>	<b>2,06</b>	<b>2,44</b>	<b>2,38</b>

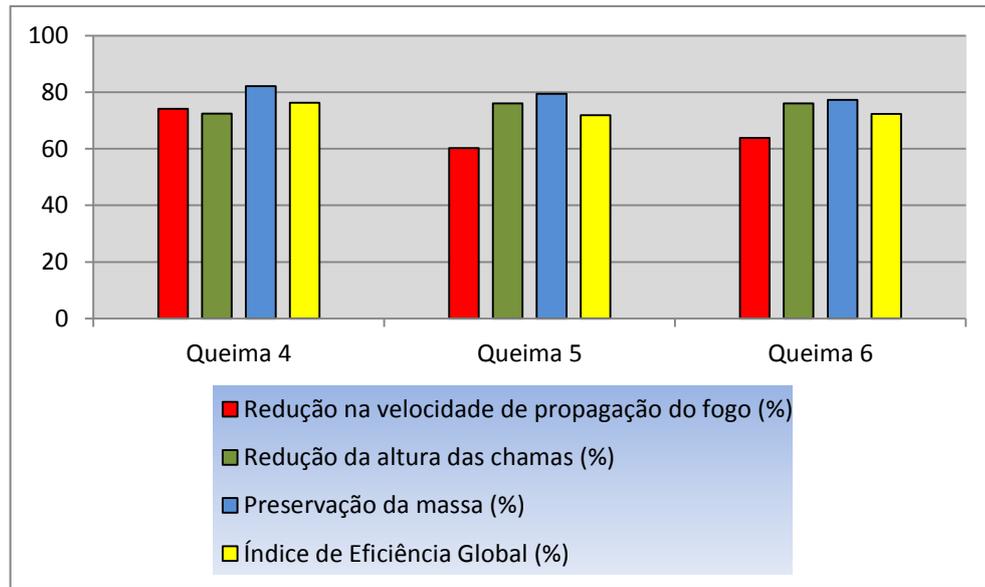
Fonte: do autor

De mesma forma que na análise do produto anterior, os índices de eficiência presentes na tabela acima foram calculados através da metodologia e das equações apresentadas no item 5.4, porém com base nos dados fornecidos na tabela 3 deste trabalho. O valor obtido do Índice de Eficiência Global do retardante Phos Chek G - 75 foi em média de 73,49 %, com um desvio padrão de 2,38 %.

Em média, o Phos Chek G - 75 provocou uma redução na velocidade de propagação do fogo de 66,05 % e de 74,83 % no comprimento das chamas antes de bloquear o avanço da frente do fogo e extingui-lo. A preservação da massa apresentou valor 79,59 % de massa preservada após a queima na área de aplicação do produto retardante.

O Phos Chek G - 75 apresentou resultado supressante em 100 % das queimas. Os índices de eficiência das queimas do retardante Phos Chek G - 75 estão apresentados graficamente a seguir (gráfico 6).

Gráfico 6 - Índices de eficiência do retardante Phos Chek G - 75



Fonte: do autor

A figura 5 apresenta a progressão da terceira queima para análise da eficiência do retardante Phos Chek G - 75.

Figura 5 – Progressão da terceira queima na análise da eficiência do Phos Chek G - 75



Fonte: do autor

### 6.3 Análise do retardante de longa duração LICET-F

As queimas para a avaliação da eficiência do LICET-F foram realizadas em três dias consecutivos. A plataforma foi preparada em um dia e a queima se realizou no dia posterior, para que não houvesse influência da água na avaliação. As queimas realizadas para esta análise foram as queimas 7, 8 e 9. A temperatura do ambiente durante queimas foram respectivamente 21, 19 e 20 °C. Os valores médios de velocidade de propagação fogo e comprimento das chamas nas áreas, com e sem a aplicação do produto, estão apresentados na tabela 5, que também apresenta o valor das massas na área de aplicação do retardante antes e depois da queima.

Tabela 5 - Valores médios das variáveis dos parâmetros do fogo obtidos para as queimas do LICET-F.

<b>LICET-F</b>						
<b>Repetição</b>	<b>Velocidade do fogo (m.s<sup>-1</sup>)</b>		<b>Comprimento das chamas (m)</b>		<b>Massas de material combustível (kg)</b>	
	Sem produto	Com produto	Sem produto	Com produto	Antes da queima	Após a queima
Queima 7	5,37. 10 <sup>-3</sup>	1,64. 10 <sup>-3</sup>	0,622	0,132	1,020	0,883
Queima 8	6,67. 10 <sup>-3</sup>	2,76. 10 <sup>-3</sup>	0,637	0,155	1,016	0,799
Queima 9	6,28. 10 <sup>-3</sup>	2,14. 10 <sup>-3</sup>	0,631	0,140	1,022	0,844
<b>Média</b>	<b>6,11. 10<sup>-3</sup></b>	<b>2,18. 10<sup>-3</sup></b>	<b>0,630</b>	<b>0,142</b>	<b>1,019</b>	<b>0,842</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>6,59. 10<sup>-4</sup></b>	<b>5,61. 10<sup>-4</sup></b>	<b>0,007</b>	<b>0,012</b>	<b>0,003</b>	<b>0,042</b>

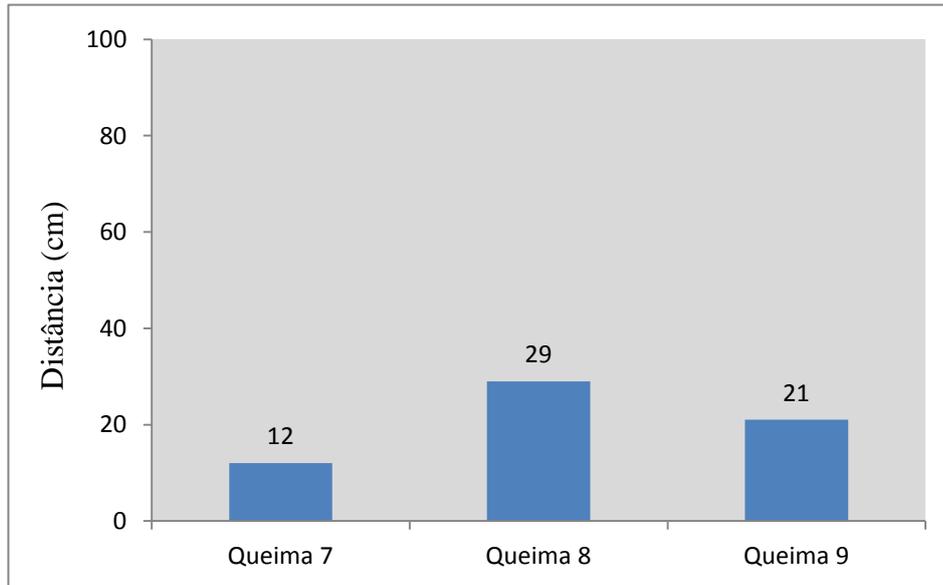
Fonte: do autor

De acordo com os valores obtidos, presentes na tabela 5, pode-se notar que a velocidade de propagação do fogo na área sem aplicação do retardante foi em média 2,80 vezes maior do que na área com aplicação do produto, enquanto que o comprimento das chamas foi 4,43 vezes maior, demonstrando, como nas outras avaliações, o efeito do produto aplicado.

O retardante de longa duração LICET-F, apresentou efeito inibidor do fogo em todas as queimas realizadas, extinguindo assim o fogo antes que o mesmo percorresse toda a faixa com aplicação do produto na plataforma de queima.

As distâncias de queima sobre a área de aplicação do retardante percorrida pela frente de fogo a partir do contato com a linha de aplicação do produto são apresentadas no gráfico 7.

Gráfico 7 - Distância de queima sobre a área de aplicação do LICET-F

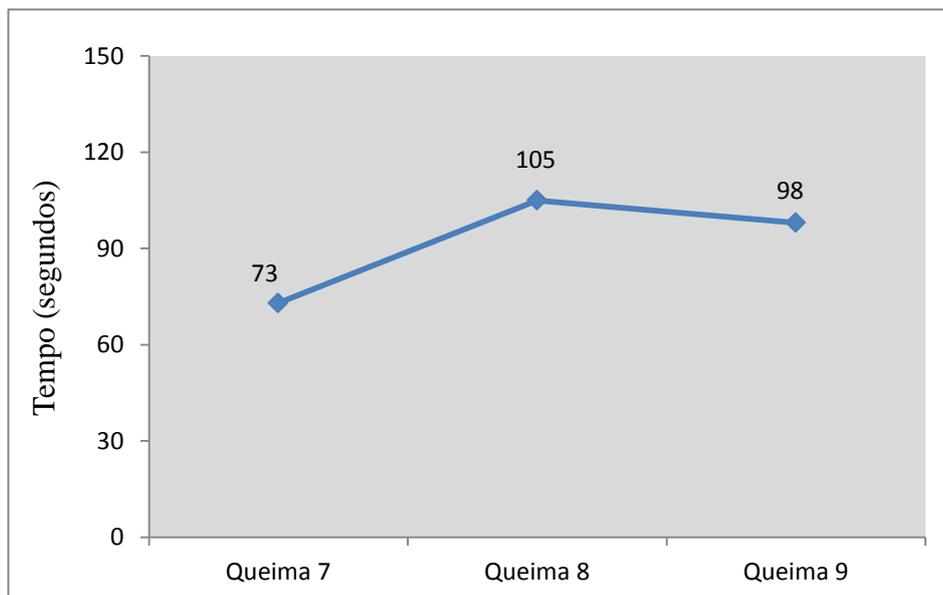


Fonte: do autor

Avaliando o gráfico 7, nota-se que as frentes de avanço do fogo penetraram em média 20,67 cm na área de aplicação do produto. Sendo que os valores das distâncias percorridas pelas queimas 7,8 e 9, foram 12, 29 e 21 cm, respectivamente e ocorreram de forma uniforme.

Os tempos de queima sobre a área de aplicação do retardante percorrida pela frente de fogo a partir do contato com a linha de aplicação do produto são apresentados no gráfico 8.

Gráfico 8 - Tempo de queima sobre a área de aplicação do LICET-F



Fonte: do autor

O gráfico 8 aponta um tempo médio registrado do avanço da frente do fogo na área de aplicação do produto até a sua extinção de 92 seg. Ademais todos os tempos se apresentaram de forma coerente. O tempo até que o fogo se extinguisse, a partir do contato com a linha de aplicação do produto na queima 7, foi de 73 seg, enquanto os tempos das queimas 8 e 9 foram, respectivamente, 105 e 98 seg.

A tabela 6 apresenta os valores dos Índices de Eficiência Global obtidos pelo LICET-F nas 03 repetições de queima e o valor médio do índice obtido.

Tabela 6 – Valores obtidos para os Índices de Eficiência Global do LICET-F.

<b>Repetição</b>	<b>Redução na velocidade de propagação do fogo (%)</b>	<b>Redução da altura das chamas (%)</b>	<b>Preservação da massa (%)</b>	<b>Índice Global de Eficiência (%)</b>
Queima 7	69,45	78,78	86,57	78,27
Queima 8	58,62	75,67	78,64	70,98
Queima 9	65,92	77,81	82,58	75,44
<b>Média</b>	<b>64,66</b>	<b>77,42</b>	<b>82,60</b>	<b>74,89</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>5,52</b>	<b>1,59</b>	<b>3,96</b>	<b>3,94</b>

Fonte: do autor

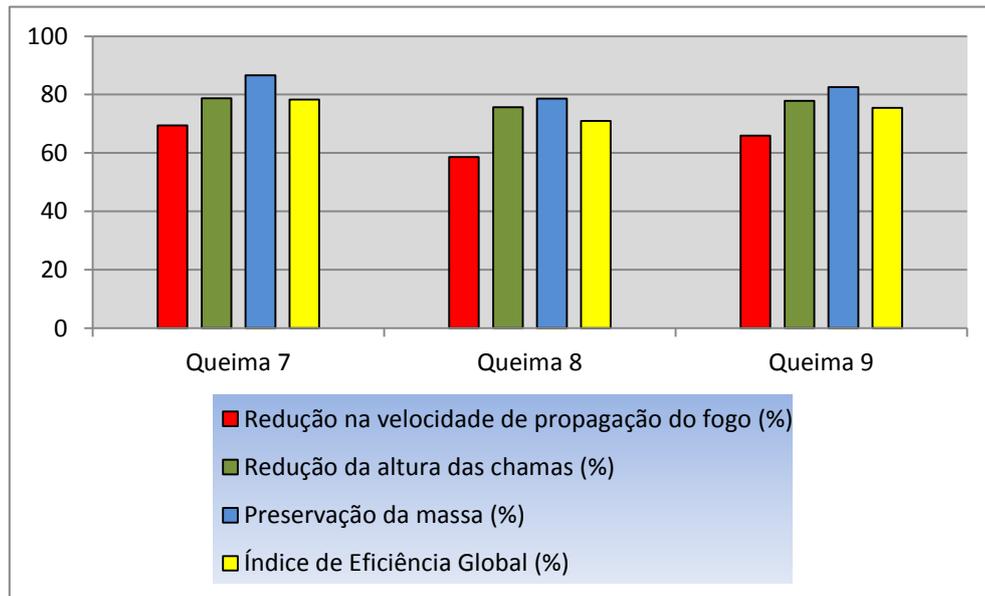
Identicamente as análises anteriores, os índices de eficiência presentes na tabela acima foram calculados através da metodologia e das equações apresentadas no item 5.4, porém com base nos dados fornecidos na tabela 5 deste trabalho. O valor médio do Índice de Eficiência Global do retardante LICET-F foi de 74,89 %, com um desvio padrão de 3,94 %.

Em média, o LICET-F provocou uma redução na velocidade de propagação do fogo de 64,66 % e no comprimento das chamas de 77,42 % antes de bloquear o avanço da frente do fogo e extingui-lo. A preservação da massa apresentou valor de 82,60 % de massa preservada após a queima na área de aplicação do produto retardante. O LICET-F apresentou resultado supressante em 100 % das queimas.

Frisando que os valores médios de velocidade propagação do fogo e comprimento das chamas, para avaliação destas variáveis na área de aplicação do produto, foram medidos durante a penetração do fogo nesta área, até sua total extinção.

Os índices de eficiência das queimas do retardante LICET-F estão apresentados em forma de diagrama no gráfico 9.

Gráfico 9 - Índices de eficiência do retardante LICET-F



Fonte: do autor

A figura 6 demonstra a progressão da terceira queima para análise da eficiência do retardante LICET-F.

Figura 6 – Progressão da terceira queima na análise da eficiência do LICET-F



Fonte: do autor

#### 6.4 Análise conjunta dos resultados

Comparando os valores obtidos nas análises dos dois retardantes de longa duração, entende-se que obtiveram comportamentos coerentes, considerando que o propósito de ambos seja o mesmo. Apenas apresentaram algumas variações, sem muita significância, nas médias das variáveis analisadas, que de uma forma geral se equalizaram conforme pode ser observado na própria determinação Índice de Eficiência Global dos produtos.

Analisando os valores obtidos do Índice de Eficiência Global dos retardantes de longa duração analisados, nota-se que o LICET-F apresentou em média um Índice de Eficiência Global maior que o Phos Chek G – 75. Os valores obtidos foram de 74,89 %, com margem de desvio padrão de 3,94 %, para o LICET-F e de 73,49 %, com margem de desvio padrão de 2,38 %, para o Phos Chek G – 75. Observa-se uma diferença de 1,40 % entre os dois produtos. Considerando o desvio padrão calculado para ambos os retardantes de longa duração, não é possível afirmar qual dos dois retardantes se mostra mais eficiente, pois o Índice de Eficiência Global do LICET-F, de acordo com os resultados obtidos, pode variar entre 70,95 e 78,83% e para o Phos Chek G – 75 estes valores variam entre 71,11 e 75,87 %.

Com relação ao retardante de curta duração, o Phos Chek WD 881, determinou-se que o Índice de Eficiência Global do produto foi de 73,94 %, com margem de desvio padrão de 3,87 %, ou seja, o Valor do seu Índice pode variar entre 70,07 e 77,81 %.

Fazendo uma comparação entre os resultados obtidos para os retardantes de longa duração e os retardante de curta duração, apesar de que o tempo de permanência do produto no material combustível antes das queimas para eles foram diferentes, é possível efetuar algumas considerações. Embora os valores do Índice de Eficiência Global dos retardantes fossem próximos, houve uma inversão no comportamento de algumas variáveis.

Com relação à velocidade de propagação do fogo, esta se apresentou com maior valor nos retardante de longa duração, em contrapartida no retardante de curta duração a preservação da massa mostrou-se mais elevada, enquanto que o comprimento das chamas manteve-se uniforme para ambos os tipos de retardantes.

A maior preservação da massa obtida nas análises dos retardantes de longa duração pode ter relação direta com velocidade de propagação do fogo, pois quando a velocidade de propagação é maior, caso dos retardantes de longa duração em relação aos de curta duração, o calor liberado na vegetação é menor, pois a frente do fogo avança com mais rapidez, não permitindo a concentração de calor no mesmo local, conforme observado na equação 3, do item 3.2.4. De mesma forma quando a velocidade de propagação do fogo é

relativamente menor, como foi no caso do retardante de curta duração, o calor liberado na vegetação é maior, com isso, maior é degradação do material vegetal pelo fogo. Além da velocidade de propagação do fogo ter sido maior nas queimas dos retardantes de longa duração, em média, a frente do fogo também avançou menor distância. Com esse conjunto de fatores, pressupõe-se então que, a maior conservação do material preservado nas queimas dos retardantes de longa duração, aconteceu pelo fato de uma maior velocidade de propagação do fogo, como consequência um menor calor liberado sobre a vegetação, além de um avanço menor da frente de fogo na área de aplicação do produto. O processo inverso a este, ocorreu durante as queimas com o retardante de curta duração.

### 6.5 Análise da redução da intensidade do fogo

A intensidade do fogo foi estimada através do uso dos valores médios do comprimento das chamas de cada produto analisado, com e sem aplicação dos produtos retardantes. A tabela 7 apresenta os valores de intensidade do fogo obtidos para cada um dos produtos avaliados, além de suas respectivas reduções de intensidade do fogo em porcentagem.

Tabela 7 – Intensidade e redução da intensidade do fogo dos três produtos analisados.

Produto	Comprimento médio das chamas (m)		Intensidade do fogo (kcal.m <sup>-1</sup> . s <sup>-1</sup> )		Redução da intensidade do fogo (%)
	Sem produto	Com produto	Sem produto	Com produto	
Phos Chek WD 881	0,609	0,148	21,49	1,00	95,34
Phos Chek G - 75	0,616	0,155	22,03	1,10	95,00
LICET-F	0,630	0,142	23,13	0,91	96,06
<b>Média</b>	<b>0,618</b>	<b>0,148</b>	<b>22,22</b>	<b>1,00</b>	<b>95,47</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>0,011</b>	<b>0,006</b>	<b>0,84</b>	<b>0,09</b>	<b>0,54</b>

Fonte: do autor

Os valores da intensidade e da redução da intensidade do fogo, presentes na tabela acima, foram calculados através da metodologia e da equação apresentadas no item 5.5 deste trabalho.

O valor estimado da redução da intensidade do fogo do Phos Chek WD 881, do Phos Chek G-75 e do LICET –F, respectivamente foram de 95,34, 95,00 e 96,06 %, e a média obtida entre os três foi de 95,47 %, com margem de desvio padrão de 0,54 %. Percebe-se que

estes valores são bem próximos e relativamente altos, o que os caracterizam como produtos eficientes na redução de intensidade do fogo.

O valor médio do comprimento das chamas obtido sem a aplicação dos produtos foi 4,17 vezes maior do que área com aplicação do produto, enquanto que os valores de intensidade do fogo sem aplicação dos produtos foi em média 22,22 vezes maior do que na área com aplicação dos mesmos. Percebe-se então uma enorme diferença entre esses valores e isso se deve ao fato de que a relação entre o comprimento das chamas e da intensidade do fogo não é de forma proporcional, ou seja, não se altera na mesma razão. A relação existente, conforme mostra a equação 2, é de forma exponencial, com a potência do expoente no valor de 2,17.

De acordo com o quadro 1 deste trabalho, incêndios florestais que apresentam comprimento das chamas maior que 3,3 m. e intensidade de fogo maior que  $800 \text{ Kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , são extremamente violentos, com queima total da floresta, que nada se pode fazer a frente do fogo e que deve-se esperar por uma redução da intensidade do fogo, geralmente causada por mudanças climáticas. Fazendo uma correlação com resultados obtidos, entende-se que a utilização de algum dos produtos analisados neste trabalho, sob forma de aceiro químico, no combate a estes incêndios, pode reduzir o comprimento das chamas para um valor menor que 1,0 metro e conseqüentemente reduzir a intensidade do fogo para um valor menor que  $80 \text{ Kcal.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , permitindo desta forma que o controle do incêndio, a partir disto, possa ser feito com ataque direto a frente do fogo.

Com isso, pode-se verificar a fundamental importância do comprimento das chamas em um incêndio florestal, que tem influência direta na determinação da intensidade do fogo, e o que é mais importante, é que existem formas de controlar esta variável, e uma delas é através do uso de produtos retardantes químicos do fogo no combate a incêndio florestal.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira etapa do trabalho teve como objetivo a construção de referencial teórico sobre a atividade de combate aos incêndios florestais. Com isso, chegou-se a algumas conclusões, a respeito das quais se discorre a seguir:

Concluiu-se que incêndio florestal é todo fogo que incide sobre qualquer forma de vegetação, provocado naturalmente ou pelo homem, e tem como principais causas: incendiários, queimas para limpeza, fumantes, estradas de ferro, operações florestais, fogos campestres ou atividades recreativas e causas diversas.

Definiu-se que o triângulo do fogo é formado por três elementos básicos: combustível, comburente e calor. Podendo-se observar, ainda, a reação em cadeia, cuja consideração implica na definição de tetraedro, e não triângulo do fogo. Viu-se que a combustão do material vegetal compreende três fases: pré-aquecimento, destilação e incandescência, e que a radiação, a convecção e a condução compreendem os mecanismos de transferência de calor.

Determinou-se que os tipos de incêndios florestais são subterrâneo, de superfície e de copa, e que as partes do incêndio florestal envolvem: cabeça, cauda, flancos, dedo, bolsa, ilha, perímetro e foco secundário. Classificaram-se ainda os materiais e equipamentos utilizados no combate em básicos; auxiliares; para emergência; de orientação; de comunicação; moto mecanizados; e materiais para acampamento.

Dividiram-se as formas de prevenção em dois grupos: a prevenção das fontes de fogo e a prevenção da propagação do fogo. Definiu-se que as formas de combate podem ser através do método direto, indireto, paralelo e aéreo.

Conceituou-se o comportamento dos incêndios florestais como o conjunto de efeitos que se observa em um ambiente sinistrado pelo fogo em vegetação, e determinaram-se a topografia, as condições meteorológicas e o tipo de vegetação como sendo os fatores que afetam o comportamento dos incêndios florestais.

Pode-se concluir também que quatro parâmetros conduzem o comportamento do fogo nos incêndios florestais, os quais são:

- Intensidade do fogo – taxa de energia liberada por unidade de tempo e por unidade de comprimento à frente do fogo;
- Comprimento das chamas – distância entre a ponta da chama e o solo ou superfície do combustível que esta queimando;

- Velocidade de propagação do fogo – distância percorrida pelo fogo num determinado período de tempo;
- Calor liberado na combustão – quantidade de calor liberado por unidade de área.

Em se tratando do uso de retardantes químicos no combate a incêndio florestal, chegou-se a conclusão de que seu uso no Brasil ainda é incipiente, mas a partir de estudos nesta área, este quadro vem mudando.

Conceituou-se retardantes químicos como produtos que tem a propriedade de dificultar tanto o surgimento quanto a propagação do fogo e, desta forma, o termo retardante químico é empregado tanto para os produtos supressantes do fogo quanto para os próprios produtos retardantes.

Determinou-se a existência de dois tipos de retardantes:

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

Definiram-se pelo menos sete requisitos necessários para uso de retardantes no Brasil. São eles: testes de eficiência; testes de toxicidade; determinação da dosagem ideal para aplicação; propriedades físicas; efeitos sobre os equipamentos de aplicação; testes de estabilidade durante a estocagem e armazenamento; e testes operacionais em condições de campo.

A segunda etapa do trabalho foi a parte experimental. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que:

Em relação à avaliação da eficiência do retardante de curta duração, verificou-se que o Phos Chek WD 881, provocou em média reduções de 73,43 % na velocidade de propagação do fogo, de 75,71 % na redução do comprimento das chamas e apresentou 72,68 % da massa de vegetação preservada após a queima na área de aplicação do produto. Obtendo-se, assim, um Índice de Eficiência Global de 73,94 %, com margem de desvio padrão de 3,87 %.

Na avaliação da eficiência do retardante de longa duração Phos Chek G - 75 verificou-se que o mesmo provocou em média reduções de 66,05 % na velocidade de propagação do fogo, de 74,83 % na redução do comprimento das chamas e apresentou 79,59 % da massa de vegetação preservada após a queima na área de aplicação do produto. Obtendo-se assim, um Índice de Eficiência Global de 73,49 %, com margem de desvio padrão de 2,38 %.

Verificou-se, na avaliação da eficiência do retardante de longa duração LICET-F, que este provocou em média reduções de 64,66 % na velocidade de propagação do fogo, de 77,42 % na redução do comprimento das chamas e apresentou 82,60 % da massa de vegetação preservada após a queima na área de aplicação do produto. Obtendo-se assim, um Índice de Eficiência Global de 74,89 %, com margem de desvio padrão de 3,94 %.

Confirmou-se então, através dos resultados obtidos no experimento, que os três produtos retardantes analisados oferecem eficiência satisfatória para uso no combate a incêndios florestais, pois apresentaram como resultados, efeitos supressantes em 100 % das queimas realizadas.

Na comparação dos valores obtidos do Índice de Eficiência Global dos retardantes de longa duração analisados, notou-se que o LICET-F apresentou em média um Índice de Eficiência Global de 1,40 % maior que o Phos Chek G – 75. Considerando o desvio padrão calculado para ambos os retardantes, não foi possível afirmar qual dos dois retardantes se mostrou mais eficiente, pois o Índice de Eficiência Global do LICET-F, de acordo com os resultados obtidos, pode variar entre 70,95 e 78,83% e para o Phos Chek G–75 estes valores variam entre 71,11 e 75,87 %.

O valor estimado para a redução da intensidade do fogo do Phos Chek WD 881 foi de 95,34 %. Para o Phos Chek G-75 foi de 95,00 %. E para o LICET –F foi de 96,06 %. Percebe-se que estes valores são bem próximos e relativamente altos, o que os caracteriza como produtos eficientes na redução de intensidade do fogo. A média obtida entre os três produtos foi de 95,47 %, com margem de desvio padrão de 0,54 %.

O valor da intensidade do fogo, sem a aplicação dos produtos foi em média 22,22 vezes maior do que na área com aplicação dos mesmos.

Através dos resultados obtidos, entende-se que a utilização de qualquer um dos três produtos analisados neste trabalho, sob a forma de aceiros químicos no combate aos incêndios florestais, pode reduzir consideravelmente o comprimento das chamas, e conseqüentemente diminuir a intensidade do fogo, permitindo, desta forma, que se possa ter o

controle maior do incêndio e, a partir disto, decidir qual o melhor método de combate ao incêndio florestal a ser utilizada.

Na verdade, o uso dos retardantes estudados viabiliza uma mudança técnica do enfrentamento do fogo em vegetação ao possibilitar a aproximação das guarnições do local sinistrado.

Por fim, é consenso mundial que nenhuma tecnologia isolada é suficiente para dominar os grandes incêndios florestais. Dessa forma, sugere-se a realização de novos estudos, os quais contemplem, de maneira integrada, o emprego da força humana e da tecnologia química dos produtos retardantes do fogo, a fim de se traçarem novas estratégias para a luta contra os incêndios florestais.

## REFERÊNCIAS

- AUTORIDADE NACIONAL DE PROTECÇÃO CIVIL. Manual Operacional: **emprego dos meios aéreos em operações de protecção civil**. Lisboa: ANP, 2009. Disponível em: <<http://www.cm-evora.pt/NR/rdonlyres/0A2952A2-268C-4E58-A48C-D985E965B42F/38487/ManualOperacionalempregodeMeiosAereosemopera%C3%A7%C3%B5esde.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2011.
- BATISTA, Antonio Carlos. **Avaliação da Queima Controlada em Povoamentos de Pinus taeda L. no Norte do Paraná**. 1995. 108 f.. Curitiba. Tese (Doutorado em Eng. Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1995.
- BATISTA, Antonio Carlos. Detecção de Incêndios Florestais por Satélites. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, V. 34, n.2, p. 237-241, Mai/Ago, 2004.
- BATISTA, Antonio Carlos. Modelos de estimativa do comportamento do fogo. **Revista Floresta**, Paraná, v. 37, 2007. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/firelab/artigos/artigo361.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2011.
- BATISTA, Antonio Carlos. O uso dos retardantes no combate aéreo aos incêndios florestais. **Revista Floresta**, Paraná, v. 39, 2009. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/firelab/artigos/artigo424.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2011.
- BATISTA, A. C. et al. Avaliação da eficiência de um retardante de longa duração, à base de polifosfato amônico, em queimas controladas em condições de laboratório. **Revista Sci. For**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 223-229, set. 2008.
- CASTRO, Carlos Ferreira de, et al. **Combate a Incêndio Florestais: manual de formação inicial do bombeiro**. 3. ed. revista e atualizada. Lisboa: Sintra, 2006. 94 p.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Centro de Ensino Bombeiro Militar. **Guia para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Florianópolis: CEBM, 2010.
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de combate a incêndios florestais**. São Paulo: PMESP, 2006. (Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros, 4). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/55571856/Combate-a-incendios-florestais-SP>>. Acesso em: 6 jul. 2011.
- CUNHA, Fernando França da. Retardantes químicos no combate aos incêndios florestais. **Jovem Sul News**, Chapadão do Sul, 27 de out. 2010. Disponível em: <<http://www.jovemsulnews.com.br/user3/index.php?origem=colunista&xxx=1&id=1209&colunista=Fernando%20F.%20da%20Cunha>>. Acesso em: 20 jul. 2011.
- FIEDLER, N. C; RODRIGUES, T. O; MEDEIROS, M. B. 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-MG, V. 30, n.1, p. 55-63, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUARANY. **PHOS CHEK® G-75**: retardante de chamas. Ficha técnica de produto. São Paulo, 2011, 2 p. Trabalho não publicado

GUARANY. **PHOS CHEK® WD-881**: supressante de chamas. Ficha técnica de produto. São Paulo, 2011, 2 p. Trabalho não publicado

GUTIERREZ, Adilson José, et al. **Combate a incêndio florestais**. São Paulo: CBMSP, 2006. 42 p. (Coletânea de manuais técnico de bombeiro, 4). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/55571856/Combate-a-incendios-florestais-SP>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. 332 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MEDEIROS, M. B. Manejo do Fogo em Unidades de Conservação do Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.10, p.76-89, 2002.

MOTTA, Daniel Souza. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. 2008. 32 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2008. Disponível em: [http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Daniel\\_Souza\\_Motta.pdf](http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Daniel_Souza_Motta.pdf)>. Acesso em: 15 de jun. 2011.

NUNES, J. R. S. **FMA<sup>+</sup> - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná- Brasil**. 2005. 150 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural**: Comando e controle de operações de incêndio. Florianópolis: Editograf, 2005. 136 p.

PARIZOTTO, Walter. **Padronização de procedimentos em operações de controle de incêndios florestais no Estado de Santa Catarina**. 2006. 62 f. Monografia (Especialização de Bombeiros para Oficiais) – Centro de Ensino Bombeiro Militar, Bombeiro Militar, Florianópolis, 2006.

PARIZOTTO, W; SILVA, N. F; TÊO, G. Capacitação para o combate e prevenção de incêndios florestais na região do Alto Irani-SC. **Revista Floresta**, Curitiba, V. 34, n. 2, p. 113-118, maio/ago. 2004. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2381/1990>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

PARIZOTTO, W. et al. Controle dos incêndios florestais pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e sugestões para seu aprimoramento. **Revista Floresta**, Curitiba, V. 38, n. 4, p. 651-662, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/13160/8907>>. Acesso em: 02 jul. 2011.

PIAUÍ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Apostila do curso técnicas de prevenção e combate à incêndios florestais**. Curitiba: STCP, 2010. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/search?SearchableText=apostila>>. Acesso em: 18 jun. 2011.

RAMOS, Paulo Cezar Mendes. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCENDIOS FLORESTAIS, 1, 1995, Piracicaba -SP. **Anais eletrônicos**, abril, 1995. p. 29-38. Disponível em: <[http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

RIBEIRO, Guido Assunção. Tecnologias de combate aéreo e uso de retardantes. **Revista Opiniões**, mar./maio, 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/13160/8907>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

RIBEIRO, G. A. et al. Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, dez. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000600018&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000600018&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 02 jul. 2011.

RIO SAGRADO. **LICET-F**. Manual de aplicação. Curitiba, 2011, 24 p. Disponível em: <[http://www.riosagrado.com.br/manual\\_aplicacao.php](http://www.riosagrado.com.br/manual_aplicacao.php)>. Acesso em: 03 jul. 2011.

RODRIGUES, Aline Nahanna Carneiro. **Considerações sobre prevenção e combate aos incêndios florestais no Estado do Rio de Janeiro**. 2008. 32 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2008. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2007II/Aline%20Nahanna%20Carneiro%20Rodrigues.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2011.

SANTA CATARINA. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**: atualizada até novembro de 2009 com 47 Emendas Constitucionais. Florianópolis: Editora da assembleia legislativa, 2009

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, 2004.

SANTOS, Nilton Rodrigues dos. **Noções de combate a incêndio florestal de superfície**. 2009. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico em Gestão de Emergências) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

SAVIOLI, Luiz Humberto. **Combate a incêndio florestal com aeronaves**. 1998. 162 f. Tese (Mestrado – Aperfeiçoamento de Oficiais) – Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores - PMSP, São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/555008856/Combate-a-incendios-florestais-SP>>. Acesso em: 4 jul. 2011.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; BRUN, Eleandro José; CALIL, Francine Neves. **CADERNO DIDÁTICO: CFL 506 - PROTEÇÃO FLORESTAL**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 98 p. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/labeflo/ensino/graduacao/protecao/caderno\\_2005.pdf](http://w3.ufsm.br/labeflo/ensino/graduacao/protecao/caderno_2005.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2011.

SOARES, Ronaldo Viana. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985. 213 p.

SOARES, Ronaldo Viana. Queimas controladas: prós e contras. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCENDIOS FLORESTAIS, 1, 1995, Piracicaba - SP. **Anais eletrônicos**, abril, 1995. p. 6-10. Disponível em: <[http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/)>. Acesso em: 28 jun. 2011.

SOARES, R. V. e BATISTA, A. C. **Curso de especialização por tutoria à distância: combustão da biomassa e propagação dos incêndios**. Brasília: UFPR - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 35 p. 2 v. 2006.

SOARES, R. V. e BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: Controle, efeitos e uso do Fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007. 298 p.

SOARES, R. V. e SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Revista Floresta**, Curitiba, V.32, n.2, p. 219-232, 2002. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2287>>. Acesso em: 02 jul. 2011.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira et al. Influência do clima sobre as ocorrências de incêndios em vegetação no município de Juiz de Fora – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 8, 2009, Viçosa - MG. **Anais eletrônicos**, Out, 2009. Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo8/024.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/024.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Laboratório de Proteção Florestal. **Comportamento do Fogo. 2010**. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br/~lpf/comportamento.html>>. Acesso em: 03 jul. 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **“LICET-F”, retardante de longo prazo: relatório de avaliação da eficiência do retardante no combate a incêndios florestais**. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <[http://www.riosagrado.com.br/arquivos/DOCCIENT\\_LICET-F.pdf](http://www.riosagrado.com.br/arquivos/DOCCIENT_LICET-F.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2011.