

JEFFERSON DE SOUZA

**COMPORTAMENTO E AJUSTES DOS ÍNDICES DE PERIGO
DE INCÊNDIO – FMA E FMA+ PARA O MUNICÍPIO DE
LAGES-SC**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe Hess

**LAGES, SC
2014**

S729c Souza, Jefferson de
Comportamento e ajustes dos índices de perigo
de incêndio - FMA e FMA+ para o município de
Lages-SC / Jefferson de Souza. - Lages, 2014.
93 p.: il.; 21 cm

Orientador: André Felipe Hess
Bibliografia: p. 71-76
Dissertação (mestrado) - Universidade do
Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2014.

1. Incêndio florestal. 2. Estatística de
incêndio. 3. Índice de perigo de incêndio. 4.
Fórmula de Monte Alegre. 5. Fórmula de Monte
Alegre Alterada. I. Souza, Jefferson de. II. Hess,
André Felipe. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Florestal. IV. Título

CDD: 634.9618 - 20.ed.

JEFFERSON DE SOUZA

**COMPORTAMENTO E AJUSTES DOS ÍNDICES DE PERIGO
DE INCÊNDIO – FMA E FMA+ PARA O MUNICÍPIO DE
LAGES-SC**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em engenharia Florestal.

Banca examinadora:

Orientador: _____
André Felipe Hess, Dr.
UDESC/CAV

Membro: _____
Geedre Adriano Borsói, Dr.
UDESC/CAV

Membro: _____
Antonio Carlos Batista, Dr.
UFPR

Lages, SC, 25 de julho de 2014

Dedico este trabalho a minha família e a todos os bombeiros que se empenham em prol de ajudar o próximo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Vanessa Philippi de Souza por compreender minha ausência e sempre emprestar apoio para que eu pudesse alcançar meu objetivo.

Ao meu amigo, Zevir Anibal Cipriano Junior, pela companhia nos inúmeros deslocamentos aos municípios de Lages e Curitiba, sempre em prol de buscar novos horizontes.

Ao meu irmão, Fabiano de Souza, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao meu amigo Walter Parizotto, por ter sido referência e pelas palavras de apoio dispensadas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Felipe Hess, pelos ensinamentos e contribuição significativa durante toda jornada.

Aos professores Antonio Carlos Batista, Ronaldo Viana Soares e Alexandre Tetto, pela oportunidade de ter aprendido com renomados profissionais e pelo apoio na produção deste trabalho.

Aos profissionais da EPAGRI/CIRAM, pelo apoio no fornecimento dos dados meteorológicos que serviram de base no presente estudo.

Ao 2º Tenente Bombeiro Militar Gilvan Amorim do 5º Batalhão de Bombeiros Militar de Lages – SC, pela disponibilização dos dados de incêndios.

Por fim, a todos os mestres e colegas de turma pelos ensinamentos repassados e dias agradáveis vividos.

“Não importa o quão bom tenha sido o seu desempenho, sempre haverá alguém com pensamento inteligente achando que foi ruim”.
(Sir Laurence Olivier)

RESUMO

SOUZA, Jefferson de. **Comportamento e ajustes dos índices de perigo de incêndio – FMA e FMA+ para o município de Lages-SC**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

Os incêndios florestais têm causado grandes prejuízos, principalmente ao meio ambiente, sendo que a prevenção ainda é a forma mais econômica e eficiente para se evitar tais danos. O presente trabalho teve como objetivo traçar um perfil dos incêndios ocorridos durante 5 anos, de 2009 a 2013, no município de Lages-SC, além de verificar a eficiência da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) na previsão do grau de perigo durante o período de observação. Foram utilizados os registros de incêndios do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), bem como os dados meteorológicos do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 01 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2013. Essas informações foram padronizadas e analisadas, sendo que os resultados mostraram que foram atendidos 386 incêndios, sendo que 58,81% ocorreram em floresta nativa e 41,19% ocorreram em áreas de reflorestamento. Os incêndios ocorreram principalmente nos meses de agosto e setembro, com 144 ocorrências (37,3% do total), época em que é necessária maior atenção, sobretudo na prontidão das equipes de combate. Observou-se a necessidade de ajustes nos parâmetros que medem o grau de perigo para FMA e para FMA⁺, de forma que o número de dias previsto em cada classe de perigo possua uma relação inversa com o grau de perigo, bem como para que o número de incêndios

observasse uma relação direta com a classe de perigo. Após os ajustes, os valores obtidos para o *skill score* e percentual de sucesso da FMA foram: 0,2146 e 67,41% e para FMA⁺ foram: 0,1883 e 63,53%.

Palavras-chave: Incêndio florestal, estatística de incêndio, índice de perigo de incêndio, Fórmula de Monte Alegre, Fórmula de Monte Alegre Alterada.

ABSTRACT

SOUZA, Jefferson de. **Behavior and adjustment of rates of fire hazard - FMA and FMA⁺ for Lages-SC.** 2014. 93 f. Dissertation (MSc in Forestry) – Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

Forest fires have caused damage, especially to the environment, and prevention is still the most economical and efficient way to avoid such damage. The present study aimed to draw a profile of fires in five years, 2009-2013, in Lages-SC and to verify the efficiency of the Fórmula de Monte Alegre (FMA) and Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) in predicting the degree of danger during the period of observation. Records of fires from the Fire Brigade of Santa Catarina (CBMSC) as well as meteorological data from the Center for Hydrometeorology and Environmental Information Resources Enterprise for Agricultural Research (EPAGRI / CIRAM) and National Institute of Meteorology (INMET) were used in the period from 01 January 2009 to December 31, 2013. These data were organized and analyzed, and the results showed that 386 fires were seen, and 58.81% were in native forest and 41.19% occurred in reforestation areas. The fires occurred mainly between the months of August and September, with 144 occurrences (37.3% of total), a time when greater attention, especially in the readiness of combat teams is required. There was a need for adjustments to the parameters that measure the degree of danger to FMA and FMA⁺, so that the number of days provided for each hazard class possess an inverse relationship to the degree of danger as well as the number of fire observe a direct relationship with the hazard class. After adjustment, the values obtained for the skill score and percentage of success of FMA were 0.2146 and 67.41% and FMA⁺ were 0.1883 and 63.53%.

Key-words: Forest Fire, fire statistics, fire danger index, Monte Alegre Formula, Formula Monte Alegre amended.

LISTA DE SIGLAS

ACR – Associação Catarinense de Empresas Florestais
ANBFESC – Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina
CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina
CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CAV - Centro de Ciência Agroveterinária
CF – Constituição Federativa
COBOM – Centro de Operações Bombeiro Militar
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente
DITI – Departamento de Tecnologia da Informação
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina
FMA – Fórmula de Monte Alegre
FMA⁺ - Fórmula de Monte Alegre Alterada
FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FATMA – Fundação do Meio Ambiente
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
PPMA – Programa de Proteção da Mata Atlântica
ROI – Relatório de Ocorrência de Incêndio
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
SS – *Skill Score*
PS – Percentual de Sucesso
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
UR – Umidade Relativa do Ar

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Bombeiro realizando rescaldo no incêndio de 1963 no Paraná	32
Figura 02: Localização do município de Lages no Estado de Santa Catarina.....	57
Figura 03: Número de incêndios atendidos por mês e por tipo de vegetação	65
Figura 04: Número de Ocorrência x meses do ano x média da precipitação.....	67
Figura 05: Número de Ocorrência x meses do ano x Média Umidade Relativa	68
Figura 06: Frequência em percentual do número de dias dos incêndios ocorridos X meses do ano	69
Figura 07: Número de dias por classe de perigo – FMA	71
Figura 08: Número de incêndios por classe de perigo – FMA	72
Figura 09: Comparativo do número de dias por classe de perigo daFMA original com a ajustada	73
Figura 10: Comparativo do número de incêndio por classe de perigo daFMA original com a ajustada	74
Figura 11: Número de dias por classe de perigo FMA ⁺	78
Figura 12: Número de incêndios por classe de perigo – FMA	79
Figura 13: Comparativo do número de dias por classe de perigo daFMA ⁺ original com a ajustada.....	81
Figura 14: Comparativo do número de incêndio por classe de perigo da FMA ⁺ original com a ajustada.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Incêndios atendidos pelo CBMSC nos anos de 2000 a 2004	39
Tabela 02: Número de incêndios atendidos pelo CBMSC, por cidade e meses dos anos.....	40
Tabela 03: Escala de perigo de Telicyn.....	52
Tabela 04: Restrições ao somatório de Nesterov com base na precipitação diária.....	53
Tabela 05: Escala de perigo de Nesterov	54
Tabela 06: Restrições ao somatório da FMA com base na precipitação diária	55
Tabela 07: Escala de perigo – FMA	55
Tabela 08: Escala de perigo – FMA+.....	56
Tabela 09: Tabela de contingência.....	60
Tabela 10: Análise da tabela de contingência	61
Tabela 11: Incêndios atendidos pelo CBMSC nos anos de 2009 a 2013	64
Tabela 12: Incêndios por tipo de vegetação e meses do ano....	66
Tabela 13: Classes de perigo de Incêndio da FMA pelo número de dias da ocorrência de incêndio	70
Tabela 14: Escala de perigo – FMA Ajustada.....	72
Tabela 15: Contingência para FMA	73
Tabela 16: Análise do calculo da tabela de contingência para FMA	73
Tabela 17: Classes de perigo de Incêndio da FMA+ pelo número de dias da ocorrência de incêndios.....	77
Tabela 18: Escala de perigo – FMA+ Ajustada	80
Tabela 19: Contingência para FMA+	83
Tabela 20: Cálculo de contingência para FMA+ muito alto e alto	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
2 REVISÃO DA LITERATURA	31
2.1 INCÊNDIO FLORESTAL.....	31
2.2 EFEITO DO FOGO NO ECOSSISTEMA	34
2.3 OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	37
2.4 PREVENÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	40
2.4.1 Prevenção das fontes do fogo.....	41
2.4.2 Prevenção da propagação do fogo.....	46
2.5 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIO	48
2.5.1 Índice de Angstron	51
2.5.2 Índice Logarítmico do Telicyn	51
2.5.2 Índice de Nesterov.....	52
2.5.4 Fórmula de Monte Alegre	54
2.5.5 Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA ⁺).....	55
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	57
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	58
3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS.....	59
3.4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE PERIGO	60
3.5 PROCESSO METODOLÓGICO	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 COMPORTAMENTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	64
4.2 COMPORTAMENTO DA FMA	69
4.3 DESEMPENHO DA FMA - AJUSTADA.....	75
4.4 COMPORTAMENTO DA FMA ⁺	76

4.5 DESEMPENHO DA FMA ⁺	83
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	85
REFERENCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios se caracterizam como a maior ameaça para os povoamentos florestais, contudo, desde o momento em que os seres humanos passaram a ter domínio do fogo, os benefícios foram imediatamente visíveis. Prática realizada até os dias atuais, a limpeza da terra e preparo da mesma para o plantio, foram os primeiros benefícios atingidos com a utilização do fogo. Grandes incêndios atingem níveis preocupantes quando ameaçam a manutenção da biodiversidade, o caráter protetor das florestas e até mesmo as vidas humanas.

Todos os anos no Brasil ocorrem mais de 300 mil focos de incêndio. Na sua grande maioria, se originam da prática agrícola para controle de pragas, limpeza de áreas para plantio, rebrota de pastagens e colheita de cana de açúcar (IBAMA, 2013). Esses dados, associados ao crescente número de reflorestamentos, potencializa o risco da ocorrência de incêndios florestais, o que reforça a necessidade de estudos e investimentos na prevenção.

A América do Norte e a América do Sul se destacam entre os continentes que apresentaram as maiores taxas de crescimento da área com florestas plantadas. Em 2010, a América do Sul detinha mais de 13,8 milhões hectares plantados com florestas, sendo que o Brasil respondia por cerca de 50% desta área, o que evidencia a importância das florestas plantadas brasileiras na composição da área plantada dos 12 países do continente sul-americano (ANBFESC, 2014).

O conhecimento dos índices de perigo de incêndio é de suma importância no planejamento das atividades de prevenção e de combate aos incêndios florestais. Destaca-se que a ação mais inteligente e menos prejudicial é investir na prevenção.

Para tanto, é preciso aferir a confiabilidade dos índices de perigo de incêndio difundidos no Brasil e, principalmente, testá-los na região ou cidade em que se pretende utilizá-los.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram traçar um perfil dos incêndios ocorridos durante 5 anos, de 2009 a 2013, no município de Lages-SC, além de verificar a eficiência da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) na previsão do grau de perigo durante o período de observação. Para se alcançar o resultado esperado, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- I. Determinar o número de incêndios registrados pelo CBMSC, do dia 01 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2013;
- II. Determinar os tipos de vegetação afetada;
- III. Demonstrar a relação entre os graus de perigo de incêndio da FMA e FMA⁺ com as ocorrências dos incêndios;
- IV. Demonstrar a relação entre o número de dias em cada classe de perigo de incêndio da FMA e FMA⁺ com as ocorrências dos incêndios
- V. Verificar a necessidade de ajustes nos índices de perigo de incêndio FMA e FMA⁺;
- VI. Apresentar o desempenho dos índices de perigo de incêndio por meio do *skill score* e do percentual de sucesso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INCÊNDIO FLORESTAL

O homem e os incêndios sempre tiveram uma estreita relação, primeiro porque aquele é o principal responsável pelas suas ocorrências e, segundo, porque o fogo teve uma atuação efetiva na sua evolução. Diz-se até que o *Homo Sapiens* apareceu quando seu ancestral, há mais de 500.000 anos, teve a coragem de pegar um tição aceso e guardá-lo (BOTELHO, 1996).

Colocar fogo em áreas antes do plantio se tornou cultural, sendo realizado pelos primeiros portugueses para o plantio de cana-de-açúcar, considerado o primeiro ciclo econômico brasileiro, também na exploração do pau-brasil e continua sendo realizado até hoje com a mesma finalidade (CUSTÓDIO, 2006).

Conforme Candido e Couto (1980), em qualquer incêndio florestal são necessários combustíveis para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. Essa inter-relação entre os três elementos básicos da combustão é conhecida como “triângulo do fogo”. A ausência, ou redução abaixo de certos níveis, de qualquer um dos componentes inviabiliza o processo da combustão.

Nesse sentido, Soares e Batista (2007) definem incêndio florestal como uma combustão sem controle que se propaga consumindo os combustíveis naturais de uma floresta, tendo como principal característica o fato de propagar-se livremente, respondendo apenas às variações do ambiente e às influências derivadas dos combustíveis vegetais, do clima e da topografia.

Para Velez (2000), incêndio florestal é o fogo descontrolado que queima uma floresta, seja de origem natural, seja provocado. Já Fonseca *et al.* (2003) define incêndio florestal como a ocorrência de fogo em qualquer forma

vegetativa, cujas causas vão de naturais a criminosas, podendo também estar associadas à forma acidental e, portanto, inesperada pelo proprietário ou responsável pela área atingida.

Segundo Soares *et al.* (2009), pode-se dizer que a história dos incêndios florestais no Brasil começou com o incêndio de 1963 no Estado do Paraná, um dos mais destrutivos já registrados no mundo. Foram queimados cerca de 2 milhões de hectares de florestas primárias, destruindo cerca de 8.000 imóveis, foram desabrigadas 5.700 famílias e 110 pessoas foram mortas. Até então, não haviam estudos relacionados aos incêndios florestais no Brasil (Figura 01).

Figura 01: Bombeiro realizando rescaldo no incêndio de 1963 no Paraná



Fonte: (PARANÁ, 1963)

Segundo Parizotto (2006), outro incêndio de grande repercussão no país aconteceu em 1998 no Estado de Roraima, ocorrido nos meses de fevereiro e março. Estima-se que a área queimada tenha sido de 1,5 milhão de hectares, o que corresponde a aproximadamente 7% das florestas de Roraima. Em 2003, aquele Estado foi novamente tomado pelo fogo onde cerca de 500 mil hectares foram atingidos. Em 2005, no Estado do Acre, um incêndio devastou uma área aproximada de 600 mil hectares e atingiu em especial as regiões sudeste e noroeste do Estado.

No Estado de Santa Catarina, em 1996, um grande incêndio consumiu aproximadamente 30% da área da reserva indígena Xapecó, no município de Ipumirim, que tem 16 mil hectares. Duas casas também foram totalmente queimadas nesse incêndio, mas ninguém se feriu (SOUZA, 2013).

Para Ramos (1995), as queimadas, aliadas aos incêndios florestais, originados tanto por fenômenos naturais quanto pelo homem, começaram a provocar não só impacto ao ambiente, como também a destruição de benfeitorias, no desligamento de linhas de transmissão de energia elétrica, no comprometimento do transporte aéreo e rodoviário e, ainda, começam a ameaçar a saúde e a própria vida das populações das áreas atingidas.

Segundo Tetto (2012), os incêndios florestais têm causado vários impactos ambientais, sociais e econômicos no mundo, sendo que a sua frequência e intensidade tendem a aumentar nos próximos anos. Aliada a isso, a maior proximidade entre áreas com fluxo de pessoas e áreas com cobertura vegetal – denominadas áreas de interface urbano-rural – tem chamado a atenção de governos e pesquisadores pela concentração do número de ocorrências de incêndios e por suas especificidades em termos de intensidade, época de ocorrência e área atingida.

2.2 EFEITO DO FOGO NO ECOSSISTEMA

O fogo é um dos desastres naturais mais comuns e é reconhecidamente um importante elemento dos sistemas ecológicos, sendo que sua ocorrência é influenciada pelas condições meteorológicas e consequentemente pelas mudanças climáticas. Em uma escala global, a intensificação do efeito estufa tem provocado um maior perigo de incêndios enquanto a ocupação humana e práticas agrícolas tem sido a principal causa do início destes incêndios (SOARES; BATISTA, 2007).

Para Soares e Batista (2007), o calor liberado pelo fogo é o responsável primário pelos efeitos imediatos sobre as plantas, animais e solo. O combustível residual afeta o solo e a qualidade do ar. A fumaça, o monóxido de carbono, os hidrocarbonos e outros produtos são responsáveis por efeitos sobre a qualidade do ar atmosférico.

Dentre os principais aspectos verificados em relação aos efeitos do fogo no solo, destacam-se o aquecimento, a erosão, a alteração na matéria orgânica, os componentes químicos e físicos, além da sua influencia direta na fauna. Os incêndios nem sempre resultam somente em prejuízos ao solo, uma vez que vários estudos apontam para uma melhoria na qualidade deste mesmo solo após a passagem de um incêndio.

Notadamente o maior dano do fogo sobre a vegetação recai sobre as árvores. Incêndios de menores intensidades são poucos nocivos a vida da árvore, sobretudo na vida adulta. Contudo, as mudas e pequenas árvores podem facilmente serem mortas pela ação do fogo, principalmente se o material combustível estiver em condições propícias no ambiente. O fogo influencia diretamente o crescimento, a sobrevivência e reprodução das plantas e ainda atua sobre a dinâmica do banco de sementes. É um dos poucos distúrbios que mata plantas adultas, abrindo espaço e promovendo a sucessão vegetal e contribuindo para que acentuadas mudanças ocorram na

composição florística das pastagens naturais (BOND; WILGEN, 1996).

Segundo Soares e Batista (2007) os incêndios podem deixar cicatrizes nas árvores, desta forma, mesmo que não haja a morte, facilitará a infestação por pragas. Para que ocorra esse fenômeno é necessário que a casca esteja comprometida e o câmbio fique vulnerável a essas pragas. Ressaltam ainda que as árvores podem ser derrubadas pela ação do vento, mesmo após alguns anos da ocorrência do incêndio. O que efetivamente danifica ou mata uma árvore durante um incêndio é a elevação da temperatura das células vivas a um nível letal em locais críticos da mesma, tais quais: a base do tronco e a folhagem. A morte do câmbio na base do tronco, quando submetido a altas temperaturas, é uma das principais causas da mortalidade das árvores em incêndios florestais (SOARES; BATISTA, 2007).

Os estudos do efeito do fogo sobre a fauna demonstram uma relação direta entre a frequência e intensidade dos incêndios. Os incêndios de baixa intensidade consomem apenas o estrato herbáceo, mas ainda assim têm um forte efeito sobre a vegetação arbórea, uma vez que não deixam as plantas sobreviverem até a fase adulta, beneficiando a vegetação de herbáceas e arbustos, contudo, uma baixa frequência de incêndios acarreta num acúmulo de biomassa combustível, o que pode gerar efeitos catastróficos para a fauna do local (FRIZZO *et al.*, 2011).

Para Batista e Soares (2007), outros fatores importantes a serem considerados são supressão ou ocorrência de distúrbios severos ocorridos na vegetação, que levam a redução de fontes de alimento, abrigo e refúgio para a fauna, havendo uma diminuição espacial de sua área de vida. Para os rios, mananciais, lagoas, etc., ocorre o transporte de cinzas do solo para os cursos d'água que diminuem zonas fóticas, causando morte de peixes. A destruição da vegetação às margens dos cursos d'água, como consequência dos efeitos do fogo, elimina

o sombreamento provocando o aumento da temperatura da água que é prejudicial às espécies que ali habitam.

As áreas recém-queimadas podem atrair alguns animais que se alimentam de brotos tenros e favorece a atuação de predadores, sendo este um efeito positivo, há também a forçosa migração da fauna em virtude de fortes distúrbios na vegetação, como os decorrentes do fogo. A fauna ao migrar, forçosamente, passa a competir por alimento, abrigo e refúgio com a fauna original da área, podendo vir a causar redução drástica do nível populacional de certas espécies mais suscetíveis (BATISTA; SOARES, 2007).

Para Soares e Batista (2007), é importante avaliar o efeito do incêndio florestal na atmosfera e, para tanto, deve-se verificar a porcentagem da emissão de gases poluentes. O CO_2 e a água são as resultantes em 90% do resultado da queima nos incêndios florestais. Os 10% restantes são formados principalmente por partículas e hidrocarbonos e são responsáveis pelo impacto na qualidade do ar. Ainda de acordo com Soares e Batista (2007), o mais importante elemento individual das emissões dos incêndios é a fração de partícula em suspensão na fumaça. Essas partículas são constituídas por uma complexa mistura de fuligem, alcatrão e substâncias orgânicas voláteis, geralmente microscópicas. A fumaça torna-se a maior fonte de problema, pois causa redução da visibilidade. As partículas menores podem afetar ainda o sistema respiratório.

Quando exposto a temperaturas próximas a $1500\text{ }^\circ\text{C}$ o nitrogênio presente na atmosfera transforma-se em óxido de nitrogênio, acarretando efeitos fotoquímicos (poluição do ar – camada roxa acinzentada) e ozônio (O_3) (forma-se normalmente quando as moléculas de oxigênio (O_2) se rompem devido à radiação ultravioleta, e os átomos separados combinam-se individualmente com outras moléculas de

oxigênio – tem a função de proteção contra a radiação ultravioleta do sol).

Nas queimas controladas normalmente não haverá a produção de óxido de nitrogênio, devido à baixa temperatura encontrada. Contudo, pequenas quantidades de óxido de nitrogênio podem se formar através de compostos nitrogenados presentes no combustível florestal. Nessas queimas, por conta da intensidade ser menor do que nos incêndios sem controle, as emissões de poluentes tonam-se menores.

2.3 OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Por meio do registro de ocorrência de incêndio (ROI) é que se torna possível conhecer o problema que tal fenômeno causa em um cultivo florestal. É fundamental saber a localização, a época e o que originou o incêndio. Somente assim, poder-se-á implantar medidas que dificultem a ocorrência ou minimizem seus efeitos.

O primeiro levantamento sobre ocorrências de incêndios florestais no Brasil foi feito em 1983, tendo sido registrados 227 ocorrências, cuja área queimada foi de 222.269 hectares (SOARES, 1984).

Novos estudos foram realizados entre 1983 a 1987 quando foram registrados 1754 incêndios, atingindo uma área de 134.107,3 hectares (SOARES, 1988). No período de 1994 a 1997 foram registrados 1957 incêndios, atingindo uma área de 265.946,0 hectares. Por fim os trabalhos desenvolvidos de 1998 a 2002 mostraram que foram registrados 19.377 incêndios e afetando uma área de 85.735,2 hectares (SOARES; BATISTA; SANTOS, 2005).

Para Soares (1996), a carência de estatísticas sobre ocorrência de incêndios florestais no Brasil se deve principalmente à negligência do registro de ocorrência de incêndios. Nenhum plano de proteção contra incêndios será completo se não houver instruções quanto ao preenchimento

correto do registro das ocorrências. [...]. Essas informações são fundamentais para a avaliação da eficiência do plano e a realimentação do mesmo no sentido de se fazerem as alterações ou correções necessárias para melhorar o seu desempenho.

De acordo com Soares (1992), apesar da importância desses dados para ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, não existe o registro atualizado de ocorrência de incêndios que permita conhecer o perfil dos incêndios florestais no Brasil. Somente algumas empresas florestais têm mantido registro confiável das ocorrências ao longo dos anos.

Para Batista (2004, p. 237), o monitoramento dos incêndios é “fundamental para a viabilização do controle do fogo, redução dos custos nas operações de combate e atenuação dos danos”.

A análise do comportamento histórico dos incêndios permite estabelecer correlações entre as variáveis que influem na ocorrência e propagação do fogo, o qual auxilia e melhora as ações de prevenção e combate aos incêndios florestais (RODRIGUEZ; SOARES, 2004).

Para Soares e Batista (2007) é importante saber onde ocorrem os incêndios, para se definir as regiões de maior risco e estabelecer com maior eficiência os programas de prevenção.

No Estado de Santa Catarina, poucas instituições têm se voltado para esta ameaça que são os incêndios florestais. Desta forma, a coleta de dados para fins de estudos são limitados, sobretudo no preenchimento dos registros de incêndios florestais ou documentos similares (SOUZA, 2013).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos no Estado de Santa Catarina, com destaque para o primeiro deles, elaborado por Parizotto (2006) e que realizou o levantamento dos incêndios atendidos pelo CBMSC entre os anos de 2000 a 2004, como podemos observar na Tabela 01.

Tabela 01: Incêndios atendidos pelo CBMSC nos anos de 2000 a 2004

Ano	Incêndios registrados
2004	1443
2003	2121
2002	882
2001	1088
2000	1231
TOTAL	6.765

Fonte: (PARIZOTTO, 2006)

Estudo semelhante foi elaborado por Souza (2013) que realizou o levantamento dos incêndios atendidos em 10 organizações do CBMSC nos anos de 2011 e 2012, representas pelos municípios de Chapecó, Florianópolis, Itajaí, Ituporanga, Lages, São Miguel D'Oeste, Urussanga, Campos Novos, Ponte Serrada e Rio Negrinho, conforme Tabela 02.

Tabela 02: Número de incêndios atendidos pelo CBMSC, por cidade e meses do ano

Cidade	Meses do Ano												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Florianópolis	8	7	28	22	21	29	23	29	35	21	43	41	307
Chapecó	7	8	2	1	3	2	8	13	14	2	6	7	73
Itajaí	2	1	7	0	5	5	4	6	11	6	6	15	68
Lages	6	0	3	5	13	2	9	32	38	12	40	15	175
Ituporanga	1	1	2	1	1	1	0	0	1	2	3	2	15
Rio Negrinho	0	3	3	0	6	0	5	12	9	5	6	2	51
SMO	7	3	7	4	2	1	4	10	5	1	1	2	47
Ponte Serrada	1	1	1	1	0	0	5	5	6	0	3	1	24
Urussanga	0	2	3	0	1	1	1	8	1	0	3	2	22
Campos Novos	1	8	3	4	3	3	8	16	19	13	15	16	109
Total	33	34	59	38	55	44	67	131	139	62	126	103	891

Fonte: (SOUZA, 2013)

2.4 PREVENÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Heikkilä *et al*, (1993) definem a prevenção dos incêndios florestais como um conjunto de medidas que visam reduzir o número de incêndios florestais indesejáveis e descontrolados.

Botelho (1996) descreve a prevenção como sendo um conjunto de ações que pretendem evitar que um sinistro ocorra. No caso dos incêndios florestais são ações necessárias, medidas ou dispositivos que impedem a origem das causas de incêndios evitáveis ou minimizam os seus efeitos e prejuízos.

A prevenção dos incêndios florestais é, segundo Vélez (2000), um conjunto de medidas que visam reduzir ou anular a probabilidade de que o fogo inicie ou limitar seus efeitos caso o mesmo ocorra, ou seja, evitar o início ou dificultar a propagação.

Velez (2000) ressalta que as atividades preventivas podem ser classificadas em dois grupos: prevenção das fontes de fogo (fontes de ignição) e prevenção da propagação do fogo (combustível).

2.4.1 Prevenção das fontes do fogo

Através do levantamento de parâmetros, tais como: índice de vegetação, declividade de terreno, condições climáticas, histórico do fogo, será possível determinar quais as regiões mais críticas em relação ao risco de ocorrência de incêndio (RAMOS, 1995).

Através da definição dos zoneamentos de risco será possível realizar investimentos em campanhas preventivas, bem como capacitar e estruturar melhor as equipes de combate destas áreas mais suscetíveis aos incêndios. Serão ações voltadas diretamente nos pontos mais vulneráveis do sistema.

Atualmente Santa Catarina não possui estudo que indique quais as regiões de maior ocorrência de incêndio, tampouco aqueles que apresentaram ao longo dos anos maior vulnerabilidade (altos índices de risco de ocorrer incêndio). Assim sendo, torna-se difícil concentrar maior atenção em uma região do Estado de forma específica, o que acarreta custos maiores na estruturação das equipes de socorro e trabalho redobrado na capacitação destas mesmas equipes.

As campanhas de conscientização têm surtido efeitos positivos nos últimos anos, seja pelo alerta quanto a possíveis práticas de crime, seja pela busca na mudança do comportamento humano.

O fogo faz parte de nossa cultura, estando presente em muitas das manifestações tradicionais e religiosas e, principalmente, nas atividades rotineiras do homem do campo. Somente um bem estruturado e permanente programa de educação ambiental, tanto a nível formal quanto informal, pode

provocar mudança de atitude e comportamento (RAMOS, 1995).

As campanhas preventivas ajustadas às características locais (causas, tipo de floresta, risco) são eficientes ferramentas para a prevenção de incêndios florestais (PARIZOTTO, 2006). Ainda segundo o mesmo autor, os investimentos em prevenção representam montantes muito inferiores ao que se gasta em estruturas de combate.

Botelho (1996) afirma que as campanhas preventivas visam chamar a atenção e sensibilizar os utilizadores da floresta para determinados aspectos comuns, por isso faz-se primordial e necessário que se eleja corretamente o público alvo dessas campanhas.

Segundo Ramos (1995), atualmente, mais de 90% dos incêndios florestais no Brasil são provocados pelo homem. A prevenção destes está intimamente associada ao nível de conscientização e sensibilidade da comunidade, a qual deve estar plenamente ciente da necessidade de se preservar as florestas, devendo-se, portanto, evitar condições propícias à ocorrência de incêndios.

Outro mecanismo importante na prevenção é a regulamentação do uso do fogo, que trata da utilização das florestas e parques de lazer. Segundo Heikkila (1993), há uma tendência mundial de se reservar partes de ecossistemas representativos para preservação das florestas e parques de lazer. Muitos desses locais podem ser abertos à visitação e exploração turística mediante regras de utilização. Durante períodos em que o risco de propagação de incêndios é relevante podem ser adotadas medidas que proíbam que sejam feitas fogueiras, até o fechamento total do espaço florestal para o acesso público.

A aplicação da legislação regulando as queimadas são medidas repressivas ou punitivas adequadas aos incêndios florestais. Tais medidas devem abranger os seguintes aspectos:

tipificação dos crimes e danos, as respectivas sanções, os mecanismos para a aplicação das penas e fiscalização (BOTELHO, 1996).

Embora existam no Brasil leis rigorosas contra infrações dessa natureza é preciso que o ciclo judicial se complete, ou seja, é preciso que ao se constatar um incêndio se aponte sua causa, se encontre o responsável e que ele seja conduzido, com a instrução das provas, para os tribunais para que seja julgado.

Uma característica do sistema judiciário brasileiro é que os tribunais só se pronunciam quando provocados. Assim, as falhas na eficácia dessas leis repousam no ciclo inicial, ou seja, falta aos órgãos envolvidos a investigação de causas e busca dos culpados (JESUS, 1985).

Para Vélez (2000), a legislação visa modificar o comportamento humano nas florestas, por meio da persuasão, que se dá mediante educação e informação, além da conciliação de interesses, que visa eliminar os conflitos que se manifestam através dos incêndios e a sanção, que se caracteriza pela punição dos infratores da lei.

Até o início dos anos oitenta, pode-se dizer que não havia uma legislação de proteção das florestas no Brasil, pois o ordenamento jurídico, até então relativo às águas e florestas, tinha o objetivo de proteção econômica e não ambiental. Com o advento da Lei 6.938/81, que criou a Política Nacional do Meio Ambiente, inicia-se uma visão protecionista, instituindo as responsabilidades àqueles que direta ou indiretamente causarem degradação ambiental, sejam estas pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado. É o chamado princípio do poluidor pagador, independentemente de culpa, onde se adota a teoria da responsabilidade objetiva, na qual o risco é que determina o dever de responder pelo dano (GOMES, 2008).

Esta lei foi recepcionada pela Constituição Federal (CF) de 1988, cujo art. 225 fixou os princípios gerais em relação às florestas, estabelecendo no parágrafo terceiro que as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar o dano causado. A inovação, no entanto, é que a responsabilidade penal também é direcionada à pessoa jurídica e não somente, como era até então, à pessoa física.

Entretanto, somente em 1998 foi editada a Lei 9.605, que estabeleceu estas sanções penais e administrativas, regulamentando, portanto, o art. 225, §3º da CF. A partir daí, com os poderes atribuídos ao Ministério Público, pela própria Constituição e depois pelo Código de Defesa do Consumidor, somado à atividade dos órgãos ambientais, começa a haver a efetividade desta lei. Por conseguinte, as empresas, principalmente, começam a correr sérios riscos quando não observadas as regras ambientais, podendo sofrer severas e pesadas penas, tanto administrativas, quanto civis e penais, que vão desde a interrupção das atividades, suspensão de direitos (não participar de licitações, não receber incentivos fiscais, ou financiamentos oficiais, ou ainda, trabalhos comunitários), como também a prisão de todos que colaboraram para o delito (dirigentes ou não); mais multa, independentemente do dever de reparar os danos (GOMES, 2008).

Segundo o mesmo autor, toda esta legislação exige uma imediata mudança nos paradigmas das atividades produtivas, buscando a sustentabilidade, com a aplicação de processos de produção mais limpa e/ou tecnologias limpas. Deve-se atentar, entretanto, para a necessidade de um tempo para ajustamentos, um tempo para informação, um tempo para que exigências desmesuradas ou fora de nossa realidade, impeçam o progresso. Mas é importante que nossos empresários comecem a se adequar ao novo modelo, para não serem pegos de

surpresa, até pelo mercado que também exige uma nova postura em relação ao meio ambiente.

Já o código ambiental de Santa Catarina (Lei 14.695/09) trata a matéria, em seu artigo 253, *in verbis*:

Art. 253. É proibido promover queimadas, inclusive para limpeza de áreas destinadas à formação de reservatórios, exceto quando autorizado pelo órgão competente, que exigirá:

I - comprovação de que constitui o único modo viável de manejo da propriedade, ante às suas peculiaridades, assim reconhecido por responsável técnico;

II - adoção das medidas preventivas contra incêndios e queima de áreas protegidas; e

III - adoção das demais medidas previstas contidas em instrução normativa da FATMA.

Art. 254. A solicitação de autorização ao Órgão Estadual de Meio Ambiente para proceder à queima de vegetação deve ser instruída com os seguintes documentos:

I - croqui contendo as áreas a serem queimadas, as áreas protegidas e suas dimensões; e

II - Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, de projeto e execução.

Por fim, cabe destacar que o incêndio é considerado crime no Brasil, nos termos da lei 9.605/98, que assevera:

Art 41. Provocar incêndio em mata ou floresta:

Pena - reclusão, de dois a quatro anos, e multa.

Parágrafo único. Se é crime culposo, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa.

Art. 42. Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano:

Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente.

2.4.2 Prevenção da propagação do fogo

Silvicultura preventiva ou medidas preventivas de propagação dos incêndios pode ser definida como o manejo dos cultivos florestais com o propósito de modificar a estrutura do material combustível disponível (HALTENHOFF, 1998).

Segundo Vélez (2004), a silvicultura preventiva é um conjunto de regras que se incluem dentro da silvicultura convencional com objetivo de se conseguir estruturas menos vulneráveis ao fogo e mais resistentes a sua propagação (PARIZOTTO, 2006).

Já para Botelho (1996), a silvicultura geral, consiste em estabelecer um conjunto de regras com a finalidade de redução da combustibilidade das estruturas vegetais na floresta, aumentando a sua resistência ao fogo, tornando-se o caminho mais prático e econômico de proteção.

A **redução do material combustível** pode ser altamente eficiente para se evitar a propagação dos incêndios. Uma das técnicas mais eficientes e baratas de se reduzir o combustível consiste na queima controlada, embora existam também métodos químicos e mecânicos (SOARES; BATISTA, 2001b).

Soares e Batista (2001) afirmam que a queima controlada pode ser feita no interior da floresta, quando a espécie for resistente ao fogo, ou periférica, reduzindo áreas de maior risco, como as margens de estradas e ferrovias ou a formação de aceiros temporários que irão dificultar a propagação do incêndio.

Os **aceiros** são barreiras naturais, ou faixas livres de vegetação, especialmente construídas para impedir a propagação do fogo distribuídas através da área florestal, de acordo com as necessidades de proteção, servindo ainda como base para estabelecer linhas de defesa (SOARES; BATISTA, 2001b).

As áreas reflorestadas deverão ser divididas em talhões cujas respectivas áreas serão definidas em função da declividade predominante na mesma. Segundo Soares, Batista e Santos (2002) a inclinação do terreno está diretamente relacionada com a velocidade e a direção de propagação do fogo. Isso se deve ao fato da temperatura do ar aumentar e pré-aquecer os combustíveis à frente do fogo, facilitando o avanço com maior velocidade nos aclives. Ao se pensar no aceiramento dos talhões como método de bloqueio da propagação do fogo é preciso considerar esse importante fator (BOTELHO, 1996).

A construção de **cortinas naturais** é uma prática preventiva eficiente, uma vez que tende a diminuir a velocidade de propagação do fogo, facilitando o seu combate. Consiste na plantação de faixas ou talhões de espécies que têm menor inflamabilidade do que as da plantação principal. As cortinas seguem o mesmo princípio da implantação dos aceiros, no entanto, não dispensam aqueles (VÉLEZ, 2004). De um modo geral as folhosas são menos inflamáveis do que as coníferas produtoras de resinas, contribuindo assim para diminuir a inflamabilidade média das florestas (BOTELHO, 1996).

O **sistema de mananciais** é outra ferramenta eficaz na prevenção dos incêndios florestais. É fundamental que esse sistema seja previsto para todos os cultivos florestais. Esses pontos de água poderão ser de uso múltiplo ou de uso exclusivo para as ações de prevenção aos incêndios. Podem ser naturais ou cisternas artificiais. Quanto mais próximo do fogo estiver à água, menores serão os custos de transporte e mais fáceis serão as ações de combate. Esses mananciais, além de tornarem um local de fácil acesso para a obtenção de água para o combate, ainda podem vir a beneficiar o microclima local (SOARES e BATISTA, 2001b).

Para Vélez (2004), um sistema de manancial eficiente deve garantir no mínimo 10 metros cúbicos de água em qualquer época do ano. O dimensionamento dos mananciais deve ser feito pelo parâmetro ideal de um raio máximo de 4000 metros de qualquer ponto da área a ser protegida, sendo que para essa situação o manancial deverá ser de 60 metros cúbicos. Para cada manancial é fundamental ser assegurado no mínimo dois acessos, tão diametralmente opostos quanto possível, em condições de permitir a aproximação dos meios de combate para reabastecimento. A altura da lâmina d'água deverá possibilitar a captação segura através de mangotes, portanto deverá ter no mínimo 50 centímetros.

Uma das ações preventivas mais importantes talvez seja a **queima controlada** dos materiais combustíveis em abundancia na floresta. Esta técnica consiste em se colocar várias linhas de fogo de tal forma que nenhuma linha individual desenvolva alta velocidade antes de encontrar outra linha ou aceiro (SOARES; BATISTA, 2007).

Queima controlada pode ser definida ainda como o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos (IBAMA, 2013).

Para uma correta aplicação da queima controlada devem ser considerados alguns importantes aspectos, dentre eles: conhecimento das técnicas, conhecimento do terreno (especialmente os inclinados), características da vegetação e variáveis meteorológicas (principalmente a intensidade e direção do vento), temperatura, umidade relativa do ar, entre outros.

2.5 ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIO

Uma forma de prevenção dos incêndios florestais é através do conhecimento do grau de perigo, que reflete a

possibilidade de ocorrência de um incêndio, sendo condicionado por fatores ambientais variáveis, geralmente relacionados às condições meteorológicas e pode ser estimado de modo objetivo recorrendo aos índices existentes (VIEGAS *et al.*, 2004).

Para Cheney apud Soares *et al.* (2009, p. 54), perigo de incêndio (*fire danger*) pode ser definido como “o termo geral que expressa o resultado dos fatores constantes e variáveis, que afetam as chances de um incêndio iniciar, propagar-se e provocar danos, e a dificuldade em controlá-lo.

O conhecimento do grau de perigo diário é uma ferramenta útil no planejamento das atividades de prevenção e de combate aos incêndios florestais. Para isso, são utilizados os índices de perigo que refletem a probabilidade de ocorrência e/ou propagação de um incêndio, em função das condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES; BATISTA, 2007).

A verdadeira quantificação do perigo de incêndios é complexa, uma vez que há vários fatores envolvidos a serem considerados, como aspectos climáticos, tipo de combustível, riscos de incêndio e a probabilidade de ignição (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

Nunes, Soares e Batista (2005) salientam que a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente das medidas de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate aos incêndios florestais, visando a redução das perdas e dos prejuízos financeiros advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Para Deppe *et al.* (2004) os índices proporcionam subsídios para as atividades de prevenção de incêndios, como o planejamento de ações de manutenção, vigilância e monitoramento dos incêndios e combate aos incêndios, como o dimensionamento de equipes e da infraestrutura. Soares (1972)

apresenta também, como utilidade e aplicação do uso de índices, a permissão para queimas, o estabelecimento de zoneamento de perigo, advertência ao público e a previsão do comportamento do fogo, no caso de índices de propagação.

Nunes (2005) ainda descreve o índice de perigo de incêndio como um importante indicador das condições de queima, pois indica diariamente a situação do comportamento do fogo esperada em função da umidade dos combustíveis florestais.

Para Botelho (1996) existem diversas utilidades e aplicações dos índices de perigo de incêndio, dentre as quais, o conhecimento do grau de perigo, o planejamento do controle de incêndio, a permissão para queimas controladas, o estabelecimento de zonas de perigo, a previsão do comportamento do fogo e a advertência pública do grau de perigo.

Por razões práticas, um índice de perigo de incêndios se apresenta em classes de perigo, definindo-se uma classe de perigo como uma porção da escala numérica do perigo de incêndios florestais (SOARES; BATISTA, 2001b).

Os índices de perigo de incêndios podem ser divididos em índices de propagação e índices de ocorrência. Os índices de propagação são aqueles que indicam o comportamento dos incêndios florestais e que utilizam os fatores variáveis como a velocidade do vento e alguns fatores de caráter permanente. Esses índices de propagação além de indicar as condições de combustão oferecem uma previsão do comportamento do fogo (SOARES; BATISTA, 2001), enquanto os índices de ocorrência são aqueles que indicam a probabilidade de ocorrência de um incêndio, isto é, se existem condições favoráveis ou não para o início da combustão e que normalmente se utilizam dos fatores variáveis (NUNES 2005).

São exemplos de índice de ocorrência: Índice logarítmico de Telicyn, Índice de Angstron, índice de Nesterov

e Fórmula de Monte Alegre. A Fórmula de Monte alegre Alterada é um exemplo de índice de propagação.

2.5.1 Índice de Angstron

Desenvolvido na Suécia, este índice baseia-se fundamentalmente na temperatura e umidade relativa do ar, ambos medidos diariamente às 13 horas. Não é um índice acumulativo. A equação do índice é a seguinte:

$$B = 0,05H - 0,1(T - 27)$$

Sendo:

B = índice de Angstron

H = umidade relativa do ar em %

T = temperatura do ar em °C

Sempre que o valor de “B” for menor do que 2,5 haverá risco de incêndio, isto é, as condições atmosféricas do dia estarão favoráveis à ocorrência de incêndios.

2.5.2 Índice Logarítmico do Telicyn

Desenvolvido na antiga União da Republica Socialista Soviética (URSS), este índice tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, ambas medidas às 13 horas. O índice é acumulativo, isto é seu valor aumenta gradativamente, como realmente acontece com as condições de risco de incêndio, até que a ocorrência de uma chuva o reduza a zero, recomeçando novo ciclo de cálculos. Sua equação é a seguinte:

$$I = \sum_{i=1}^n \log(t_i - r_i)$$

Sendo:

I = índice de Telicyn

t = temperatura do ar em °C

r = temperatura do ponto de orvalho em °C

log = logaritmo na base 10

Sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, deverá ser abandonada a somatória e recomençar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar. Nos dias de chuva o índice é igual a zero. Como o índice é acumulativo, a interpretação do grau de perigo é feita através de uma escala apresentada na Tabela 03.

Tabela 03: Escala de perigo de Telicyn

VALOR DE I	GRAU DE PERIGO
0,0 – 2,0	Nenhum
2,1 – 3,5	Pequeno
3,6 – 5,0	Médio
>5,0	Alto

Fonte: (NUNES, 2005)

2.5.2 Índice de Nesterov

Desenvolvido na antiga União da Republica Socialista Soviética (URSS) e, aperfeiçoado na Polônia, este índice tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos diariamente às 13 horas. O índice de Nesterov, que também é acumulativo, tem a seguinte equação básica:

$$G = \sum_{i=1}^n d_i \cdot t_i$$

Sendo:

G = Índice de Nesterov

d = déficit de saturação do ar em milibares

t = temperatura do ar em °C

O déficit de saturação do ar, por sua vez, é igual a diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, podendo ser calculado através da seguinte expressão:

$$d = E \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

Sendo:

d = déficit de saturação do ar em milibares

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares

H = umidade relativa do ar em %

No índice de Nesterov, a continuidade da somatória é limitada pela precipitação, conforme restrições na Tabela 04:

Tabela 04: Restrições ao somatório de Nesterov com base na precipitação diária.

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÕES NO CÁLCULO
$\leq 2,0$	Nenhuma
2,1 a 5,0	Abater 25% do valor de G calculada na véspera e somar (d.t) do dia.
5,1 a 8,0	Abater 50% do valor de G calculada na véspera e somar (d.t) do dia
8,1 a 10,0	Abandonar a somatória anterior e recomençar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
$> 10,0$	Interromper o cálculo (G=0), recomençando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Fonte: (NUNES, 2005)

A interpretação do grau de risco estimado pelo índice é feito através de uma escala de perigo apresentada na Tabela 05.

Tabela 05: Escala de perigo de Nesterov

VALOR DE G	GRAU DE PERIGO
0,0 – 300	Nenhum risco
301 – 501	Risco pequeno
501 – 1000	Risco médio
1001 – 4000	Risco grande
>4000	Altíssimo risco

Fonte: (NUNES, 2005)

2.5.4 Fórmula de Monte Alegre

Soares, em 1972, desenvolveu o primeiro índice de perigo de incêndio do país, a Fórmula de Monte Alegre – FMA. É um índice acumulativo, que utiliza como variável direta a umidade relativa do ar, medida às 13 horas e indireta, como fator restritivo, a precipitação pluviométrica. O índice foi desenvolvido com dados da região central do Estado do Paraná. A equação para determinação está disposta da seguinte forma:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 / H_i)$$

Sendo:

FMA: Fórmula de Monte Alegre

H: umidade relativa do ar medida às 13:00 H

n: número de dias sem chuva

O índice é acumulativo em relação a variável umidade relativa do ar, contudo está sujeito a restrições com a variável precipitação, como mostra a Tabela 06.

Tabela 06: Restrições ao somatório da FMA com base na precipitação diária

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÕES NO CÁLCULO
$\leq 2,4$	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
$> 12,9$	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recommençar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar

Fonte: (SOARES; BATISTA, 2007)

O perigo de incêndio do dia é indicado através de uma escala de cinco níveis (ver Tabela 07):

Tabela 07: Escala de perigo – FMA.

INTERVALO DE CLASSE DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 – 1,0	Nulo
1,1 – 3,0	Pequeno
3,1 – 8,0	Médio
8,1 – 20,0	Alto
$>20,0$	Muito Alto

Fonte: (SOARES; BATISTA, 2007)

2.5.5 Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺)

Nunes (2005) propôs uma modificação no índice FMA, acrescentando a variável do vento à formula original, para proporcionar também uma indicação da intensidade de propagação do fogo. A equação básica da FMA⁺ é:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 / H_i) e^{0,04v}$$

Sendo:

FMA+: Fórmula de Monte Alegre Alterada;
 H: umidade relativa do ar (%) medida às 13 horas;
 n: número de dias sem chuva maior ou igual a 13 mm;
 v: velocidade do vento em m/s, medido às 13 horas;
 e: base dos logaritmos naturais (2,718282).

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito às mesmas restrições de precipitação da FMA (ver Tabela 07). Como o efeito do vento não é acumulativo é aplicado à fórmula o valor da velocidade do vento às 13 horas de cada dia. A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA+ é também feita através de uma escala (ver Tabela 8) (SOARES; BATISTA, 2007).

Tabela 08: Escala de perigo – FMA⁺

INTERVALO DE CLASSE DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 – 3,0	Nulo
3,1 – 8,0	Pequeno
8,1 – 14,0	Médio
14,1 – 24,0	Alto
>24,0	Muito Alto

Fonte: (SOARES; BATISTA, 2007)

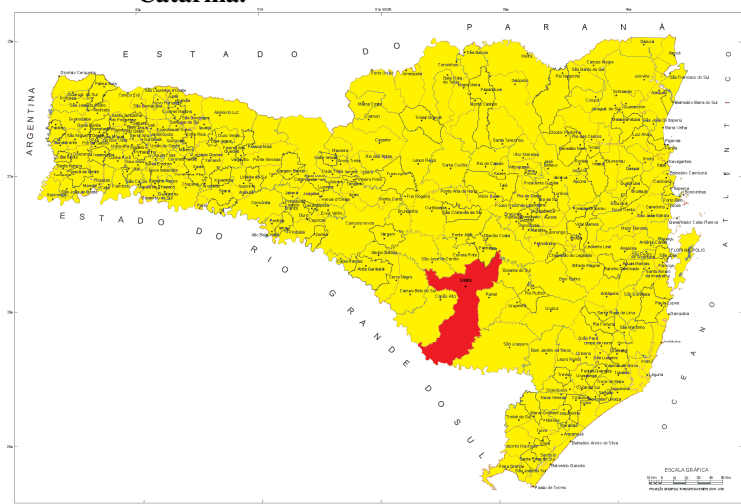
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Lages é o maior município em extensão do Estado de Santa Catarina com área de 2.644,313 km². Suas coordenadas geográficas são 27°48'58" de latitude sul e 50°19'34" de longitude oeste. Possui 158.961 habitantes (IBGE, 2013). A vegetação predominante é de campos e floresta de araucária. A altitude máxima é de 1.260 metros. O clima é temperado Cfb, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. Durante o inverno, o clima é bastante frio, onde as temperaturas podem chegar a -4 °C e sensação térmica de -10 °C. Na região ocorrem fortes geadas e também queda de neve. Já no verão, o clima varia de agradável a quente, as temperaturas podem chegar a 34 °C, podendo haver secas.

Na Figura 02 é possível observar a localização do município de Lages, no mapa do Estado de Santa Catarina.

Figura 02: Localização do município de Lages no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Governo do Estado de Santa Catarina. Adaptado pelo Autor (2014)

Os critérios utilizados para escolha do município foram:

- I. Possuir estação meteorológica da EPAGRI/CIRAM;
- II. Possuir instalação do CBMSC;
- III. Possuir uma significativa extensão de área reflorestada; e
- IV. Ser município sede do Centro de Ciência Agroveterinária da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC).

Santa Catarina possui 646 mil hectares de florestas plantadas, sendo 539,4 mil hectares com *Pinus* e 106,6 mil hectares com *Eucalyptus*. No entanto, não se observa plantios significativos no Estado com nenhum outro grupo de espécies florestais. O Estado é o segundo maior detentor de florestas plantadas de *Pinus* do país, apenas atrás do Paraná. Com isso, Santa Catarina detém 35% do total de florestas plantadas com *Pinus* no Brasil (ANBFESC, 2014).

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Os dados foram disponibilizados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, por meio do 5º Batalhão de Bombeiros Militar com sede na cidade de Lages-SC, captados no programa “E-193”, utilizado para gerenciamento de ocorrências e banco de dados da instituição. Para efeitos desse estudo, foram considerados apenas os incêndios atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar, não levando em consideração dados de empresas florestais, parques florestais ou outros grupos que, porventura, tenham sido acionados para atender ocorrências dessa natureza.

A solicitação dos dados compreende um período de 05 anos, ou seja, entre o dia 01 de janeiro de 2009 ao dia 31 de dezembro de 2013. Foram divididos em: incêndios em reflorestamento e incêndios em floresta nativa. Posteriormente

realizou-se uma divisão por ano e por meses do ano, onde os objetivos foram os de verificar os meses de cada um dos anos em que houve maior incidência de incêndios.

Salienta-se que não existe um ROI específico para os incêndios florestais no CBMSC.

3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

A base de dados meteorológicos usada neste trabalho foi fornecida em parte pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina (EPAGRI) e em parte pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compreendendo um período de 5 (cinco) anos, mais precisamente entre o dia 01 de janeiro de 2009 e 31 de dezembro de 2013, totalizando 60 meses de observações.

A variável precipitação foi fornecida pela Epagri/Ciram e captada na estação meteorológica convencional situada na cidade de Lages/SC, enquanto as variáveis umidade relativa do ar e velocidade do vento foram fornecidas pelo INMET, por meio do seu sítio na internet.

Inicialmente, foi elaborada uma tabela contendo os dados meteorológicos necessários para aplicação na equação da Fórmula de Monte Alegre (FMA), sendo as mesmas, a umidade relativa do ar (UR) medida às 13 horas e a precipitação acumulada no dia. Para o cálculo da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+), além dos dados citados anteriormente, foi necessário utilizar a variável vento, medida às 13 horas. Ressalta-se que o cálculo da FMA e FMA+ em sua forma original, utiliza a UR medida às 13 horas, contudo, os dados fornecidos pelo INMET apenas fornece a UR medida às 12 horas. Assim, utilizou-se, por substituição, a UR fornecida pelo INMET, ou seja, medida ao meio dia.

Após a aplicação das variáveis nas equações da FMA e FMA+, foram determinados os índices diários de perigo de

incêndio para os anos de 2009 a 2013, e agrupados nas classes de perigo de incêndio propostas por Soares (1972).

3.4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE PERIGO

A eficiência da FMA e FMA+ na previsão do perigo de incêndios é determinada através da análise de *Skill Score* (SS) e análise do Percentual de Sucesso (PS). O Método SS tem por base o uso de uma tabela de contingência, que registra e analisa o padrão de relacionamento entre duas ou mais variáveis e contém os valores observados e os previstos para um mesmo evento. É gerada para se comparar os eventos teóricos com as observações reais (NUNES *et al.*, 2010). Uma previsão de resultados perfeitos possui uma habilidade de previsão igual a 1 (um), uma previsão com habilidade semelhante à previsão de referência possui habilidade igual a 0 (zero) e uma previsão que é menos hábil do que a previsão de referência, possui valores de habilidade negativo. As Tabelas 09 e 10 ilustram como são realizados os cálculos para serem obtidos o SS e o PS.

Tabela 09: Tabela de contingência

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	a	b	$N2 = a + b$
	Não incêndio	c	d	$N4 = c + d$
Total observado		$N1 = a + c$	$N3 = b + d$	$N = a + b + c + d$

Fonte: (NUNES *et al.*, 2010)

Tabela 10: Análise da tabela de contingência

EVENTO	OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
	INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	$a/(a+c)$	$b/(b+d)$
	Não incêndio	$c/(a+c)$	$d/(d+b)$
Total observado	1	1	2

Fonte: (NUNES *et al.*, 2010)

As equações necessárias para a obtenção dos resultados são:

N = número total de observações
 $(N = a + b + c + d)$

G = número de acertos na previsão
 $(G = a + d)$

H = número esperado de acertos
 $(H = N \cdot (1 - p) \cdot (1 - q) + N \cdot p \cdot q)$

Sendo: $p = N1 / N$ e $q = N2 / N$

Para compreensão da tabela de contingência e das variáveis presentes na mesma, devemos considerar que:

a = número de dias com ocorrências de incêndio previstas e observadas;

b = número de dias com ocorrências de incêndio previstas e não observadas;

c = número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e observadas;

d = número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e não observadas

p = número de dias com ocorrência de incêndio previstas e observadas (a) + número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e observadas (c), dividido pelo número total de observação (N);

q = número de dias com ocorrências de incêndio previstas e observadas (a) + número de dias com ocorrências de incêndio não previstas e não observadas (b), dividido pelo número total de observação (N).

Onde:

SS: *skill score* ($SS = (G - H) / (N - H)$).

PS: porcentagem de sucesso ($PS = 100 \cdot G / N$).

De acordo com a metodologia criada por Sampaio *apud* Nunes (2005) para avaliação do desempenho, foi utilizada a mesma base de dados meteorológicos para o cálculo dos índices de perigo de incêndios (FMA e FMA⁺) e os mesmos incêndios ocorridos, em cada um dos 1826 dias analisados. Os graus de perigo “Nulo” e “Pequeno” foram considerados como não indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndio. Enquanto os graus de perigo “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” foram considerados como indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndio.

Para que se tenha um resultado satisfatório é importante que o número de dias previstos em cada classe de incêndio tenha uma relação inversa com o grau de perigo, de forma que quanto maior o número de dias, menor o perigo apresentado.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

De forma ampla, o processo metodológico envolveu os seguintes passos:

- I. Obtenção e tabulação dos incêndios florestais atendidos pelo CBMSC;

- II. Obtenção e tabulação dos dados meteorológicos na EPAGRI/CIRAM e INMET;
- III. Aplicação dos dados meteorológicos nas equações da FMA e FMA+, a fim de obter a classe de perigo de incêndio diária em ambos os índices;
- IV. Comparação dos incêndios ocorridos com as classes de perigo de incêndio FMA e FMA+;
- V. Comparação da quantidade de dias em cada classe e o número de incêndios ocorridos por classe;
- VI. Verificação da necessidade e aplicação de ajustes nos índices de perigo de incêndio FMA e FMA+;
- VII. Validação dos índices devidamente ajustados, por meio dos métodos SS e PS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPORTAMENTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

No período de 2009 a 2013 foram atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar da cidade de Lages um total de 386 ocorrências de incêndios em vegetação. Dos quais 227 (58,81%) foram registrados em Floresta Nativa e 159 (41,19%) em área de reflorestamento. Na Tabela 11, é possível observar o número de incêndios atendidos pelo CBMSC no município de Lages nos anos de 2009 a 2013.

Tabela 11: Incêndios atendidos pelo CBMSC nos anos de 2009 a 2013

	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Janeiro	2	1	1	6	11	21
Fevereiro	3	4	0	0	2	9
Março	1	0	1	3	1	6
Abril	21	2	4	1	5	33
Maiο	6	1	2	13	6	28
Junho	9	0	0	1	5	15
Julho	4	3	1	9	4	21
Agosto	17	22	4	25	12	80
Setembro	8	5	4	30	17	64
Outubro	0	2	5	6	6	19
Novembro	2	3	8	35	9	57
Dezembro	1	2	4	13	13	33
Total	74	45	34	142	91	386

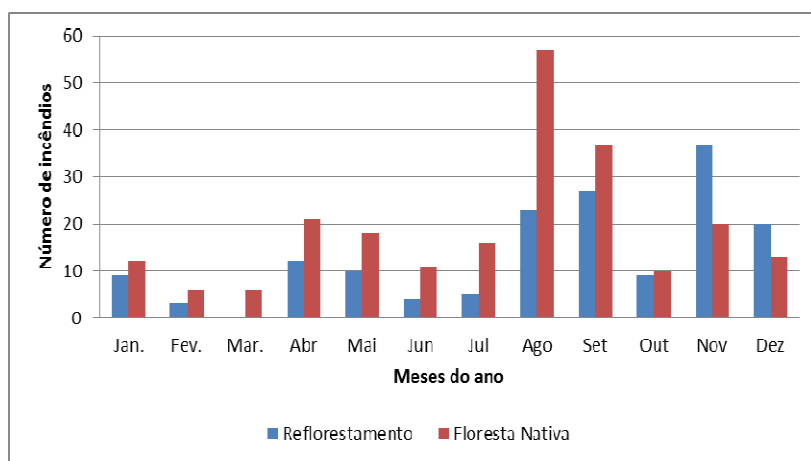
Fonte: (CBMSC, 2014)

Através do número de incêndios florestais distribuídos pelos meses do ano é possível prever a estação normal de perigo de incêndio para uma cidade ou região. Na Tabela 11, foi possível visualizar os incêndios distribuídos pelos meses de

cada ano, permitindo verificar quais os períodos de maior ocorrência. Observou-se que os meses com maior incidência foram Agosto e Setembro, tendo, respectivamente, 80 e 64, ou 37,30% do total de incêndios para o período. No mês de Novembro foram registrados 57 ocorrências, contudo, observa-se que somente no ano de 2012 houverem 35 registros, sendo, portanto, necessário analisar um período maior buscando registrar uma tendência ou causalidade das ocorrências neste mês.

Na Figura 3, é possível visualizar os meses com maior ocorrência de incêndio. Percebe-se pelo total de incêndios que o período de maior número de registro se concentrou nos meses de agosto a dezembro, seguidos de abril e maio. Ressalta-se ainda que os meses de janeiro, fevereiro, março e outubro apresentaram menor número de ocorrência, sendo que não exigem um cuidado diferenciado.

Figura 3: Número de incêndios atendidos por mês e por tipo de vegetação



Fonte: (CBMSC, 2014)

Tanto os incêndios em reflorestamentos quanto os incêndios em florestas nativas tiveram um comportamento semelhante, com exceção dos meses de novembro e dezembro, onde o número de incêndios em mata nativa (58,81%) foi superior ao registrado em áreas de reflorestamento (41,19%).

Devido a grande presença de áreas reflorestadas na região de estudo, observou-se um número significativo de ocorrências neste tipo de vegetação. No entanto, o número de incêndios em floresta nativa ainda se apresenta em número maior. Na Tabela 12 é apresentado o total de incêndio por tipo de vegetação, atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar no município de Lages, no período de 2009 a 2013.

Tabela 12: Incêndios por tipo de vegetação e meses do ano

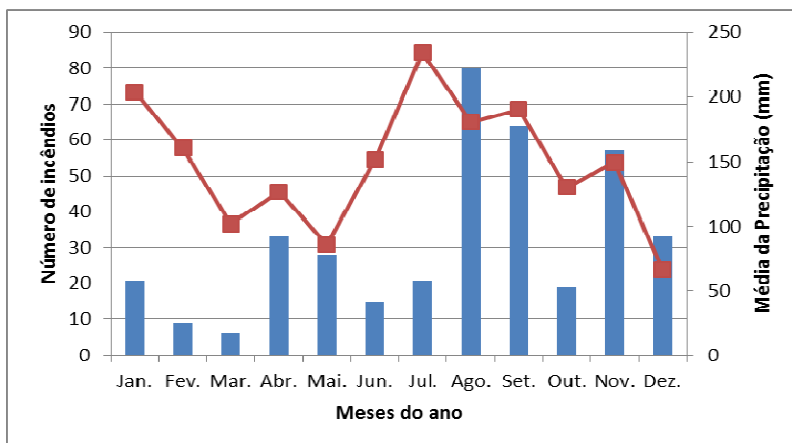
	Reflorestamento	Floresta Nativa	Total
Janeiro	9	12	21
Fevereiro	3	6	9
Março	0	6	6
Abril	12	21	33
Maiο	10	18	28
Junho	4	11	15
Julho	5	16	21
Agosto	23	57	80
Setembro	27	37	64
Outubro	9	10	19
Novembro	37	20	57
Dezembro	20	13	33
Total	159	227	386

Fonte: (CBMSC, 2014)

É importante o estudo da média de precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar comparada ao número de incêndios distribuídos nos meses do ano. Este

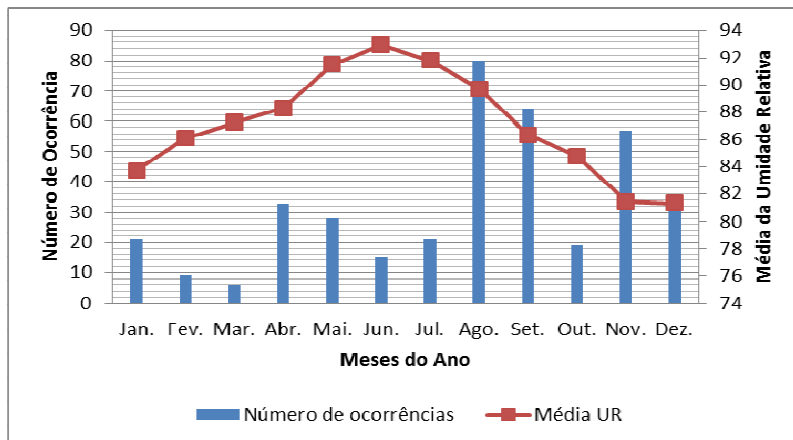
estudo permite relacionar o comportamento da ocorrência dos incêndios com essas variáveis, sendo as mesmas utilizadas nos índices de perigo de incêndio como a FMA e FMA+. Nas Figuras 4 e 5 é possível observar o comportamento das variáveis em relação ao número de incêndios.

Figura 4: Número de Ocorrência x meses do ano x média da precipitação



Fonte: (EPAGRI/CIRAM, 2014)

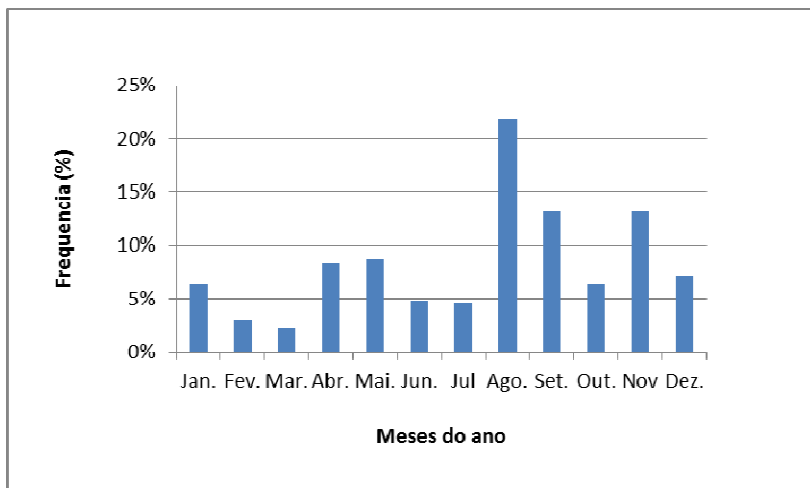
Figura 5: Número de Ocorrência x meses do ano x Média Umidade Relativa



Fonte: (INMET, 2014)

Na Figura 6 é apresentada a porcentagem do número de dias de cada mês nos quais ocorreram incêndios. Os valores variaram de 2,86% em março até 21,89% em agosto. Os meses que apresentaram maior número de dias com ocorrência de incêndios foram agosto, setembro e novembro os que apresentam menor número foram fevereiro, março e julho.

Figura 6: Frequência em percentual do número de dias dos incêndios ocorridos X meses do ano



Fonte: (CBMSC, 2014)

4.2 COMPORTAMENTO E AJUSTES DA FMA

Através da aplicação dos dados meteorológicos foi possível determinar as classes de perigo de incêndio, com base na Fórmula de Monte Alegre. Na Tabela 13, é possível observar os números de dias por grau de perigo da FMA, somados os graus “Nulo” e “Pequeno”, bem como os graus: “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”, cujo objetivo foi verificar a necessidade de uma adequação da Fórmula de Monte Alegre para o município estudado. Do total, 783 dias apresentaram os graus de perigo mais baixos ou aqueles em que dificilmente ocorre um incêndio. Enquanto 1043 dias apresentaram os graus de perigo mais altos, onde existe uma maior possibilidade de ocorrer o incêndio, e, por consequência, demandam uma maior atenção das equipes de combate. Observa-se ainda a participação média em cada um destes grupos, sendo que o

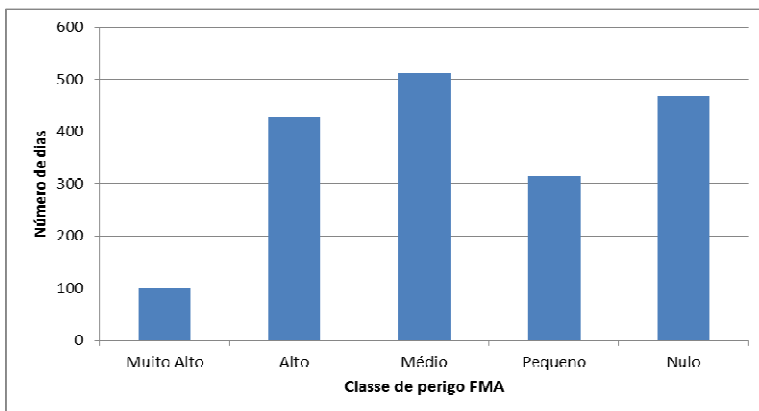
período de menor perigo apresentou 42,9% dos dias analisados e para o grupo de maior perigo houve uma participação de 57,1% dos dias.

Tabela 13: Classes de perigo de Incêndio da FMA pelo número de dias da ocorrência de incêndio.

Período	Classes de Perigo de Incêndio – FMA			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2009	144	39,5%	221	60,5%
2010	168	46,0%	197	54,0%
2011	178	48,8%	187	51,2%
2012	133	36,3%	233	63,7%
2013	160	43,8%	205	56,2%
Total	783	-	1043	-
Média	156,6	42,9%	208,6	57,1%

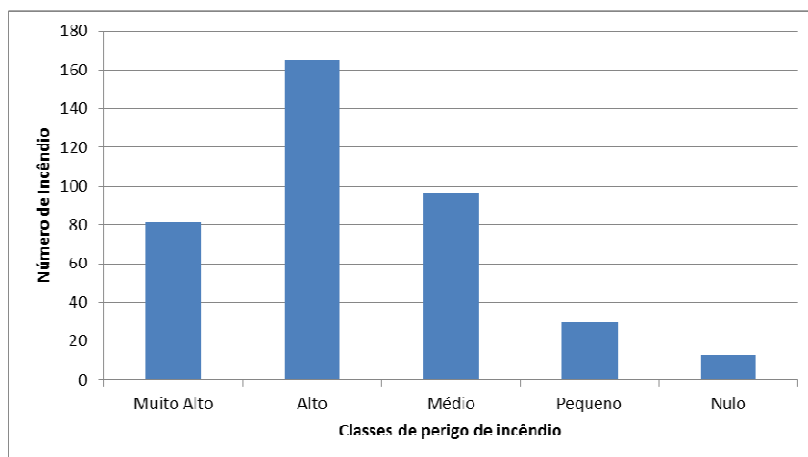
Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

De forma a detalhar o número de dias em cada classe de perigo de incêndio, conforme a FMA, em sua versão original, constatou-se (ver Figura 8) que 468 dias foram observados no grau de perigo “Nulo”, 315 dias no grau de perigo “Pequeno”, 513 dias no grau de perigo “Médio”, 429 dias no grau de perigo “Alto” e 101 dias no grau de perigo “Muito Alto”, totalizando 1826 dias de observação.

Figura 7: Número de dias por classe de perigo – FMA

Fonte: Elaborada pelo autor (2014)

Também foi possível determinar os graus de perigo para cada um dos incêndios ocorridos entre os anos de 2009 e 2013. A Figura 9 mostra que 81 incêndios ocorreram quando o índice, conforme FMA, em sua propositura original, apresentou o índice “Muito Alto”, 165 incêndios ocorreram quando o índice estava “Alto”, 97 dos incêndios ocorreram no grau de perigo “Médio”, 30 incêndios ocorreram quando o índice estava “Pequeno”, enquanto apenas 13 incêndios ocorreram quando a FMA apresentava um risco “Nulo”.

Figura 8: Número de incêndios por classe de perigo – FMA

Fonte: Elaborada pelo autor (2014)

Segundo Nunes *et al.* (2007) deve-se partir da premissa de que o número de dias previsto em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo, e que o número de incêndios deve ter uma relação direta com a classe de perigo. Nesse sentido, observa-se para os dados analisados, que não existe uma relação inversa com o número de dias em cada classe e nem mesmo uma relação direta com o número de incêndios observados, dessa forma, propõem-se a adoção de um ajuste, conforme Tabela 14, para o município de Lages.

Tabela 14: Escala de perigo – FMA Ajustada

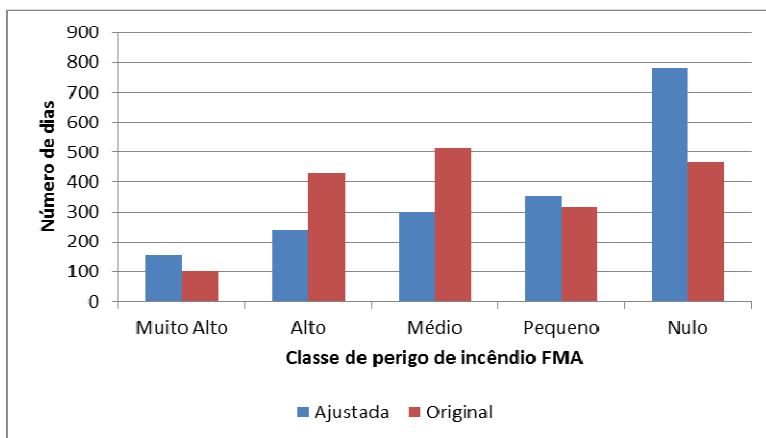
INTERVALO DE CLASSE DA FMA	GRAU DE PERIGO
0,0 – 3,0	Nulo
3,1 – 7,0	Pequeno
7,1 – 10,0	Médio
10,1 – 17,0	Alto
> 17,0	Muito Alto

Fonte: Elaborada pelo autor (2014)

Para determinar o ajuste proposto, foram adequadas as classes de perigo de incêndio da FMA original de forma que o número de dias em cada classe fosse inversamente proporcional ao grau de perigo, bem como o número de incêndios ocorridos no período analisado fosse diretamente proporcional aos graus de perigo. Após algumas simulações, obteve-se o melhor resultado com os dados apresentados na tabela 14.

É possível observar o resultado da comparação entre os números de dias que ocorreram incêndio, por classe de perigo, da FMA original com a ajustada (Figura 10).

Figura 9: Comparativo do número de dias por classe de perigo da FMA original com a ajustada

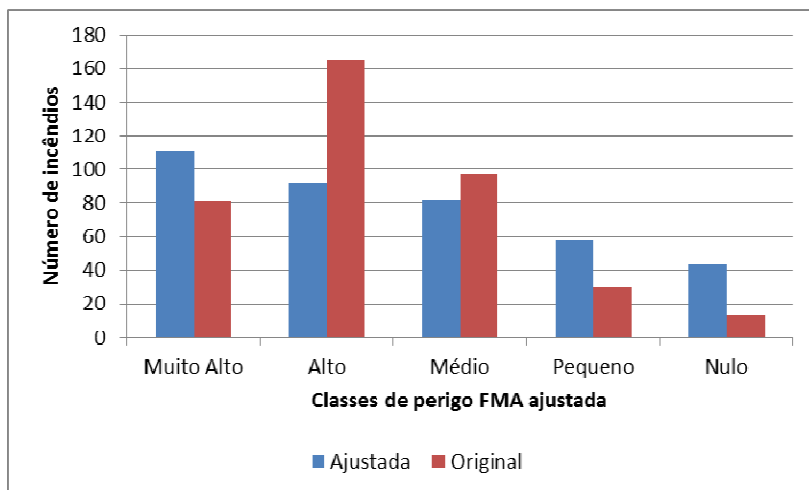


Fonte: Elaborada pelo autor (2014)

A Figura 11 mostra uma comparação entre os números de incêndios ocorridos por classe de perigo da FMA em sua classificação original e ajustada. Percebe-se que com os ajustes propostos, os incêndios mantêm uma relação direta com os graus de perigos, ou seja, 111 (28,8%), incêndios ocorreram no grau de perigo “Muito Alto”, 92 (23,8%) no grau de perigo

“Alto”, 82 (21,2%) no grau de perigo “Médio”, 58 (15%) no grau de perigo “Pequeno” e 43 (11,1%) no grau de perigo “Nulo”.

Figura 10: Comparativo do número de incêndios por classe de perigo da FMA original com a ajustada



Fonte: Elaborada pelo autor (2014)

Observa-se que para a cidade de Lages, com os ajustes propostos, obteve-se resultados indicando um bom desempenho da FMA, uma vez que preservaram as premissas propostas por Nunes (2005).

O resultado encontrado por Tetto *et al.* (2010) analisando o período de 2005 a 2007, na Floresta Nacional de Irati no Estado do Paraná, apresentou a mesma premissa, sendo que 44,65% dos incêndios ocorreram quando o perigo era Muito Alto, 29,15% quando era alto, 29,15% quando era médio, 23,25% quando era pequeno e apenas 2,95% quando era nulo.

4.3 DESEMPENHO DA FMA - AJUSTADA

Para mensurar o desempenho do índice, foram selecionados: o número de dias em que a FMA ajustada previu ocorrência e não ocorrência de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios. A partir desses dados, foi preenchida a tabela de contingência (ver Tabela 21) e realizou-se ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (ver Tabela 15). Nota-se que o índice previu incêndios em 733 dias e só ocorreram em 183, portanto, o índice acertou em 183 e errou em 550 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 1053 dias, neste caso, houve acerto de 968 e erro de 85 dias.

Tabela 15: Contingência para FMA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	183	510	693
	Não incêndio	85	1048	1133
Total observado		268	1558	1826

Fonte: Elaborado pelo Autor (2014)

Tabela 16: Análise do calculo da tabela de contingência para FMA

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	0,68	0,33	
	Não incêndio	0,32	0,67	
Total observado		1,00	1,00	2,00

Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

Os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para FMA foram 0,2146 e 67,41%, respectivamente.

Esses valores são superiores aos encontrados por Sampaio (1999) em São Paulo, estudando o período de 1984 a 1995 (0,0607 *Skill Score* e 46,26% PS). Tetto (2012), estudando os incêndios no período de 1976 a 2009, na Fazenda Monte Alegre, no município de Telêmaco Borba PR, obteve o resultado para o *Skill Score* de 0,0663 e o percentual de sucesso de 39,58%.

4.4 COMPORTAMENTO E AJUSTES DA FMA⁺

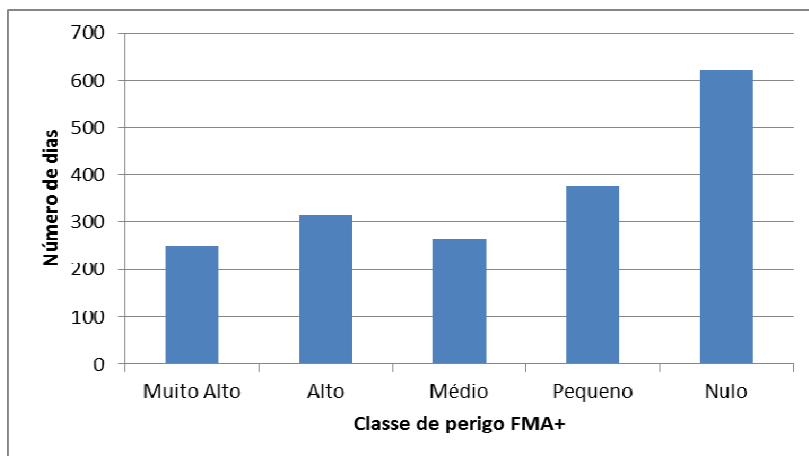
Conforme proposto por Nunes (2005), os 1826 dias, correspondentes ao período de janeiro de 2009 a dezembro de 2013, foram divididos nas classes de perigo de incêndio de acordo com a Fórmula de Monte Alegre Alterada. Na Tabela 17, é possível observar os números de dias por grau de perigo da FMA, somados os graus “Nulo” e “Pequeno”, bem como os graus: “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”, cujo objetivo também foi verificar a necessidade de uma adequação da FMA+ para o município de Lages. Do total, 995 dias apresentaram os graus de perigo “Alto” e “Muito Alto”. Enquanto 831 dias apresentaram os graus de perigo “Médio”, “Pequeno” e “Nulo”. Observa-se de igual forma a participação média em cada um destes grupos, sendo que o período de menor perigo apresentou 54,5% dos dias analisados e para o grupo de maior perigo houve uma participação de 45,5% dos dias.

Tabela 17: Classes de perigo de Incêndio da FMA+ pelo número de dias da ocorrência de incêndios.

Período	Classes de Perigo de Incêndio			
	Nulo + Pequeno		Médio + Alto + Muito Alto	
	Número de dias	Participação (%)	Número de dias	Participação (%)
2009	202	55,3%	163	44,7%
2010	217	59,5%	148	40,5%
2011	208	57,0%	157	43,0%
2012	160	43,7%	206	56,3%
2013	208	57,0%	157	43,0%
Total	995	-	831	-
Média	199	54,5%	166,2	45,5%

Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

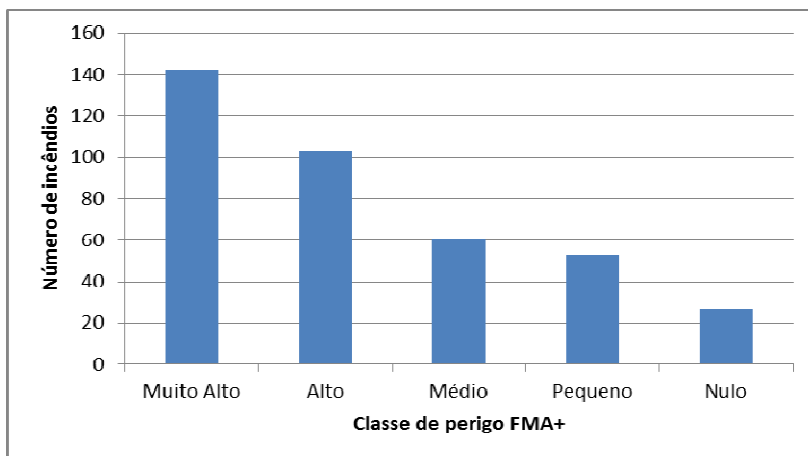
De forma a detalhar o número de dias em cada classe de perigo de incêndio, conforme a FMA⁺, em sua versão original, constatou-se que 619 dias foram observados no grau de perigo “Nulo”, 376 dias no grau de perigo “Pequeno”, 266 dias no grau de perigo “Médio”, 316 dias no grau de perigo “Alto” e 249 dias no grau de perigo “Muito Alto”, totalizando 1826 dias de observação (ver Figura 12).

Figura 11: Número de dias por classe de perigo – FMA⁺

Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

Também foi possível determinar os graus de perigo para cada um dos incêndios analisados. A Figura 13 mostra que 142 incêndios ocorreram quando o índice, conforme FMA⁺, em sua propositura original, apresentaram o índice “Muito Alto”, 103 incêndios ocorreram quando o índice estava “Alto”, 61 dos incêndios ocorreram no grau de perigo “Médio”, 53 incêndios ocorreram quando o índice estava “Pequeno”, enquanto 27 incêndios ocorreram quando a FMA apresentava o índice “Nulo”.

Figura 12: Número de incêndios por classe de perigo – FMA⁺



Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

Para a FMA+ buscou-se verificar também a necessidade de ajustes nas classes de perigo de incêndio. De igual forma, foi verificado se o número de dias previsto em cada classe de perigo possuía uma relação inversa com a classe de perigo, bem como se o número de incêndio observa uma relação direta com a classe de perigo. Nesse sentido, verificou-se que não existe uma relação inversa com o número de dias em cada classe, contudo, diferente do comportamento apresentado pela FMA, verificou-se uma relação direta com o número de incêndios observados. No entanto de igual forma, propõem-se a adoção também de ajuste para a FMA+, conforme Tabela 18.

Tabela 18: Escala de perigo – FMA⁺ Ajustada

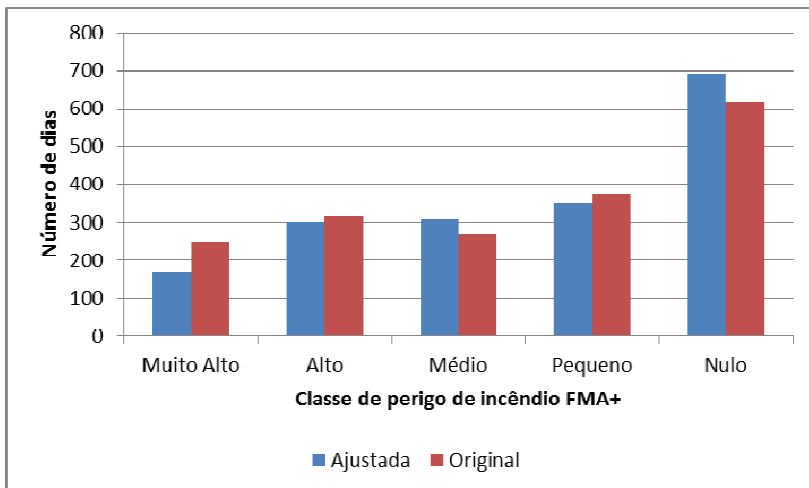
INTERVALO DE CLASSE	GRAU DE PERIGO
0,0 – 4,0	Nulo
4,1 – 9,0	Pequeno
9,1 – 16,0	Médio
16,1 – 30,0	Alto
> 30,0	Muito Alto

Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

Para determinar o ajuste proposto, foram adequadas as classes de perigo de incêndio da FMA⁺ original de forma que o número de dias em cada classe fosse inversamente proporcional ao grau de perigo, bem como o número de incêndios ocorridos no período analisado fosse diretamente proporcional aos graus de perigo. Após algumas simulações, obteve-se o melhor resultado com os dados apresentados na Tabela 18.

Através da Figura 14 é possível observar o resultado da comparação entre os números de dias que ocorreram incêndio, por classe de perigo, da FMA original com a ajustada.

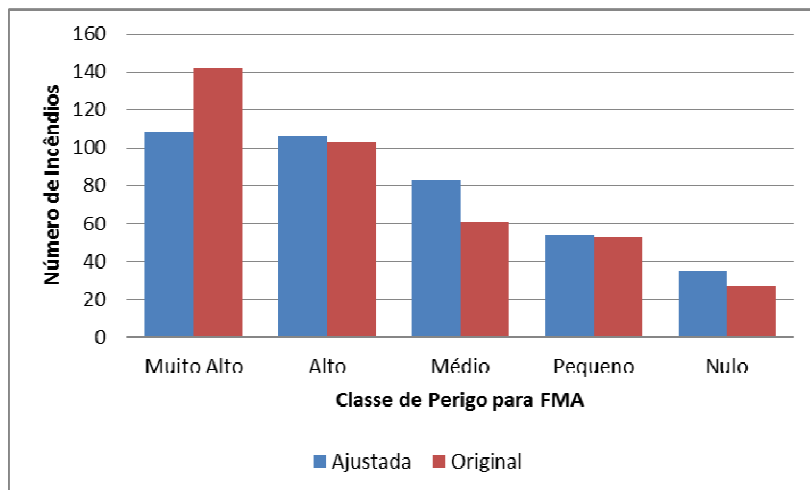
Figura 13: Comparativo do número de dias por classe de perigo daFMA⁺ original com a ajustada



Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

A Figura 15 mostra uma comparação entre os números de incêndios ocorridos por classe de perigo da FMA⁺ em sua classificação original e ajustada. Percebe-se que com os ajustes propostos, os incêndios mantêm uma relação direta com os graus de perigos, ou seja, 108 (28%) incêndios ocorreram no grau de perigo “Muito Alto”, 106 (27,5%) no grau de perigo “Alto”, 83 (21,5%) no grau de perigo “Médio”, 54 (14%) no grau de perigo “Pequeno” e 35 (9,1%) no grau de perigo “Nulo”.

Figura 14: Comparativo do número de incêndios por classe de perigo da FMA⁺ original com a ajustada



Fonte: Elaborada pelo Autor (2014)

Também observou-se, com os ajustes propostos, um resultado que indica um bom desempenho da FMA+, uma vez que preservaram as premissas propostas por Nunes (2005).

Nunes, Soares e Batista (2007), analisando diversas cidades no Estado do Paraná, encontraram dados semelhantes para a cidade de Londrina, onde 30% e 28,95% dos incêndios observados entre 1998 e 2001, ocorreram nas classes de perigo “Muito Alta” e “Alta”, respectivamente.

Soares (1998), quando analisando os incêndios ocorridos no distrito florestal de Monte Alegre, no período de 1965 a 1971, observou que 50,7% e 25,7% dos incêndios ocorreram nas classes de perigo “Muito Alta” e “Alta”, respectivamente.

4.5 DESEMPENHO DA FMA⁺

Para mensurar o desempenho do índice, foram selecionados: o número de dias em que o FMA previu ocorrência e não ocorrência de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios. A partir desses dados, foi preenchida a tabela de contingência (ver Tabela 19) e realizou-se ainda a análise da tabela para verificar a conferência destes dados (ver Tabela 20). Nota-se que o índice previu incêndios em 782 dias e só ocorreram em 192, o índice acertou em 192 e errou em 590 dias. O índice também previu a não ocorrência de incêndios em 1044 dias, neste caso, houve acerto de 968 e erro de 76 dias.

Tabela 19: Contingência para FMA⁺

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	192	590	782
	Não incêndio	76	968	1044
Total observado		268	1558	1826

Fonte: Elaborado pelo Autor (2014)

Tabela 20: Cálculo de contingência para FMA⁺

EVENTO		OBSERVADO		TOTAL PREVISTO
		INCÊNDIO	NÃO INCÊNDIO	
Previsto	Incêndio	0,72	0,38	
	Não incêndio	0,28	0,62	
Total observado		1,00	1,00	2,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2014)

Os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para FMA foram 0,1883 e 63,53, respectivamente.

Esses valores são semelhantes aos encontrados por Nunes *et al.* (2007) no Paraná, no período de 1998 a 2003, onde o *Skill Score* variou de 0,0884 a 0,3384 e o percentual de sucesso de 49,27 a 66,67%. Este estudo serviu de base para definição da regionalização da escala de perigo no Estado do Paraná.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pode-se concluir com base no estudo realizado e nos registros de incêndios ocorridos nos últimos 5 anos, que:

- I. Foram atendidos, pelo CBMSC, 386 incêndios florestais na cidade de Lages no período de janeiro de 2009 e dezembro de 2013;
- II. Os meses com maior incidência se concentram na segunda metade do ano, com destaque para os meses de Agosto e Setembro;
- III. O tipo de vegetação pouco influenciou na quantidade de incêndios atendidos, sendo que 58,81% ocorreram em áreas de reflorestamento e 41,19% ocorreram em florestas nativas;
- IV. Foi necessário realizar ajustes nos índices de perigo de incêndio FMA e FMA+, de forma que o número de dias previsto em cada classe de perigo apresentasse uma relação inversa com o grau de perigo, bem como para que o número de incêndio observasse uma relação direta com a classe de perigo.
- V. Constatou-se que para a FMA, após os devidos ajustes, obteve-se uma relação direta entre número de incêndios com a classe de perigo, bem como, o número de dias em cada classe foi inversamente proporcional com o grau de perigo.
- VI. Constatou-se que a FMA+ já apresentava uma relação direta entre o número de incêndios e o grau de perigo, contudo, só foi possível obter uma relação inversa entre o número de dias em cada classe e os respectivos graus de perigo após realizados ajustes.
- VII. Os índices de perigo de incêndio devidamente ajustados apresentaram bons resultados quando

submetidos aos métodos de avaliação *skill score* e percentual de sucesso.

Sugere-se ainda:

- I. A adoção de um Relatório de Ocorrência de Incêndio padronizado por parte do CBMSC, de forma que contemple um maior número de informações sobre o atendimento prestado, tais quais: Tipo de vegetação afetada, tamanho da área afetada, quantidade de pessoas empregadas no combate, quantidade de viaturas e equipamentos utilizados no combate, horário de início e término da operação.
- II. A adoção de um sistema de disponibilização de dados meteorológicos *online* por parte da EPAGRI/CIRAM, aos moldes do sítio eletrônico do INMET.

Por fim, recomendam-se:

Novos estudos que possam utilizar a variável Umidade Relativa do Ar medida às 13 h, conforme a Fórmula de Monte Alegre original.

Estudos semelhantes em diferentes cidades e/ou regiões do Estado de Santa Catarina, cujo objetivo seja demonstrar a eficiência dos índices de perigo de incêndio da FMA e FMA+, bem como a necessidade de possíveis ajustes.

REFERENCIAS

ANBFESC – Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina. Associação Catarinense de Empresas Florestais. 2014.

BATISTA, A. C. **Plano de prevenção e combate a incêndios florestais:** horto municipal de Jacarezinho. Curitiba, 2006. 37 p.

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

_____. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 237 – 241, maio/ago., 2004.

BOND, W.J., WILGEN, B.W. **Fire and Plants.** London: Chapman & Hall, 1996.

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

BRASIL. **Lei nº 9.605 de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998.

CÂNDIDO, J.; COUTO, E. A. **Incêndios florestais.** Universidade Federal de Viçosa / Minas Gerais. 101 p. 1980.

CUSTÓDIO, M. **Incêndios florestais no Brail.** In: Conferência apresentada junto ao Grupo de Estudos de Incêndios Florestais da Universidade de Valladolid, 2006.

DEPPE, F. et al. **Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no Estado do Paraná**. Floresta, Curitiba, v.34, n.2, p.119–126, 2004.

FONSECA, E. M. B.; RIBEIRO, G. A. **Manual de prevenção e controle de incêndios florestais**. Belo Horizonte, CEMIG, 2003.

FRIZZO, T; BONIZÁRIO, C; BORGES, M. P; VASCONCELOS, H. L. **Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas no Brasil**. Revista Oecologista Australis, p 365-379, 2011.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FATMA). **Atlas da cobertura vegetal de Santa Catarina**. Florianópolis, 2003.

_____. **Mapeamento florestal indica 41% de cobertura vegetal nativa em SC**. Disponível em: <http://www.belasantacatarina.com.br/noticias/2009/01/16/Mapeamento-realizado-pela-Fatma-indica-414-por-cento-de-cobertura-vegetal-nativa-em-SC-3993.html>. Acesso em 31/05/2013.

GOMES, A. **Legislação ambiental e direito: um olhar sobre o artigo 225 da constituição da república federativa do Brasil**. Revista científica eletrônica da administração. Ano VIII. Número 14, 2008.

HALTENHOFF, H.D. **Silvicultura preventiva**. Santiago, Corporacion Nacional Florestal. Manual Técnico Nº 18. 40p. 1998.

HEIKKILA, T. V.; GRONQVIST, R.; JUERVELIUS, M. **Handobook on Forest fire control: a guide for trainers**.

Helsinki: [S.N.], 1993. 239 p. (Forestry Training Program, n. 21).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Alternativas para o uso do fogo.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/alternativas-ao-uso-do-fogo> - Acesso em: 04.06.2013.

_____. **Queima controlada.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/queima-controlada>. Acesso em: 17.06.2013.

JESUS. D. E.; **Direito Penal.** São Paulo. Saraiva. 1985.

LAGES. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2014. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lages&oldid=39121524>>. Acesso em: 12 mai. 2014.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - 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.

NUNES, J.R.S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. **Estimativa de umidade relativa das 13:00 horas, com base nos dados das 9:00 h e das 15:00 h, para o Estado do Paraná.** Floresta. Curitiba, V. 35, n. 2, p.247-258, 2005.

_____. Ajuste na fórmula de monte alegre alterada (FMA+) para o Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, 2007.

PARANÁ. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado. **Operação Paraná em flagelo: histórico**. Curitiba: Secretaria de Segurança Pública; Secretaria da Agricultura; Governo dos EE. UU., 1963. s/p.

PARIZOTTO, W. **O controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para o seu aprimoramento**. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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 /cap09.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap09.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2013.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. 2009.

_____. **Mapa do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/index.php/geografia>>. Acesso em 28 mar. 2014.

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

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos,**

SP. 157 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SOARES, R. V. **Proteção florestal**. Curitiba: Centro de Pesquisas Florestais, 1971. 180 p.

_____. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil**. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA. Departamento de Ciências Florestais/Centro Tropical de Ensino e Investigação, Turrialba, 1972.

_____. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil em 1983**. Revista Floresta, Curitiba, v. 58, nº 13, p. 31- 42. 1984

_____. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil, de 1984 a 1987**. Revista Floresta, Curitiba, v. 18, n. 12, p. 94 – 121. 1988.

_____. **Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais**. Revista Floresta, Curitiba, v.22, n. ½, p. 39 – 53, 1992.

_____. **Planos de proteção contra incêndios florestais**. In: REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF E CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 4., 2., 1996, Curitiba, 1996.

_____. **Desempenho da Fórmula de Monte Alegre – índice brasileiro de perigo de incêndios florestais**. Cerne. Lavras, v. 04, nº 01, p. 87- 99. 1998.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Combustão da Biomassa e Propagação dos Incêndios**. Brasília, ABEAS/UFPR, 2001. Curso de Especialização, Módulo II.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Prevenção dos Incêndios Florestais**. Brasília, ABEAS/UFPR, 2001b. Curso de Especialização, Módulo II.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007. 264 p.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997**. Revista Floresta, Curitiba, V.32, n.2, p. 219-232, 2002. Disponível em:< <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2287>>. Acesso em: 31 mai. 2013.

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C; NUNES, J.R.S. **Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009.246p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. **Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO.

SOUZA, J. **Índice de perigo de incêndio em municípios do Estado de Santa Catarina**. Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Comando e Estado Maior do Centro de Estudos Superiores, do Corpo de Bombeiros Militar e do Centro de Ciências da Administração e Sócio Econômicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

TETTO, A. F. **Avaliação do risco como subsidio para o planejamento da proteção contra incêndios florestais em unidades de conservação – Estudo de caso da flora de Irati – PR**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

_____. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na fazenda Monte Alegre no Período de 1965 a 2009.** 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; NUNES, J. R. S. **Comportamento e ajuste da fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná.** Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409-417, set. 2010.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (UDESC). **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos da UDESC:** tese, dissertação, trabalho de conclusão de curso e relatório de estágio. 2013.

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

VIEGAS, D.X.; REIS R. M.; M. G. CRUZ.; VIEGAS, M. T. **Calibração do sistema canadiano de perigo de incêndio para aplicação em Portugal.** Silva Lusitana, Lisboa, v.12, n.1, p.77-93, 2004.