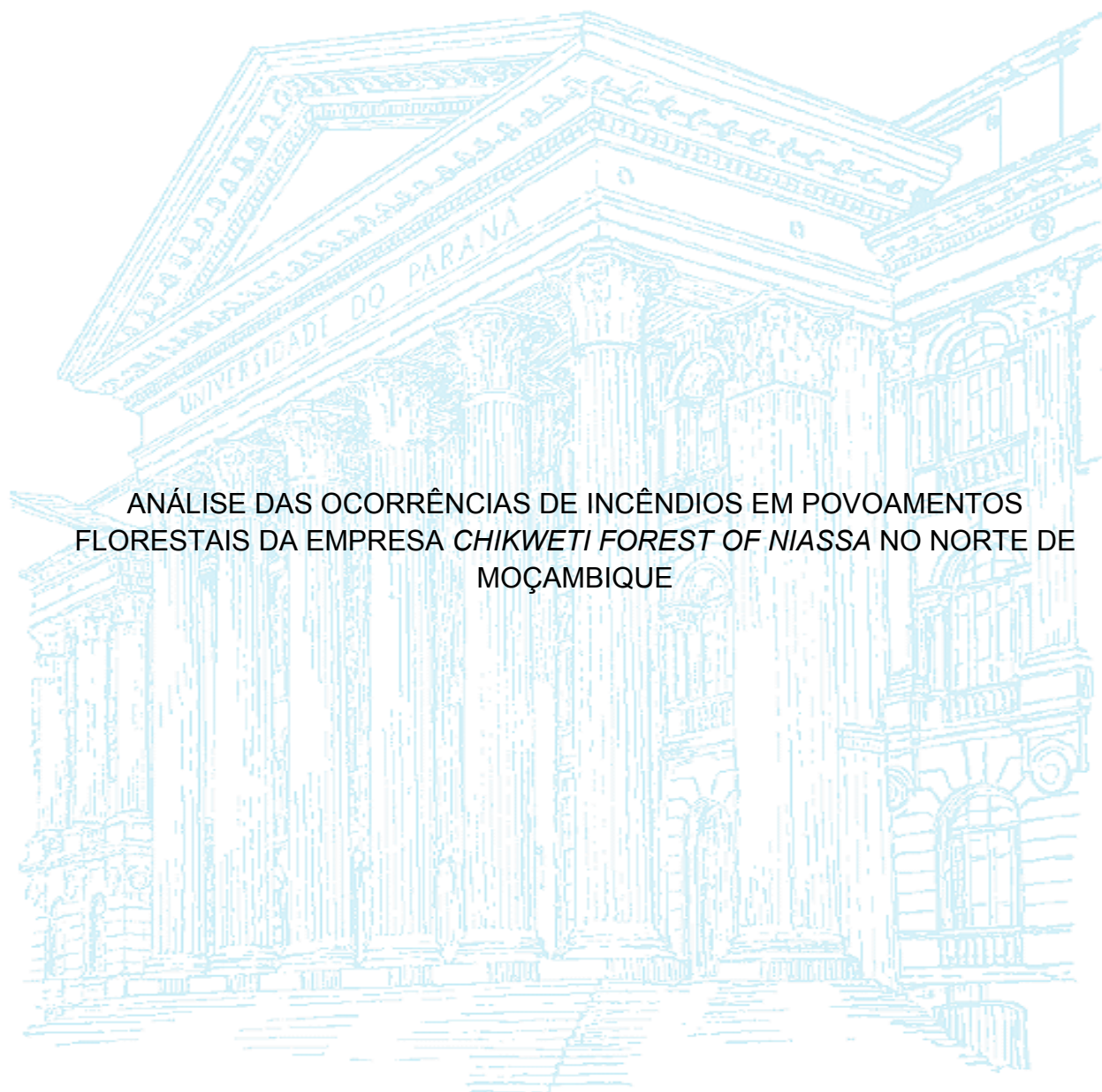


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AIRES AFONSO MBANZE



ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM POVOAMENTOS  
FLORESTAIS DA EMPRESA *CHIKWETI FOREST OF NIASSA* NO NORTE DE  
MOÇAMBIQUE

CURITIBA  
2013

AIRES AFONSO MBANZE

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM POVOAMENTOS  
FLORESTAIS DA EMPRESA *CHIKWETI FOREST OF NIASA* NO NORTE DE  
MOÇAMBIQUE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador:

Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Co-orientadores:

Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

CURITIBA

2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Mbanze, Aires Afonso

Análise das ocorrências de incêndios em povoamentos florestais da empresa Chikweti Forest of Niassa no norte de Moçambique / Aires Afonso Mbanze. – 2013

81 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/11/2013.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Incêndios florestais – Moçambique. 2. Homem – Influência sobre a natureza. 3. Incêndios florestais – Prevenção e controle. 4. Teses. I. Batista, Antonio Carlos. II. Tetto, Alexandre França. III. Koehler, Henrique Soares. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.96

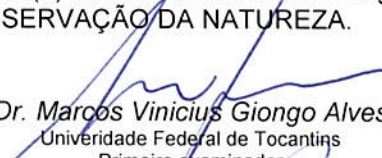
CDU – 634.0.43 (679)

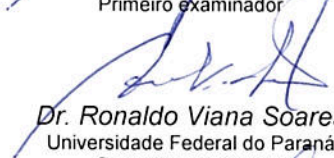


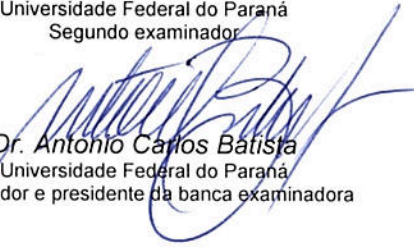
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da  
Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

**PARECER**  
Defesa nº. 998

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Aires Afonso Mbanze* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM POVOAMENTOS FLORESTAIS DA EMPRESA CHIKWETI FOREST OF NIASSA NO NORTE DE MOÇAMBIQUE**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.


  
*Dr. Marcos Vinicius Giongo Alves*  
Universidade Federal de Tocantins  
Primeiro examinador

  
*Dr. Ronaldo Viana Soares*  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador

  
*Dr. Antonio Carlos Batista*  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 22 de novembro de 2013.

  
*Antonio Carlos Batista*  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
*Jorge Luis Monteiro de Matos*  
*Jorge Luis Monteiro de Matos*  
Vice-coordenador do curso

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus que ilumina toda minha caminhada nesta vida, mesmo quando me encontro em vales tenebrosos, Ele sempre me guia e me dá força.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares, especialmente aos meus pais, particularmente a minha mãe Joana Antonieta Banze, que é para mim um grande exemplo de vida e superação. A todos os meus irmãos, em particular ao “mano” Cláudio Banze que sempre me deu força e ajuda para que eu continuasse a estudar. Tia Natércia Martins Pichem, que é uma mulher que eu sempre respeitei pela sua coragem e devoção de dar um final feliz aos momentos mais difíceis da vida. Não sei como lhe agradecer por tudo que tem sido minha vida.

A todos os professores da Universidade Federal do Paraná, com muita particularidade ao meu orientador Antonio Carlos Batista e meus co-orientadores professores Alexandre França Tetto e Henrique Soares Koehler que me acolheram e estiveram sempre presentes nos momentos mais importantes da minha estadia em Curitiba. Não sei o que dizer sobre o professor José Frega, do Departamento de Administração, que sempre cedeu seu tempo para ajudar qualquer estudante do curso de Florestas. Professor Jorge Centeno, do Curso de Ciências da Terra da UFPR, muito obrigado pela consideração que tem tido pelos moçambicanos.

A todos os funcionários da biblioteca do Centro de Ciências Florestais e da Madeira, muito obrigado por toda atenção que tiveram por mim. Agradeço também ao pessoal da secretária de pós-graduação do curso de florestas e da pró-reitoria da Universidade Federal do Paraná, particularmente a Sra. Jussara.

A toda comunidade moçambicana em Curitiba e particularmente a comunidade estudantil, muito obrigado pelo carinho e acolhimento que me deram.

Ao departamento de incêndios florestais da empresa Chikweti Forest of Niassa, na pessoa do Engenheiro Axcel Romero e ao departamento de pesquisa na pessoa do Dr. John Mudekwe e Tinashe Chimankire, muito obrigado por terem cooperado em fornecer informação importante e valiosa, que sem ela esta dissertação não teria se tornado uma realidade.

Ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique em Lichinga, na pessoa do Dr. Carolino Martinho, muito obrigado pelos dados de observações meteorológicas que me providenciaram.

E por último, mas primeiro em importância, agradeço às instituições brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que me deram suporte financeiro para que pudesse obter o grau de mestre no Brasil.

*Sun Tzu, em Arte de Fazer Guerra, diz: “deixa o seu inimigo te subestimar, assim ele nunca estará o suficiente preparado para te combater”.*

Muitas vezes o fogo deixa que nós subestimemos todos os parâmetros relacionados a ele: subestimamos as quantidades, o aranje e disponibilidade dos combustíveis florestais, subestimamos as condições atmosféricas, por isso o nosso “velho inimigo” nos derrota em quase todas as batalhas.

## RESUMO

A ocorrência de incêndios em povoamentos florestais tem causado enormes prejuízos às empresas que operam na Província do Niassa, no norte de Moçambique. Como os povoamentos florestais começaram a ser plantados há poucos anos no Niassa, pouco se sabe sobre as causas dos incêndios florestais e as possíveis medidas de prevenção e supressão. Neste trabalho foram averiguadas as causas que contribuíram para a ocorrência dos incêndios florestais, a partir do registro de ocorrências fornecido pelo departamento de incêndios da empresa Chikweti, tendo se constatado que aproximadamente 100% das ocorrências (196) registradas nos três anos estudados foram devido a causas antrópicas, com predominância dos incendiários (57,14%) e limpeza para prática da agricultura itinerante (28,57%). A sobreposição das variáveis meteorológicas, fornecidas pelo Instituto de Investigação Agrária de Moçambique em Lichinga (IIAM-Lichinga), com as causas de ocorrências dos incêndios, permitiu estabelecer uma correlação entre o número de ocorrências e as épocas do ano, sendo setembro e outubro os meses em que se registrou maior ocorrência dos incêndios, com 37,76% e 29,08%, respectivamente. Para os dois índices de perigo analisados, pela Fórmula de Monte Alegre (FMA) e o Nesterov (G), o grau de perigo muito alto foi o mais predominante durante todos os anos. O índice G, com valores de *Skill Score* (SS) e Porcentagem de Sucesso (PS) de 0,11 e 44,82%, respectivamente, mostrou-se mais adequado para as condições climáticas de Lichinga, ao contrário do FMA, que mostrou um desempenho mais fraco, com 37,13% de PS e 0,07 do valor de SS.

**Palavras-chaves:** Incêndios Florestais, Incendiários, Índices de Perigo e Variáveis Climáticas

## ABSTRACT

Fire occurrence in forest plantation has been the cause of important losses in companies operating in Niassa province, northern Mozambique. However, since forestation for commercial purposes has started only few years ago in Niassa, little is known about the causes that contribute for fire occurrences and the possible prevention, mitigation and suppression measures. In this dissertation, the causes that contributed to the occurrence of forest fires in Chikweti plantations were assessed by using fire database report, provided by the fire department of Chikweti. It was observed that approximately 100% of all occurrences (196) recorded in the studied period, (2010 - 2012), were attributed to human-induced causes, with a predominance of arsonists (57.14%) and cleaning for shifting cultivation (28.57%). Climate variables, provided by the Agricultural Research Institute of Mozambique in Lichinga (IIAM-Lichinga), were correlated to the causes of fires occurrences. It was observed a relationship between the number of occurrences and the seasons of the years, September and October were the months with the higher occurred percentages, 37.76% and 29.08% respectively. For both fire danger indices, Monte Alegre Formula (FMA) and Nesterov index (G), the very high degree of danger was predominate in the studied period all the years. The G index, with values of Skill Score (SS) and Percent of Success (PS) of 0.11 and 44.82% respectively, presented a better performance for the climatic conditions of Lichinga; the FMA, with 37.13% for PS and 0.07 of SS, was less efficient to detect fire danger in the region.

**Keywords:** Forest Fires, Arson, Fire Danger Indices and Climatic Variables.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-	FOCOS DE INCÊNDIOS NOS MESES DE JUNHO A SETEMBRO DO ANO 2006 .....	18
FIGURA 2 -	CRESCIMENTO MUNDIAL DA POPULAÇÃO E NÍVEIS DE DESMATAMENTO NOS ÚLTIMOS 200 ANOS.....	19
FIGURA 3 -	MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
FIGURA 4 -	COMPORTAMENTO ANUAL DO CLIMA NA REGIÃO DE ESTUDO.	32
FIGURA 5 -	DISTRIBUIÇÃO PORCENTUAL DAS OCORRÊNCIAS DOS INCÊNDIOS .....	44
FIGURA 6 -	DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DE OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NOS PERÍODOS DO DIA .....	50
FIGURA 7 -	RESULTADOS DO TESTE DE BARTTLET .....	51
FIGURA 8 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS OCORRÊNCIAS DOS INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS .....	56
FIGURA 9 -	COMPORTAMENTO MENSAL DO GRAU DE PERIGO DOS ÍNDICES FMA E NESTEROV .....	61
FIGURA 10-	COMPORTAMENTO DAS CLASSES DE PERIGO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE DIAS .....	64
FIGURA 11-	VALORES DE <i>SKILL SCORE</i> E DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA OS ÍNDICES NESTEROV E FMA .....	67

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	MEGAINCÊNDIOS MAIS RECENTES NO MUNDO NO PERÍODO DE 1997 A 2010.....	16
TABELA 2 -	ÁREA QUEIMADA EM MOÇAMBIQUE DE AGOSTO A OUTUBRO DE 1990 .....	17
TABELA 3 -	ÁREAS E ESPÉCIES PLANTADAS PELA EMPRESA CHIKWET ATÉ 2011.....	30
TABELA 4 -	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICAS EDÁFO-CLIMÁTICAS DAS TRÊS REGIÕES ONDE O ESTUDO FOI REALIZADO .....	33
TABELA 5 -	RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DO ÍNDICE DE NESTEROV, EM FUNÇÃO DAS QUANTIDADES DE CHUVA DO DIA .....	40
TABELA 6 -	RESTRIÇÕES Á SOMATÓRIO DO FMA, EM FUNÇÃO DAS QUANTIDADES DE CHUVA DO DIA .....	41
TABELA 7 -	ESCALA DE PERIGO DO NESTEROV E FMA.....	41
TABELA 8 -	TABELA DE CONTINGÊNCIA .....	41
TABELA 9 -	CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	42
TABELA 10-	DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS E ÁREA QUEIMADA POR DISTRITO .....	43
TABELA 11-	DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS POR DISTRITO NOS ANOS 2010, 2011 E 2012 .....	46
TABELA 12-	ESTATÍSTICAS MENSAS DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NOS 3 ANOS DE ESTUDO.....	52
TABELA 13-	VALORES DOS COEFICIENTES PARA AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	53
TABELA 14-	COMPARAÇÃO MENSAL E ANUAL DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS PELO TESTE DE TUKEY.....	54
TABELA 15-	INÍCIO DO PERÍODO CHUVOSO E SECO (IPC E IPS), FINAL DO PERÍODO CHUVOSO E SECO (FPC E FPS) NOS TRÊS ANOS ESTUDADOS .....	55
TABELA 16-	PORCENTAGEM DE DIAS DOS MESES COM OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS.....	57
TABELA 17-	COMPORTAMENTO DOS ÍNDICES DE PERIGO EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO AMBIENTE DE LICHINGA.....	59
TABELA 18-	AGRUPAMENTO DOS MESES DO ANO EM FUNÇÃO DO GRAU DE PERIGO E DA MÉDIA DIÁREA DA PRECIPITAÇÃO.....	60
TABELA 19-	PORCENTAGEM E NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA CLASSE DE PERIGO DE INCÊNDIOS.....	62
TABELA 20-	VALORES DE CONTINGÊNCIA (OBSERVADOS E PREVISTOS) PARA OS ÍNDICES NESTEROV (G) E FMA.....	66
TABELA 21-	APÊNDICES 1. ESTATÍSTICAS MENSAS DAS VARIÁVEIS TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA.....	79
TABELA 22-	APÊNDICES 2. RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	-	Análise de variância
B	-	Índice de Angstron
CCMIF	-	Centro de Controle e Monitoramento de Incêndios Florestais
Csd	-	Causas desconhecidas
Dsc	-	Descuido
FAO	-	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FMA	-	Fórmula de Monte Alegre
FMA <sup>+</sup>	-	Fórmula de Monte Alegre Ajustada
FPC	-	Final do Período Chuvoso
FPS	-	Final do Período Seco
GPS	-	Geographic Position System
G	-	Índice de Nesterov
HDR	-	Human Development Report
IIAM	-	Instituto de Investigação Agronômica de Moçambique
ICSU	-	International Council for Science
INDE	-	Instituto Nacional do Desenvolvimento da Educação
IPC	-	Início do Período Chuvoso
IPS	-	Início do Período Seco
Inr	-	Incendiários
Idc	-	Incêndios devido a caça
Inp	-	Estimulação de pastagem
LAT	-	Latitude
LONG	-	Longitude
MAE	-	Ministério da Administração Estatal
MICOA	-	Ministério para a Coordenação e Ação Ambiental
MODIS	-	Moderate Resolution Imaging Spectrometer
OMM	-	Organização Meteorológica Mundial
Otc	-	Outras causas
PS	-	Porcentagem de Sucesso
QIm	-	Queima para limpeza das machambas
SPOT	-	Système Probatoire d'Observation de la Terre
SPSS	-	Statistical Package for Social Sciences
SS	-	Skill Score

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 Objetivo geral .....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	14
2.1 CONCEITOS BÁSICOS .....	14
2.2 INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	15
2.3 CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	18
2.4 IMPACTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS .....	21
2.4.1 Impactos no ambiente .....	21
2.4.2 Incêndios em cultivos de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> .....	24
2.5 MANEJO DO FOGO E MEDIDAS DE PREVENÇÃO .....	24
2.5.1 O uso dos índices de perigo de incêndios.....	26
2.5.2 Importância das variáveis meteorológicas na prevenção e combate aos .....	
incêndios florestais.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.1.1 População e atividades econômicas .....	33
3.2 COLETA DE DADOS .....	34
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	35
3.3.1 Influência das variáveis climáticas e das estações do ano na ocorrência.....	
dos incêndios florestais .....	37
3.3.2 Determinação e validação dos índices de perigo de incêndios.....	39
4.1 CAUSAS DOS INCÊNDIOS NOS DISTRITOS ESTUDADOS.....	43
4.2 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DAS ESTAÇÕES DO .....	

ANO NA OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS.....	51
4.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS .....	58
4.3.1 Desempenho dos índices de perigo de incêndios .....	61
5 CONCLUSÕES .....	69
6 PREDIÇÃO DAS TENDÊNCIAS FUTURAS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS ....	
EM POVOAMENTOS FLORESTAIS DA CHIKWETI .....	70
REFERÊNCIAS.....	72
OBRAS CONSULTADAS .....	78
APÊNDICE .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo observou-se o agravamento dos incêndios florestais nas últimas décadas. Estima-se que somente no ano 2000 aproximadamente 350 milhões de hectares de floresta foram atingidos por incêndios florestais (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2007; MORGERA; CIRELLI, 2009). As principais causas apontadas para os elevados índices de ocorrência dos incêndios estão relacionadas com as mudanças climáticas e com o crescimento populacional, associado às alterações no uso e aproveitamento do solo (FAO, 2012).

O controle do fogo, há 500.000 anos, possibilitou ao homem primitivo um salto gigantesco no domínio da natureza e de todos os outros seres vivos rumo à civilização (MORAIS, 2011), tendo culminado com os avanços tecnológicos e as descobertas científicas mais recentes. O seu uso desenfreado na atualidade fez com que o mesmo fogo fosse visto como uma grande ameaça à humanidade. Por exemplo, na África sub-saariana estima-se que aproximadamente 85% dos incêndios florestais que ocorrem anualmente são devido a causas antrópicas (FAO, 2007). Em Moçambique, a ocorrência de incêndios florestais devido a causas antrópicas chega a atingir uma percentagem de 90%, provocando perdas de 30 milhões de hectares vários ecossistemas florestais por ano de (MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO E AÇÃO AMBIENTAL (MICOA), 2007).

As principais causas que concorrem para a ocorrência dos incêndios florestais em Moçambique estão associadas à pobreza (forte dependência da população em relação aos recursos florestais) e ao elevado índice de analfabetismo (MICOA, 2007). O uso desenfreado do fogo tem causado prejuízos enormes aos projetos de cultivo florestal no norte de Moçambique. A título de exemplo, de 2010 a 2012, os incêndios florestais destruíram extensas áreas de *Pinus sp* e *Eucalyptus sp* das empresas florestais. Porém, especula-se que o desconhecimento das causas específicas que concorreram para a ocorrência dos incêndios, bem como o fraco uso das medidas preventivas, tenham contribuído para a elevada frequência dos incêndios em povoamentos florestais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar as ocorrências dos incêndios em povoamentos florestais na província do Niassa como subsídio para o planejamento da prevenção.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Determinar as causas dos incêndios florestais em três distritos da província do Niassa: Lichinga, Lago e Sanga;
- b) Analisar a influência das variáveis climáticas e das estações do ano na ocorrência dos incêndios florestais;
- c) Comparar a eficiência dos índices de perigo de incêndios, Nesterov e Fórmula de Monte Alegre para o distrito de Lichinga.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Existem várias definições para cada termo técnico relacionado aos incêndios florestais, que variam de autor para autor, em função da localização geográfica, abrangência e objetivos do estudo. Para este trabalho foram utilizados conceitos que se adequam aos objetivos do estudo.

Incêndio florestal é um termo utilizado para definir fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível existentes em uma floresta. Apesar de não ser muito apropriado, o termo incêndio florestal é muitas vezes generalizado para definir incêndios em outros tipos de vegetação tais como capoeiras, campos e pradarias (SOARES; BATISTA, 2007). É importante realçar que os incêndios florestais se iniciam normalmente em qualquer forma de vegetação e são difíceis de serem controlados, podendo ser provocados tanto pelo homem como por fenômenos naturais (MORAIS, 2011).

Índices de perigo de incêndios são valores numéricos, geralmente apresentados sob forma de escala, que indicam a possibilidade de ocorrência de incêndios, assim como a facilidade de propagação do fogo, de acordo com as condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES; BATISTA, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Manejo do fogo é um termo bastante amplo, que se refere a arte de usar o fogo para atingir os objetivos de manejo do solo, considerando o uso tradicional do fogo e salvaguardando de forma conjunta a vida, as propriedades e os recursos naturais por meio de prevenção, restrição e supressão do fogo nas florestas e outras formas de vegetação em zonas rurais (FAO, 2008).

Megaincêndios são normalmente incêndios de grandes dimensões, definidos pela sua complexidade e pelos seus impactos sociais, econômicos e ambientais, provocando consequências longas e profundas, deixando de ser um mero incidente, mas sim uma situação bastante séria e lastimável. A supressão de forma artificial (por brigadistas) é quase impossível, sendo necessário mudanças nas condições climáticas ou no material combustível (WILLIAMS *et al.*, 2013).



Prevenção contra incêndios florestais, compreende um conjunto de atividades cujo objetivo é reduzir ou anular a probabilidade do incêndio começar, assim como limitar sua propagação caso ele ocorra (SOARES; BATISTA, 2007).

Queima controlada ou prescrita, refere-se a aplicação científica do fogo em combustíveis, no estado natural ou alterado, sob determinadas condições de clima, umidade do combustível e do solo, de tal forma que o fogo seja confinado a uma área pré-determinada e ao mesmo tempo produza intensidade de calor e taxa de propagação necessárias para se alcançar certos objetivos de manejo da vegetação (SOARES; BATISTA, 2007; MORAIS, 2011).

Regime dos incêndios florestais é definido como sendo a frequência, extensão espacial, sazonalidade e intensidade dos incêndios em um determinado ecossistema, que podem provocar mudanças consideráveis nesse mesmo ecossistema num determinado período de tempo (MOREIRA; REGO; FERREIRA, 2001).

Silvicultura preventiva pode ser definida como sendo o manejo dos cultivos florestais ou florestas, com o propósito de modificar a estrutura do material combustível, a fim de satisfazer os objetivos da proteção contra os incêndios florestais associado à melhoria da produção e à qualidade do ambiente (HALTENHOFF, 1998).

## 2.2 INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Em todo mundo, o número de incêndios florestais de grandes proporções tem aumentado de uma forma alarmante. Esse aumento tem provocado impactos profundos e sem precedentes na economia, ambiente e na sociedade em geral. Devido às mudanças climáticas e ao aumento da população mundial, as florestas têm se tornado cada vez mais vulneráveis aos incêndios (WILLIAMS *et al.*, 2013).

Segundo dados da FAO (2007), as florestas tropicais e as savanas são os ecossistemas mais afetados por incêndios florestais, tendo se verificado as maiores áreas queimadas na região sub-sariana da África, seguida pela Austrália. Devido a falta de dados históricos e consistentes de ocorrência de incêndios em nível

mundial, é difícil fazer uma análise da tendência dos incêndios florestais e das respectivas áreas queimadas. Porém, existem fortes evidências de que em várias regiões do mundo, a tendência é de aumentar o número de incêndios, queimando extensas áreas com maior severidade.

Williams *et al.* (2013) observaram que, com o aumento de forma alarmante dos incêndios de grandes dimensões, em escala global, surgiram entre estes os chamados “megaincêndios”. Por exemplo, nos Estados Unidos da América, somente 1 a 2% dos incêndios ocorridos no ano 2009 foram considerados megaincêndios, porém, 85% dos custos totais de supressão foram destinados a eles, tendo contabilizado aproximadamente 95% da área queimada. Estatísticas semelhantes foram encontradas em várias outras partes do mundo. Os megaincêndios são os mais destrutivos, danosos e os que envolvem maior custo econômico. Na Tabela 1 encontram-se de forma resumida alguns megaincêndios que ocorreram na última década (1997 – 2010), onde podem ser observadas informações sobre o ano de ocorrência, região, causas e área queimada.

TABELA 1 – MEGAINCÊNDIOS MAIS RECENTES NO MUNDO NO PERÍODO DE 1997 A 2010

ANO	PAÍS	NOME DO INCÊNDIO	CAUSA	ÁREA QUEIMADA (* 1000 ha)
1997/1998	Indonésia	Kalimantan Complex	Humana (intencional)	9700
1998	Brasil	Roraima Fire	Humana (intencional)	11
2003	Estados Unidos	Cedar Fire	Humana (negligência)	10
2007	Grécia	Paleochori- Sekoulas Fire	Humana (negligência)	40
2008	Botswana	Ghanzi Fire	Possivelmente humana	3600
2009	Austrália	Black Saturday Fire	Possível falha elétrica	430
2010	Rússia	Central Russia Complex	Desconhecida	68
2010	Israel	Mt. Carmel	Humana (negligência)	3

FONTE: Williams *et al.* (2013), modificado pelo autor

Segundo a FAO (2007), estudos mais recentes feitos pela instituição de pesquisa “Joint Research Centre of the European Commission”, em 2000, derivados dos sensores do satélite SPOT-VEGETATION, apontam o continente africano é o mais afetado por incêndios florestais, estimando-se que aproximadamente 2,3 milhões de km<sup>2</sup> (7,7%) do continente foram queimados no ano 2000. Este valor perfaz aproximadamente 64% dos 3,5 milhões de km<sup>2</sup> que foram queimados em todo o mundo. A África também teve o maior número de ocorrência de incêndios (aproximadamente 54%). Os incêndios no ano de 2000 foram mais extensivos na

parte leste da África (873.840 km<sup>2</sup>, aproximadamente 15% da área total), seguidos pela África central (539.225 km<sup>2</sup>, equivalentes a 13,5%) e por último o sul da África (com aproximadamente 677.123 km<sup>2</sup> equivante a 11,5%). Em 2004 o sensor MODIS, instrumento a bordo do satélite Terra e Aqua, detectou um equivalente de 7,8% de área queimada do continente africano, a mesma porcentagem reportada no ano de 2000.

Em Moçambique estima-se que anualmente os incêndios florestais destroem em média 30 milhões de hectares, apresentando forte tendência de aumento nos últimos anos. Normalmente, mais de 80% dos incêndios ocorrem na época seca, que corresponde aos meses de junho a setembro. Somente no ano 2006, foram observados em todo o país 80.930 focos de calor. As regiões centro e norte foram as mais afetadas, não somente em termos de área queimada, mas também em número de focos de calor detectados (MICOA, 2007). Na Tabela 2 estão ilustrados valores de área queimada entre os meses de agosto a outubro do ano 1990 em Moçambique. Pode-se observar que as regiões norte (que inclui a província do Niassa) e central são as mais propensas aos incêndios florestais.

TABELA 2 – ÁREA QUEIMADA EM MOÇAMBIQUE DE AGOSTO A OUTUBRO DE 1990

REGIÕES	SUPERFÍCIE (1000 ha)	ÁREA QUEIMADA	
		(1000 ha)	(%)
Norte e centro	34400	25318	73
Sul	24800	5406	22
Zona costeira	20800	957	5
TOTAL	80000	31682	100

FONTE: MICOA (2007), modificado pelo autor

Os fatores que contribuem para maior ocorrência de incêndios nas zonas centro e norte, estão associados com a predominância dos ecossistemas de savanas (Mopane e Miombo) que são ecossistemas propensos a ocorrência de incêndios florestais. Paralelamente a esse fato, está a ocorrência de períodos secos longos (junho a novembro), enquanto que zona sul a precipitação encontra-se distribuída quase que de uma forma uniforme durante os meses do ano (INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, (INDE, 2009))

Na Figura 1 estão representados os focos de calor observados nos meses de junho a setembro de 2006, nas três principais regiões do país (centro, norte, sul) e as respectivas províncias.

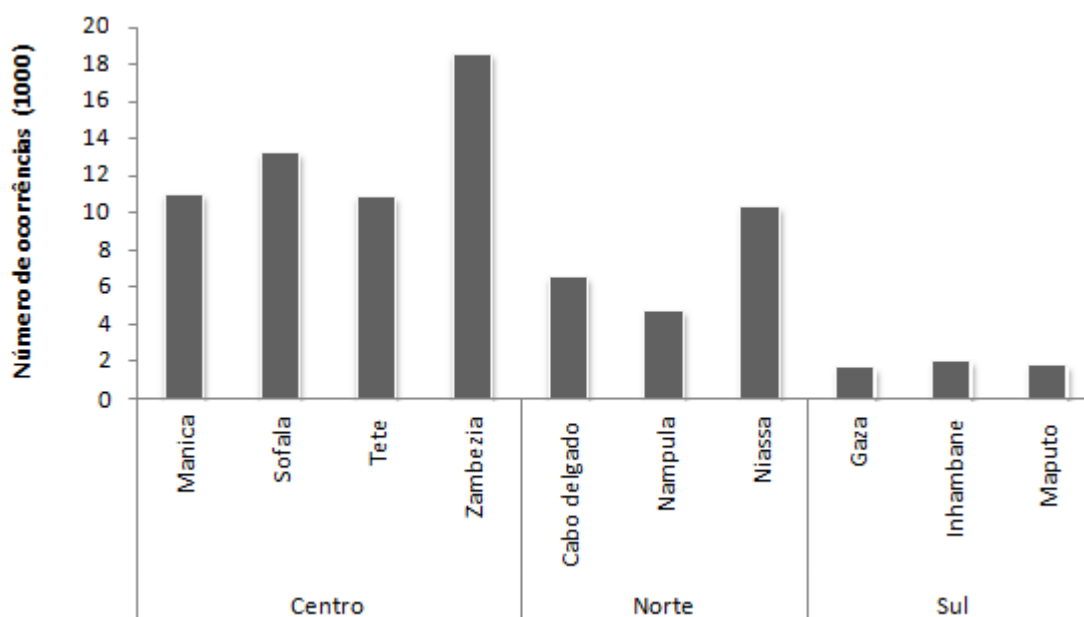


FIGURA 1 – FOCOS DE CALOR NOS MESES DE JUNHO A SETEMBRO DO ANO 2006  
 FONTE: MICOA (2007), modificado pelo autor

Observa-se que, no geral, as zonas centro e norte foram as que registraram mais focos de calor no ano 2006, sendo as províncias da Zambézia no centro e do Niassa no norte as mais afetadas. Os totais de focos registrados foram 53.690, 21.604 e 5.600, para o centro, norte e sul, respectivamente.

### 2.3 CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

As causas que concorrem para a ocorrência dos incêndios florestais podem ser naturais ou antrópicas (MORAIS, 2011). Em todo o mundo, o homem é apontado como o principal causador dos incêndios florestais (MOREIRA; REGO; FERREIRA, 2001; FAO, 2007; HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007; MICOA, 2007; MORAIS, 2011; FAO, 2012). Mesmo para a maior parte das causas, consideradas como desconhecidas, acredita-se que o homem esteja envolvido (FAO, 2007).

Existem causas que estão relacionadas diretamente com a ignição do material combustível e aquelas que indiretamente podem impactar não somente no surgimento do incêndio, mas também na sua severidade, frequência e extensão.

Dentre as causas indiretas, o crescimento populacional, que tem como consequência maior pressão no uso e aproveitamento de terra, tem sido destacada como uma das principais (FAO, 2007, 2008, 2012). Estima-se que nos últimos 5000 anos, aproximadamente 1,8 bilhões de hectares de cobertura florestal tenham se perdido em todo mundo, numa taxa de desmatamento médio anual de 360.000 ha. A procura e produção de suprimento alimentar, bem como a necessidade de combustíveis para satisfazer a população crescente, é apontada como uma das causas, fazendo com que a taxa de desmatamento tenha se elevado para os níveis alarmantes de 5,2 milhões de hectares nos últimos 10 anos (FAO, 2012). Na Figura 2 está representada a relação entre o crescimento populacional e o desflorestamento nos últimos 210 anos (1800 – 2010).

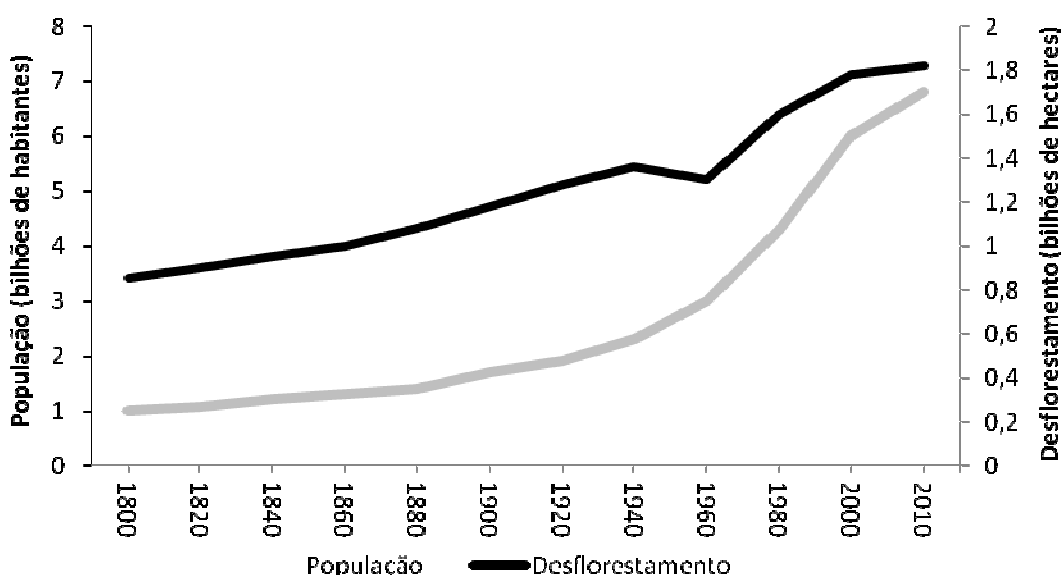


FIGURA 2 – CRESCIMENTO MUNDIAL DA POPULAÇÃO E O DESFLORESTAMENTO NOS ÚLTIMOS 210 ANOS (1800 – 2010)  
 FONTE: FAO (2012), adaptado pelo autor

Embora na maioria dos países em vias de desenvolvimento, o crescimento populacional esteja acompanhado pelo aumento dos níveis de pobreza, que culmina com a pressão sobre os recursos naturais, o continente africano é considerado um dos casos extremos de pobreza associada a forte dependência dos recursos naturais. Na África o fogo é frequentemente utilizado como um componente chave para o manejo dos recursos naturais (abertura de terras para agricultura, estimulação da componente herbácea para pastagens, caça, etc), o que tem

resultando em elevado número de queimadas descontroladas e conseqüentemente impactos no ambiente (FAO, 2008).

Em Moçambique, por exemplo, a área florestal e de outras formações lenhosas cobrem 70% do país (65,3 milhões de hectares) (MARZOLI, 2007). Aliado a isso, 71% da população vive nas zonas rurais e 93% dependem direta ou indiretamente dos recursos naturais (RIBEIRO, 2001), o que causa uma extrema dependência em relação aos recursos naturais.

Os efeitos cumulativos do aquecimento global, associados a eventos climáticos extremos e a vulnerabilidade das paisagens propensas ao fogo têm sido apontadas como a principal causa de ocorrência dos incêndios florestais de grandes proporções, provocando perdas irrecuperáveis (FAO, 2007, 2008, 2012). O baixo nível de escolaridade é outra das principais causas que concorrem para a ocorrência dos incêndios florestais, especialmente na África (HUMAN DEVELOPMENT REPORT (HDR, 2013)).

Dependendo da região (nível de desenvolvimento, cultura, hábitos e costumes), as causas que concorrem diretamente para ocorrência dos incêndios florestais variam largamente. Para compatibilizar e partilhar informações de diversas regiões, bem como permitir sua comparação, a FAO recomenda o agrupamento das causas em oito categorias ou grupos, quais sejam: raios, incendiários, queimas para limpeza, fumantes, estradas de ferro, operações florestais, fogos de recreação e diversos (SOARES; BATISTA, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Segundo a FAO (2007), as principais causas que concorrem para a ocorrência dos incêndios no continente africano são a limpeza de terra para agricultura (agricultura de corte e queima), negligência, caça, coleta de mel, fogueiras abandonadas por campistas, descuidos na queima prescrita, incendiários (normalmente devido a conflitos de uso e aproveitamento da terra). Hough (1992), adiciona a queima para estimular determinados produtos florestais e afugentar animais selvagens em algumas vilas. Em Moçambique, as principais causas dos incêndios florestais estão associadas ao uso do fogo nas zonas rurais para os seguintes fins: redução do material combustível, caça, agricultura itinerante (SERRA JR; CHICUE, 2005; MICOA, 2007), abertura de caminhos para facilitar a circulação das pessoas, visibilidade na mata, coleta de mel, produção de carvão, renovação das áreas de pastagem, controle de espécies vegetais indesejáveis e controle de pragas e doenças (MICOA, 2007).

## 2.4 IMPACTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Atualmente, existe uma forte tendência dos incêndios florestais serem observados numa perspectiva de agentes causadores de desgrças ao ambiente e ao homem em geral. Estudos mostram que a maioria dos ecossistemas evoluíram graças aos incêndios florestais e, muitos deles, tais como as florestas decíduas secas e as savanas, continuam até hoje sendo considerados como ecossistemas dependentes do fogo (MUELLER-DOMBOIS; GOLDAMMER, 1990). Porém, o uso indiscriminado do fogo por populações carentes, aliado à inexistência ou fraca aplicação de penalidades em muitos países, fez com que os efeitos negativos do fogo superassem os positivos e o fogo passasse a ser visto como um inimigo da humanidade moderna. Morais (2011) adverte que o uso indiscriminado do fogo nos últimos anos vem não somente provocando danos ao ambiente e à qualidade de vida, mas também pode comprometer a sustentabilidade das futuras gerações.

### 2.4.1 Impactos no ambiente

Entender os mecanismos que ditaram o regime dos incêndios florestais no passado é bastante crucial no contexto das mudanças climáticas, como base para predição das futuras alterações (ZUMBRUNNEN *et al.*, 2011). Os incêndios florestais tornaram-se mais frequentes e intensos em todo o mundo nas últimas décadas. Os impactos profundos que os incêndios florestais causam na composição química da atmosfera, no ciclo biogeoquímico e na estrutura dos ecossistemas, aumentou a necessidade do homem conhecer melhor o comportamento do fogo (SIBINDA, 2011).

A queima da biomassa é um fenômeno global que afeta a maioria dos ecossistemas florestais em todo mundo e pode ser devido a causas naturais ou antrópicas (CARMONA-MORENO *et al.*, 2005). Essas causas provocam grandes incêndios que são considerados parte dos agentes principais que tem provocado a rápida mudança nos ecossistemas. Não obstante, a queima prescrita seja bastante usada para fins benéficos, os incêndios florestais possuem efeitos diretos e indiretos

considerados adversos, tanto para saúde e propriedades humanas, como para o ambiente (degradação e desestabilização dos solos e desertificação) e para os recursos hídricos (poluição de águas e esgotamento da umidade dos solos), podendo também alterar a circulação do ar, formação e dissipação de nuvens, afetando também o albedo da zona atingida (ICHOKU; KAHN; CHIN, 2012).

A liberação de carbono para a atmosfera, devido o corte e queima das florestas, tem recebido uma grande atenção nos últimos anos, por causa dos impactos negativos provocados à atmosfera e ao ambiente em geral (ADENEY, CHRISTENSEN JR; PIMM, 2009). Uma das grandes consequências dos incêndios florestais é a emissão de vários gases e partículas sólidas, que contribuem para a poluição da atmosfera em nível local, regional e global (SIBANDA, 2011). Estima-se que em todo mundo, os incêndios florestais consomem anualmente 5.130 milhões de toneladas de biomassa, sendo 41% somente na África. Essa queima libera aproximadamente 3.431 milhões de toneladas de carbono para atmosfera, bem como quantidades significantivas de outras emissões. Felizmente, apenas uma fração de carbono permanece na atmosfera, porque o ciclo natural dos ecossistemas adaptados ao fogo requer a fixação do carbono da atmosfera para o crescimento das plantas (FAO, 2007).

Quando o fogo é utilizado na agricultura itinerante, as espécies herbáceas facilmente se tornam dominantes, e como a maioria possui ciclo anual, isto faz com que na época seca haja grande disponibilidade de combustível e o ecossistema se torne propenso aos incêndios. A recuperação do ecossistema dependerá da disponibilidade de espécies perenes, arbóreas e de rápido crescimento. Mas isso depende também de quão o ecossistema fica propenso ao fogo. Se o fogo retornar, ele pode matar facilmente as plantas jovens estimulando o rejuvenescimento das gramíneas. Dessa forma, a savanização das florestas tropicais úmidas seria inevitável (MUELLER-DOMBOIS; GOLDAMMER, 1990). Para Pekin *et al.* (2011), a frequência de incêndios florestais reduz a abundância das espécies lenhosas, favorecendo as herbáceas. A riqueza de espécies também tende a aumentar com a diminuição das quantidades de biomassa e da cobertura florestal devido à redução da competição pela luz.

A ciclagem de nutrientes minerais é considerada um aspecto de enorme relevância quando se estuda os efeitos do fogo. A queima da vegetação superficial tem sido bastante condenada, não somente por causa dos seus efeitos destrutivos,



mas também devido os efeitos indesejáveis nas características do solo, especialmente nas propriedades químicas (COUTINHO, 1990). Carbono orgânico, nitrogênio e enxofre possuem baixa temperatura de volatilização (200 – 300 °C) durante a ocorrência dos incêndios, significando perdas consideráveis de nutrientes no solo. Cátions metálicos (cálcio, magnésio, potássio e sódio) volatilizam a temperaturas elevadas (740 – 1240 °C) e conseqüentemente permanecem no local na forma de cinzas, podendo ser perdidos por lixiviação, erosão eólica ou hídrica. O fósforo volatiliza em temperaturas entre 550 – 750 °C ou pode ser perdido em sais solúveis de fosfato (ALAUZIS *et al.*, 2003).

A capacidade de sobrevivência de organismos individuais em incêndios depende da sua história evolutiva, características anatômicas, fisiológicas e comportamentais. A mudança de uma população ou comunidade reagindo a um incêndio florestal dependerá das características individuais dos organismos. A resposta dos animais em relação ao fogo é bastante variável. As plantas e animais que experimentam uma elevada mortalidade em um incêndio podem sobreviver em outro, não somente devido a diferença entre os organismos, mas porque os incêndios são sempre diferentes. Variação da velocidade de propagação, intensidade do fogo e continuidade da chama produzem reações diferentes nos organismos. Para animais que se locomovem, a velocidade e a uniformidade da frente da chama influenciam na probabilidade de fuga, sendo que frentes que se movem rapidamente, de forma uniforme e contínua, causam maior mortalidade (WHELAN, 1998).

Segundo (FAO, 2007), em algumas regiões cita-se a perda de vidas humanas, tanto na população civil, como no corpo dos bombeiros. Provavelmente o caso mais catastrófico tenha ocorrido em 1963 no Brasil (Estado de Paraná), onde houve perda elevada de 110 vidas humanas. Em várias regiões do mundo descrevem-se os efeitos de alguns poluentes na saúde do homem e outros animais.

### 2.4.2 Incêndios em cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus*

O *Pinus sp* é uma espécie pioneira que coloniza facilmente terras marginais (solos pobres em nutrientes) e áreas abandonadas. Além de isso, é uma espécie fortemente adaptada e favorecida pela ocorrência de incêndios. Sua elevada inflamabilidade, bem como vários outros traços de adaptabilidade ao fogo, caracterizam muitos ecossistemas de pinus como “clímax do fogo” (GOLDAMMER; PEÑAFIEL, 1990).

De acordo com os mesmos autores, na Ásia tropical e sub-tropical muitos ecossistemas de pinus estão sob forte pressão humana devido à agricultura de subsistência (corte e queima), que se estende para zonas de elevadas altitudes com inclinações bastante acentuadas. A excessiva procura de combustíveis lenhosos e a queima para estimular o pasto, aumentaram a frequência de incêndios florestais. E como consequência, em nenhum outro ecossistema, além dos de pinus, ficou bastante ambíguo o reconhecimento da importância dos incêndios para a sua manutenção.

Choi, Chang e Park (2006) observaram um aumento substancial na emissão de dióxido de carbono, em escala nacional, na Coreia nos últimos 40 anos, consequência do aumento dos incêndios florestais, devido o elevado aumento do número de povoamentos plantados nas últimas décadas. O dióxido de carbono, emitido diretamente para a atmosfera no ano 2000, variou entre 115 a 300 Gg de C, correspondendo 1 a 3% do total de carbono fixado pelas florestas. Os autores concluíram que, a influência dos incêndios florestais no ciclo de carbono não foi significativo, mas que as plantações coreanas possuem um grande potencial para gerarem incêndios florestais de grandes magnitudes devido a expansão dos ecossistemas plantados.

## 2.5 MANEJO DO FOGO E MEDIDAS DE PREVENÇÃO

A prevenção dos incêndios florestais tem por objetivo reduzir a ocorrência dos incêndios que têm causas de natureza humana e impedir ou dificultar a

propagação daqueles incêndios que não foram possíveis de evitar (SOARES, BATISTA; NUNES, 2008). Neumann (1996) aponta que, um dos sérios problemas que o corpo técnico das empresas florestais vem enfrentando ainda hoje estão relacionados com as medidas de prevenção, pressupressão e supressão que devem ser tomadas contra os incêndios florestais. O processo começa desde o convencimento do empresário, particularmente aquele que acha que isso só acontece com empresas de terceiros até a montagem final das estruturas físicas e financeiras de proteção tais como: construção e manutenção de aceiros, torres de vigilância, veículos, equipamentos de comunicação, construção de barragens, coordenadores, equipes de combate e outras medidas.

O manejo adequado das áreas florestais depende de duas premissas básicas: profundo conhecimento do que está sendo manejado e estabelecimento dos objetivos a serem alcançados. Se essas premissas não forem claramente definidas, o risco de cometer erros no manejo é enorme. Por exemplo, no manejo de áreas de pastagem e conservação biológica é necessário, em primeiro lugar, investir no conhecimento profundo da área em questão e delimitar os objetivos desejados. Incêndios acidentais ou criminosos são perniciosos e inevitáveis, por não dependerem das premissas acima expostas, mas podem ser afetados por alterações indesejáveis provocadas no ecossistema (COUTINHO, 1990).

Toda a ação que é levada a cabo em cultivos florestais, modifica as propriedades dos combustíveis florestais. As intervenções silviculturais por exemplo, alteram dramaticamente não somente as propriedades dos combustíveis florestais, mas também os parâmetros do povoamento, que desempenham um papel preponderante no comportamento do fogo. Reduzir as quantidades dos combustíveis é bastante dispendioso. Muitos estudos mostram que existe um certo tipo de disposição dos combustíveis que desfavorece a ocorrência dos incêndios (KÜÇÜK *et al.*, 2007). O recurso da silvicultura preventiva, ciência que objetiva modificar a estrutura da massa florestal para evitar a propagação do fogo, tem sido uma prática bastante usada em empresas florestais (SOARES, 2002).

O uso da silvicultura preventiva mostra ser um instrumento eficiente e indispensável nas empresas florestais, devido ao fato dos povoamentos homogêneos serem potencialmente mais propensos a ocorrência dos incêndios (SOARES, 1994; 2002). De uma forma geral, os objetivos da silvicultura preventiva podem ser alcançados por meio da diversificação da massa florestal, quebra da

continuidade linear dos combustíveis no perímetro da massa e ao longo das estradas, divisores e cursos de água, assim como conservando ou favorecendo a alternância das espécies. As principais atividades em silvicultura preventiva para a mudança da estrutura, redução ou eliminação parcial dos combustíveis, consistem na queima controlada, aplicação de herbicidas, construção de aceiros, desbaste e poda com a posterior remoção, compactação ou fragmentação dos resíduos e diversificação da massa florestal (SOARES, 2002). Outras medidas preventivas bastante importantes, e que podem ser aplicadas juntamente com a silvicultura preventiva, são a aplicação da legislação e os programas de educação comunitária (SOARES, 2002; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008; MORGERA; CIRELLI, 2009). A legislação garante adicionalmente a continuidade do uso do fogo, assegurando que ele seja aplicado de forma responsável no manejo dos ecossistemas florestais, providenciando bases para a cooperação entre as várias entidades e pessoas envolvidas (MORGERA; CIRELLI, 2009).

O fogo, como ferramenta de proteção florestal, pode ser usado na construção e manutenção de aceiros, queima de material amontoado em pilhas ou leiras e na redução do material combustível, tanto no interior das florestas como em áreas limítrofes. Porém, o uso do fogo como ferramenta de manejo só se justifica após a confirmação de que esta seja a forma mais segura, barata, eficiente e prática se comparado com os outros tratamentos. O material combustível deve merecer uma atenção especial por parte do técnico florestal, principalmente porque ele é o único dos componentes do triângulo do fogo que pode ser manejado ou controlado (SOARES; BATISTA, 2007).

### **2.5.1 O uso dos índices de perigo de incêndios**

Índices de perigo de incêndios são indicadores importantes das condições para queima, porque ajudam a prever o comportamento esperado do fogo e as condições dos combustíveis florestais para cada dia, bem como as condições dos combustíveis florestais (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007). Eles são ferramentas que auxiliam no planejamento e supervisão das atividades de controle de incêndios florestais (SOARES, 1998). O cálculo diário dos índices de perigo de

incêndios é um instrumento importante tanto para a prevenção, assim como para a tomada de medidas visando aumentar a eficiência do combate aos incêndios florestais (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008). Normalmente os índices de perigo de incêndios são calculados com base na medição de algumas variáveis meteorológicas, como umidade relativa, velocidade do vento, precipitação e temperatura (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

O conhecimento do índice de perigo é fundamental dentro de um plano de prevenção e combate a incêndios florestais, por possibilitar a adoção de medidas preventivas em bases mais técnicas e econômicas. O planejamento do setor de prevenção e combate aos incêndios deve ser diariamente ajustado às mudanças do grau de perigo, a fim de cumprir com os objetivos de controle dos incêndios dentro de limites razoáveis de custos. Isto porque no controle de incêndios, a concentração de muitos recursos torna-se cara e a racionalização excessiva dos mesmos pode acarretar altos prejuízos (SOARES; BATISTA, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Segundo Soares e Batista (2007), os índices de perigo de incêndios mais difundidos, principalmente no Brasil, são os índices de Angstron (B), Nesterov (G), a Fórmula de Monte Alegre (FMA) e a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>). Existem vários fatores que influenciam a eficiência dos índices, sendo os mais importantes os fatores relacionados ao clima, tipo e arranjo dos combustíveis, e a probabilidade que ocorra uma ignição. Valores altos de índices de perigo de incêndios significam que os combustíveis florestais estão secos e conseqüentemente com alto nível de inflamabilidade, enquanto que valores baixos, indicam que os combustíveis florestais estão pouco inflamáveis e com elevado teor de umidade (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

Para facilitar a interpretação do grau de perigo e ajudar no planejamento das operações de prevenção e combate (alocação dos recursos materiais e humanos), os valores de índices de perigo de incêndios podem ser divididos em classes de perigo de incêndios, como: nulo, pequeno, médio, alto e muito alto (SOARES; BATISTA, 2007; HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Tetto (2012) cita exemplo de vários índices de perigo de incêndios e realça o fato da FMA ter sido o primeiro índice de perigo desenvolvido no Brasil por

Ronaldo Viana Soares, em 1972. Este índice tem mostrado um bom desempenho tanto para regiões de clima semelhante ao da região onde a FMA foi originalmente desenvolvida, bem como para outras regiões, justificando-se em alguns casos apenas o ajuste das classes de perigo.

Na África, o índice mais difundido é o Nesterov, exceto em Moçambique onde também usa-se com pouca frequência o FMA. No norte de Moçambique é comum o uso de previsão meteorológica como forma de anúncio do grau de perigo de incêndio e planejamento das operações de prevenção e combate aos incêndios florestais. Embora exista uma correlação entre as variáveis climáticas e o grau de perigo de incêndios, Soares e Batista (2007); Heikkilä, Grönqvist e Jurvélius (2007); Soares, Batista e Nunes (2008) e Tetto (2012) deixaram claro que essa relação não é assim tão evidente ao ponto de ser usada na forma bruta. O desenvolvimento do índice de perigo de incêndio e a adequação para uma determinada área é a forma mais correta de fazer a predição da ocorrência de incêndios.

O fraco aproveitamento desta ferramenta, preciosa para planejamento das operações de prevenção e combate aos incêndios florestais, pelas empresas de reflorestamento e outras instituições relacionadas, na província do Niassa, provavelmente esteja primeiro relacionado com o desconhecimento da sua relevância, seguido pela negligência e, por último, pela falta de pessoal com capacidade para desenvolver e implementar os índices de perigo de incêndios.

### **2.5.2 Importância das variáveis meteorológicas na prevenção e combate aos incêndios florestais**

O conhecimento e a interpretação dos fenômenos meteorológicos sempre despertaram a curiosidade humana devido a influência do tempo sobre as mais diversas atividades antrópicas. No que se refere às ciências florestais, a meteorologia está intimamente relacionada a todas as áreas de atuação, desde a coleta de sementes, produção de mudas, plantio, manejo, proteção, corte e transporte, até a parte de tecnologia da madeira onde a secagem da madeira deve ser feita em condições controladas de temperatura e umidade do ar (SOARES; BATISTA, 2004). Na área de proteção florestal por exemplo, as variáveis climáticas

desempenham um papel preponderante na ocorrência de incêndios florestais (ZUMBRUNNEN *et al.*, 2011). Os elementos do clima influenciam grandemente na ignição, propagação e no grau de dificuldade da supressão do fogo (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

A estrutura, composição, topografia e o clima influenciam grandemente o comportamento do fogo, determinando conseqüentemente a severidade do incêndio e a quantidade de carbono liberado (SIBANDA, 2011). Para minimizar as perdas em povoamentos devido aos incêndios florestais é necessário desenvolver e acionar um aparato eficiente de detecção e combate aos incêndios florestais. A classificação do nível de perigo de incêndios e a previsão do potencial comportamento do fogo, são indicadores normalmente usados para definir o nível de preparação requerido e a quantidade de recursos a alocar (FERNANDES; RIGOLOT, 2007).

A quantidade de umidade contida no material combustível é uma das condições mais importantes que contribui para combustão da biomassa. A variação da umidade do material combustível é altamente influenciada pelas estações do ano (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007). A vegetação e o material combustível absorvem umidade durante o período chuvoso, ocorrendo a sua perda na época seca. Por isto, é necessário um acompanhamento contínuo e análise minuciosa das variáveis climáticas, para uma gestão mais eficiente e econômica das atividades de prevenção, controle e combate aos incêndios florestais (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007; SOARES; BATISTA, 2007).

O clima está relacionado aos incêndios florestais de duas formas: determina a duração e severidade do incêndio, uma vez que a vegetação depende largamente das condições climáticas, além de determinar a quantidade e qualidade de combustíveis disponíveis. O clima normalmente se expressa como sendo a média de variação dos elementos climáticos e os seus desvios extremos. Esta informação é importante quando se necessita de uma panorâmica do que se deve esperar do clima. Para organização das atividades de combate aos incêndios florestais e alocação de recursos em empresas florestais são necessários dados sobre temperatura, precipitação, umidade do início e do final da época seca. Com estas informações, pode-se prever com exatidão o comportamento da época de incêndios de uma determinada região (HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os três distritos onde o estudo foi conduzido foram: Lago, Lichinga e Sanga. Localizam-se na Província do Niassa, norte de Moçambique e ocupam uma extensão de 6.438 Km<sup>2</sup>, 5.342 Km<sup>2</sup> e 13.469 Km<sup>2</sup> respectivamente (MAE, 2005a, 2005b, 2005c). Eles fazem parte de um extenso corredor de cultivos de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp que começaram a ser estabelecidos em 2005. A atratividade desta área para o estabelecimento massivo de povoamentos com espécies exóticas de rápido crescimento, especialmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, justifica-se pela forte adaptabilidade dessas espécies devido a compatibilidade das condições edafoclimáticas com as das zonas de origem dessas espécies. Até o ano 2011, a empresa Chikweti Forest of Niassa havia plantado 13.932,46 ha de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp em diferentes áreas improdutivas para culturas agrícolas, providenciadas pelas comunidades locais nos distritos de Lago, Lichinga e Sanga. Na Tabela 3 estão representados os nomes dos plantios, as espécies e as áreas plantadas por distrito até ao ano 2011. Na Figura 3 está representado o mapa da localização geográfica da área de estudo.

TABELA 3 – ÁREAS E ESPÉCIES PLANTADAS PELA EMPRESA CHIKWET DE 2005 ATÉ 2011

DISTRITO	NOMES DAS PLANTAÇÕES	ESPÉCIES	ÁREA (ha)
LICHINGA	100 ha, 500 ha, 1000 ha, Camalise, Chimbonila 1, Chimbonila 2, Chimbonila 3, Chikweti Village, Choule, Lione, Lulemile, Lipapa, Luambala, Lumbe, Mapalilo, Micoco e Naycuanha.	<i>E. grandis</i> , <i>P. elliotii</i> , <i>P. maximinoi</i> , <i>P. patula</i> , <i>P. oocarpa</i> e <i>P. tecunumanii</i>	6.851,18
LAGO	Bandeze, Chiulica, Djalasse, Liconhile, Maniamba, Mazogo, Mecucue e Nkapi.	<i>E. grandis</i> , <i>P. elliotii</i> , <i>P. maximinoi</i> , <i>P. patula</i> e <i>P. oocarpa</i>	5.027,81
SANGA	Cazizi, Djawala, Chitula-Matenda, Lipende, Licole, Mapudje e Micaela.	<i>P. patula</i> , <i>P. maximinoi</i> , <i>P. tecunumanii</i> e <i>P. oocarpa</i>	1.513,47
TOTAL			13.392,46

FONTE: Departamento de Planificação da Empresa Chikwet (2012)



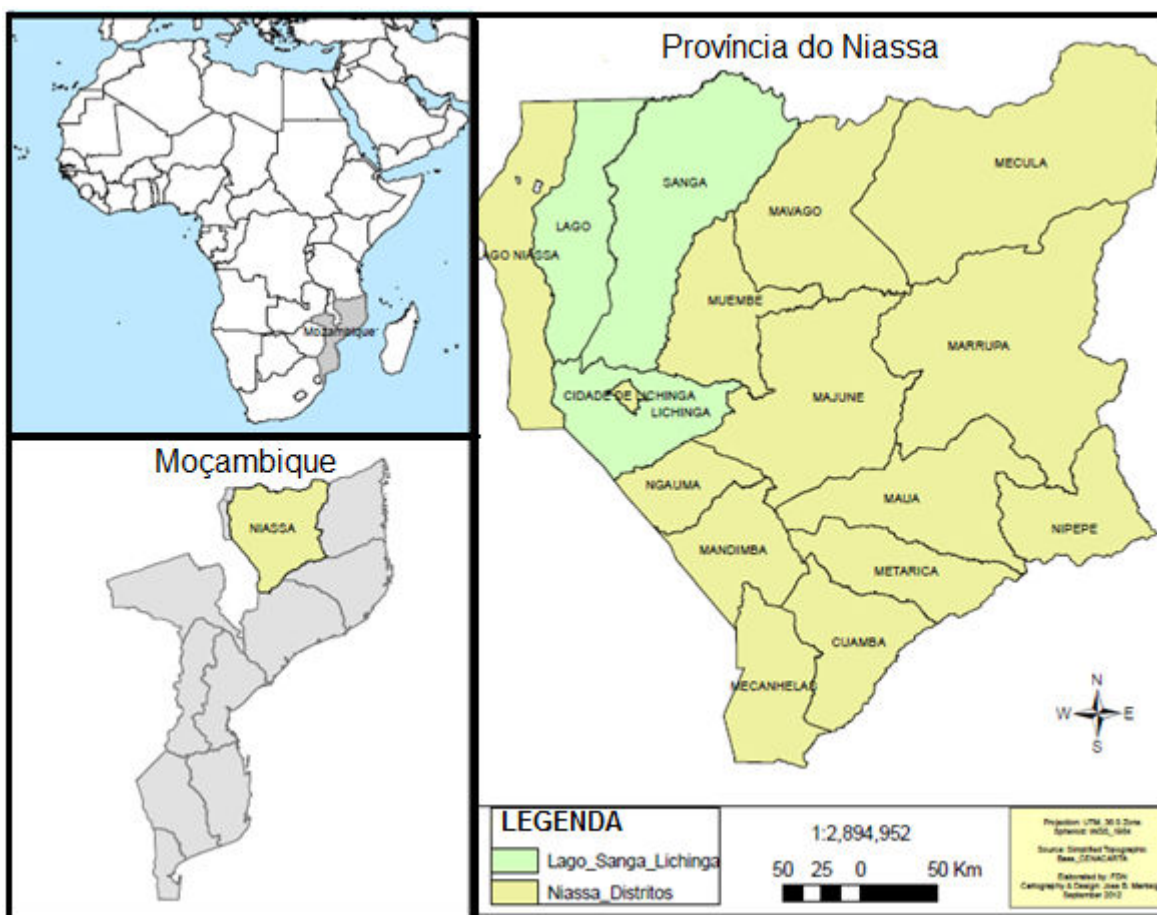


FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO  
 FONTE: O autor (2013)

A maioria dos platios foram implantadas em áreas marginais, onde as comunidades locais praticavam agricultura de subsistência e as abandonaram devido ao baixo nível de produtividade. A composição florestal original predominante nessas zonas, antes da implantação dos projetos e que ainda pode ser encontrada em zonas adjacentes ou em ecossistemas intactos, é conhecida por Miombo. Segundo Frost (1996), o Miombo é a formação florestal mais predominante no continente africano, cobre aproximadamente 2,7 milhões de km<sup>2</sup> e se localiza na zona tropical. Caracteriza-se por possuir um clima seco com precipitação média anual abaixo dos 700 mm, encontrado predominantemente em zonas com solos pobres em nutrientes e mal drenados. O Miombo se distingue de outras formações florestais e das savanas africanas pela predominância de três espécies da família Fabaceae, sub-família Caesalpinoideae, particularmente dos gêneros *Brachystegia*, *Julbernardia* e *Isoberlinia* (FROST, 1996; RIBEIRO *et al.*, 2008).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é temperado úmido (Cwb), com duas estações bem distintas (verões temperados e chuvosos e invernos secos e frios). Possui precipitação média anual variando entre 1000 e 1500 mm e a temperatura média anual oscila entre os 20 e 23 °C (MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE), 2005a; INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (INDE), 2009). Na Figura 04 está representado o climograma da região feito a partir das observações meteorológicas (temperatura, precipitação e umidade relativa) da região, durante um período de 15 anos (1998 a 2012).

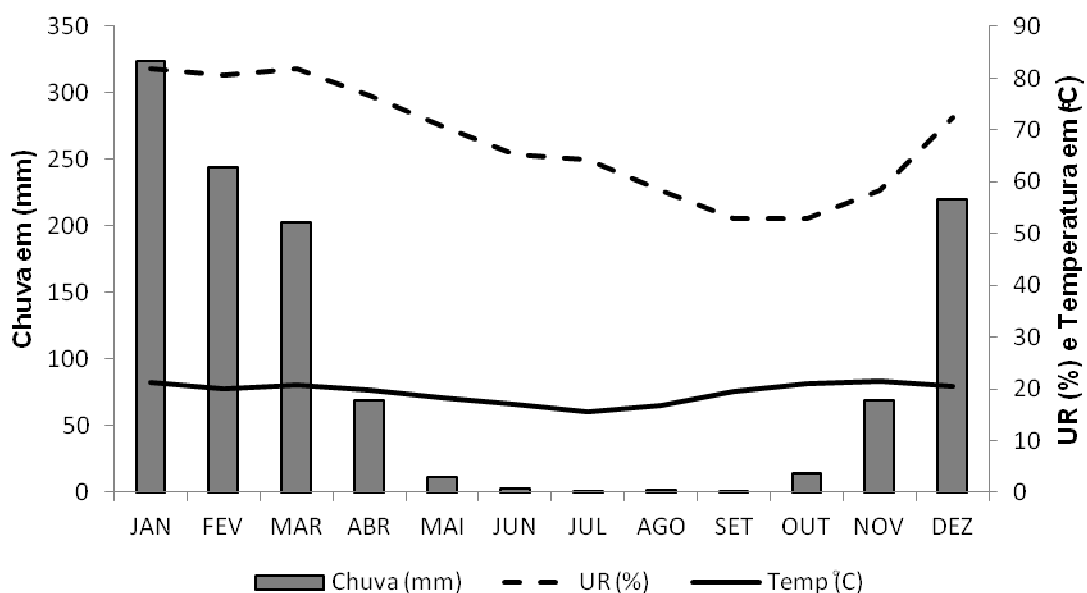


FIGURA – 4 COMPORTAMENTO ANUAL DO CLIMA NA REGIÃO DE ESTUDO  
 FONTE: O autor (2013)

Existe uma ligeira variação do clima entre os três distritos. Na Tabela 4 está apresentada, de forma mais detalhada, a localização geográfica e outras características dos três distritos onde o estudo foi realizado.

TABELA 4 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICAS EDÁFO-CLIMÁTICAS DAS TRÊS REGIÕES ONDE O ESTUDO FOI REALIZADO

	DISTRITOS		
	LICHINGA	LAGO	SANGA
LOCALIZAÇÃO	Com uma extensão superficial de aproximadamente 5.342 km <sup>2</sup> , localiza-se na parte oriental da província do Niassa confinando-se ao norte com os distritos de Sanga, Lago e Muebe e limitando-se ao sul com distrito de Nguauama.	Localiza-se na parte norte da província do Niassa e possui uma extensão superficial de aproximadamente 6.438 km <sup>2</sup> , fazendo fronteira com a República da Tanzânia ao norte, distrito de Lichinga ao sul, distrito de Sanga ao leste e o distrito do lago à oeste.	Localiza-se ao norte da província do Niassa e possui uma extensão de aproximadamente 13.469 km <sup>2</sup> . Limita-se ao norte com a República da Tanzânia, sul com o distrito de Lichinga e a leste com os distritos de Muebe e Mavago.
COORDENADAS E ALTITUDE	Possue Lat 13° 23' 48" S e Long 35° 13' 43" E e a altitude varia entre 1000 a 1300 m acima do nível do mar.	Possue Lat 12° 41' 55" S e Long 34° 54' 16" E e a altitude varia entre 550 a 1200 m acima do nível do mar.	Possue Lat 13° 01' 05" S e Long 35° 18' 37" E e a altitude varia entre 900 e 1200 m acima do nível do mar.
CLIMA	O clima da região é temperado úmido com duas estações do ano bem distintas: verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios. A temperatura média anual é de 21 °C e a precipitação média anual é de 1200 mm.	O clima da região é temperado úmido, com verões úmidos e chuvosos e invernos secos e frios. A temperatura média anual é de 23 °C e a precipitação média anual é de 1200 mm.	O clima da região é temperado úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios. A precipitação média anual é de 1350 mm e a temperatura média anual varia de 20 a 23 °C.

FONTE: MAE (2005a, 2005b, 2005c), adaptado pelo autor.

### 3.1.1 População e atividades econômicas

Segundo o último recenseamento realizado em 2005, o distrito de Lichinga era considerado o mais populoso, com 62.802 habitantes e uma densidade populacional de 15,9 habitantes por km<sup>2</sup> (MAE, 2005a), seguido pelo distrito de Lago, com 55.892 habitantes e 11,5 habitantes por km<sup>2</sup> (MAE, 2005b) e por último o distrito de Sanga, com 44.225 habitantes e uma densidade populacional de 4,5 habitantes por km<sup>2</sup> (MAE, 2005c). A agricultura é a atividade econômica dominante em todos os distritos, embora seja de subsistência, com recurso a corte e queima e com baixo produtividade (MAE, 2005a, 2005b e 2005c). Segundo Landry e Chirwa (2011), a agricultura é praticada em pequenas parcelas de aproximadamente 2,5 ha, chamadas de "machambas". Cada agregado familiar possui mais que uma machamba e, normalmente, de culturas diferentes. As principais culturas cultivadas são milho, amendoim, feijão e batata.

Em todos os distritos há a produção e comercialização de lenha, carvão e de outros produtos florestais, que contribuem para a subsistência e a melhoria de

vida das comunidades locais (MAE, 2005a, 2005b e 2005c). No distrito de Lago, devido a potencialidade do lago Niassa, a pesca e o turismo são outras grandes atividades econômicas que contribuem com a renda dos agregados familiares (MAE, 2005b). Em todos os distritos a empresa plantou 13.932,46 ha de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp em terras improdutivas, providenciadas pelas comunidades locais, contribuindo para a criação de novas fontes de renda, devido a criação de novos postos de emprego.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Em março de 2010 a empresa Chikweti Forest of Niassa criou um Centro de Controle e Monitoramento de Incêndios Florestais (CCMIF), onde se faz o acompanhamento das ocorrências dos incêndios, via rádio, desde a ignição, detecção, deslocamento das equipes, combate, até o momento de avaliação dos danos após o fogo, durante 24 horas do dia e em todos os dias da semana. Todos os dados de ocorrência são registrados, inclusive dados adicionais de avaliação após a ocorrência, reportados pelos gestores das plantações.

Os dados registrados incluem o tempo gasto para a detecção, deslocamento e combate, equipamento usado pela equipe de combate e efetivo envolvido no combate. A área queimada é determinada no dia seguinte, após medições feitas com auxílio de um GPS.

O agrupamento das causas de ocorrência dos incêndios foi feita sem levar em consideração a legislação moçambicana sobre florestas e fauna bravia<sup>1</sup>, por esta considerar o fogo posto de forma voluntária como sendo uma conduta criminosa (SERRA JR; CHICUE, 2005). Desta forma, optou-se por reagrupar as causas em função das classes de causas de incêndio para o continente africano (FAO, 2007; HEIKKILÄ; GRÖNQVIST; JURVÉLIUS, 2007).

Foram consideradas as seguintes causas:

---

<sup>1</sup> No Brasil o termo bravia é comumente chamado silvestre.

- a) incendiários - incêndios provocados intencionalmente por pessoas em propriedades alheias, seja como forma de retaliação, devido a conflitos, desentendimentos ou outro motivo. Neste caso, somente foram considerados aqueles incêndios que começaram no interior dos plantios da empresa Chikwet. Incêndios que tiveram início fora e depois, entraram para os plantios, não foram considerados, porque não se tem a certeza que estes foram postos intencionalmente para queimar os plantios da Chikwet ou quando não foi possível controlar a sua propagação ao realizar as atividades de queima;
- b) queimas para limpeza - incêndios originários do uso do fogo na limpeza do terreno para fins agrícolas ou florestais que, por negligência ou descuido, tenham escapado ao controle e atingido áreas florestais;
- c) descuido - incêndios originados das operações florestais, tais como queima prescrita para preparo do solo para plantio ou limpeza dos aceiros. A maioria desses incêndios são originados devido a falta de treinamento do pessoal;
- d) outras causas: envolveu o grupo das causas menos frequentes, tais como: incêndios devido a caça, regeneração de pastos e causas desconhecidas.

Os dados climáticos diários de temperatura (máxima e mínima), precipitação e umidade relativa, referentes ao período de janeiro de 2009 a dezembro de 2012, foram registrados às 13 horas, na estação meteorológica do Instituto de Investigação Agronômica de Moçambique (IIAM) do distrito de Lichinga, foram usados para para a realização desta pesquisa.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita usando a combinação de vários procedimentos, com auxílio de algumas ferramentas da estatística, para atender os objetivos definidos anteriormente neste estudo. O recurso aos diversos procedimentos e ferramentas, quando necessários, foram mencionados de forma detalhada a seguir.

Todas as causas que concorreram para ocorrência dos incêndios foram codificadas, para facilitar as análises dos dados. Os códigos atribuídos foram os seguintes: Incendiários (Inr), Queima para limpeza das machambas (QIm), Descuido

(Dsc) e outras causas (Otc) composta pelas seguintes causas: incêndios devido a caça (Idc), regeneração de pastagem (Inp) e causas desconhecidas (Csd).

Como forma de entender os padrões de distribuição das causas dos incêndios florestais durante o dia, foram definidos três intervalos, baseados no comportamento da radiação solar, quais sejam: período da manhã, que compreende o intervalo das 6 às 12 horas; período de tarde que compreende o intervalo das 12 às 18 horas e o período de noite que se estende das das 18 as 6 horas da manhã.

As análises estatísticas das causas que contribuíram para a ocorrência dos incêndios foram feitas no Excel 2007, com auxílio de estatísticas descritivas com recurso de tabelas e gráficos de contingência para melhor ilustrar a tendência dos dados. As causas dos incêndios foram analisadas de forma separada para os anos de 2010, 2011 e 2012. A análise da associação entre as causas que contribuíram para a ocorrência dos incêndios florestais, nos distritos em estudo e nos diferentes períodos do dia, foram feitas usando tabelas de contingência e teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ). Segundo Costa Neto (2007), o qui-quadrado faz parte de uma classe de testes não-paramétricos (testes de aderência), de relevante importância quando se pretende testar um modelo de distribuição de probabilidade das variáveis, que caracterizam uma determinada população descrita por variáveis discretas, verificando-se a boa ou má aderência dos dados da amostra ao modelo. Montgomery e Runger (2003) realçam a importância do teste qui-quadrado, ao referirem que este teste encontra uma grande aplicação quando os elementos de uma determinada população possuem duas ou mais características diferentes e se pretende testar se essas são ou não estatisticamente independentes. Quando existem duas ou mais variáveis qualitativas de interesse, a representação tabular das frequências observadas pode ser feita por meio de uma tabela de contingência. A tabela de contingência é uma forma conveniente de fazer uma relação detalhada dos dados da amostra, quando se tem duas ou mais variáveis qualitativas a considerar (COSTA NETO, 2007).

Foram definidas duas hipóteses iniciais a serem testadas por meio do teste qui-quadrado para atender o primeiro objetivo, que são elas:  $H_{01}$ : as causas que concorreram para a ocorrência dos incêndios foram as mesmas em todos os distritos;  $H_{02}$ : as causas que concorreram para a ocorrência dos incêndios não estão associadas com os diferentes períodos do dia.

Analisou-se também a porcentagem do número de dias de cada mês nos quais ocorreram os incêndios. Segundo Tetto (2012), esta variável possibilita diferenciar os meses que possuem um grande número de dias com ocorrências de incêndios e aqueles que não possuem, podendo-se determinar a estação normal de perigo de incêndios.

### **3.3.1 Influência das variáveis climáticas e das estações do ano na ocorrência dos incêndios florestais**

Para determinar a influência das variáveis climática e das estações do ano na ocorrência dos incêndios, os dados climáticos foram tratados considerando-se as duas principais épocas do ano, verão e inverno, que são determinadas pelo comportamento das variáveis meteorológicas que influenciam diretamente na disponibilidade e disposição dos combustíveis florestais e, conseqüentemente, na ocorrência dos incêndios.

O teste de normalidade, foi aplicado para avaliar a homogeneidade mensal dos dados meteorológicos, conforme o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), em sua nota técnica nº 81 (MINUZZI; VIANELLO; SEDIYAMA, 2007; MINUZZI, 2010). Para este trabalho foi usado o teste de “Bartlett, 1937”, partindo da hipótese de que os dados climáticos seguem uma distribuição normal. O agrupamento das variáveis meteorológicas foi feita em função dos meses de cada ano do período em estudo. Dois métodos foram utilizados para testar a tendência das variáveis climáticas a saber: análise de regressão e o teste de comparação de médias. O teste escolhido para a comparação das médias mensais das variáveis climáticas foi o de Tukey. Segundo Costa-Neto (2007), no caso de comparações múltiplas entre amostras de tamanhos iguais, o procedimento mais eficiente é o teste proposto por Tukey, que utiliza valores críticos da *amplitude studentizada*. Para obtenção de repetições entre os meses dos anos foi necessário um artifício que consistiu na divisão dos valores mensais em intervalos de 10 dias, o que possibilitou a obtenção de três repetições nos blocos, num Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), sendo os anos (2010 a 2012) blocos e os meses tratamentos, dessa forma foi possível obter três blocos e 12 tratamentos. O *software*

ASSISTAT 7.7 beta, foi utilizado tanto para análise de variância (ANOVA), como para testar a diferença entre as médias mensais e anuais das variáveis climáticas.

Para a análise de regressão utilizou-se a metodologia proposta por Minuzzi, Vianello e Sediya (2007), Minuzzi (2010) e Minuzzi, Caramori e Borrozino (2010), que consiste na indicação das alterações climáticas por meio da significância do coeficiente angular da variável climática em análise. O teste é feito determinando a significância do coeficiente  $b_1$ , sendo que se o valor do coeficiente for diferente de zero, a tendência é significativa. Para este estudo, o método consistiu no uso de um modelo de regressão linear simples, sendo os dias dos meses variável dependente e a variável meteorológica como independente.

As datas de início e final do período chuvoso (IPC e FPC, respectivamente) foram determinadas conforme critério proposto por Sansigolo (1989)<sup>2</sup> *apud* Minuzzi *et al.* (2006) e Tetto *et al.* (2010), para os quais, o seu início é o primeiro dia após uma data específica em que ocorre a primeira quantidade mínima de 20 mm de chuva, totalizada em um ou dois dias, e que durante os próximos 30 dias ocorre pelo menos um dia de chuva em cada período de 10 dias. Considera-se como dia chuvoso aquele em que ocorreu precipitação de pelo menos 1,0 mm, pois uma lâmina de precipitação menor do que essa geralmente não infiltra no solo (MINUZZI *et al.*, 2007). O FPC será o primeiro dia do período seco, com pelo menos 15 dias de duração. O IPC indica o Final do Período Seco (FPS) e o FPC indica o Início do Período Seco (IPS). Como forma de suportar a determinação do IPC e FPC foram também analisados os padrões de distribuição das variáveis temperatura e umidade relativa em relação a precipitação, visto que na área de estudo, na época chuvosa (verão) registra-se ocorrência de temperaturas mais altas do ano, observando-se uma tendência decrescente quando se aproxima o inverno, que é normalmente seco e frio (INSTITUTO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (INDE, 2009)). Segundo Soares e Batista (2004), os picos máximos da umidade relativa ocorrem também na época chuvosa.

A determinação do IPC e FPC é uma ferramenta importante para predição do comportamento dos incêndios florestais, pois inícios tardios de IPC e finais precoces do FPC indicam estações secas longas durante o ano. Isso resulta em um

---

<sup>2</sup>SANSIGOLO, A. S. Variabilidade interanual de estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, Cachoeira Paulista, v. 4, n. 9, p. 40 – 43, 1989.



maior número de dias nas classes mais altas dos índices de perigo de incêndios, indicativo de maior probabilidade de ocorrência de incêndios.

### 3.3.2 Determinação e validação dos índices de perigo de incêndios

Os índices de perigo de incêndios de Nesterov e Monte Alegre foram calculados com os dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa e precipitação, no período 2009 a 2012, fornecidos pela estação meteorológica do IIAM de Lichinga, coletados às 13 horas, que é a hora do dia recomendada para coleta dos dados meteorológicos para calcular os índices (SOARES; BATISTA, 2007; SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

Para calcular o índice de Nesterov foi necessário primeiramente calcular o déficit de saturação do ar, uma vez que este índice necessita da temperatura e do déficit de saturação, como variáveis independentes de entrada. Segundo Soares e Batista (2007), o déficit de saturação do ar é a diferença entre a pressão máxima e a pressão real de vapor de água, podendo ser calculado pela da expressão:

$$d = E(1 - H / 100) \quad (01)$$

Sendo:

$d$  = déficit de saturação do ar em milibares;

$E$  = pressão máxima de vapor de água em milibares;

$H$  = umidade relativa do ar em %.

Em seguida, foi determinado o índice de perigo de incêndio pela seguinte equação básica:

$$G = \sum_{i=1}^n di * Ti \quad (02)$$

Onde:

$G$  = índice de Nesterov;

$d$  = déficit de saturação do ar em milibares;

$T$  = temperatura do ar em °C;

$n$  = número de dias sem chuva maior que 10,0 mm.

No índice de Nesterov, a continuidade do somatório é limitada pela ocorrência de precipitação, de acordo com a Tabela 5.

TABELA 5 – RESTRIÇÕES A SOMATÓRIA DO ÍNDICE DE NESTEROV, EM FUNÇÃO DAS QUANTIDADES DE CHUVA DO DIA

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
≤ 2,0	Nenhuma.
2,1 a 5,0	Abater 25% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
5,1 a 8,0	Abater 50% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
8,1 a 10,0	Abandonar a soma anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
> 10,0	Interromper o cálculo (G = 0), recomeçando o somatório no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

FONTE: Soares e Batista (2007)

A Fórmula de Monte Alegre usa a umidade relativa do ar de forma direta e a precipitação diária de forma indireta. A sua equação básica é dada pela seguinte fórmula:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 / Hi) \quad (03)$$

Onde:

$FMA$  = Fórmula de Monte Alegre;

$H$  = umidade relativa do ar (%), medida às 13:00 h;

$n$  = número de dias sem chuva maior que 13 mm.

Assim como o índice de Nesterov, a FMA é acumulativa no que se refere à umidade relativa por isso está sujeita à restrição da precipitação, como mostra a Tabela 6.

TABELA 6 – RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DO FMA, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA

CHUVA DO DIA (mm)	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
≤ 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 recomençar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

FONTE: Soares, Batista e Nunes, (2009)

A interpretação do grau de perigo estimado do índice de Nesterov, assim como do FMA é feito por meio de uma escala de perigo, como se ilustra na Tabela 7.

TABELA 7 – ESCALAS DE PERIGO DE NESTEROV E FMA

VALORES		GRAU DE PERIGO		
G	FMA	G	FMA	DESIGNAÇÃO
≤ 300	≤ 3,0	Nenhum risco	Nulo	1
301 a 500	3,1 a 8,0	Risco pequeno	Pequeno	2
501 a 1000	8,1 a 20,0	Risco médio	Médio	3
1001 a 4000	20,1 a 24,0	Grande risco	Alto	4
> 4000	> 24,0	Perigosíssimo	Muito alto	5

FONTE: Soares e Batista (2007)

Após a determinação dos índices de perigo e das classes de grau de perigo foram quantificados e analisados os números de dias para cada classe de grau de perigo e os percentuais que os mesmos representaram em cada classe, para a fórmula de Nesterov e Monte Alegre (FMA). O desempenho dos índices de Nesterov e FMA foram analisados usando a metodologia conhecida como *skill score* proposta e aplicada por Nunes (2008, 2009). Essa metodologia baseia-se em uma tabela de contingência que contém os valores observados e previstos para um evento em uma população ou determinado período de tempo, como está ilustrado nas Tabelas 8 e 9.

TABELA 8 – 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 (2008)

TABELA 9 – CÁLCULO DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

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

FONTE: Nunes (2008)

Posteriormente, com auxílio dos resultados das Tabelas 8 e 9, foram calculadas as variáveis necessárias para o cálculo do *skill score* e da porcentagem de sucesso, como está apresentado a seguir:

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

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

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

Onde:

$p = N1 / Neq = N2 / N$ ;

$SS = skill\ score (SS = (G - H) / (N - H))$ ;

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

O *Skill Score* (SS) é a razão da diferença entre os acertos na previsão (G) e o número esperado de acertos (H) e a diferença entre os números de dias observados (N) e o número de dias com previsão de acertos. Na sequência foram definidos os pontos que indicam a ocorrência e não ocorrência dos incêndios com base nas escalas das fórmulas de Nesterov e Monte Alegre. Foram considerados como não indicativo da probabilidade de ocorrência dos incêndios, os graus de perigo “Nulo” e “Pequeno” e como indicativos da probabilidade de ocorrência dos incêndios os graus de perigo “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”. A partir desta definição foram calculados o *skill score* e as porcentagens de sucesso (NUNES, 2008), para avaliar o desempenho dos dois índices.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CAUSAS DOS INCÊNDIOS NOS DISTRITOS ESTUDADOS

Na Tabela 10 apresenta-se a distribuição do número de ocorrências de incêndios e área queimada nos distritos de Lichinga, Lago e Sanga em três anos consecutivos de coleta de dados (2010, 2011 e 2012). No ano 2010 registrou-se o maior número de ocorrências (94) e maior área queimada (1.857 ha). O distrito de Lichinga apresentou o maior número de ocorrências nos três anos (109 ocorrências), seguido pelos distritos de Lago com 49 ocorrências e Sanga com 38 ocorrências. No tocante a distribuição das ocorrências por ano, Lichinga apresentou maior número de ocorrências nos anos de 2010 (71 ocorrências) e 2012 (25 ocorrências) e maior área queimada no ano de 2012 (285,52 ha). O distrito de Lago apresentou maior número de ocorrências no ano 2011 (19 ocorrências) e a maior área queimada (397,03 ha). No ano 2010, não foi possível obter dados de área queimada por distrito.

TABELA 10 – DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS E ÁREA QUEIMADA POR DISTRITO

	ANOS	DISTRITOS			TOTAL
		LICHINGA	LAGO	SANGA	
Nº ocorrências	2010	71	17	6	94
	2011	13	19	17	49
	2012	25	13	15	53
	TOTAL	109	49	38	196
Área queimada (ha)	2010	-----	-----	-----	1857,00
	2011	361,24	397,03	88,04	846,31
	2012	285,52	251,15	228,37	765,04
	TOTAL	646,76	648,18	316,41	3468,35

FONTE: O autor (2013)

Comparando as frequências médias anuais de ocorrência de incêndios encontradas nesta pesquisa, observa-se que as frequências anuais deste trabalho se encontram acima da média. Por exemplo, Tetto (2012), avaliando o comportamento histórico dos incêndios florestais na fazenda Monte Alegre, no período de 1965 a 2009, observou uma ocorrência média anual de 37,24 incêndios. No entanto, as baixas frequências de ocorrências observadas por Tetto (2012), na fazenda Monte Alegre, provavelmente esteja relacionado ao fato de que na área que

o autor estudou, a precipitação média anual é consideravelmente maior (1608 mm/ano), e esta encontra-se uniformemente distribuída ao longo de todo o ano, visto que no mês de julho, considerado mais seco, a precipitação média mensal é de 69 mm e no mínimo ocorre queda pluviométrica em 8 dias ao longo do mês de julho. Rodrigues (2012) também encontrou valores relativamente baixos de frequência anual de ocorrência de incêndios em Pinar del Río (EF Macurije) que variaram de 17 a 50 ocorrências no período de 2006 a 2011. Também nessa pesquisa, na área de estudo, a precipitação se distribue durante todos os meses do ano e a média mensal do mês mais seco é de 25 mm. Aximoff e Rodrigues (2011) também observaram uma média anual de ocorrências de incêndios relativamente baixa (10 ocorrências/ano) num período de 34 anos (1937 – 2008) no Parque Nacional de Itatiaia, localizado no sul do Rio de Janeiro, com clima semelhante ao dos três distritos estudados, onde a precipitação média anual variou entre 1500 a 1800 mm, com período chuvoso entre outubro a abril e o período seco variando de maio a setembro. Não foi possível obter dados de área queimada de algumas regiões em Moçambique ou países vizinhos, para efeitos de comparação.

Nos dados da distribuição percentual das ocorrências apresentados na Figura 5, observa-se que 76% das ocorrências de incêndios florestais no ano de 2010 foram no distrito de Lichinga, sendo que no ano seguinte (2011) a distribuição das ocorrências dos incêndios florestais foi quase que equitativa em todos os distritos, com 39%, 35% e 26% para os distritos de Lago, Sanga e Lichinga, respectivamente.

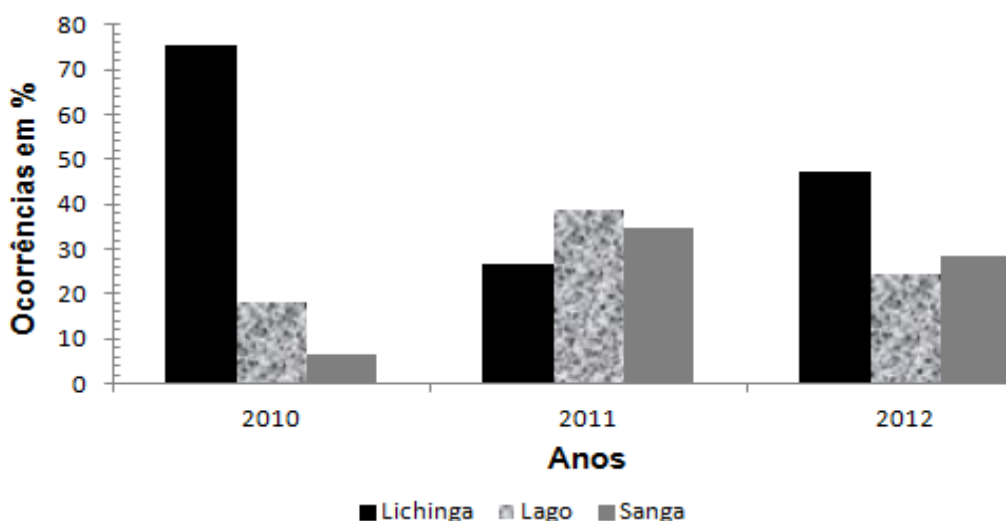


FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO PORCENTUAL DAS OCORRÊNCIAS DOS INCÊNDIOS  
 FONTE: O autor (2013).

No ano 2012, o distrito de Lichinga foi novamente o mais afetado, com aproximadamente metade de todas as ocorrências (47%) observadas. Os distritos restantes apresentaram um percentual quase que equitativo, com um registro percentual de 28% no distrito de Lago e 25% em Sanga. Um dos fatores que contribuíram para o maior número de ocorrências dos incêndios florestais no distrito de Lichinga, é o fato de este ser o distrito mais povoado e com maior densidade populacional, se comparado aos distritos de Sanga e Lago. Segundo o último recenseamento realizado em 2005, o distrito de Lichinga era considerado o mais populoso, com 62.802 habitantes e uma densidade populacional de 15,9 habitantes por km<sup>2</sup>. A economia do distrito de Lichinga depende basicamente da agricultura onde o setor familiar é o mais ativo (MAE, 2005a). Essa agricultura familiar caracteriza-se por corte e queima da vegetação, demandando vastas áreas, uma vez que as terras necessitam de pousio depois de um determinado período de produtividade. Segundo Zolho (2011), em Moçambique a incidência de incêndios florestais vem aumentando de forma alarmante nos últimos anos, especialmente em regiões não protegidas, e a tendência é aumentar ainda mais com o aumento da densidade populacional nessas áreas. Tetto (2012) também relata o aumento do número de ocorrências de incêndios em áreas de cultivos florestais da empresa Klabin, no estado de Paraná, em áreas mais próximas da malha urbana.

Na Tabela 11 encontra-se representada a distribuição das causas de ocorrência dos incêndios florestais por distritos nos anos 2010, 2011 e 2012. Observa-se que aproximadamente 100% das ocorrências dos incêndios florestais, nos três anos de estudo, em quase todos os distritos, foram devido a causas antrópicas, com exceção do ano 2010 em que 2,13% das ocorrências foram devido a causas desconhecidas (Csd). Segundo MICOA (2009), 90% das ocorrências de incêndios registrados em Moçambique são devido a causas antrópicas e as restantes são devido a causas naturais ou Csd. Dados providenciados pelo MICOA (2007) revelaram que no período de 2001 a 2003, a província do Niassa foi a mais afetada por incêndios florestais, tendo sido registradas 8984 ocorrências e quase todas relacionadas com causas antrópicas. De acordo com a FAO (2007), na maioria dos registros em que as causas são dadas como desconhecidas, acredita-se que o homem esteja envolvido. A lista das causas de incêndios induzidas pelo homem inclui: limpeza de terras devido a agricultura itinerante e outras atividades agrícolas, queima para estimulação de pastos, extração de produtos não

madeireiros, desenvolvimento industrial, caça, negligência (fumantes) e incendiários.

A despeito da associação entre as causas dos incêndios e os distritos, prevaleceu a hipótese nula, sugerindo que as causas dos incêndios foram as mesmas nos três distritos em todos os anos 2010 ( $\alpha = 0,76^{ns}$ ), 2011 ( $\alpha = 0,79^{ns}$ ) e 2012 ( $0,45^{ns}$ ) e na sobreposição dos anos, de 2010 a 2012 ( $\alpha = 0,38^{ns}$ ). De fato, em todos os anos Inc e Qlm foram as causas mais predominantes nos diferentes distritos.

TABELA 11 – DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DE OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS POR DISTRITO NOS ANOS 2010, 2011 E 2012

ANOS	CAUSAS	LICHINGA		LAGO		SANGA		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
2010	Dsc	7	9,86	2	11,76	0	0,00	9	9,57
	Qlm	20	28,17	7	41,18	2	33,33	29	30,85
	Inr	34	47,89	5	29,41	2	33,33	41	43,62
	Otc	10	14,08	3	17,65	2	33,33	15	15,96
	TOTAL	71	100,00	17	100,00	6	100,00	94	100,00
	CAUSAS	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)
2011	Dsc	1	7,69	1	5,26	0	0,00	2	4,08
	Qlm	3	23,08	3	15,79	2	11,76	8	16,33
	Inr	9	69,23	15	78,95	14	82,35	38	77,55
	Otc	0	0,00	0	0,00	1	5,88	1	2,04
	TOTAL	13	100,00	19	100,00	17	100,00	49	100,00
	CAUSAS	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)
2012	Qlm	11	44,00	3	23,08	4	26,67	18	33,96
	Inr	13	52,00	10	76,92	11	73,33	34	64,15
	Otc	1	4,00	0	0,00	0	0,00	1	1,89
	TOTAL	25	100,00	13	100,00	15	100,00	53	100,00
	CAUSAS	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)	FR	FR (%)
2010 - 2012	Dsc	8	7,34	3	6,12	0	0,00	11	5,61
	Qlm	34	31,19	14	28,57	8	21,05	56	28,57
	Inr	56	51,38	29	59,18	27	71,05	112	57,14
	Otc	11	10,09	3	6,12	3	7,89	17	8,67
	TOTAL	109	100,00	49	100,00	38	100,00	196	100,00

NOTA: Dsc = Descuido, Qlm = Queimada para limpeza das machambas, Inc = Incendiários, Otc = Outras causas, Nº = contagem (frequência relativa), % = porcentagem de ocorrência.

FONTE: O autor (2013)

Segundo *International Council for Science* (ICSU, 2007), a zona sub-sahariana da África é bastante susceptível a ocorrência de incêndios florestais, que destroem anualmente culturas agrícolas, pastos e infraestruturas. Cerca de 168 milhões de hectares de florestas são queimados anualmente ao sul do equador do continente africano, sendo responsável por aproximadamente 37% da biomassa seca total queimada anualmente no mundo. Esses incêndios podem ser causados naturalmente por relâmpagos ou pela combustão espontânea de carvão mineral,



mas o homem é o principal responsável pela ignição da maior parte dos incêndios florestais.

Nos três anos estudados, as ocorrências de incêndios registrados devido a causas antrópicas nos três distritos distribuíram-se em 57,14% incendiários (Inr); 28,57% queimadas para limpeza das machambas (Qlm) e 5,61% descuido (Dsc). Em todos os anos os incendiários (Inr) e queimadas para limpeza das machambas (Qlm) foram as causas mais predominantes. As porcentagens dos incendiários (Inr) distribuíram-se em 43,62%; 77,55% e 64,15% para os anos de 2010, 2011 e 2012 respectivamente, tendo se distinguido como sendo a causa mais predominante. Enquanto que as queimadas para limpeza das machambas (Qlm) apresentaram-se como sendo a segunda maior causa de ocorrência dos incêndios florestais, ficando a sua distribuição nas seguintes porcentagens: 30,85%, 16,33% e 33,96% para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente. Tetto (2012) também encontrou Inr como sendo a principal causa de ocorrência de incêndios florestais e a Qlm como a terceira principal causa na fazenda de Monte Alegre no estado do Paraná, para um período de 45 anos (1965 a 2009). O mesmo autor aponta que muitos outros autores que avaliaram as causas de ocorrência dos incêndios florestais encontraram essa mesma tendência.

A elevada ocorrência de incendiários encontrada neste estudo, provavelmente esteja associada ao descontentamento dos chefes de famílias, que perderam seus empregos em plantios florestais no ano 2010, visto que aproximadamente 50% da mão-de-obra, em sua maioria provenientes das comunidades localizadas nas áreas adjacentes os plantios, tiveram seus contratos rescindidos. Landry e Chirwa (2011) realizaram uma pesquisa com uma amostragem de 331 agregados familiares em várias comunidades ao redor dos plantios florestais no distrito de Sanga, tendo observado a existência de diferenças não significativas nas classes sociais entre os diferentes agregados familiares. Os autores advertiram que a instalação de empresas florestais e a subsequente criação de postos de trabalho poderia resultar em diferenças sócio-econômicas entre os trabalhadores assalariados e não assalariados. Nube (2013) avaliou a influência das empresas florestais na vida das comunidades nos distritos de Lichinga, Lago e Sanga onde operam, além da empresa Chikweti. As empresas Florestas do Niassa e Green Resources, constatou-se que, entre os chefes de famílias que não eram empregados em empresas florestais, 15% pertenciam a uma

classe social média e os restantes 85% eram pobres. Em relação aos chefes de famílias que trabalhavam em empresas florestais, 44,8% pertenciam à classe sócio-econômica média e os restantes 55,2% eram pobres. Os autores também observaram uma grande melhoria das condições sócio-econômicas dos chefes de famílias empregados, não obstante o fato de que muitas empresas florestais estivessem praticando salários abaixo do mínimo legislado no país. Assim, pode-se inferir que as diferenças sócio-econômicas entre os chefes de famílias empregados e não empregados em empresas florestais tenha sido também uma das causas que motivou elevada ocorrência de incêndios florestais relacionados com incendiários.

No que diz respeito ao fato da queima para limpeza das machambas (QIm) ter sido a segunda causa de incêndios com maior frequência em todos os anos, provavelmente esteja relacionado com o fato de que em áreas onde a vegetação do Miombo é a mais predominante, culturalmente o fogo tem sido usado como a forma mais barata e eficiente na abertura de terras para cultivo agrícola e outras atividades. A exclusão completa do fogo nas regiões do Miombo não é praticável, porque em certas circunstâncias o fogo desempenha um papel importante na cultura dessas comunidades (CHIDUMAYO; GAMBIZA; GRUNDY, 1996). Segundo Zolho (2011), outras causas de ocorrência de incêndios associadas à agricultura nessas áreas são: coleta de lenha e carvão e crescimento populacional. Heikkilä, Grönqvist e Jurvélius (2007) comentaram que na maioria dos países em via de desenvolvimento, a queima para limpeza de terras agrícolas, juntamente com recuperação de pastos, combate a pragas e queima de lixo são as principais causas de ocorrência dos incêndios florestais.

O baixo nível de educação das comunidades rurais, nas zonas onde operam as empresas florestais, provavelmente também tenha contribuído para a ocorrência dos incêndios nos plantios. Na África, estima-se que aproximadamente 60% da população adulta é analfabeta (HDR, 2004) e o nível médio de escolaridade é de 4,7 anos (HDR, 2013). Nos três distritos onde a pesquisa foi realizada, a maior parte da população na idade adulta (aproximadamente 80%) é analfabeta ou possui apenas o nível primário de escolaridade (MAE, 2005a, 2005b, 2005c; LANDRY; CHIRWA, 2011; NUBE, 2013).

Segundo Heikkilä, Grönqvist e Jurvélius (2007), a educação é a melhor forma de reduzir a ocorrência de incêndios florestais em áreas onde o nível de analfabetismo das comunidades rurais é baixo. Em primeiro lugar, as comunidades

devem ser capacitadas para realizar queimadas controladas e, em seguida, devem aprender como minimizar os riscos de ocorrência dos incêndios e, por último, devem aprender como combater os incêndios florestais de forma segura e eficiente, nos períodos em que os riscos de ocorrência e propagação dos incêndios florestais são altos.

Os aspectos chaves de um manejo efetivo dos incêndios florestais estão relacionados com a abordagem participativa e integração das comunidades no manejo do fogo, como mecanismos adaptativos e sustentáveis do manejo dos incêndios florestais, sendo necessária a inclusão das comunidades rurais nas formas adequadas do manejo de incêndios florestais (MORGERA; CIRELLI, 2009).

No que tange à distribuição das ocorrências dos incêndios florestais nos diferentes períodos do dia (FIGURA 6), os incendiários (Inr) foi a causa mais predominante nos períodos da tarde (41 ocorrências) e da noite (47 ocorrências), enquanto que as queimadas para limpeza das machambas (Qlm) foi o grupo de causas mais predominante no período da manhã (26 ocorrências) e da tarde (27 ocorrências). As causas remanescentes ocorreram com maior frequência no período da tarde: Otc (11 ocorrências) e Dsc (6 ocorrências).

Mediante o teste qui-quadrado foi testada a hipótese de que as causas que contribuíram para a ocorrência dos incêndios florestais não diferiram durante o dia. Essa hipótese foi refutada ( $\alpha = 0,00^{**}$ ), sugerindo que a distribuição das causas dos incêndios florestais não seguiram o mesmo comportamento durante os três períodos do dia. De fato, observa-se que no geral os padrões de ocorrência dos incêndios florestais durante o dia tendem a ser diferentes, verificando-se ocorrências acentuadas durante o período de tarde para todas as causas, mas os incendiários (Inr) e as queimadas para limpeza das machambas (Qlm) tenderam a predominar também nos períodos da noite e da manhã.

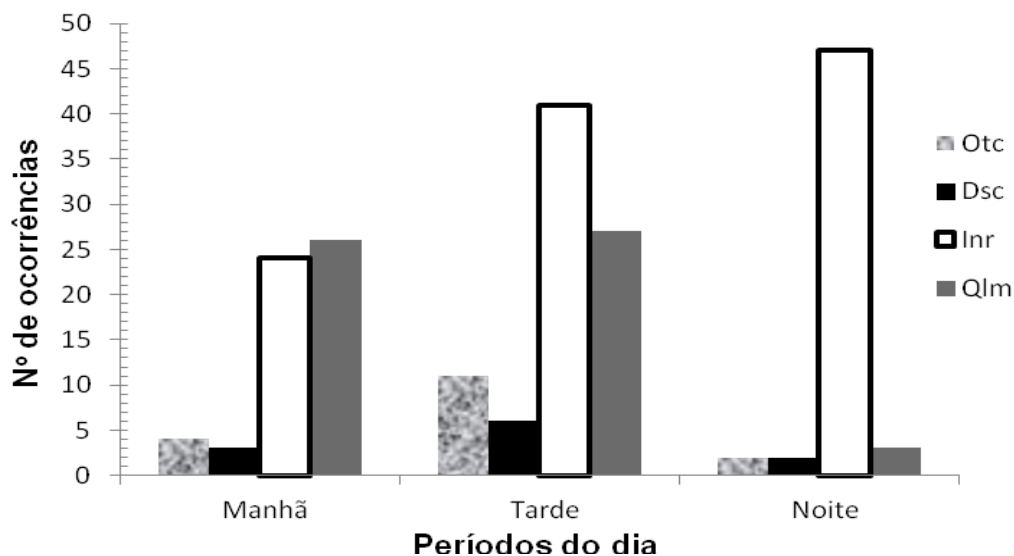


FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS DE OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NOS PERÍODOS DO DIA  
 FONTE: O autor (2013)

A maioria das causas dos incêndios florestais ocorreram nos períodos da tarde (das 12 às 18 horas) quando as temperaturas eram altas e a umidade relativa baixa. A ignição e propagação desses incêndios estão relacionados com as condições climáticas. Rodríguez (2012) encontrou uma tendência semelhante, com a maioria dos incêndios ocorrendo no período entre as 14 e 17 horas. As causas relacionadas com incendiários não seguem o mesmo padrão de distribuição das outras causas durante o dia, não sendo regulados pelas condições climáticas, mas sim por outros fatores, sendo na maioria dos casos devido ao comportamento dos incendiários. Por outro lado, as outras causas parecem ser reguladas, tanto pelo comportamento das pessoas que induzem a sua ignição, como pelas condições climáticas que facilitam a combustão e a propagação dos mesmos. Assim, pode-se inferir que os incendiários têm conhecimento das horas do dia em que podem atear fogo nos plantios sem correr o risco de serem observados pelos guardas de plantão ou outras pessoas. Conforme a FAO (2007), é comum incendiários atear fogo deliberadamente como forma de protesto ou vingança contra o governo ou outras entidades. Ainda segundo FAO (2007), em alguns países os incendiários são responsáveis pela metade das ocorrências dos incêndios florestais, sendo muito difícil detê-los.

A ocorrência acentuada das queimadas para limpeza das machambas (Qlm) durante os períodos em que o perigo de incêndios era muito alto, mostra que as comunidades têm pouco conhecimento sobre o uso e manejo do fogo e que existe falta de comunicação entre as comunidades rurais, o governo e as empresas florestais no que se refere à autorização para as queimas e o monitoramento das mesmas.

#### 4.2 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DAS ESTAÇÕES DO ANO NA OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS.

Na Figura 7 estão representados os resultados do teste de Bartlett para as variâncias mensais das variáveis temperatura, precipitação e umidade relativa. Todas as variáveis apresentaram-se homogêneas pelo teste de Bartlett, sendo que a temperatura e umidade relativa, foram as variáveis mais homogêneas, enquanto que a precipitação foi a variável que apresentou maior variação entre as observações.

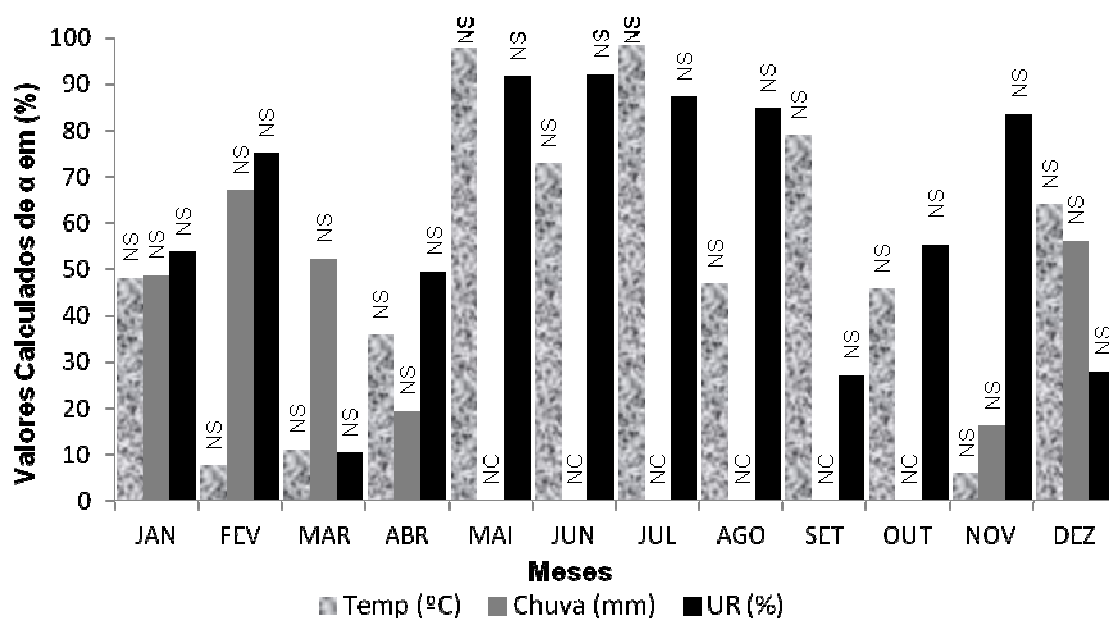


FIGURA 7 – VALORES DO TESTE DE BARTTLET PARA AS VARIÂNCIAS DOS TRATAMENTOS  
NS = não significativo e NC = não calculado.  
FONTE: O autor (2013)

Na Tabela 12 apresentam-se as estatísticas diárias dos meses dos anos das variáveis meteorológicas agrupadas para os três anos estudados (2010 a 2012),

podendo-se observar que a temperatura foi a variável que apresentou menor coeficiente de variação, oscilando entre 5 a 10%, enquanto a precipitação foi a variável que apresentou maiores coeficientes de variação mensais com um intervalo que variou entre 102% a 970%. Nos meses de maio a novembro quase não foram registradas precipitações pluviométricas, sendo que os valores mínimos de precipitação indicam que, mesmo nos meses considerados chuvosos, existe pelo menos 1 dia em que não ocorre nenhuma precipitação. O mês de fevereiro foi o mês em que a precipitação atingiu o seu auge (11,57 mm de precipitação diária). Os coeficientes de variação da precipitação tendem a ser maiores nos meses mais secos, divergindo com os valores de coeficientes de variação encontrados por Rodrigues (2012), ao analisar dados de comportamento da precipitação de 11 estações meteorológicas em Pinar del Río (Cuba), que tendem a ser maiores na época chuvosa. Esse comportamento inverso deve-se provavelmente ao fato de que em Pinar del Río na época chuvosa existe uma grande diferença na queda da precipitação entre os dias do mês ocorrendo o contrário no tempo seco em que as chuvas são mais homogêneas durante o dia. Deve-se notar também que, em Pinar del Río, a precipitação mínima observada nos meses com escassez de chuva é de aproximadamente 9 mm e os valores mínimos e máximos estão mais próximos nos meses que cai menor quantidade de chuva.

TABELA 12 – ESTATÍSTICAS DIÁREAS DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NOS 3 ANOS DE ESTUDO

MESES	TEMPERATURA (°C)				PRECIPITAÇÃO (mm)				UMIDADE RELATIVA (%)			
	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%
JAN	22,25	17,15	19,71	4,77	63,90	0	8,06	136,67	100	46	80,32	13,71
FEV	22,95	16,35	19,68	6,96	47,00	0	11,57	101,81	100	54	79,16	12,62
MAR	21,80	15,80	19,42	6,33	45,80	0	6,97	136,79	100	50	83,25	12,23
ABR	20,70	15,00	18,43	6,78	30,90	0	2,97	193,41	100	52	83,18	11,88
MAI	19,50	15,05	17,55	6,33	5,10	0	0,07	797,14	100	51	75,13	14,77
JUN	20,95	12,90	15,84	9,66	7,20	0	0,10	788,76	96	48	75,14	15,76
JUL	19,15	12,65	15,56	8,55	1,80	0	0,02	883,50	98	21	66,54	23,14
AGO	22,00	12,60	16,48	9,77	5,20	0	0,12	527,84	98	38	68,26	19,07
SET	20,25	15,55	17,88	5,15	0,65	0	0,01	710,53	85	26	59,43	17,78
OUT	23,70	15,40	20,93	7,07	4,60	0	0,05	970,43	80	32	53,50	18,88
NOV	24,60	16,30	21,87	7,13	28,40	0	1,61	303,72	96	41	60,88	18,89
DEZ	23,05	16,65	20,25	6,86	59,50	0	9,30	126,00	100	54	78,08	14,32
MÉDIA	21,74	15,12	18,63	7,11	25,00	0	3,40	473,05	96,08	42,75	71,91	16,09

NOTA: As estatísticas foram feitas agrupando os valores mensais dos três anos (2010 a 2012); Máx = máximo, Mín = mínimo, Méd = média e CV% = coeficiente de variação em porcentagem

FONTE: O autor 2013

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados do teste de significância dos coeficientes (b) das variáveis meteorológicas, onde observa-se que, embora a

precipitação tenha apresentado coeficientes de variações mensais muito elevados, esta foi a única variável que não apresentou diferenças mensais nos três anos estudados, tanto pelo teste do coeficiente de regressão, como pelo teste Tukey (TABELA 14). A temperatura apresentou maior variação mensal entre os anos pelo teste de coeficiente de regressão, tendo sido detectadas diferenças significativas nos meses de março, maio, junho, julho, agosto, setembro, dezembro ( $\alpha = 0,00^{**}$ ) e outubro ( $\alpha = 0,03^*$ ), enquanto que pelo teste de médias, apenas foram detectadas diferenças significativas nos meses de fevereiro, agosto e dezembro. Ao contrário da temperatura, a umidade relativa apresentou menores variações mensais entre os anos em estudo pelo teste do coeficiente de regressão, tendo sido constatadas diferenças significativas apenas nos meses de maio ( $\alpha = 0,01^{**}$ ) e julho ( $\alpha = 0,03^*$ ), embora o teste de Tukey tenha detectado diferenças significativas nos meses de janeiro, julho, agosto e setembro.

TABELA 13 – VALORES DOS COEFICIENTES (b) PARA AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

VARIÁVEIS	VALORES DE p					
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Temperatura (°C)	(1,41) 0,64 <sup>ns</sup>	(3,62) 0,07 <sup>ns</sup>	(7,87) 0,00 <sup>**</sup>	(-8,50) 0,00 <sup>**</sup>	(-8,93) 0,00 <sup>**</sup>	(5,14) 0,00 <sup>**</sup>
Precipitação (mm)	(-0,28) 0,26 <sup>ns</sup>	(0,16) 0,48 <sup>ns</sup>	(-0,002) 0,99 <sup>ns</sup>	(-0,42) 0,39 <sup>ns</sup>	(-4,71) 0,37 <sup>ns</sup>	(4,91) 0,17 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa (%)	(-0,07) 0,78 <sup>ns</sup>	(-0,27) 0,33 <sup>ns</sup>	(-0,42) 0,13 <sup>ns</sup>	(-0,35) 0,22 <sup>ns</sup>	(0,65) 0,01 <sup>**</sup>	(0,05) 0,82 <sup>ns</sup>
VARIÁVEIS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura (°C)	(7,63) 0,00 <sup>**</sup>	(13,07) 0,00 <sup>**</sup>	(8,98) 0,00 <sup>**</sup>	(4,02) 0,03 <sup>*</sup>	(2,73) 0,12 <sup>ns</sup>	(9,37) 0,00 <sup>**</sup>
Precipitação (mm)	(-6,61) 0,66 <sup>ns</sup>	(-8,21) 0,07 <sup>ns</sup>	(-6,52) 0,86 <sup>ns</sup>	(-5,71) 0,33 <sup>ns</sup>	(0,57) 0,32 <sup>ns</sup>	(-0,26) 0,28 <sup>ns</sup>
Umidade Relativa (%)	(-0,39) 0,03 <sup>*</sup>	(0,34) 0,11 <sup>ns</sup>	(0,09) 0,72 <sup>ns</sup>	(0,21) 0,45 <sup>ns</sup>	(0,39) 0,11 <sup>ns</sup>	(-0,02) 0,94 <sup>ns</sup>

NOTA: números entre parenteses são valores do coeficiente b. ns = não significativo,

\* = significativo a 0,05 e \*\* = significativo a 0,01.

Valores dos coeficientes estão dentro dos parenteses

FONTE: O autor (2013)

Observando os anos onde foram detetadas diferenças entre as médias da temperatura, tanto pelo teste do coeficiente de regressão, como pelo teste de comparação de médias (TABELA 14), observa-se que existe uma tendência da temperatura aumentar nos últimos anos (2011 e 2012), exceto no mês de maio onde se observa uma tendência contrária, mas por se tratar de um período de tempo muito curto em que o estudo foi realizado, não se pode adiantar nenhuma inferência porque, segundo Johnston *et al.* (2006), a mudança das variáveis

climáticas ocorre em intervalos de tempo bastante longos, provocando efeitos sutis e complexos em muitos ecossistemas.

Analisando o comportamento das médias mensais das variáveis meteorológicas dentro dos anos, observa-se que o teste de Tukey agrupou todas as variáveis meteorológicas em dois grandes grupos: época em que ocorre maior precipitação (dezembro a março), juntamente com umidade relativa e temperaturas médias mensais altas; e a outra época em que quase não se registrou ocorrência de precipitação e as médias mensais da temperatura e umidade relativa tenderam a ser mais baixas (abril a novembro). Esse padrão de agrupamento mensal das variáveis climáticas sugerem definir o clima da região, que segundo a classificação de Köppen, é temperado úmido (Cwb), com duas estações do ano bem distintas, sendo os verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios (INDE, 2009; MAE, 2005a).

TABELA 14 – COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

MESES	TEMPERATURA (°C)			CHUVA (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)		
	2010	2011	2012	2010 - 2012	2010	2011	2012
JAN	19,83 <sup>abca</sup>	19,37 <sup>bcdA</sup>	19,93 <sup>bcdA</sup>	8,12 <sup>ab</sup>	84,23 <sup>aA</sup>	72,36 <sup>abcb</sup>	84,57 <sup>aA</sup>
FEV	19,93 <sup>abcA</sup>	18,33 <sup>cdeB</sup>	20,70 <sup>abA</sup>	11,43 <sup>a</sup>	78,30 <sup>aA</sup>	80,33 <sup>aA</sup>	77,87 <sup>abcA</sup>
MAR	19,14 <sup>bcdA</sup>	19,03 <sup>bcdA</sup>	20,08 <sup>bcA</sup>	6,65 <sup>bca</sup>	84,59 <sup>aA</sup>	84,45 <sup>aA</sup>	81,62 <sup>abA</sup>
ABR	19,17 <sup>bcdA</sup>	18,20 <sup>deA</sup>	18,07 <sup>deA</sup>	2,98 <sup>cd</sup>	83,60 <sup>aA</sup>	83,57 <sup>aA</sup>	82,53 <sup>abA</sup>
MAI	18,13 <sup>cdA</sup>	17,50 <sup>defA</sup>	16,93 <sup>efA</sup>	0,07 <sup>d</sup>	72,70 <sup>abcA</sup>	72,83 <sup>abA</sup>	80,30 <sup>abA</sup>
JUN	15,13 <sup>eA</sup>	16,07 <sup>fA</sup>	16,43 <sup>efA</sup>	0,10 <sup>d</sup>	74,57 <sup>abA</sup>	75,73 <sup>abA</sup>	74,83 <sup>abcdA</sup>
JUL	14,87 <sup>eA</sup>	15,83 <sup>fA</sup>	15,97 <sup>fA</sup>	0,02 <sup>d</sup>	74,80 <sup>abA</sup>	59,40 <sup>cdB</sup>	65,17 <sup>cdeB</sup>
AGO	15,00 <sup>eB</sup>	16,47 <sup>efA</sup>	17,80 <sup>efA</sup>	0,10 <sup>d</sup>	64,67 <sup>bcdAB</sup>	58,83 <sup>dB</sup>	72,13 <sup>abcdA</sup>
SET	17,83 <sup>dA</sup>	17,57 <sup>defA</sup>	18,17 <sup>cdeA</sup>	0,01 <sup>d</sup>	60,27 <sup>cdB</sup>	58,27 <sup>dB</sup>	69,73 <sup>bcdA</sup>
OUT	20,77 <sup>abA</sup>	20,90 <sup>abA</sup>	21,00 <sup>abA</sup>	0,04 <sup>d</sup>	53,17 <sup>dA</sup>	53,37 <sup>dA</sup>	54,20 <sup>eA</sup>
NOV	21,50 <sup>aA</sup>	21,87 <sup>aA</sup>	22,23 <sup>aA</sup>	2,62 <sup>d</sup>	58,17 <sup>dA</sup>	65,73 <sup>bcdA</sup>	63,53 <sup>deA</sup>
DEZ	19,20 <sup>bcdB</sup>	20,27 <sup>abcAB</sup>	21,33 <sup>abA</sup>	9,20 <sup>ab</sup>	78,07 <sup>aA</sup>	18,20 <sup>abA</sup>	77,07 <sup>abcA</sup>

NOTA: Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas. Médias com mesmas letras não apresentaram diferenças pelo teste de Tukey

FONTE – O autor (2013)

O agrupamento mensal das variáveis climáticas, detectado pelo teste de Tukey, especialmente para a variável precipitação, coincide com o IPC e FPC (TABELA 15), considerando-se que o período chuvoso vai de meados do mês de dezembro ao final de abril.



TABELA 15 – INÍCIO DO PERÍODO CHUVOSO E SECO (IPC E IPS), FINAL DO PERÍODO CHUVOSO E SECO (FPC E FPS)

ANOS	ÉPOCA CHUVOSA		ÉPOCA SECA	
	IPC	FPC	IPS	FPS
2010	08-NOV-2009	01-MAI-2010	01-MAI-2010	08-DEZ-2010
2011	08-DEZ-2010	11-ABR-2011	11-ABR-2011	10-DEZ-2011
2012	10-DEZ-2011	17-ABR-2012	17-ABR-2012	26-NOV-2012

FONTE: O autor (2013)

Quando se faz uma sobreposição entre a distribuição da ocorrência dos incêndios durante os meses do ano e as variáveis meteorológicas (FIGURA 8), pode-se constatar que no ano 2010 as primeiras ocorrências de incêndios florestais foram observadas no mês de junho, tendo havido um ligeiro atraso no início das primeiras ocorrências quando se compara com os anos 2011 e 2012. O início ligeiramente tardio da época seca no ano 2010 (01-MAI-2010), como pode ser visto na Tabela 15, foi provavelmente um dos fatores que estiveram na origem do atraso da ocorrência dos primeiros incêndios naquele mesmo ano. Segundo Machado *et al.* (1996), inícios precoces do período chuvoso indicam uma duração do PC mais longa e conseqüentemente um atraso do PS, determinando também PS menos severos e menos longos. ICSU (2008) comentou que a variação da precipitação em escala temporal curta, média e longa, é um dos principais problemas que influencia a tomada de decisão em todos os níveis. Cheias, secas e outros fenômenos extremos relacionados com a variação da precipitação são comuns em muitos países africanos, causando danos severos na agricultura, pecuária, vida silvestre, turismo, saúde, recursos hídricos e muitos outros setores importantes da sociedade.

Zucule (2003), estudou a ocorrência dos incêndios florestais em Moçambique usando imagens de satélites, tendo observado que em todo o território os incêndios iniciavam na 1ª semana de julho terminando na última semana de outubro. Essa constatação não está de acordo com os valores encontrados neste trabalho porque, provavelmente, como já foi observado, a principal causa que rege a ocorrência de incêndios florestais está relacionada com os incendiários e que o comportamento das causas devido aos incendiários não segue os padrões de distribuição das variáveis meteorológicas.

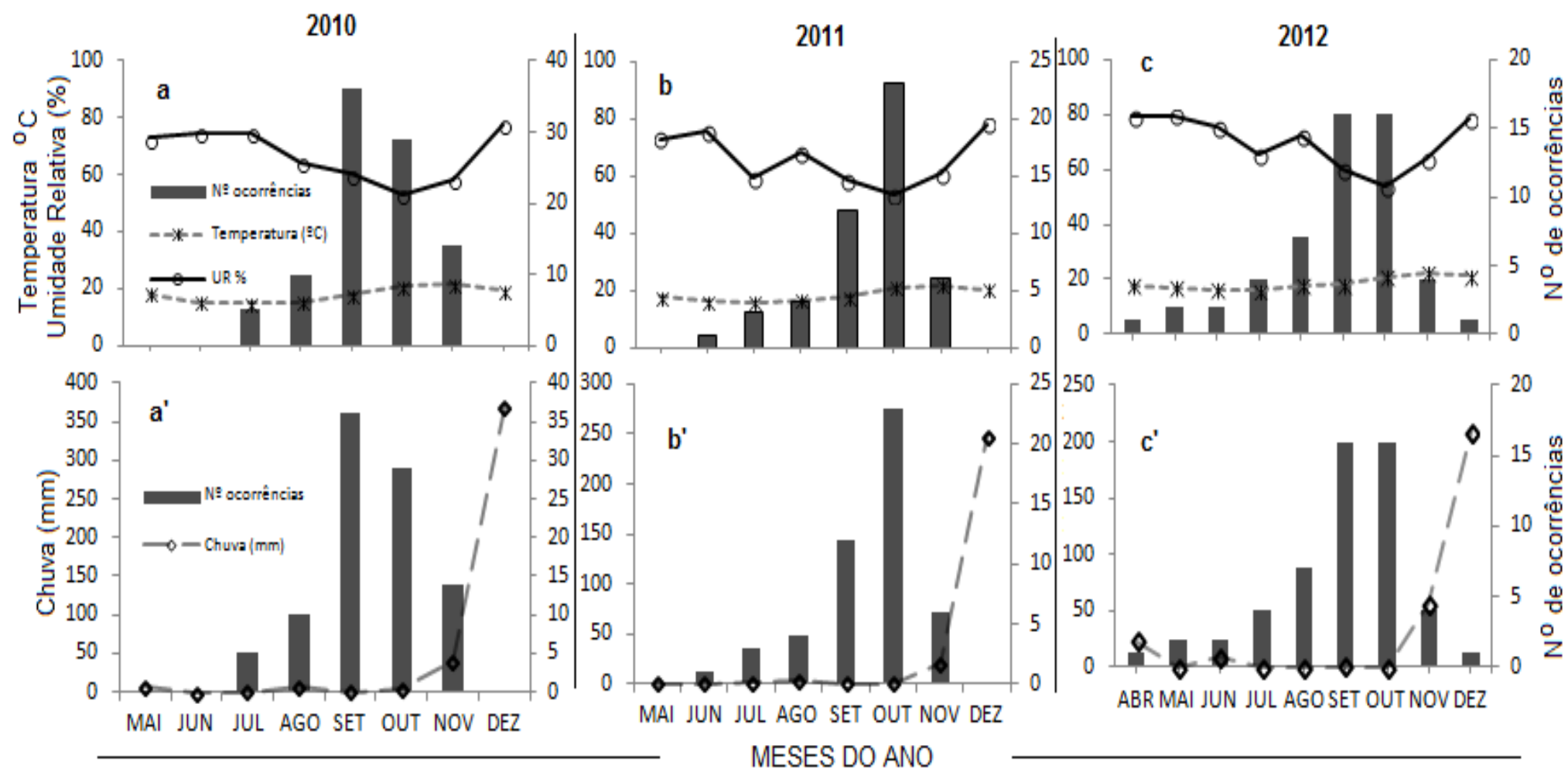


FIGURA 8 – DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS OCORRÊNCIAS DOS INCÊNDIOS EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS  
 FONTE: O autor (2013)

Por exemplo, as únicas ocorrências observadas em abril do ano 2012 e junho do ano 2011 foram devido aos Inr. Também é preciso destacar que observações de imagens de satélites podem se diferenciar das observações de campo, visto que normalmente satélites usam sistemas de sensores que detetam a emissão de calor pelos objetos na superfície terrestre (resolução radiométrica), e que nem sempre estão relacionados a ocorrência de incêndios florestais (BOSCHETTI; BRIVIO; GREGOIRE, 2003; CENTENO, 2009). Adicionalmente a este fato, devido a baixa resolução espectral e espacial dos satélites, estes ganham grande aplicação quando se pretende monitorar fenômenos em escalas regionais e continentais (BOSCHETTI; BRIVIO; GREGOIRE, 2003) e não fenômenos em escala pontual como no caso deste estudo.

Em todos os anos existiu uma tendência do número de ocorrências aumentar a partir do mês de agosto e atingir seus picos nos meses de setembro e outubro (FIGURA 7 e TABELA 16). Tetto (2012) também obteve a mesma tendência, não obstante no seu trabalho as ocorrências terem se estendido por um período relativamente maior (fevereiro a dezembro) e os meses de agosto e setembro terem sido os de pico.

TABELA 16 – PORCENTAGEM DE DIAS DOS MESES COM OCORRÊNCIA DOS INCÊNDIOS

MESES	ANOS								
	2010			2011			2012		
	Nº OC	Nº DIAS	% DIAS	Nº OC	Nº DIAS	% DIAS	Nº OC	Nº DIAS	% DIAS
ABR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,33
MAI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	6,45
JUN	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,33	2,00	1,00	3,33
JUL	5,00	5,00	16,13	3,00	3,00	10,00	4,00	4,00	12,90
AGO	10,00	8,00	25,81	4,00	4,00	12,00	7,00	5,00	16,13
SET	36,00	25,00	83,33	12,00	10,00	33,33	16,00	9,00	30,00
OUT	29,00	22,00	73,33	23,00	15,00	51,72	16,00	11,00	35,48
NOV	14,00	10,00	46,67	6,00	6,00	20,00	4,00	4,00	13,33
DEZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,22	1,00	1,00	3,23
MÉDIA	10,44	7,78	27,25	5,44	4,33	14,84	5,89	4,22	13,80

NOTA: Nº OC = número de ocorrências; Nº DIAS = número de dias com ocorrências; % DIAS = porcentagem de dias de meses com ocorrências

FONTE: O autor (2013)

Observando a distribuição mensal das variáveis meteorológicas, nos meses em que ocorreram os incêndios, nota-se que as temperaturas tenderam a

ser elevadas, ocorrendo o contrário com os valores da umidade relativa, o que contribuiu para fácil ignição e posterior propagação dos incêndios florestais. Chidumayo, Gambiza e Grundy (1996) comentam que, em regiões onde predomina o Miombo, a maior parte e os mais severos incêndios florestais ocorrem nos finais da época seca devido a disponibilidade de grandes quantidades de biomassa extremamente seca.

MICOA (2007) constatou a ocorrência de 503, 900, 2900 e 6000 incêndios associados a diversas causas nos meses de junho, julho, agosto e setembro do ano 2006 em toda província do Niassa. Portanto, os dados de ocorrência dos incêndios assemelham-se aos deste trabalho, pelo menos em tendências. É preciso realçar que este trabalho se refere apenas à ocorrência de incêndios em povoamentos florestais e a sua principal causa está associada aos incendiários, enquanto os dados de MICOA (2007) são genéricos e a principal causa dos incêndios está relacionada com a agricultura itinerante, o que não significa que esse fato desvaloriza a sua comparação.

#### 4.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS

Na Tabela 17 estão apresentadas médias mensais do grau de perigo dos índices FMA e Nesterov em função da variação da precipitação média mensal das duas estações do ano (verão e inverno). Observa-se que o grau de perigo médio, nos meses mais secos de maio a outubro, tende a variar de risco alto a muito alto (níveis 4 a 5 respectivamente) para ambos os índices, enquanto que no período chuvoso, com precipitação acima de 0,4 mm (novembro a abril) o grau de perigo tende a variar de nulo a médio (1 a 3). O grau de perigo muito alto tende a ser o mais predominante no decorrer de todos os anos estudados, estendendo-se por um período de 6 meses (de maio a outubro). Segundo Tetto (2012), essa distribuição não é a ideal, uma vez que a distribuição esperada para índices ajustados é uma curva normal com a predominância de dias no grau médio, decrescendo gradualmente para as classes mais extremas (grau nulo e muito alto).

No geral, os coeficientes de variação mensal do índice de perigo de Nesterov tendem a ser maiores do que o FMA, porém o coeficiente de variação dos

dois índices tende a ser mais acentuado nos meses chuvosos. Um dos fatores que contribui para a diferença mensal entre os coeficientes de variação dos índices de perigo está relacionado com o fato de que nos meses chuvosos a distribuição diária da precipitação varia bastante e como os valores dos dois índices são modificados em função da precipitação diária, fica claro que essas modificações vão se refletir nos valores dos coeficientes de variação.

TABELA 17 – COMPORTAMENTO DOS ÍNDICES DE PERIGO EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NO AMBIENTE DE LICHINGA

MESES	ANOS											
	2010				2011				2012			
	$P_{M(mm)}$	$M_{FMA}$	$CV\%_{FMA}$	GP	$P_{M(mm)}$	$M_{FMA}$	$CV\%_{FMA}$	GP	$P_{M(mm)}$	$M_{FMA}$	$CV\%_{FMA}$	GP
JAN	8,92	1,85	68,00	2	8,73	2,59	67,56	2	6,52	2,34	93,83	2
FEV	9,31	1,82	70,78	2	15,50	1,19	138,70	2	8,77	1,81	117,58	2
MAR	6,75	4,00	82,23	3	7,57	1,94	88,25	2	6,59	2,74	87,61	2
ABR	2,22	6,53	68,59	3	3,81	7,77	82,97	3	2,33	5,86	103,73	3
MAI	0,20	23,84	41,57	5	0,00	32,00	39,66	5	0,00	39,85	28,58	5
JUN	0,00	45,12	27,83	5	0,00	73,81	16,32	5	0,30	54,86	27,22	5
JUL	0,01	86,02	14,95	5	0,06	125,35	12,46	5	0,00	79,46	18,73	5
AGO	0,24	84,45	30,09	5	0,03	180,57	8,66	5	0,00	126,52	10,26	5
SET	0,01	109,81	13,90	5	0,00	235,61	6,81	5	0,02	170,77	7,65	5
OUT	0,15	148,37	10,30	5	0,00	291,37	6,09	5	0,00	223,73	8,35	5
NOV	1,36	22,94	149,03	4	4,64	78,70	160,27	3	1,87	195,48	47,49	4
DEZ	11,90	2,40	114,13	2	9,30	2,72	108,79	2	6,70	4,58	117,01	2
MESES	$P_{M(mm)}$	$M_G \cdot 10^2$	$CV\%_G$	GP	$P_{M(mm)}$	$M_G \cdot 10^2$	$CV\%_G$	GP	$P_{M(mm)}$	$M_G \cdot 10^2$	$CV\%_G$	GP
JAN	8,92	0,94	102,62	1	8,73	1,95	94,51	1	6,52	1,22	110,83	1
FEV	9,31	0,89	114,02	1	15,50	0,65	164,65	1	8,77	1,17	123,62	1
MAR	6,75	2,18	106,55	1	7,57	1,06	93,74	1	6,59	1,90	109,32	1
ABR	2,22	4,04	98,99	2	3,81	2,79	106,86	2	2,33	3,74	120,32	2
MAI	0,20	16,00	46,23	4	0,00	17,49	48,33	4	0,00	24,55	21,80	4
JUN	0,00	30,09	22,00	4	0,00	43,43	14,43	5	0,30	33,74	20,95	4
JUL	0,01	48,09	13,93	5	0,06	72,45	13,44	5	0,00	52,66	17,89	5
AGO	0,24	50,68	21,78	5	0,03	110,19	10,25	5	0,00	83,65	11,45	5
SET	0,01	76,25	16,83	5	0,00	152,40	8,50	5	0,02	117,00	8,71	5
OUT	0,15	123,23	10,59	5	0,00	211,38	11,11	5	0,00	174,44	14,62	5
NOV	1,36	29,04	111,12	4	4,64	58,20	174,26	3	1,87	177,34	45,84	4
DEZ	11,90	2,43	190,54	1	9,30	2,52	136,54	1	6,70	494,29	132,06	2

NOTA:  $P_{M(mm)}$  = precipitação média diária;  $M_{FMA}$  e  $M_G$  = índice de perigo médio FMA e Nesterov respectivamente;  $CV\%_{FMA}$  e  $CV\%_G$  = coeficiente de variação porcentual para os índices FMA e Nesterov e GP = grau de perigo

FONTE: autor (2013).

A influência dos valores da precipitação média diária no comportamento do grau de perigo mensal permite agrupar os meses do ano em função do grau de perigo de ocorrência dos incêndios (TABELA 18) da seguinte maneira:

a) Fórmula de Monte Alegre (FMA) - quando os valores da precipitação média diária de cada mês são inferiores a 1 milímetro, o grau de perigo é muito alto e isso acontece nos meses de maio a outubro. Quando a precipitação média mensal é igual ou superior a 1 milímetro, o grau de perigo varia de pequeno a alto. Isso ocorre nos meses de dezembro a abril.

b) Índice Nesterov (G) - agrupa os meses de dezembro a abril em valores de índices de perigo de incêndio que variam entre nulo a pequeno. Nesses meses, os valores da precipitação média diária de cada mês tendem a ser igual ou inferiores a 2 milímetros. E agrupa os meses de maio a novembro, período em que os valores dos índices de perigo variam de médio a muito alto e a precipitação média mensal é inferior a 2 milímetros.

TABELA 18 – AGRUPAMENTO DOS MESES DO ANO EM FUNÇÃO DO GRAU DE PERIGO E DA MÉDIA DIÁRIA DA PRECIPITAÇÃO

	PM (mm)	GP	MESES
FMA	< 1	Muito alto	MAI - OUT
	≥ 1	Pequeno - Alto	NOV - ABR
G	≥ 2	Nulo - Pequeno	DEZ - ABR
	< 2	Médio - Muito alto	MAI - NOV

NOTA: FMA = Fórmula de Monte Alegre; G = índice de Nesterov; PM = Precipitação média diária em milímetros e GP = grau de perigo

FONTE: O autor (2013).

O comportamento do grau de perigo nos 12 meses do ano, para os dois índices, encontra-se em conformidade com o padrão de distribuição do número de ocorrências de incêndios florestais em todos os meses do ano (FIGURA 8), visto que nos meses com grau de perigo alto e muito alto (maio a novembro), observa-se a ocorrência de aproximadamente 90% dos incêndios florestais. Cabe destacar que no mês de maio dos dois primeiros anos (2010 e 2011) não foi observada ocorrência. O desajuste das ocorrências em relação ao grau de perigo no mês de maio, deve-se ao fato de que, logo que as chuvas cessam, no mês de abril, os combustíveis florestais necessitam de um período para perder a umidade e ficarem suscetíveis a ignição e a fácil propagação dos incêndios florestais.

Na Figura 9 está apresentado o ajuste do grau de perigo dos índices FMA e Nesterov em função do número de ocorrências e dos meses dos anos. Para os dois índices, a função que melhor se ajustou foi uma parábola de concavidade virada para baixo. O grau de perigo máximo ocorreu no mês de agosto para os dois

índices, não obstante esse máximo seja atingido nos primeiros dias do mês pelo FMA e posteriormente pelo índice Nesterov.

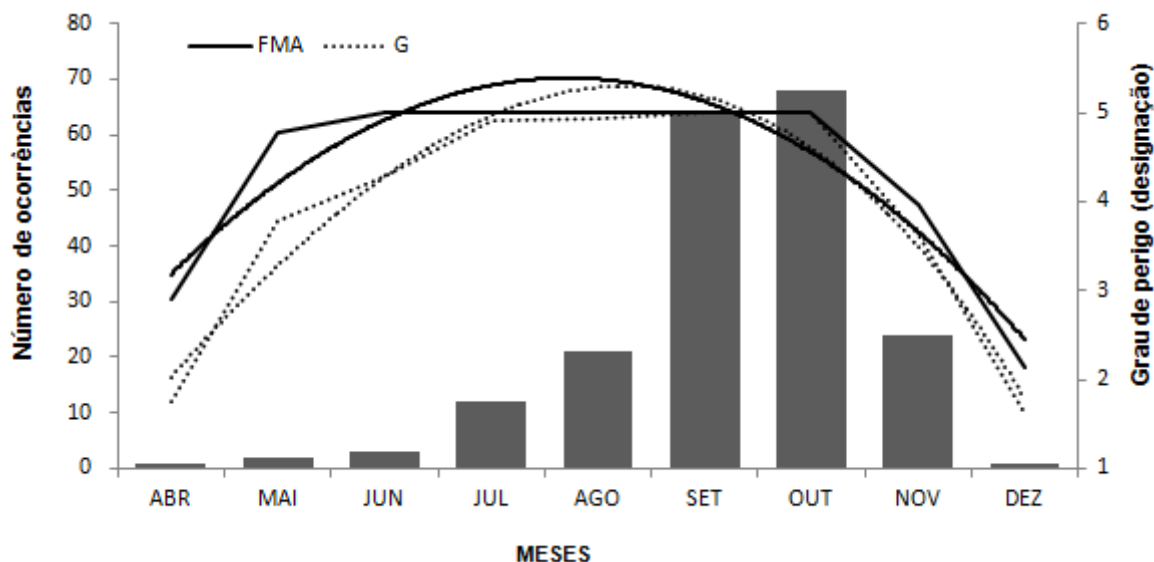


FIGURA 9 - COMPORTAMENTO MENSAL DO GRAU DE PERIGO DOS ÍNDICES FMA E NESTEROV (G)  
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se também que o ponto em que se atingiu o grau de perigo máximo na Figura 9, encontra-se dejustado do pico máximo do número de ocorrência dos incêndios que foram atingidos nos meses de setembro e outubro. Isso está provavelmente atrelado ao fato da ocorrência dos incêndios na região ser influenciada pelo comportamento humano, devido principalmente aos incendiários e às queimas para a agricultura itinerante, que normalmente ocorrem nos últimos meses do ano, quando se aproxima o período chuvoso.

#### 4.3.1 Desempenho dos índices de perigo de incêndios

Na Tabela 19 encontram-se representados os valores e o percentual dos números de dias previstos em cada classe de perigo de incêndios, observando-se que o maior número de dias favoráveis à ocorrência dos incêndios no período de 2010 a 2012 foram observados na classe de grau de perigo muito alto, distribuindo-

se em 577 e 416 dias para os índices de FMA e Nesterov, respectivamente. O ano de 2012 foi o ano com maior número de dias com ocorrência de perigo muito alto para o FMA, com 209 dias, representando 57,10% do ano, enquanto para o índice de Nesterov o maior número de dias com índice de perigo muito alto, observou-se não apenas no ano 2012, mas também no ano 2011 com 151 ocorrências, correspondendo a 41,37% e 41,26% para os anos 2011 e 2012 respectivamente. A segunda classe de grau de perigo com maior frequência, foi a de grau pequeno para o FMA, com um total de 196 dias (17,88%), enquanto que para o índice de Nesterov foi a classe de grau de perigo nulo com um total de 374 (34,12%).

TABELA 19 – PORCENTAGEM E NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA CLASSE DE GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIOS

GP	2010				2011			
	FMA		G		FMA		G	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	29	7,95	126	34,52	42	11,51	130	35,62
2	64	17,53	12	3,29	69	18,90	22	6,03
3	52	14,25	16	4,38	41	11,23	26	7,12
4	39	10,68	97	26,58	26	7,12	36	9,86
5	181	49,59	114	31,23	187	51,23	151	41,37
TOTAL	365	100,00	365	100,00	365	100,00	365	100,00
GP	2012				2010 - 2012			
1	41	11,20	118	32,24	112	10,22	374	34,12
2	63	17,21	15	4,10	196	17,88	49	4,47
3	35	9,56	13	3,55	128	11,68	55	5,02
4	18	4,92	69	18,85	83	7,57	202	18,43
5	209	57,10	151	41,26	577	52,65	416	37,96
TOTAL	366	100,00	366	100,00	1096	100,00	1096	100,00

NOTA: GP = grau de perigo N<sup>o</sup> = número de dias previstos; % = porcentagem de dias previstos  
 FONTE: O autor (2013)

Observou-se que, para o FMA, o grau de perigo muito alto ficou muito distante das demais classes em termos de porcentual de dias previstos (52,65%), enquanto que nas classes restantes os percentuais de dias previstos permaneceram próximos, 10,22%, 17,88%, 11,68% e 7,57% para os graus de perigo nulo, pequeno, médio e alto, respectivamente. No índice de Nesterov as classes de perigo nulo e muito alto ficaram próximas, com um porcentual de 34,12% e 37,96% para as classes nulo e muito alto. A classe de perigo alto apresentou um porcentual de 18,43%, enquanto que as classes de perigo pequeno e médio, estiveram muito próximas com um total de 4,47% e 5,02%.

A predominância do número de dias com grau de perigo muito alto também foi observado pelos autores Tetto (2012), Rodrigues (2012), Borges *et al.* (2011),



Nunes *et al.* (2010) e Nunes (2005), embora o segundo maior número de dias tenha ocorrido para o grau de perigo alto para quase todos os autores citados. No que se refere ao índice de Nesterov, Rodrigues (2012), analisando dados de 2191 dias em Pinar del Río (Cuba), observou a predominância da classe de perigo muito alto em 1756 dias, o equivalente a um percentual de 80,15%, seguida pela classe de perigo alto em 169 dias o equivalente 7,71%. Entretanto, os valores encontrados por esses autores não divergem muito dos encontrados neste trabalho, pelo menos no que diz respeito à predominância do grau de perigo muito alto para os dois índices.

A Figura 10 apresenta a distribuição do grau de perigo em função do número de dias, podendo-se observar que para o índice de Nesterov houve maior predominância dos graus de perigo muito alto, que ocorreram em 416 dias, seguidos pelos graus nulo (374 dias) e alto (202 dias). Para o índice FMA, também o grau de perigo muito alto ocorreu com maior frequência (557 dias), enquanto que as ocorrências dos graus nulo, pequeno e médio, foram quase uniformes, distribuindo-se em 112, 196 e 128 dias para os graus nulo, pequeno e médio respectivamente. O grau alto ocorreu com menor frequência (83 dias). Essa discrepância na distribuição dos graus de ocorrência em função dos números de dias para os dois índices provavelmente esteja relacionado com o fato desses índices usarem escalas diferentes e variarem nas condições usadas para a modificação do cálculo, tanto no intervalo de classes de chuva do dia, como nas porcentagens a abater quando se faz a modificação do cálculo.

Para ambos os índices, a função que melhor explica a distribuição do grau de perigo em função do número de dias é a função polinomial da terceira ordem com  $R^2 = 99,00\%$  para o FMA e  $99,84\%$  para o índice Nesterov (FIGURA 10).

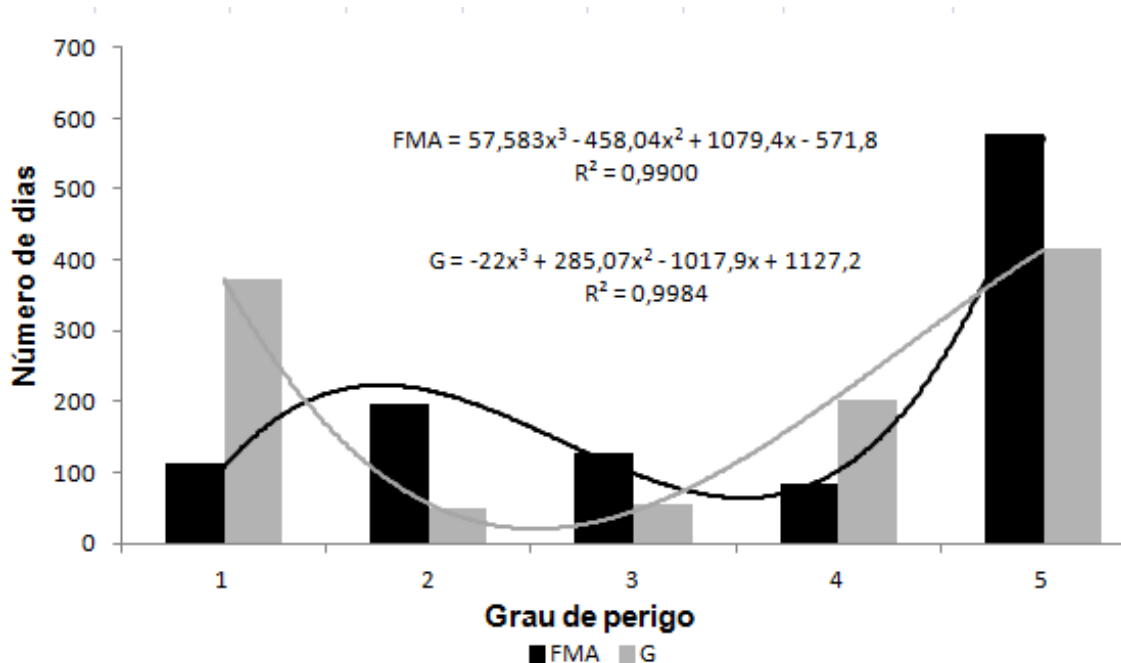


FIGURA 10 – COMPORTAMENTO DAS CLASSES DE PERIGO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE DIAS

NOTA: FMA = Fórmula de Monte Alegre; g = Índice de Nesterov

FONTE: O autor (2013)

Observando-se o comportamento das curvas ajustadas, o índice de Nesterov apresenta vantagens comparativas de uso na formulação de políticas de prevenção e alocação de recursos para combate aos incêndios florestais, visto que os graus de perigo nulo e pequeno indicativo de não ocorrência de incêndios ocorrem em 423 dias e o grau de perigo muito alto, indicativo de alerta vermelho, ocorre em 416 dias. Contrariamente ao FMA que os graus de perigo nulo e pequeno ocorrem em poucos dias (308 dias) e o grau de perigo muito alto ocorre com maior frequência (577).

Segundo Tetto (2012), a distribuição esperada para índices ajustados é a de maior número de dias na classe média, decrescendo gradualmente para as classes de perigo extremas (nulo e muito alto). Porém, a distribuição ideal é aquela em que o maior número de dias encontra-se entre as classes de grau de perigo nulo e pequeno, uma vez que estes são indicativos de não ocorrência de incêndios, decrescendo abruptamente para a classe média e chegando nos quartís das classe alto e muito alta com valores muito baixos ou se possível, não chegando na classe muito alta, como foi encontrado por Rodríguez (2012), ao ajustar o índice FMA<sup>+</sup> para região Pinal del Río. Essa afirmação também está de acordo com Nunes (2005), que parte da premissa de que o número de dias previstos em cada classe de perigo,

deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo. Para as curvas de grau de perigo em relação ao número de dias, nenhuma obedeceu a condição esperada de distribuição para índices ajustados, tão pouco o pressuposto da distribuição ideal, uma vez que os dois índices possuem maior frequência de dias no grau alto e muito alto. Mas quando comparando os dois índices, o Nesterov mostrou um melhor desempenho, visto que este teve 618 (56,39%) dias no grau de perigo alto e muito alto e 478 (43,60%) dias nos graus de perigo nulo, pequeno e médio, contrariamente ao FMA que teve 660 (60,21%) dias nos graus de perigo alto e muito alto e 436 (39,78%) dias para os graus de perigo nulo, pequeno e médio.

Segundo Nunes (2012) outra condição importante para ocorrência de incêndios florestais consiste na observação de uma tendência crescente do número de dias previstos partindo das classes de perigo nulo para muito alto. Essa tendência também não foi observada nos índices produzidos para o distrito de Lichinga, sugerindo que os índices devem ser ajustados. Mas olhando a tendência das curvas, o FMA se encontra mais próximo de obedecer essa tendência.

A despeito do desempenho dos índices, em relação a porcentagem de sucesso e ao *skill score*, foi criada uma tabela de contingência (TABELA 20) com valores do número de dias que os índices previram a ocorrência ou não ocorrência de incêndios (valores previstos) e o número de dias nos quais o evento realmente ocorreu (valores observados). No primeiro ano, os dois índices falharam ao prever a não ocorrência de incêndios em 138 e 93 dias para os índices Nesterov e FMA, respectivamente, mas tendo-se observado a ocorrência de 2 incêndios no mês de novembro. Como já era previsto pelo número de dias em que predominaram os graus de perigo alto e muito alto nos dois índices (FIGURA 10), o índice G previu menor número de dias (227 dias) de ocorrência de incêndios, contrariamente ao FMA que no mesmo ano, previu maior número de dias de ocorrência (272 dias), mas apenas observou-se a ocorrência de 52 incêndios. Assim sendo, não se pode afirmar que os índices falharam na predição de ocorrência dos incêndios, visto que eles preveem a ocorrência dos incêndios usando condição necessária (elementos do clima), e não condição suficiente, que seria um índice indicando o grau de perigo que varia de médio a muito alto e a probabilidade de um ser humano provocar um incêndio, levando em consideração que na área estudada 90% dos incêndios foram devido a causas antrópicas. No ano seguinte, o índice G falhou ao prever a não ocorrência de incêndios em 153 dias, mas terem se registrado 3 incêndios, enquanto

que o FMA mostrou-se mais favorável uma vez que em nenhum dia que ele previu a não ocorrência de incêndio, observou-se alguma ocorrência. Para o ano 2012, ambos índices mostraram um bom desempenho ao prever a não ocorrência de incêndios em 132 e 104 dias, não tendo sido observada nenhuma ocorrência nesse período.

TABELA 20 – VALORES DE CONTINGÊNCIA (OBSERVADOS E PREVISTOS) PARA OS ÍNDICES NESTEROV (G) E FMA

ANOS	ÍNDICES	CONDIÇÕES	VALORES	
			Observados	Previstos
			Nº de dias	Nº de dias
2010	G	Incêndio	52	227
		Não incêndio	2	138
	FMA	Incêndio	52	272
		Não Incêndio	2	93
2011	G	Incêndio	36	212
		Não incêndio	3	153
	FMA	Incêndio	39	254
		Não incêndio	0	111
2012	G	Incêndio	38	233
		Não incêndio	0	132
	FMA	Incêndio	38	262
		Não incêndio	0	104
2010 - 2012	G	Incêndio	126	672
		Não Incendio	5	424
	FMA	Incêndio	129	788
		Não incêndio	2	308

FONTE: O autor (2013)

No geral os dois índices previram maior número de dias com probabilidade de ocorrência de incêndios, 672 e 788 dias para o índice G e FMA, respectivamente. Essa tendência também foi observada por Tetto (2012), para o índice FMA; Rodrigues (2012), trabalhando com índices FMA, FMA+ e Nesterov; Borges *et al.* (2011), trabalhando com os índices Nesterov, FMA e FMA<sup>+</sup> em povoamentos de *Eucalyptus* no norte do Espírito Santo; Nunes *et al.* (2010), para a FMA e FMA<sup>+</sup> e Soares (1998), para o FMA. Mas uma tendência contrária, também foi encontrado por Nunes (2005), para os modelos ajustados FMAVE1 e FMAVE2.

Na Figura 11 estão representados os valores de *Skill Score* (SS) e Porcentagem de Sucesso (PS) calculados a partir dos valores apresentados na Tabela 20. Observa-se que os valores obtidos para o índice G apresentaram melhores resultados em todos os anos estudados, tanto para o SS como para a PS, comparativamente ao FMA. No ano 2010 os valores de SS encontrados foram 0,12

e 0,07 e os de PS foram 45,35% e 34,61% para o índice G e FMA respectivamente. Nos anos seguintes os valores foram: 0,10 e 0,08 para SS e 46,78% e 37,13% para o PS; 0,09 e 0,07 para SS e 42,18% e 35,15% para a PS e 0,11 e 0,07 para o SS e 44,82% e 35,62% de PS, para os anos 2011, 2012 e 2010-2012, respectivamente. O índice G apresentou melhor desempenho no ano 2011 se comparado com os demais anos.

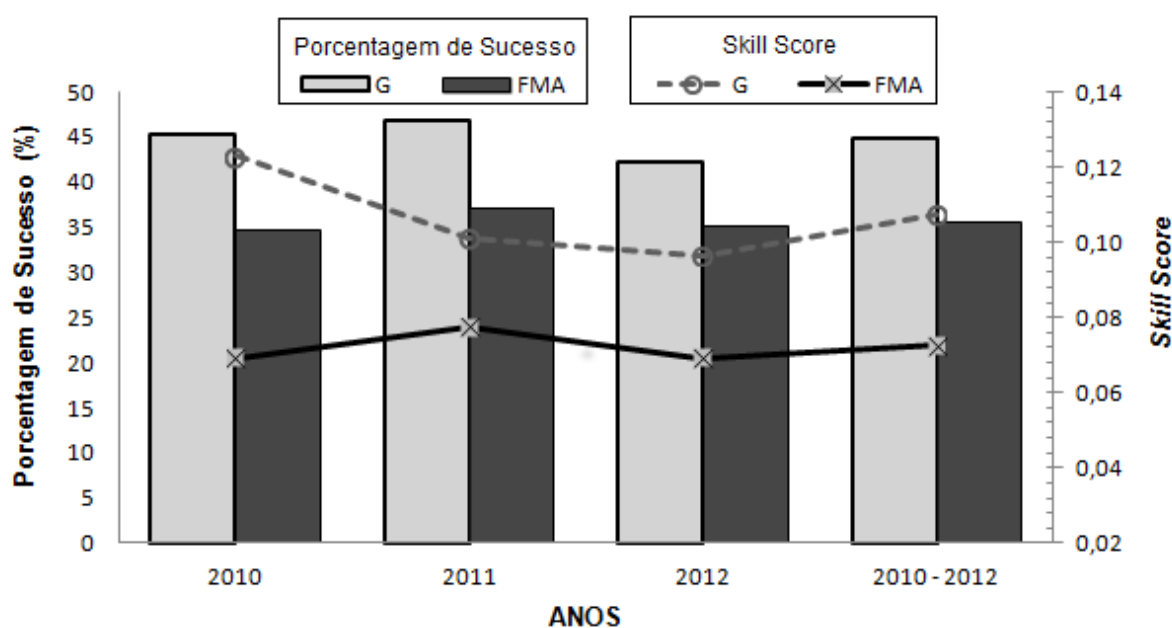


FIGURA 11 - VALORES DE *SKILL SCORE* E DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA OS ÍNDICES NESTEROV (G) E FMA  
 FONTE: O autor (2013)

Borges *et al.* (2011), avaliando o desempenho de três índices (FMA, FMA<sup>+</sup> e Nesterov) no norte do estado de Espírito Santo, encontrou que o FMA demonstrou pior desempenho com valores de 0,0945 e 38,54% para SS e PS, respectivamente, enquanto que o índice Nesterov mostrou-se como segundo melhor índice com valores de 0,12 e 46,75% para o SS e PS, respectivamente. O FMA<sup>+</sup> apresentou melhor desempenho, tendo se destacado como o melhor índice. Vários autores, tais como Rodríguez (2012), Tetto (2012), Borges *et al.* (2011) e Nunes *et al.* (2010), encontraram valores do SS inferiores a 0,01 e de PS iguais ou inferiores a 40% para o índice FMA. Esses valores, assemelham-se aos encontrados neste trabalho em todos os anos estudados, visto que os valores de SS para o FMA variaram de 0,0695 a 0,0778 e os de PS variaram de 34,61% a 35,62%. Um fato bastante curioso, é que na maior parte dos estudos realizados incluindo o índice FMA<sup>+</sup>, este

quase sempre mostrou desempenho superior se comparado aos demais índices (RODRÍGUEZ, 2012; BORGES *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2010), sugerindo a necessidade de que, em trabalhos futuros, sejam feitas comparações de desempenho dos índices para o ambiente de Lichinga incluindo a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa permitiram concluir que:

- i) os incêndios relacionados às causas antrópicas foram predominantes, sendo os incendiários e as queimas para limpeza da terra para agricultura as principais causas nos três anos estudados;
- ii) o comportamento das variáveis meteorológicas permitiu agrupá-las em dois grupos que definem as estações do ano (verão e inverno) e conseqüentemente o clima da região estudada. A maior parte dos incêndios, ocorreu na estação seca, tendo início normalmente em maio e atingindo o pico nos meses de setembro e outubro, terminando quando iniciam as primeiras chuvas no final de novembro;
- iii) o comportamento das variáveis meteorológicas durante o dia influenciou na ocorrência dos incêndios tendo se observado que a maior parte dos incêndios ocorreram nas horas do dia em que as temperaturas eram altas e a umidade relativa baixa (das 13 às 15 horas). As ocorrências devido aos incendiários, foi a única causa que não foi regulada apenas pelas condições climáticas, mas também pelo comportamento dos incendiários que em várias circunstâncias ateam fogo nos plantios no período de noite;
- iv) os valores de *skill score* e de porcentagem de sucesso indicaram que o índice Nesterov teve maior número de acertos na predição das ocorrências dos incêndios nas condições do distrito de Lichinga, demonstrando ser mais adequado para as condições climáticas deste distrito quando comparado com a Fórmula de Monte Alegre.

## 6 PREDIÇÃO DAS TENDÊNCIAS FUTURAS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM POVOAMENTOS FLORESTAIS DA CHIKWETI

Os resultados de ocorrência dos incêndios nos três anos estudados mostraram que aproximadamente 90% das ocorrências estiveram relacionadas em primeiro lugar com incendiários e em segundo com a queima para limpeza de terras para a agricultura e outras práticas, tendo provocado perdas estimadas em 3468 ha de área plantada. Para mitigar esses incêndios e evitar situações similares no futuro, as empresas florestais devem trabalhar conjuntamente com as comunidades locais, estruturas governamentais e não governamentais como forma de melhorar a educação e a participação das comunidades rurais no manejo do fogo (emponderamento<sup>3</sup> comunitário no uso do fogo). A limpeza de terras para cultivo agrícola com uso do fogo deve ser auxiliada e monitorada pelas empresas florestais e estruturas locais em dias e horas apropriadas em que o perigo de incêndio é relativamente baixo.

É importante que sejam feitos estudos mais abrangentes complementares a este para refutar ou validar os resultados encontrados neste trabalho, o mais cedo possível antes que as empresas florestais tomem decisões precipitadas sobre as políticas de manejo do fogo em povoamentos florestais. É também pertinente, que se aprimorem técnicas sobre silvicultura preventiva nas empresas florestais que operam na província do Niassa, particularmente na Chikweti. Segundo Soares (2002), a silvicultura preventiva consiste em técnicas de redução dos combustíveis florestais e redução dos riscos de ocorrência dos incêndios tais como a construção de aceiros, controle químico e mecânico de plantas infestantes, queimadas prescritas etc. Em outras palavras, silvicultura preventiva consiste em algumas técnicas silviculturais que visam obter povoamentos florestais bastante resistentes a ocorrência e propagação dos incêndios (VÉLEZ, 2000).

---

<sup>3</sup> **Empoderamento**, significa uma ação coletiva desenvolvida por indivíduos que possuem um objetivo em comum quando participam de espaços privilegiados de decisões, de consciência social dos direitos sociais. O empoderamento possibilita a aquisição da emancipação individual e também da consciência coletiva necessária para a superação da dependência social e dominação política. O empoderamento devolve o poder e dignidade a quem desejar o estatuto de cidadania, e principalmente a liberdade de decisão e controle com responsabilidade e respeito aos outros.



O estabelecimento de uma legislação eficiente e aplicação de penalidades severas aos infratores (incendiários) é um outro instrumento importante a ser considerado na prevenção dos incêndios florestais. As diretrizes para o manejo do fogo nas zonas rurais é também uma ferramenta bastante importante para regular o uso do fogo e orientar as leis vigentes nessa área (SOARES, 2002; MORGERA; CIRELLI, 2009).

No que diz respeito aos índices de perigo de incêndios, em todo o mundo os índices têm se mostrado um bom instrumento de planejamento e alocação de recursos no combate aos incêndios florestais. No Brasil, quase todas as propriedades florestais privadas, incluindo os parques e reservas florestais, usam índices de perigo de incêndios que foram desenvolvidos e ajustados para condições e locais específicos. A empresa Chikweti Forest of Niassa e outras empresas florestais que operam em Niassa já possuem esses índices desenvolvidos neste trabalho e aconselha-se que numa primeira fase, passem a usar o índice de Nesterov que mostrou um melhor desempenho para as condições de Lichinga, enquanto pesquisas mais detalhadas (produção, comparação e ajuste) de novos índices estejam a ser feitas. O índice de Nesterov é fácil de usar, visto que este envolve uma fórmula simples com duas variáveis (temperatura e déficit de saturação do ar) podendo ser calculado em três passos.

Nos dias de grau de perigo alto e muito alto, que são os mais predominantes durante o ano (março a outubro), aconselha-se que as equipes de bombeiros bem treinadas e disciplinadas fiquem preparadas, em posições estratégicas, com suplementos suficientes para que possam mitigar os incêndios florestais com pouco tempo de resposta, evitando grandes perdas. É importante uma colaboração entre as empresas florestais que operam em Niassa, no que diz respeito à prevenção e combate aos incêndios florestais, como forma de reduzir os custos e garantir que em dias com incêndios de grandes proporções exista ajuda entre as empresas florestais.

O desenvolvimento de índices de perigo de incêndios com variáveis meteorológicas que aumentem a precisão nas predições dos índices é outra tarefa importante, que as empresas florestais devem considerar. Caso estas e outras medidas não sejam implementadas num futuro próximo, não restam dúvidas que a situação de ocorrência de incêndios em povoamentos da empresa Chikweti e outras empresas florestais vai ser ainda mais alarmante.

## REFERÊNCIAS

- ADENEY, J. M.; CHRISTENSEN-JR, N. L.; PIMM, S. L. Reserves protected against deforestation fires in the Amazon. **PLoS ONE** United Kingdom, n. 4, v. 4, p. 12, 2009.
- ALAUZIS, M. V.; MAZZARINO, M. J.; RAFFAELE, E.; ROSELLI, L. Wildfire in NW Pantagonia: long-term effects on a *Nothofagus* forest soil. **Forest Ecology and Management**, v. 192, 2003. p. 131 – 142.
- AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. de C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ci. FI.**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83 – 92, 2011.
- BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo**. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; ROSA DOS SANTOS, A.; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de *Eucalyptus* no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 153 – 159, 2011.
- BOSCHETTI, L.; BRIVIO, P. A.; GREGOIRE, J. M. The use of Meteosat and GMS imagery to detect burned areas in the tropical environments. **Remote Sensing of Environment**. v. 85, maio, 2003, p. 78 – 91. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/rse>. Acesso em: 22/05/2013
- CARMONA-MORENO, C.; BELWARD, A.; MALINGREAU, J. P.; HARTLEY, A.; GARCIA-ALGERE, M.; ANTONOVSKIY, M.; BUSCHSHTABER, V.; PIVOVAROV, V. Characterizing interannual variations of global fire calendar using data from Earth observing satellites. **Global Change Biological**, v. 11, p. 1537 – 1555, 2005.
- CENTENO, J. A. S. **Sensoreamento remoto e processos de imagens digitais**. Curitiba, 2009. 209 p.
- CHIDUMAYO, E.; GAMBIZA, J.; GRUNDYI. Managing Miombo woodlands. In: CAMPBELL, B. de (Ed.) **The Miombo in transition: woodland and welfare in Africa**. Center for International Forestry Research (CIFOR): Bogor, Indonesia, 1996. p. 175 – 193.
- CHOI, S. D.; CHANG, Y. S.; PARK, B. K. Increase in carbon emissions from forest fires after intensive reforestation and forest management programs. **Science of the Total Environment**, v. 372, p. 225 – 235, 2006.
- COSTA-NETO, P. L. O. C. **Estatística**. 2. ed, São Paulo, 2007. 266 p.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**, v. 84, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 1990, p. 82 - 102.

FERNANDES, P. M.; RIGOLOT, E. The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Forest Ecology and Management**, v. 241, p. 1 - 13, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Fire management global assessment**. Rome, 2007. 135 p. (Forest paper 151).

\_\_\_\_\_. **Fire management: voluntary guidelines principles and strategic actions**. Rome, 2008. 63 p. (Working paper FM17E).

\_\_\_\_\_. **State of the world's forests**. Rome, 2012.

FROST, P. The ecology of Miombo woodlands. In: CAMPBELL, B. de (Ed.) **The Miombo in transition: woodland and welfare in Africa**. Center for International Forestry Research (CIFOR): Bogor, Indonesia, 1996. p. 11 – 57.

GOLDAMMER, J. G.; PEÑAFIEL, S. R. Fire in the pine-grassland biomes of tropical and subtropical Asia: In GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. v. 84. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 1990. p. 45 - 80.

HALTENHOFF, H. D. **Silvicultura preventiva**. Santiago: Corporacion Nacional Forestal, v. 18, (Manual Técnico), 1998. 40 p.

HEIKKILÄ, T. V.; GRÖNQVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Wildland fire management, handbook for trainers**. Ministry for Foreign Affairs of Finland, Development Policy Information Unit, Helsinki, 2007. 248 p.

HOUGH, L. J. Why burn the bush? Social approaches to bush-fire management in the west African National Parks. **Biological Conservation**, v. 65, 1992, p. 23 – 28.

HUMAN DEVELOPMENT REPORT 2004. **Cultural liberty in today's diverse world**. United Nations Development Programme (UNDP), 2004.

\_\_\_\_\_. **2013. The rise of the south: human progress in a diverse world**. United Nations Development Programme (UNDP), 2013.

ICHOKU, C.; KAHN, R.; ICHOKU, C. Satellite contributions to the quantitative characterization of the biomass burning for climate modeling. **Atmospheric Research** (ScienceDirect), v. 111, p. 1 - 28, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (INDE). **Atlas de Moçambique**. Maputo-Moçambique, 2009. 81 p.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE (ICSU). **Natural and human-induced hazards and disasters in sub-saharan Africa**. Regional office for Africa Science plan: Seychelles, 2007.

\_\_\_\_\_. **Global environmental change: including climate change and adaptation in sub-saharan africa**. Regional office for Africa Science plan. Seychelles, March, 2008.

JOHNSTON, M.; WILLIAMSON, T.; PRICE, D.; SPITTLEHOUSE, D.; WILLISTEAD, A.; GRAY, P.; ASKEW, S.; WEBBER, S. **Impacts of climate change in Canada: research integration program**. BIOCAP- Canada, 2006.

KÜÇÜK, Ö.; BILGİLİ, E.; SAĞLAM, B.; BAŞKAYA, Ş.; DURMAZ, B. Some parameter affecting fire behavior in Anatolian black pine slash. **Turkey Journal of Agricultural**. Turkey. ed. 32, v. 1, p. 121 – 129, 2007.

LANDRY, J.; CHIRWA, P. W. Analysis of the potential socio-economic impact of establishing plantation forestry on rural communities in Sanga district, Niassa province, Mozambique. **Land Use Policy**, v. 28, p. 542 – 551, 2011.

MACHADO, M. A. de M.; SEDIYAMA, G.C.; COSTA, J. M. N. da; COSTA, M. H. Duração da estação chuvosa em função das datas de início do período chuvoso para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 2, p. 73 - 79, 1996.

MARZOLI, A. **Inventário florestal nacional: avaliação integrada da floresta em Moçambique (AIFM)**. Direção Nacional de Terras e Florestas; Departamento de Inventário de Recursos Naturais: Maputo, 2007.

MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE), República de Moçambique. **Perfil do distrito de Lichinga**. Província de Niassa: MAE, 2005a. 54 p.

\_\_\_\_\_. República de Moçambique. **Perfil do distrito do Lago**. Província de Niassa. MAE, 2005b. 62 p.

\_\_\_\_\_. República de Moçambique. **Perfil do distrito de Sanga**. Província de Niassa: 2005c. 52 p.

MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO E AÇÃO AMBIENTAL (MICOA), República de Moçambique. **Plano de ação para prevenção e controle às queimadas descontroladas 2008 - 2018**. 2007. 46 p.

MINUZZI, R. B. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (agriambi)**, Campina, v. 14, n. 12, p. 1288 – 1293, 2010.

MINUZZI, R. B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 227 – 236, 2007.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H.; BORROZINO, E. Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 471 – 479, 2010.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; JÚNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338 – 344, 2007.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; JÚNIOR, J. C. F.; CATALUNHA, M. J. Estudo climático do comportamento do período chuvoso no Estado de Minas gerais. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 266 – 275, 2006.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada a probabilidade para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC editor 2003. 462 p.

MORGERA, E.; CIRELLI, M. T. **Forest fires and law: a guide for national drafters based on the fire management voluntary**. Rome, 2009. 161 p. (Legislative study).

MORAIS, J. C. M. **Principais causas dos incêndios florestais e queimadas**. IBAMA/ PREVFOGO: Brasil, 2011. p. 1 – 35.

MOREIRA, F.; REGO, F. C.; FERREIRA, P. G. Temporal (1958 - 1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. **Landscape Ecology**, Holanda, v. 16, p. 557 - 567, 2001.

MUELLER-DOMBOIS, D.; GOLDAMMER, J. G. Fire in tropical ecosystems and global environmental change: an Introduction. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**. v. 84. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 1990. p. 1 - 9.

NEUMANN, M. **Aspectos técnicos e econômicos da proteção contra incêndios florestais em povoamentos de *Pinus spp.*** 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

NUBE, T. **Impacto socioeconômico das plantações florestais em Moçambique: um estudo de caso da província de Niassa**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>) no Distrito Florestal de Monte Alegre. **Revista Floresta**, v. 40, n. 2, p. 319 – 326, 2010.

NUNES, J. R. S. Índices de perigo de incêndios florestais: a experiência paranaense. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**, Curitiba, 2009. p. 53 – 132.

\_\_\_\_\_. **Efeitos das mudanças climáticas sobre os índices de perigo de incêndios florestais**. 57 f. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2008. (Relatório de pesquisa).

\_\_\_\_\_. **FMA<sup>+</sup>** - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil. 169 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PEKIN, B. K.; WITTKUHN, R. S.; BOER, M. M.; MACFARLANE, C.; GRIERSON, P. F. Response of plant species and life form diversity to variable fire histories and biomass in the jarrah forest of south-west Australia. **Austral Ecology: a journal of ecology in the southern Hemisphere**, V. 37, p. 330 – 338, 2001.

RIBEIRO, A. **Natural resource management policy in Mozambique: an overview**. University of Liverpool, 2001.

RIBEIRO, N. S.; SHUGART, H. H.; SWAP, R. J.; OKIN, G. S. Five-years period of fire regime in the Miombo woodlands of Niassa Reserve, Mozambique. **International Journal of Wildland Fire**, p. 101 - 133, 2008.

RODRÍGUEZ, M. P. R. **Desempeño de los Índices de Nesterov, Fórmula de Monte Alegre y Fórmula de Monte Alegre alterada en la empresa Forestal Macurije Pinar del Río, Cuba**. 109 f. Tese (Pós-doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SERRA, JR. C.; CHICUE, J. **Lei de floresta e fauna bravia comentada**. Centro de Formação Jurídica e Judiciária; Edições Kapicua: Maputo, v. 1, 2005. 343 p.

SIBANDA, C. **Modelling forest fire behaviour and carbon emission in the Ludikhola Watershed, Gorkha District, Nepal**. 81 p. (Mestrado em Ciências de Geo-informação e Observação da Terra) - Faculdade de Ciências de Geo-informação e Observação da Terra, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2011.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 22, p. 39 - 53, 1994.

\_\_\_\_\_. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Revista Cerne**, v. 4, n 1, p. 87 – 99, 1998.

\_\_\_\_\_. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, p. 11 - 21, 2002.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeito e usos do fogo**. Curitiba, 2007, 250 p.

\_\_\_\_\_. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2004.195 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, C. A.; NUNES, J. R. S. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. 2. ed. Curitiba, 2008. 55 p.

TETTO, A. F. **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.; NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V. Subsídios à prevenção e combate a incêndios florestais com base no comportamento da precipitação pluviométrica na floresta nacional de Irati, Paraná. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 33 – 43, 2010.

VÉLEZ, R. **La lucha contra los incendios forestales: fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw Hill, 2000.

WILLIAMS, J.; ALBRIGHT, D.; HOFFMANN, A. A.; ERITSOV, A.; MOORE, P. F.; DE MORAIS, J. C. M.; LEONARD, M.; MIGUEL-AYANZ, J. S.; XAMTHOPOULOS, G.; VAN LIEROP, I. P. **Findings and implications from a coarse-scale global assessment of recent selected mega-fires**. Rome: FAO, 2013.19 p.

WHELAN, R. J. **The ecology of fire**. Cambridge Studies in Ecology. Department of Biological Sciences, University of Wollongong, Australia. Cambridge University, 1998. 343 p.

ZOLHO, R. **Effect of fire frequency on the regeneration of Miombo Woodland in Nhambita, Mozambique**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Recursos naturais) - Universidade de Edimburgo, 2011.

ZUCULE, J. N. **Quantificação de queimadas e incêndios em Moçambique usando imagens satélites**. 83 f. Monografia (Licenciatura em Engenharia Florestal) – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2003.

ZUMBRUNNEN, T.; PEZZATTI, G. B.; MENÉNDEZ, P.; BUGMANN, H.; BÜRGI, M.; CONEDERA, M. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. **Forest Ecology and Management (ScienceDirect)**, v. 261, p. 210 – 219, 2011.

## OBRAS CONSULTADAS

BUENO, S. **Minidicionário de língua portuguesa**: revisado conforme a nova ortografia. Editora FTD: São Paulo, 2007. 865 p.

DICIONÁRIOS ACADÉMICOS: Dicionário Inglês-Português, Português-Inglês. Portugal editora: Porto, 2007. 700 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos, 2**: teses, dissertações, monografias e outros trabalhos acadêmicos. Universidade Federal do Paraná. v. 2. Editora UFPR, 2007. 101 p.

\_\_\_\_\_. **Normas para apresentação de documentos científicos, 3**: citações e notas de rodapé. Universidade Federal do Paraná. v. 2. Editora UFPR, 2007. 53 p.

\_\_\_\_\_. **Normas para apresentação de documentos científicos, 4**: referências. Universidade Federal do Paraná. v. 2. Editora UFPR, 2007. 118 p.



## APÊNDICE

TABELA 21 – ESTATÍSTICAS MENSIS DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS (TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA) PARA OS ANOS 2010, 2011 E 2012.

MESES	TEMPERATURA (°C)															
	2010				2011				2012				TOTAL			
	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%
JAN	21,60	18,25	19,84	4,28	20,30	17,60	19,35	3,72	22,25	17,15	19,94	5,62	22,25	17,15	19,71	4,77
FEV	21,05	18,30	19,93	2,96	19,25	16,35	18,34	4,04	22,95	17,10	20,75	6,51	22,95	16,35	19,68	6,96
MAR	20,55	17,05	19,22	4,84	20,30	17,10	18,98	4,06	21,80	15,80	20,06	7,98	21,80	15,80	19,42	6,33
ABR	20,70	16,90	19,17	4,70	19,50	15,60	18,20	5,38	20,25	15,00	17,92	8,20	20,70	15,00	18,43	6,78
MAI	19,50	15,80	18,16	5,29	19,30	15,60	17,54	5,76	18,85	15,05	16,95	6,08	19,50	15,05	17,55	6,33
JUN	17,50	12,90	15,11	8,01	20,95	13,25	16,06	9,40	19,45	13,85	16,34	9,91	20,95	12,90	15,84	9,66
JUL	16,95	12,85	14,86	8,14	18,25	13,80	15,88	7,68	19,15	12,65	15,94	8,09	19,15	12,65	15,56	8,55
AGO	16,55	12,60	15,06	7,11	18,15	14,78	16,48	5,40	22,00	14,65	17,90	7,77	22,00	12,60	16,48	9,77
SET	20,25	15,55	17,85	4,93	20,15	16,10	17,57	5,75	19,65	17,05	18,21	4,28	20,25	15,55	17,88	5,15
OUT	23,15	18,55	20,80	6,49	22,60	17,38	20,93	5,73	23,70	15,40	21,07	8,83	23,70	15,40	20,93	7,07
NOV	22,95	18,35	21,50	4,61	23,33	18,73	21,87	6,63	24,60	16,30	22,24	9,98	24,60	16,30	21,87	7,13
DEZ	21,95	16,65	19,18	6,57	22,35	18,73	20,25	4,39	23,05	19,00	21,32	4,97	23,05	16,65	20,25	6,86
MEDIA	20,23	16,15	18,39	5,66	20,37	16,25	18,45	5,66	21,48	15,75	19,05	7,35	21,74	15,12	18,63	7,11

MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)															
	2010				2011				2012				TOTAL			
	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%
JAN	38,20	0,00	8,92	126,80	63,90	0,00	8,73	158,26	28,60	0,00	6,52	136,28	63,90	0,00	8,06	136,67
FEV	42,20	0,00	9,31	106,33	47,00	0,00	15,50	89,05	33,40	0,00	9,71	111,79	47,00	0,00	11,57	101,81
MAR	45,80	0,00	6,75	174,25	22,10	0,00	7,57	104,43	27,50	0,00	6,59	132,56	45,80	0,00	6,97	136,79
ABR	13,10	0,00	2,22	161,50	22,60	0,00	3,81	173,60	30,90	0,00	2,87	228,65	30,90	0,00	2,97	193,41
MAI	5,10	0,00	0,20	457,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00	0,07	797,14
JUN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	0,00	0,30	451,69	7,20	0,00	0,10	788,76
JUL	0,20	0,00	0,01	558,00	1,80	0,00	0,06	551,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,02	883,50
AGO	5,20	0,00	0,24	410,54	2,60	0,00	0,12	410,54	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00	0,12	527,84
SET	0,30	0,00	0,01	550,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,02	553,85	0,65	0,00	0,01	710,53
OUT	4,60	0,00	0,15	559,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	0,05	970,43
NOV	17,70	0,00	1,36	274,94	14,20	0,00	1,61	229,34	28,40	0,00	1,87	362,57	28,40	0,00	1,61	303,72
DEZ	59,50	0,00	11,90	115,68	37,40	0,00	9,30	99,66	49,50	0,00	6,70	171,49	59,50	0,00	9,30	126,00
MEDIA	19,33	0,00	3,42	291,25	17,63	0,00	3,89	151,33	17,18	0,00	2,88	179,07	25,00	0,00	3,40	473,05

Continua

Conclusão

MESES	UMIDADE RELATIVA (%)															
	2010				2011				2012				TOTAL			
	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%	Máx	Mín	Méd	CV%
JAN	100,00	69,00	84,19	9,07	94,00	46,00	72,35	15,87	98,00	66,00	84,42	10,82	100,00	46,00	80,32	13,71
FEV	100,00	54,00	79,07	14,24	100,00	56,00	80,46	12,73	94,00	62,00	78,39	10,75	100,00	54,00	79,16	12,62
MAR	98,00	69,00	84,26	9,15	96,00	67,00	84,00	8,46	100,00	50,00	81,48	17,49	100,00	50,00	83,25	12,23
ABR	100,00	67,00	83,60	9,39	96,00	57,00	83,57	11,24	100,00	52,00	82,38	14,80	100,00	52,00	83,18	11,88
MAI	90,00	51,00	72,84	13,67	100,00	56,00	72,94	14,55	100,00	52,00	79,62	14,57	100,00	51,00	75,13	14,77
JUN	96,00	51,00	74,57	16,86	91,00	48,00	75,73	14,42	94,00	53,00	75,13	16,42	96,00	48,00	75,14	15,76
JUL	98,00	46,00	74,74	3,05	89,00	21,00	59,48	25,81	93,00	34,00	65,39	22,05	98,00	21,00	66,54	23,14
AGO	95,00	38,00	64,52	21,47	91,50	49,50	68,26	16,53	98,00	51,00	72,00	18,24	98,00	38,00	68,26	19,07
SET	85,00	37,00	60,27	17,82	85,00	26,00	58,27	22,60	75,50	46,00	59,77	12,01	85,00	26,00	59,43	17,78
OUT	76,00	36,00	53,23	19,24	70,00	41,00	53,50	14,99	80,00	32,00	53,77	22,30	80,00	32,00	53,50	18,88
NOV	92,00	41,00	58,17	19,79	89,00	49,50	60,88	16,49	96,00	49,00	63,60	19,75	96,00	41,00	60,88	18,89
DEZ	100,00	54,00	77,84	17,45	91,50	64,00	78,08	9,77	98,00	59,00	78,32	15,14	100,00	54,00	78,08	14,32
MEDIA	94,17	51,08	72,27	14,27	91,08	48,42	70,63	15,29	93,88	50,50	72,86	16,19	96,08	42,75	71,91	16,09

FONTE: O autor (2013)

TABELA 22 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

TEMPERATURA (oC)							
FV	GL	SQ	QM	F-crit	Fcal	p	D.M.S
ANOS	2	9,96	4,98	4,91	9,80**	0,001**	0,4
MESES	11	403,61	36,69	2,5	72,26**	0,001**	1,13
ANOS*MESES	22	30,53	1,39	1,1	2,73**	0,001**	1,40A/1.97M
PRECIPITACAO (mm)							
FV	GL	SQ	QM	F-crit	Fcal	p	D.M.S
ANOS	2	34,75	17,37	3,12	2,79 <sup>ns</sup>	0,068 <sup>ns</sup>	
MESES	12	1789,8	162,71	2,5	26,1**	0,001**	3,98
ANOS*MESES	22	148,75	6,76	1,69	1,09 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	
UMIDADE RELATIVA (%)							
FV	GL	SQ	QM	F-crit	Fcal	p	D.M.S
ANOS	2	207,02	103,51	3,12	4,65*	0,02*	2,66
MESES	11	9202,56	836,6	2,5	37,57**	0,001**	7,51
ANOS*MESES	22	11178,07	53,55	2,1	2,40**	0,003**	9,23A/13,01M

NOTA: FV = Fonte de variação, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, F-crit = Valor de F tabelado, Fcal = valor de F calculado, D.M.S = Diferença Mínima Significativa, A = entre os anos, M = entre os meses, \*\* = significativo a 1%, \* = significativo a 5%, ns = não significativo

FONTE: O autor (2013)