

JOSÉ RENATO SOARES NUNES

FMA<sup>+</sup> - UM NOVO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS  
FLORESTAIS PARA O ESTADO DO PARANÁ -  
BRASIL

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau e título de “Doutor em Ciências Florestais”.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

CURITIBA  
2005



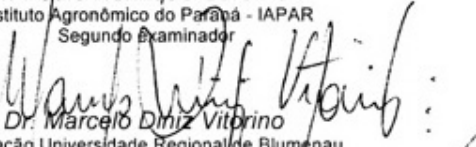
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

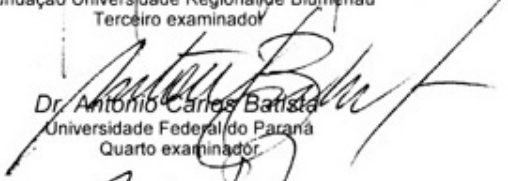
**PARECER**  
Defesa nº. 599

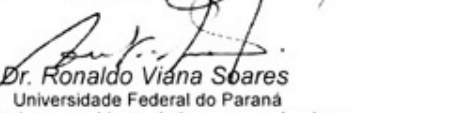
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) **José Renato Soares Nunes** em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná - Brasil**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.

  
Dr. Guido Assunção Ribeiro  
Universidade Federal de Viçosa  
Primeiro examinador

  
Dr. Paulo Henrique Caramori  
Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR  
Segundo examinador


  
Dr. Marcelo Dimiz Vitprino  
Fundação Universidade Regional de Blumenau  
Terceiro examinador

  
Dr. Antonio Carlos Batista  
Universidade Federal do Paraná  
Quarto examinador

  
Dr. Ronaldo Viana Soares  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 29 de abril de 2005.

  
Graciela Ines Bolzon de Muniz  
Coordenador de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Carlos Roberto Sanquetta  
Vice-Coodenador do Curso

dedico essa tese  
à memória de meu pai,  
à minha mãe,  
à Avany,  
à Elisa e Ana, minhas filhas.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**JOSÉ RENATO SOARES NUNES**, filho de Iracy Nunes e Yolanda Soares Nunes nasceu em Castelo, Estado do Espírito Santo, aos 29 de maio de 1955.

Concluiu o curso primário em 1965 no Grupo Escolar Nestor Gomes.

Conclui o curso ginásial em 1969 e o curso científico em 1972 no Colégio Estadual e Escola Normal João Bley, em Castelo, Espírito Santo.

Concluiu o curso técnico em contabilidade em 1972 no Colégio Comercial de Castelo, em Castelo, Espírito Santo

Em 1973, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Engenharia Florestal no ano de 1976.

Trabalhou na MANASA – Madeireira Nacional S/A, como Engenheiro Assistente dos Departamentos de Manejo Florestal e Silvicultura, no período de 1977 a 1978, em Guarapuava, Estado do Paraná.

Em março de 1979, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos necessários para o grau de “Magister Scientiae”, em outubro de 1981.

De julho de 1981 a junho de 1983 fez Curso de Especialização em Informática na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De março a julho de 1984 foi professor do Curso de Especialização em Teleinformática na Universidade de Brasília.

De janeiro de 1984 a abril de 1994 foi professor das disciplinas Sistemas de Computação e Redes de Computadores e Teleprocessamento nos Cursos de Programação e Análise de Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De agosto de 1984 a outubro de 1991 foi Coordenador da Divisão de Suporte a Usuários do Rio Datacentro na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De março de 1992 a julho de 1993 foi Coordenador de Projetos e Gerente de Desenvolvimento de Sistemas da Cetil Informática S/A, no Rio de Janeiro.

De outubro de 1993 a julho de 1994 foi Diretor do Centro de Processamento de Dados da Universidade do Rio de Janeiro – UNIRIO.

De julho de 1994 a maio de 1999 foi Pesquisador Sênior da Companhia Paranaense de Energia Elétrica, trabalhando na implantação do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

De junho de 1999 a junho de 2000 foi Sócio Gerente da Foxsoft - Consultoria e Informática Ltda, em Curitiba, Estado do Paraná.

De setembro de 2000 a março de 2003 foi Analista de Suporte de Sistemas da Intranet Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

Em abril de 2003 iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Florestal, na área de Conservação da Natureza, na linha de pesquisa Ecologia, Controle e Uso do Fogo na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

Desde julho de 2003 é professor substituto do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, através de seu Departamento de Ciências Florestais, que possibilitou a realização desse curso.

Ao Professor Ronaldo Viana Soares pela dedicação, amizade e ensinamentos preciosos, transmitidos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Antônio Carlos Batista, Nilton José Sousa e à Professora Daniela Biondi pelos ensinamentos, paciência, colaboração e amizade no decorrer de todo o curso.

Aos Pesquisadores Ivan Crespo Silva e Leocádio Grodzki pela amizade e colaboração.

À professora Laura Sánchez García pelas sugestões, amizade e apoio nas horas mais difíceis.

Aos colegas de curso Alexandre Beutling, Carina Kozera, Letícia de Paulo Koproski, Luiz Antonio Nunes de Melo e Marcos Alves pela amizade.

Ao Instituto Tecnológico Simepar pelo fornecimento dos dados meteorológicos do Estado do Paraná.

À Companhia Klabin do Paraná pelo fornecimento dos dados referentes aos incêndios florestais e à Daniele Zilio Vigolo pela colaboração na preparação dos dados.

A todos os profissionais com os quais trabalhei durante a minha vida profissional e que ajudaram a lapidar a minha conduta profissional, entre os quais: Luiz de Castro Martins (*in memoriam*), Nicolau Meisel, Nelson Simões, Fernando Chataignier, Murilo Maia Alves, Nelson Pagani Braga, Tércio Pacitti, Cezar Gonçalves Duquia, Vilson de Souza Ferreira, José Matos de Oliveira Junior e Frederico Martins.

A todos aqueles que não me influenciaram e aos que não ajudaram, mas, que pelo menos, não atrapalharam.

À Avany, que com seu amor, acreditou em meu esforço, que sofreu, que sorriu e que contribuiu como pode para o sucesso desse trabalho.

A meus pais que me deram a vida. A própria vida que me permitiu chegar até aqui. A Deus, que com seu sopro divino, me transmitiu um pouco de inteligência e outro tanto de teimosia.

*... Ele insinô qui nós vivesse a vida aqui só pru passá  
Nóis intonce invitasse o mau disejo e o coração  
Nóis prufiasse pra sê branco inda mais puro  
Qui o capucho do algodão  
Qui num juntasse dividisse nem negasse a quem pidisse  
Nosso amô o nosso bem nossos terém nosso perdão  
Só assim nós vê a face ogusta do qui habita os altos céus  
O piedoso o manso o justo o fiel e cumpassivo  
Siô de mortos e vivos nosso pai e nosso deus  
Disse qui havera de voltá cuano essa terra pecadora  
Marguiada im transgressão tivesse chêa de violença  
De rapina de mintira e de ladrão*

*Cantiga do Estradar – Elomar Figueira Mello*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMO</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1. JUSTIFICATIVA.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	4
2.2 RISCO E PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	4
2.2.1 Agentes Determinantes do Risco.....	6
2.2.2 Agentes Determinantes do Perigo.....	6
2.2.3 Características do Material Combustível.....	7
2.2.3.1 Tipos de materiais combustíveis.....	8
2.2.3.2 Arranjo do material combustível.....	9
2.2.3.3 Umidade do material combustível.....	10
2.2.4 Condições Climáticas.....	11
2.2.4.1 Radiação solar.....	12
2.2.4.2 Temperatura do ar.....	13
2.2.4.3 Pressão atmosférica.....	14
2.2.4.4 Umidade relativa do ar.....	15
2.2.4.5 Vento.....	16
2.2.4.6 Precipitação.....	19
2.2.4.7 Estabilidade atmosférica.....	20
2.2.5 Características do Relevo.....	23
2.2.5.1 Elevação.....	23
2.2.5.2 Exposição.....	24



2.2.5.3 Inclinação.....	24
2.2.6 Tipo de Cobertura Vegetal.....	25
2.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	26
2.3.1 Principais Índices de Perigo.....	28
2.3.1.1 Índice de Angstron.....	28
2.3.1.2 Índice logarítmico de Telicyn.....	29
2.3.1.3 Índice de Nesterov.....	30
2.3.1.4 Índice de Rodríguez e Moretti.....	31
2.3.1.5 Fórmula de Monte Alegre.....	33
2.3.2 Sistemas Complexos.....	34
2.3.2.1 Canadá.....	35
2.3.2.2 Estados Unidos.....	36
2.3.2.3 Austrália .....	37
2.3.2.4 França.....	38
2.3.2.5 Chile.....	39
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	40
3.2 INFORMAÇÕES SOBRE O CLIMA.....	41
3.3 PROCESSO METODOLÓGICO.....	45
3.3.1 Obtenção dos Dados Meteorológicos.....	45
3.3.2 Desenvolvimento de Equações de Regressão para Umidade Relativa.....	45
3.3.3 Análise das Equações.....	46
3.3.4 Obtenção dos Dados de Incêndios Florestais.....	47
3.3.5 Incorporação da Velocidade do Vento à Fórmula de Monte Alegre.....	47
3.3.6 Validação e Testes do Novo Modelo.....	50
3.3.6.1 Distribuição diária dos graus de perigo, das ocorrências de incêndios e das áreas queimadas.....	50
3.3.6.2 Desempenho dos modelos.....	51
3.3.6.3 Aferição dos modelos selecionados.....	52
3.3.6.4 Seleção do melhor modelo.....	53

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
4.1 ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA, PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO.....	54
4.2 CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA.....	60
4.2.1 Correção da Umidade Relativa das 9:00 para as 13:00 h.....	60
4.2.2 Correção da Umidade Relativa das 15:00 para as 13:00 h.....	63
4.3 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA.....	66
4.3.1 Correção da Umidade Relativa das 9:00 para as 13:00 h e das 15:00 para as 13:00 h com os Dados Combinados.....	67
4.4 INCORPORAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO À FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	69
4.4.1 Definição dos Modelos Lineares.....	69
4.4.2 Definição dos Modelos Exponenciais.....	70
4.4.3 Definição dos Procedimentos Computacionais.....	72
4.4.4 Número de Dias Previstos pelos Modelos.....	73
4.4.5 Ocorrência de Incêndios Florestais.....	75
4.4.6 Áreas Queimadas.....	79
4.4.7 Áreas Queimadas Médias por Incêndios.....	82
4.5 SELEÇÃO DOS MELHORES MODELOS.....	84
4.6 AFERIÇÃO DOS MODELOS SELECIONADOS.....	88
4.6.1 Escala de Perigo para a FMA <sup>+</sup> .....	88
4.6.2 Número de Dias em cada Classe de Perigo Previstos pelos Modelos Seleccionados.....	89
4.6.3 Ocorrência de Incêndios Florestais.....	90
4.6.4 Áreas Queimadas pelos Incêndios Florestais.....	92
4.6.5 Áreas Queimadas Médias por Incêndios.....	93
4.7 O NOVO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS PARA O ESTADO DO PARANÁ	97
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	99
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	100
<b>LITERATURA CONSULTADA</b> .....	104
<b>APÊNDICES</b> .....	108

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E TEMPOS DE RESPOSTA MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	16
TABELA 2	- INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DO VENTO NA TAXA DE PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS.....	18
TABELA 3	- ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE LOGARÍTMICO DE TELICYN.....	29
TABELA 4	- RESTRIÇÕES DO ÍNDICE DE NESTEROV EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.....	31
TABELA 5	- ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE NESTEROV.....	31
TABELA 6	- VALORES DOS ACUMULADORES DO ÍNDICE DE RODRÍGUEZ E MORETTI.....	32
TABELA 7	- ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE RODRIGUEZ E MORETTI.....	33
TABELA 8	- RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA .....	34
TABELA 9	- ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE....	34
TABELA 10	- ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA AUSTRALIANO.....	38
TABELA 11	- ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA DA FRANÇA.....	38
TABELA 12	- ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA CHILENO.....	39
TABELA 13	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NAS REGIÕES DE ESTUDO.....	40
TABELA 14	- TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	51
TABELA 15	- CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	51
TABELA 16	- COMPORTAMENTO DA UMIDADE RELATIVA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	54
TABELA 17	- COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	56

TABELA 18	-	COMPORTAMENTO DA VELOCIDADE DO VENTO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	58
TABELA 19	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO LINEAR SIMPLES FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{09}$ .....	60
TABELA 20	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO NÃO LINEAR FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 UR_{09}^{b_1}$ .....	61
TABELA 21	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO POLINOMIAL FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{09} + b_2 UR_{09}^2$ .....	62
TABELA 22	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO EXPONENCIAL FORMA GERAL: $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{09})}$ .....	62
TABELA 23	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO LINEAR SIMPLES FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{15}$ .....	63
TABELA 24	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO NÃO LINEAR FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 UR_{15}^{b_1}$ .....	64
TABELA 25	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO POLINOMIAL FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{15} + b_2 UR_{15}^2$ .....	65
TABELA 26	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO EXPONENCIAL FORMA GERAL: $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{15})}$ .....	65
TABELA 27	-	RELAÇÃO DE ANÁLISES DE COVARIÂNCIA REALIZADOS ENTRE AS EQUAÇÕES PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA.....	67
TABELA 28	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h PARA O ESTADO DO PARANÁ - REGRESSÃO EXPONENCIAL FORMA GERAL: $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{09})}$ .....	68
TABELA 29	-	CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h PARA O ESTADO DO PARANÁ - REGRESSÃO NÃO LINEAR FORMA GERAL: $UR_{13}=b_0 UR_{15}^{b_1}$ .....	68

TABELA 30	- FATORES DE PROPAGAÇÃO LINEARES.....	69
TABELA 31	- FATORES DE PROPAGAÇÃO EXPONENCIAIS.....	71
TABELA 32	- EXEMPLO DE SAÍDA DO PROGRAMA PARA OS MODELOS LINEARES.....	72
TABELA 33	- EXEMPLO DE SAÍDA DO PROGRAMA PARA OS MODELOS EXPONENCIAIS.....	72
TABELA 34	- DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	73
TABELA 35	- DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	75
TABELA 36	- DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	76
TABELA 37	- DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS....	78
TABELA 38	- DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	79
TABELA 39	- DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	81
TABELA 40	- DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	82
TABELA 41	- DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	84
TABELA 42	- QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS.....	85
TABELA 43	- VALORES OBTIDOS DE <i>SKILL SCORE</i> E PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS.....	86

TABELA 44	- ESCALA DE PERIGO PARA A FMA <sup>+</sup> .....	88
TABELA 45	- DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	89
TABELA 46	- DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	91
TABELA 47	- DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA QUEIMADA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	92
TABELA 48	- DISTRIBUIÇÃO ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR INCÊNDIO EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	94
TABELA 49	- QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	95
TABELA 50	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE1.....	95
TABELA 51	- CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE1.....	95
TABELA 52	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE2.....	95
TABELA 53	- CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE2.....	95
TABELA 54	- VALORES OBTIDOS DE <i>SKILL SCORE</i> E PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	96
TABELA 55	- RESTRIÇÕES DA FMA <sup>+</sup> EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.....	98
TABELA 56	- ESCALA DE PERIGO DA FMA <sup>+</sup> .....	98

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO ESTADO DO PARANÁ.....	40
FIGURA 2	- LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TELÊMACO BORBA NO ESTADO DO PARANÁ.....	41
FIGURA 3	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA CLIMÁTICO DO PARANÁ.....	42
FIGURA 4	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ....	43
FIGURA 5	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	43
FIGURA 6	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	44
FIGURA 7	UMIDADE RELATIVA MÍNIMA ABSOLUTA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003	55
FIGURA 8	UMIDADE RELATIVA MÉDIA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	55
FIGURA 9	NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003	57
FIGURA 10	NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003	57
FIGURA 11	VENTO MÁXIMO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	59
FIGURA 12	VENTO MÉDIO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003.....	59
FIGURA 13	- FATORES DE PROPAGAÇÃO LINEARES.....	70
FIGURA 14	- FATORES DE PROPAGAÇÃO EXPONENCIAIS.....	71
FIGURA 15	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	74
FIGURA 16	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	75

FIGURA 17	- PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS, OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	77
FIGURA 18	- PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS, OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	78
FIGURA 19	- PORCENTAGEM DE ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS.....	80
FIGURA 20	- PORCENTAGEM DE ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	81
FIGURA 21	- PORCENTAGEM DAS ÁREAS MÉDIAS QUEIMADAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS....	83
FIGURA 22	- PORCENTAGEM DAS ÁREAS MÉDIAS QUEIMADAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS.....	84
FIGURA 23	- VALORES OBTIDOS DE <i>SKILL SCORE</i> PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS.....	87
FIGURA 24	- VALORES OBTIDOS DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS.....	87
FIGURA 25	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	90
FIGURA 26	- PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	91
FIGURA 27	- PORCENTAGEM DE ÁREA QUEIMADA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	93
FIGURA 28	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	94
FIGURA 29	- VALORES OBTIDOS DE <i>SKILL SCORE</i> DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	96
FIGURA 30	- VALORES OBTIDOS DE PORCENTAGEM DE SUCESSO DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS.....	97



## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos das regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí e Pinhais e de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios florestais da região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná, Brasil. Os objetivos consistiram em aperfeiçoar a Fórmula de Monte Alegre (FMA), por meio da inclusão da variável velocidade do vento no índice e desenvolver equações que estimem os valores da Umidade Relativa às 13:00 h por meio dos dados das 9:00 e 15:00 h, que são os padrões utilizados nas estações meteorológicas da rede oficial brasileira. As variáveis meteorológicas utilizadas foram a umidade relativa das 9:00, 13:00 e 15:00 h, a precipitação diária e a velocidade do vento às 13:00 h. As variáveis referentes aos incêndios florestais foram a data de ocorrência, a hora de início e de término e a área queimada. Os dados se referem a um período de 5 anos, compreendido entre 01/06/1998 e 31/05/2003. Foram realizadas análises do comportamento das variáveis meteorológicas para todas as regiões estudadas. A fim de se fazer a correção da umidade relativa foram desenvolvidas equações de regressão para cada região. As equações que apresentaram melhores resultados com base na análise dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e dos erros-padrão residuais ( $s_{y..x}$ ) foram submetidas à análise de covariância e aquelas consideradas estatisticamente semelhantes foram combinadas, dando origem a uma equação geral que estima a umidade relativa das 13:00 h ( $UR_{13}$ ) com dados das 9:00 h ( $UR_{09}$ ) e outra que estima a umidade relativa das 13:00 com dados das 15:00 h ( $UR_{15}$ ) para o estado do Paraná. A melhor equação para o primeiro caso foi

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

e a melhor equação para o segundo caso foi

$$UR_{13} = 2,451510 UR_{15}^{0,796072}$$

Com o fim de se incluir a velocidade do vento na Fórmula de Monte Alegre foram propostos modelos lineares e exponenciais e desenvolvidos programas computacionais com o fim de gerar os índices produzidos por esses modelos para a região de Telêmaco Borba. Com base nos dados de ocorrência de incêndios florestais os modelos tiveram a sua eficiência testada pelo teste *skill score*. Foram selecionados dois modelos exponenciais, que apresentaram os melhores resultados pelo *skill score*. Como os modelos selecionados usavam as classes de perigo originais, definidas na Fórmula de Monte Alegre, foi necessária a definição de novas classes que fossem mais adequadas aos novos modelos. Foram realizadas análises numéricas e gráficas em cada uma dessas variáveis com o objetivo de se definir os limites de cada classe de grau de perigo. Uma vez definidos os critérios, foram propostas novas classes de perigo para os modelos selecionados. A partir dos resultados gerados pelo programa e dos dados de incêndios os modelos selecionados foram novamente analisados e submetidos à análise de desempenho, utilizando-se o *skill score* e as porcentagens de sucesso para os mesmos, permitindo assim a definição do melhor modelo a ser incorporado na Fórmula de Monte Alegre, que passou a ter a seguinte representação:

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

## ABSTRACT

This research was based on meteorological data from Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba and Pinhais regions and meteorological data and forest fire occurrences from Telêmaco Borba county, Paraná State, Brazil. The main objectives were to improve the Formula de Monte Alegre (FMA) through the inclusion of the wind speed to the index and to develop equations that estimate the values of the Relative Humidity at 13:00 h, from the data of 9:00 and 15:00 h, the standard times used in the meteorological stations of the Brazilian official network. The meteorological variables used were the relative humidity of 9:00, 13:00 and 15:00 h, the daily precipitation and the wind speed at 13:00 h. The forest fires variables were the date of occurrence, detection and suppressing time and the burned area. The collected data referred to a period of 5 years, between June/1998 and May/2003. Equations to estimate the 13:00 h relative humidity for each region were developed. The equations that presented better fits based on the determination coefficients ( $R^2$ ) and the standard error of residues ( $s_{y,x}$ ) were submitted to the covariance analysis. The similar equations were combined to generate a general equation that estimates the relative humidity at 13:00 ( $UR_{13}$ ) based on the 9:00 h data ( $UR_{09}$ ) and a general equation that estimates the relative humidity at 13:00 based on the 15:00 h data ( $UR_{15}$ ) for the Paraná State. The equation for the first case was

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

and for the second case was

$$UR_{13} = 2,451510 UR_{15}^{0,796072}.$$

To include the wind speed in the FMA, linear and exponential models had been considered. Computational programs had been developed to generate the indices produced by those models for the Telêmaco Borba region. Based on the forest fire occurrence data, the efficiency of the models was tested using the skill score test. Two exponential models were selected, that presented the best results under the skill score test. The selected models used the original fire danger classes but definition of new classes were necessary, adjusted to the new models. Numerical and graphical analysis to define the limits of each danger class had been carried out. An update in the program was made to calculate the danger index of selected models, including the new danger classes. From the results generated for the program and the fire data, the selected models had been again analyzed and submitted to a performance analysis, using skill score and the percentages of success. This method allowed the definition of the best model to incorporate wind speed to the Monte Alegre Formula that was:

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

## RESUMEN

Esta investigación fue desarrollada a partir de datos meteorológicos de las regiones de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí y de Pinhais y de datos meteorológicos y ocurrencia de incendios forestales en la región de Telêmaco Borba, Estado del Paraná, Brasil. El principal objetivo consistió en perfeccionar la Fórmula de Monte Alegre (FMA), a través de la inclusión de la velocidad del viento al índice y en desarrollar las ecuaciones para estimar los valores de la humedad relativa a las 13:00 h, con los datos de las 9:00 y de las 15:00 h, que son usados en las estaciones meteorológicas de la red oficial brasileña. Las variables meteorológicas usadas fueron la humedad relativa de las 9:00, 13:00 y 15:00 h, la precipitación diaria y la velocidad del viento a las 13:00 h.

Las variables de los incendios forestales fueron la fecha de la ocurrencia del fuego, la hora del inicio y de término del fuego y la área afectada. Los datos si refieren a un período de 5 años, comprendido entre 01/06/1998 al 31/05/2003. Con el propósito de hacer la corrección de la humedad relativa para cada región fueron desarrolladas ecuaciones de regresión. Las mejores ecuaciones fueron sometidas a una análisis de covariancia y las ecuaciones consideradas estadísticamente similares deram origen a una ecuación general que estima la humedad relativa de las 13:00 (UR<sub>13</sub>) a través de los datos de las 9:00 h (UR<sub>09</sub>) y una otra que estima la humedad relativa de las 13:00 a través de los datos de las 15:00 h (UR<sub>15</sub>) en el Estado del Paraná. La mejor ecuación para el primer caso fue

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

y la mejor equação para el segundo caso fue

$$UR_{13} = 2,451510 UR_{15}^{0,796072}.$$

Con el objetivo de se incluir la velocidad del viento en la Fórmula de Monte Alegre, modelos lineares y exponenciales fueron considerados. Programas computacionales fueron desarrollados para generar los índices producidos para estos modelos para la región de Telêmaco Borba. Con basis en los datos de las ocurrencias de incendios, los modelos fueron testados por el método *skill score*. Dos modelos exponenciales que habían presentado los mejores resultados por el método *skill score* fueron seleccionados. Como los modelos seleccionados utilizaron las clases de peligro definido en la Fórmula de Monte Alegre, la definición de nuevas clases fue necesaria, ajustadas a los nuevos modelos. Análisis numéricas y gráficas fueron realizadas en cada una de estas variables con el objetivo de si definir los límites de cada clase de peligro. Una alteración en el programa fue hecha para calcular los índices de peligro con los modelos seleccionados, incluyendo las nuevas clases de peligro definidas. De los resultados generados por el programa y de los datos de incendios forestales, los modelos seleccionados fueron nuevamente analizados por el metodo *skill score*, así permitiendo la definición del mejor modelo a ser incorporado a la Fórmula de Monte Alegre que pasa a tener la siguiente representación:

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

## 1 INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais no Brasil tornam-se a cada ano mais críticos, com o aumento da extensão da área queimada. A falta de um programa institucional consistente é um dos grandes problemas que contribuem para que este cenário se agrave, apesar do constante aperfeiçoamento das técnicas de controle de incêndios florestais disponíveis. A melhoria das técnicas de prevenção e combate não pode ser conseguida pela simples adoção de tecnologias que outros países já desenvolveram, mas sim por meio de programas que visem buscar, aprimorar e aproveitar as experiências existentes, desenvolver novas tecnologias, fazendo-se a devida adequação à realidade brasileira.

A superfície territorial do país é muito grande, ocupada por diversas tipologias vegetais que apresentam comportamentos diferenciados do fogo, e exigem diferentes técnicas de prevenção e combate. A forma de ocupação desordenada e nômade do território brasileiro, na busca de novas fronteiras agrícolas ou pastoris, contribui de forma significativa para a ocorrência de grandes incêndios, desestabilizando certos ecossistemas e provocando danos irreparáveis ao meio ambiente, à propriedade e à própria vida humana.

No Estado do Paraná a cobertura florestal vem se reduzindo ao longo das últimas décadas, seja em função da exploração comercial da matéria-prima florestal, seja pela expansão da fronteira agrícola. Aliada à crescente busca pela produção de alimento e de produtos florestais, a ocorrência de incêndios florestais vem preocupando os órgãos responsáveis pela política florestal do Estado pelos prejuízos por eles causados, tanto no aspecto econômico quanto na biodiversidade. Anualmente são observadas várias ocorrências de incêndios em áreas de reflorestamento, áreas de campo nativo e unidades de conservação sob administração estadual e federal, o que é extremamente preocupante pelos danos causados à flora, à fauna e ao solo.

A partir de 1963, quando o fogo consumiu cerca de 2.000.000 de hectares, incluindo florestas, capoeiras, campos e lavouras, entre outros, o Estado do Paraná vem sofrendo grandes prejuízos ambientais e econômicos em decorrência dos incêndios florestais.

A ocorrência e a propagação dos incêndios florestais estão fortemente associados às condições climáticas ou fatores climáticos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança estão diretamente ligados à umidade relativa, temperatura e velocidade do vento. A utilização de dados meteorológicos e climatológicos precisos é, portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais.

A vocação agrícola e florestal do Estado do Paraná requer um monitoramento permanente dos fatores que influem na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais. Com base nessas características próprias do estado e levando em conta a experiência de longos anos de pesquisa sobre o assunto, evidenciou-se a necessidade de aprimorar o índice de perigo usado no Estado do Paraná.

As técnicas de combate a incêndios florestais existentes atualmente, mesmo com seus elevados custos, tem alcançado grande avanço mas as técnicas de prevenção não apresentaram o mesmo ritmo de evolução. Vale ressaltar que dentre as medidas preventivas existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente das medidas de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate aos incêndios florestais, visando a redução das perdas e, conseqüentemente, dos prejuízos financeiros advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Outras utilidades dos índices de perigo de incêndio são o estabelecimento de zonas de risco, possibilitando um melhor planejamento das atividades de prevenção contra incêndios florestais, a definição da estação de incêndios, a permissão para queimas controladas em períodos menos perigosos, a previsão do comportamento do fogo visando a adoção de técnicas mais efetivas de combate e a advertência pública do grau de perigo, fator importantíssimo nos programas de educação ambiental, informando à população por meio de veículos de comunicação para que sejam adotadas medidas preventivas e em casos extremos, limitando o acesso a áreas de risco e proibindo o uso de fogo em locais próximos à floresta.

Não basta que um índice de perigo tenha uma sólida base científica. É necessário que ele também seja simples e eficiente para que possa ser adotado e adaptado pelos usuários às reais condições de sua região e, assim, efetivamente utilizado.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A importância desse trabalho está diretamente ligada às características do Estado do Paraná, cujo território é ocupado em boa parte pelo setor florestal e agrícola e cujo clima oferece condições de ocorrência de incêndios florestais, assim como os prejuízos econômicos que podem ser evitados com a prevenção de eventos dessa natureza.

Apesar de vir sendo usada com sucesso no Estado do Paraná, assim como em outras regiões do país e em alguns países da América do Sul e da África, a Fórmula de Monte Alegre (FMA) (SOARES, 1972b) é um índice de perigo baseado em variáveis meteorológicas e enfatiza o aspecto da probabilidade de ignição, ou seja, indica a possibilidade de um incêndio ter início, desde que haja uma fonte de fogo.

A inclusão de uma variável que permita à Fórmula de Monte Alegre avaliar também o potencial de propagação do incêndio é de grande importância para seu aperfeiçoamento, tornando-a mais eficiente, tanto na prevenção quanto no combate aos incêndios que estejam ocorrendo. A velocidade do vento é uma variável meteorológica que possui grande influência na propagação de um incêndio florestal e a sua inclusão na Fórmula de Monte Alegre pode torná-la mais eficiente.

A Fórmula de Monte Alegre utiliza a umidade relativa das 13:00 h. Em muitos casos estão disponíveis os dados das 9:00 ou 15:00 h, que são os padrões utilizados nas estações meteorológicas convencionais da rede oficial brasileira, mas não existe o dado das 13:00 h. Neste caso, só é possível a utilização da Fórmula de Monte Alegre realizando o ajuste dos valores da umidade relativa das 9:00 ou das 15:00 h para as 13:00 h.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho foi aperfeiçoar a Fórmula de Monte Alegre, por meio da inclusão da variável velocidade do vento, ao índice para que, além da probabilidade de ignição, como ocorre atualmente, o novo índice reflita também o potencial de propagação dos incêndios florestais.

O objetivo secundário foi desenvolver equações que estimem os valores da Umidade Relativa às 13:00 h, por meio dos dados das 9:00 e 15:00 h, que são os padrões utilizados nas estações meteorológicas da rede oficial brasileira.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

Historicamente o fogo está intimamente ligado à evolução humana. Segundo BROWN e DAVIS (1973), desde o início da civilização o fogo tem sido utilizado por todas as culturas com o fim de modificar o ambiente, visando satisfazer às necessidades humanas. O autor considera o fogo um fenômeno natural que possui uma forte relação com a floresta.

Certos biomas como o cerrado brasileiro convivem com o fogo e dependem dele para que determinadas espécies possam se regenerar e propagar. No caso do cerrado o fogo é um fenômeno cíclico e ocorre quando existe acúmulo de combustíveis florestais nessas áreas.

Com a evolução da espécie humana e o desenvolvimento de suas atividades, os incêndios florestais passaram a constituir uma fonte de perturbação permanente, acarretando perdas e danos materiais (MIRANDA, 1993). O uso do fogo pelo homem tem desempenhado um papel fundamental na distribuição e manutenção de determinados ecossistemas artificiais como pastagens e áreas agrícolas e, segundo PYNE (1984), também em ecossistemas naturais como florestas, favorecendo a regeneração e o estado fitossanitário e, conseqüentemente, mantendo a produtividade dos mesmos.

**Incêndio florestal** é o termo utilizado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível existentes em uma floresta. Um incêndio florestal não deve ser confundido com a queima controlada, que é a utilização do fogo em uma área, sob determinadas condições de clima, umidade do combustível, umidade do solo e outras, produzindo a intensidade de calor e a taxa de propagação necessárias para favorecer certos objetivos de manejo (SOARES, 1985).

### 2.2 RISCO E PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

De acordo com CHENEY (1968), **perigo de incêndio** (*fire danger*) pode ser definido como “o termo geral que expressa o resultado dos fatores constantes e

variáveis, que afetam as chances de um incêndio se iniciar, se propagar e provocar danos, e a dificuldade de controlá-lo”.

Segundo BROWN e DAVIS (1973) o **perigo de incêndio** (*fire danger*) está relacionado ao material combustível definido pelo tipo, arranjo, quantidade, condição e localização, criando uma condição especial de ameaça de ignição. O **risco de incêndio** (*fire risk*) está relacionado à probabilidade do fogo iniciar pela presença e/ou atividade de agentes causadores.

Segundo CASTAÑEDA (1997), o **risco de incêndio** é composto pela **vulnerabilidade** e pelo **fator de ameaça** a que está submetido o ambiente. A vulnerabilidade depende do material combustível, da topografia, das condições climáticas e do tipo de solo. O fator de ameaça diz respeito à existência de agentes naturais e antrópicos que dão início ao processo de combustão.

Para SOHO (1999), o **risco de incêndio** (*fire risk*) representa a chance de um incêndio ter início, em função da existência de agentes de ignição. **Perigo de incêndio** (*fire hazard*) é composto pelo risco de incêndio (*fire risk*) e pelas condições de presença de combustível, clima e topografia.

BACHMANN (2001) define **perigo de incêndio** (*fire danger*) como a percepção humana do perigo. *Fire hazard* corresponde à ocorrência do evento em si e *fire risk* é caracterizado pela probabilidade do incêndio ocorrer e pelas proporções dos efeitos que ele pode causar.

Segundo OLIVEIRA (2002), o **risco de incêndio** depende de variáveis que podem influir tanto na disponibilidade da fonte de fogo para o seu início, como nas condições que favorecem a sua propagação, como o tipo de vegetação, as características do material combustível, a topografia e as condições meteorológicas.

De uma maneira geral, o risco está mais relacionado a agentes disparadores, enquanto o perigo a causas que aumentam ou diminuem a probabilidade de sua ocorrência. No entanto, tão ou mais importante do que apresentar as visões terminológicas e conceituais é explorar os vários fatores determinantes do risco e do perigo de incêndios florestais.



### 2.2.1 Agentes Determinantes do Risco

Os agentes determinantes do risco de incêndios podem ser **naturais** e **antrópicos**. A única causa natural de incêndios florestais são os raios, que representam uma porcentagem muito pequena da ocorrência de incêndios. As demais causas são de natureza antrópica e são apresentadas a seguir (SOARES, 1985; HEIKKILÄ *et al* 1993):

- a) Incendiários - incêndios provocados intencionalmente por pessoas, em propriedades alheias seja por vingança ou problemas mentais.
- b) Queimas para limpeza - incêndios originários do uso do fogo na limpeza de terreno, seja para fins florestais, agrícolas ou pecuários, e que tenha escapado ao controle e atingido áreas florestais.
- c) Fumantes - incêndios provocados por fósforos ou pontas de cigarro aceso.
- d) Recreação - incêndios causados por pessoas que utilizam a floresta como local de recreação.
- e) Estradas de ferro - incêndios causados direta ou indiretamente pelas atividades das ferrovias.
- f) Operações florestais - incêndios originados por trabalhadores florestais em atividade na floresta.

Segundo HEIKKILÄ *et al* (1993), a melhor forma de reduzir a ocorrência e as causas de incêndios florestais é por meio da implantação de programas educacionais, utilizando as mais diversas formas de comunicação.

### 2.2.2 Agentes Determinantes do Perigo

Segundo CHENEY (1968), existem dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo do incêndio: os **fatores constantes**, tais como o tipo de material combustível, tipo de floresta e o relevo e os **fatores variáveis**, entre os quais a umidade do material combustível e as condições climáticas como a velocidade e a direção do vento, a umidade relativa, a temperatura, o ponto de orvalho, a precipitação e a instabilidade atmosférica.

McARTHUR (1966, 1966a) desenvolveu vários estudos relativos ao perigo de incêndios e ao comportamento do fogo na Austrália. Foram desenvolvidas várias tabelas com índices de risco, que posteriormente NOBLE *et al* (1980) transformaram em equações. As variáveis meteorológicas utilizadas foram a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade média do vento.

Segundo SOARES (1984), a possibilidade e a frequência dos incêndios florestais está fortemente relacionada às condições atmosféricas locais. O conhecimento das variáveis meteorológicas é importante para a prevenção e o combate aos incêndios florestais. A partir do estudo dessas variáveis meteorológicas é possível determinar os períodos de maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, possibilitando a adoção de medidas que visem a prevenção e os danos causados pelo fogo.

VÁZQUEZ e MORENO (1993), estudando a ocorrência de incêndios na Espanha, observaram a grande relação dessas ocorrências com as variáveis meteorológicas

Diversas características do ambiente têm influência sobre o início, a propagação e a intensidade dos incêndios florestais, tais como o material combustível, as condições climáticas, o relevo e o tipo de cobertura vegetal.

### 2.2.3 Características do Material Combustível

De acordo com CHANDLER (1991), de uma maneira geral, material combustível é qualquer substância ou composto susceptível à ignição e combustão. O mesmo autor define fitomassa ou combustível de um sítio como a quantidade de matéria vegetal viva ou morta, que se encontra sobre o solo mineral. RIBEIRO (1997) define material combustível como todo e qualquer tipo de matéria orgânica, viva ou morta, encontrada no ambiente, capaz de entrar em combustão e queimar.

A quantidade de material combustível em uma floresta pode variar significativamente, dependendo do tipo, espaçamento e idade da vegetação. A estimativa da quantidade de combustível, geralmente expressa em termos de peso seco ao forno por unidade de área, é fator importante em planos de prevenção e controle de incêndios, especialmente em programas de queima controlada. A

quantidade de material combustível disponível depende de várias outras propriedades, particularmente a proporção de material vivo e morto, o tamanho das partículas, o conteúdo de umidade e sua continuidade. A quantidade de combustível disponível em uma floresta geralmente situa-se entre 70 e 80% do material menor que 2,5 cm de diâmetro (SOARES, 1985).

#### 2.2.3.1 Tipos de materiais combustíveis

Segundo SOARES (1985), quanto ao tipo, os materiais combustíveis podem ser divididos em perigosos, semi-perigosos e verdes. Os materiais combustíveis perigosos são todos os materiais secos com diâmetro igual ou inferior a 1,0 cm constituídos de pequenos galhos, folhas, líquens, musgos e gramíneas. Esses materiais, por apresentarem menor temperatura de ignição, facilitam o início do fogo e aceleram a propagação, queimando rapidamente com muito calor e chamas intensas. Estes materiais perdem umidade rapidamente, sendo a principal matéria consumida pelo fogo.

Materiais combustíveis semi-perigosos são todos os materiais secos com diâmetro acima de 1,0 cm. São compostos de galhos, troncos caídos, húmus e turfa. São constituídos pelos materiais lenhosos ou em decomposição e compactados que, por suas características, queimam lentamente. Apesar de apresentarem uma ignição mais lenta e mais difícil, esses materiais desenvolvem intenso calor e podem manter uma combustão latente, o que pode provocar o reinício de incêndios dados como controlados (SOARES, 1985).

Os materiais combustíveis verdes são constituídos pela vegetação viva existente na floresta. Devido ao alto teor de umidade, os combustíveis verdes, exceto as coníferas resinosas, são às vezes considerados não-inflamáveis. No entanto, o calor liberado pela combustão dos outros combustíveis pode provocar a secagem desses materiais, tornando-os facilmente inflamáveis (CHANDLER, 1983; PYNE, 1984).

### 2.2.3.2 Arranjo do material combustível

O arranjo do material combustível é outro fator importante na propagação dos incêndios florestais e reflete a sua distribuição dentro dos estratos florestais, tanto de forma vertical como horizontal (SOARES, 1985; BATISTA, 1990).

Segundo REGO e BOTELHO (1990), a distribuição reflete a posição dos combustíveis florestais dentro do estrato florestal. A distribuição vertical ou continuidade vertical dos combustíveis possui grande importância na transformação, ou não, de incêndios superficiais em incêndios de copa. Isto porque o acúmulo vertical dos materiais combustíveis acaba formando a denominada “escada de fogo”, que possibilita às chamas alcançarem as copas das árvores. A distribuição horizontal dos combustíveis possui grande importância para a continuidade do material combustível, sendo responsável pela propagação do fogo.

A continuidade refere-se à distribuição dos combustíveis sobre uma determinada área. Se a distribuição é uniforme e as partículas de combustível estão próximas umas das outras, o calor se transfere com facilidade e o incêndio se propaga normalmente. Havendo descontinuidade de combustível, causada por afloramento de rochas, solo exposto ou áreas alagadas, entre outros fatores, a propagação do fogo é dificultada ou, em certos casos, até mesmo interrompida (SOARES, 1985).

A uniformidade refere-se à distribuição espacial dos combustíveis no estrato florestal, ou seja, à existência ou não de integração entre os combustíveis superficiais e os aéreos, e ao fato de esta integração ser feita de material combustível perigoso (CHANDLER, 1983; PYNE, 1984).

A compactação, segundo SOARES (1985), se refere à quantidade de combustível por unidade de volume, ou seja, representa o grau de proximidade entre as partículas de combustíveis. Quanto maior for a circulação do ar entre as partículas, maior será a quantidade de oxigênio presente no processo de combustão, onde o resultado observado é a maior taxa de propagação das chamas. Uma menor quantidade de oxigênio, em consequência de uma maior compactação das partículas, produz menos calor e uma taxa de propagação menor.

### 2.2.3.3 Umidade do material combustível

A umidade do material combustível expressa a porcentagem de água contida no mesmo, em relação ao seu peso seco. A primeira influência da umidade na combustão do material florestal é a necessidade da grande quantidade de energia requerida para transformar em vapor a água existente no combustível. Isto representa uma redução na quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita (SCHROEDER e BUCK ,1970).

Segundo SOARES (1985), o efeito da umidade do combustível na taxa de combustão do material lenhoso e na propagação dos incêndios é tão pronunciado e evidente que nenhuma medição é necessária para demonstrar sua importância pois o material combustível com alto teor de umidade não queima. Isto se deve à denominada “umidade de extinção”, que é um determinado valor do conteúdo de umidade (25 a 30%) dos materiais combustíveis que impede a combustão e a propagação dos incêndios. O combustível não queima porque é necessária a utilização de uma grande quantidade de energia para vaporizar a água existente no mesmo, ocasionando a redução da quantidade de calor disponível para a combustão propriamente dita.

Segundo REGO e BOTELHO (1990), a umidade do material combustível determina a quantidade de calor requerida para que ocorra a ignição da matéria vegetal.

BATISTA (1990) cita que os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações climáticas.

Os principais fatores meteorológicos que controlam a umidade do material combustível morto são a precipitação, a umidade relativa do ar e a temperatura. Vento e radiação solar são também fatores importantes na secagem do combustível, mas eles exercem sua influência mais marcante, por meio de mudanças na temperatura do combustível e na temperatura e umidade relativa da camada de ar próxima aos combustíveis (SCHROEDER e BUCK ,1970).

#### 2.2.4 Condições Climáticas

Para se ter um entendimento das relações entre o clima, a meteorologia e os riscos de incêndios florestais, serão definidos primeiramente os conceitos associados a clima e meteorologia.

Segundo BROWN e DAVIS (1973) o clima reflete os fenômenos meteorológicos que ocorrem em uma área em um determinado período de tempo. É expresso em médias, totais, extremos e frequências para os fenômenos meteorológicos que ocorreram ou podem ocorrer.

A WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1966), define clima como a distribuição de probabilidade do tempo meteorológico. Ele está determinado pelos parâmetros ou elementos meteorológicos médios que são encontrados em uma região. Os elementos meteorológicos são caracterizados por médias climáticas de 30 anos, de modo que o clima é definido pelas médias climáticas de todos os elementos meteorológicos, que podem ser afetados pela altitude, latitude, proximidade do mar, vegetação e pela atividade antrópica.

Segundo BROWN e DAVIS (1973), as condições do tempo podem variar diariamente devido a um grande número de fatores. A radiação solar, fonte de energia, é responsável pela maioria dessas mudanças. O outro fator é a rotação da Terra. Como a intensidade da radiação solar é máxima no ponto em que os raios incidem perpendicularmente à superfície terrestre, ela é responsável, indiretamente pela temperatura do solo e do ar, gerando gradientes de pressão, responsáveis pela formação e circulação das massas de ar, dando origem aos ventos.

No contexto dos incêndios florestais, outro aspecto importante a se considerar à meteorologia é a escala de espaço e tempo dos fenômenos meteorológicos. São considerados fenômenos meteorológicos de escala global aqueles que ocorrem em uma escala da ordem de 5.000 km da superfície da Terra e sua duração varia de semanas a meses. Exemplos de fenômenos de escala global são a circulação do ar ao redor do globo terrestre e o fenômeno El Niño (NAYA, 1984).

Os fenômenos de escala sinótica, também conhecidos como “fenômenos meteorológicos de macroescala”, são aqueles que ocorrem em uma escala de 2.000 km, podem durar dias ou semanas e têm importância nas características climáticas e

estações do planeta. O movimento das massas de ar, ciclones, anticiclones, furacões e tempestades tropicais, são exemplos de fenômenos que ocorrem em escala sinótica. A previsão do tempo se baseia na previsão do movimento dessas grandes estruturas (SCHROEDER e BUCK ,1970; NAYA, 1984).

Quando os eventos ocorrem em uma escala de 10 a 100 km e duram minutos, horas ou dias, são conhecidos como fenômenos de mesoescala. Exemplos deste tipo de fenômeno são as brisas marítimas e terrestres, os ventos locais e de vale, tornados, linhas de instabilidade e tempestades isoladas (SCHROEDER e BUCK ,1970; NAYA, 1984).

Os fenômenos de microescala ocorrem em uma escala de até 1 km. As diferenças locais de calor e frio, as interações solo-planta são exemplos de fenômenos de microescala e podem durar de segundos até uma hora (SCHROEDER e BUCK ,1970; NAYA, 1984).

A ocorrência dos incêndios florestais em uma região são afetados pelas condições das camadas mais baixas da atmosfera em um determinado tempo e pelas alterações climáticas ocorridas com o decorrer do tempo. Essas mudanças ocorrem devido à natureza da atmosfera e das reações ao recebimento da energia emitida pelo sol. Por este motivo, o conhecimento das variáveis meteorológicas é de grande importância na prevenção dos incêndios. A partir das variáveis meteorológicas é possível identificar os dias e as épocas de maior probabilidade de ocorrência de incêndios e, com essas informações, pode-se tomar medidas técnicas e administrativas para reduzir o potencial de danos pelo fogo (SCHROEDER e BUCK ,1970).

As condições climáticas incluem vários fatores importantes na combustão e propagação dos incêndios.

#### 2.2.4.1 Radiação solar

Radiação é o processo pelo qual a Terra recebe energia calorífica do Sol. Essa energia é produzida no Sol por fusão nuclear, onde o hidrogênio é convertido em hélio. Nesse processo, uma parte infinitamente pequena da massa do Sol é transformada em energia térmica (SCHROEDER e BUCK,

1970; SOARES e BATISTA, 2004).

A intensidade de radiação solar recebida nos limites da atmosfera terrestre é constante. No entanto, a quantidade de energia que chega à superfície da terra é muito variável e depende da quantidade de nuvens na atmosfera. Parte da energia é refletida pelas nuvens e perdida no espaço. Na ausência de nuvens, a maioria da radiação atravessa diretamente a atmosfera e alcança a superfície terrestre (NAYA, 1984).

A presença de vapor d'água, ozônio e dióxido de carbono faz com que radiações de certos comprimentos de onda sejam absorvidas. Da radiação que atinge a superfície terrestre, parte é absorvida e parte é refletida. A radiação solar que é absorvida pela Terra é convertida em energia térmica, produzindo aquecimento na superfície, sendo importante para a vida na Terra e para os processos meteorológicos originados deste aquecimento (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991, SOARES e BATISTA, 2004).

Segundo BROWN e DAVIS (1973), outro fator que afeta a quantidade de radiação recebida na superfície da Terra é a inclinação dos raios solares. Isto varia de acordo com a latitude, a estação do ano, a hora do dia e o relevo. Essa variação de radiação cria um espectro de temperaturas variáveis que desencadeia vários fenômenos meteorológicos e dá origem aos diversos tipos de clima existentes.

Vale ressaltar que a radiação solar influi direta ou indiretamente em todas as demais variáveis meteorológicas (NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

#### 2.2.4.2 Temperatura do ar

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), temperatura é o grau de calor de uma substância, medido em uma escala finita. A temperatura reflete o nível de atividade molecular de um corpo. Calor e temperatura, entretanto, não devem ser confundidos. Por exemplo, se uma atmosfera de gás é rapidamente reduzida à metade de seu volume por meio do aumento de pressão, sua temperatura se elevará significativamente mas seu conteúdo calorífico permanecerá o mesmo. Um grande objeto pode apresentar uma temperatura muito mais baixa do que um pequeno



objeto, e ainda assim ter um maior conteúdo calorífico em razão do seu maior número de moléculas.

A temperatura do ar influi direta e indiretamente na combustão e propagação dos incêndios. Sua influência direta se refere à quantidade de calor necessária para elevar o combustível à temperatura de ignição e depende da própria temperatura inicial do combustível, como também da temperatura do ar em volta do mesmo. Sua influência indireta está relacionada com o efeito sobre os outros fatores relacionados à propagação do fogo, entre os quais o vento, a umidade do combustível e a estabilidade atmosférica (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985).

Após a ocorrência da ignição, o efeito da temperatura inicial do combustível sobre a combustão é bastante reduzido. Apesar disso, altas temperaturas do ar estão geralmente associadas a grande risco de incêndio e a altas taxas de propagação do fogo. O risco aumenta consideravelmente com o aumento da temperatura do ar e a temperatura do combustível (SOARES, 1985).

#### 2.2.4.3 Pressão atmosférica

Pressão atmosférica é a pressão exercida sobre a superfície terrestre pela camada de ar que a circunda, ou seja, é o peso da atmosfera em um determinado local (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

De acordo com BROWN e DAVIS (1973) a pressão diminui com a altitude, mas varia também com o tempo ao longo do dia. No entanto, a variação da pressão associada ao movimento das massas de ar é o principal fator para fins meteorológicos. Os sistemas de alta pressão, caracterizados por circulação anticiclônica, ou no sentido dos ponteiros do relógio estão normalmente associados a baixas temperaturas. Anticiclones caracterizam-se por uma circulação fechada com os ventos soprando em sentido antihorário no Hemisfério Sul e horário no Hemisfério Norte e a pressão torna-se progressivamente mais alta, à medida que se move em direção ao centro. Sistemas de baixa pressão são caracterizados por uma

circulação ciclônica, que é uma circulação fechada, com os ventos soprando em sentido horário no Hemisfério Sul e antihorário no Hemisfério Norte.

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), NAYA (1984), VAREJÃO-SILVA e REIS (1988), e VIANELLO e ALVES (1991), quanto maior o gradiente de pressão, ou seja, a diferença entre a pressão em um centro de alta pressão e um centro de baixa pressão, maior a velocidade do vento, que sopra sempre no sentido da alta para a baixa pressão.

#### 2.2.4.4 Umidade relativa do ar

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), NAYA (1984), VAREJÃO-SILVA e REIS (1988) e VIANELLO e ALVES (1991), a umidade relativa do ar é a razão, em porcentagem, entre a quantidade de umidade para um volume de ar e a quantidade total que aquele volume pode manter para uma dada temperatura e pressão atmosférica.

A umidade atmosférica é um elemento chave nos incêndios florestais, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, havendo uma troca constante de umidade entre a atmosfera e os combustíveis florestais mortos. O material seco absorve água de uma atmosfera úmida e libera água quando o ar está seco. A quantidade de umidade que o material morto pode absorver do ar e reter depende, basicamente, da umidade relativa do ar. Durante períodos extremamente secos, a baixa umidade pode, inclusive, afetar o conteúdo de umidade do material vivo (SCHROEDER e BUCK, 1970, SOARES, 1985).

Segundo LOWE (2001) a hora do dia tem uma influência importante nos níveis de umidade relativa. Nas primeiras horas da manhã as temperaturas estão mais baixas e os níveis de umidade relativa mais altos. À medida que as horas passam, a temperatura começa a aumentar e a umidade relativa começa a diminuir. No meio da tarde as temperaturas estão em seu valor máximo e a umidade relativa atinge seu valor mínimo. É importante observar periodicamente os níveis de umidade relativa pois eles estão fortemente associados e indicam o teor de umidade dos combustíveis.

O tempo que os combustíveis florestais levam para absorver ou perder umidade para o ar varia bastante dependendo, do tipo e tamanho do material. Material fino como folhas, acículas e pequenos ramos podem alcançar um conteúdo de umidade de equilíbrio em poucos minutos. Galhos de grande dimensão e troncos podem levar um longo tempo, dependendo de sua dimensão. O tempo médio de resposta do combustível em relação à umidade do ar varia principalmente com o tamanho do material, apesar de haver outros fatores envolvidos. O combustível morto pode ser dividido em várias classes, muito usadas em inventários de material combustível, como mostra a Tabela 1 (BATISTA, 1990).

TABELA 1 - CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E TEMPOS DE RESPOSTA MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO

<b>Classe de material combustível (Diâmetro em cm)</b>	<b>Tempo médio de resposta (horas)</b>
< 0,7	1
0,7 a 2,4	10
2,5 a 7,6	100
> 7,6	> 1000

#### 2.2.4.5 Vento

Vento é o movimento de ar dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão. De maneira geral as áreas próximas ao Equador são mais quentes e, portanto, de menor pressão, enquanto as áreas próximas da latitude de 30° apresentam pressão maior. Além dessa circulação geral no sentido polos-Equador, é necessário considerar outros efeitos, tais como movimento de rotação da terra, a fricção, o relevo e as massas de água. Em função desses efeitos, existem movimentos locais que tornam bastante complexa a distribuição dos ventos na superfície terrestre (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), o vento e a umidade relativa do ar são considerados os dois mais importantes parâmetros meteorológicos que afetam a propagação dos incêndios. O vento é o mais variável e o menos previsível. Ventos próximos à superfície terrestre são fortemente influenciados pelo perfil do

relevo e pelos processos locais de aquecimento e resfriamento. Isto contribui bastante para sua variabilidade e ressalta a importância de uma adequada avaliação do comportamento local dos ventos em operações de combate aos incêndios.

Segundo DAVIS (1959) o vento afeta diretamente a taxa de combustão do combustível florestal pelo aumento do fornecimento de oxigênio e também a taxa de propagação em função do fornecimento de energia por condução e convecção.

O vento influi na propagação dos incêndios de várias maneiras. Ele desloca o ar úmido do interior da floresta, aumentando a evaporação e favorecendo a secagem do material combustível; ventos suaves ajudam as fagulhas a provocar a ignição do material combustível; depois de iniciado o fogo, o vento ativa a combustão por meio do fornecimento contínuo de oxigênio; o vento ajuda a propagação transportando o calor e fagulhas para áreas ainda não queimadas e inclinando as chamas até os materiais não queimados, à frente do fogo e ativando a fase de pré-aquecimento. A direção e a forma de propagação dos incêndios são também determinadas principalmente pelo vento (SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS; 1973; SOARES, 1985).

Segundo PYNE (1984), os ventos podem ser classificados em primários, de segunda ordem e de terceira ordem. Ventos primários são aqueles relacionados à circulação geral do ar ao redor do globo terrestre. Ventos de segunda ordem referem-se a condições sinóticas como frentes e células de pressão. Os ventos de terceira ordem referem-se às condições locais ou sistemas convectivos de pequena escala.

Os ventos de origem local ou ventos convectivos (SCHROEDER e BUCK, 1970), causados por variações locais de temperatura, têm papel importante no comportamento do fogo, tanto quanto os ventos produzidos em escala sinótica. Em muitas áreas eles podem predominar e se sobrepor aos ventos de larga escala. Se essas variações locais forem bem entendidas, as mudanças no comportamento do fogo podem ser previstas.

Considerando-se fixas as condições de quantidade e umidade do combustível, umidade relativa do ar e topografia, a intensidade de propagação do fogo aumenta com a velocidade do vento (Tabela 2). Além disso, o vento é fator fundamental num incêndio de copa, para transportar o calor e as chamas de árvore

em árvore (SOARES, 1985).

TABELA 2 - INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DO VENTO NA TAXA DE PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS

Velocidade do vento (km/h)	Fator de propagação
< 16	1,0
17 - 24	2,0
25 - 32	2,8
33 - 40	3,2
41 - 48	3,4

VAN WAGNER (1987), depois de várias pesquisas sobre o efeito do vento na propagação de incêndios florestais, obteve a seguinte equação:

$$F(w) = e^{0,05039 w}$$

Onde  $F(w)$  é o fator de propagação causado pelo vento e “w” é a velocidade do vento a 10 metros da superfície do solo. A equação tem sido usada em vários trabalhos relativos ao efeito do vento em incêndios florestais. Para velocidades do vento muito altas, sua validade, no entanto, é incerta.

O vento é o fator mais variável no comportamento do fogo. Ele varia no tempo e nas direções horizontal e vertical, e essa variação sofre influência ainda do relevo, da vegetação e do próprio tipo de vento (ROTHERMEL, 1983).

Segundo VIEGAS (1997), o vento é o fator mais importante na propagação de um incêndio florestal, sendo também o mais difícil de se prever, devido a sua característica vetorial e a sua ampla variabilidade temporal e espacial.

VIEGAS e NETO (1991) concluíram que a taxa de propagação do fogo para combustíveis com propriedades similares está correlacionada com a velocidade do vento. NELSON (2002) demonstra que a velocidade efetiva do vento está correlacionada com a taxa de propagação do fogo.

Segundo VÉLEZ (2000), o vento é um elemento decisivo no comportamento do fogo, sendo muitas vezes responsável pela ultrapassagem das

barreiras de defesa pelo fogo e criando condições para os incêndios de copa. Os efeitos mais importantes do vento na propagação dos incêndios são: secagem do combustível florestal, acelerando a transpiração; aumento da intensidade do fogo ao transportar maior quantidade de oxigênio à combustão; inclinação da chama, o que causa maior eficácia nos processos de transmissão de energia por radiação; aumento da transmissão de energia por convecção.

Segundo VIEGAS (2004a), a propagação do fogo em locais com declividade, como os vales, tem comportamento distinto daquele que ocorre em áreas sem declividade em função do efeito de fatores adicionais como a convecção e a radiação. Se existe uma declividade ou a presença de vento, a taxa de propagação tende a crescer. Os efeitos convectivos gerados pelo fogo em terrenos inclinados podem produzir o chamado *blow-up* ou explosão, mesmo na ausência de qualquer outra condição atmosférica especial. Esse fenômeno tem sido estudado pelo autor e pode explicar vários dos acidentes ocorridos ao longo da história dos incêndios florestais.

#### 2.2.4.6 Precipitação

Apesar de ser um fator limitante tanto na ignição como na propagação de incêndios, o efeito da precipitação muitas vezes é subestimado, talvez pela grande evidência de sua influência sobre o fogo.

A ocorrência dos incêndios está sempre associada a períodos sem chuva. Existe uma forte correlação entre ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca. Longos períodos de estiagem afetam o potencial de propagação dos incêndios de diversas maneiras, principalmente pela secagem progressiva do material combustível morto, podendo inclusive afetar o teor de umidade da vegetação verde. Isto aumenta a probabilidade de ignição e a facilidade de propagação do incêndio (SOARES, 1985).

A ocorrência de precipitação é fator fundamental na redução do potencial de ocorrência e propagação dos incêndios até mesmo a zero, dependendo da quantidade de água precipitada. No entanto, condições críticas de inflamabilidade não são revertidas facilmente. Combustíveis florestais extremamente secos podem

ser umedecidos superficialmente por uma chuva matinal e secarem rapidamente, tornando-se novamente inflamáveis durante a tarde (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

Ao se avaliar o efeito da precipitação sobre o potencial de propagação do fogo em uma região é necessário levar em consideração não apenas a quantidade de chuva mas também sua distribuição estacional. Duas regiões com a mesma precipitação total anual podem apresentar características completamente diferentes com relação a risco de incêndios. Se a distribuição da chuva é uniforme durante todo o ano, sem uma estação seca definida, o potencial de ocorrência e propagação de incêndios é bem menor do que, por exemplo, o potencial de uma região em que a estação chuvosa seja concentrada em alguns meses, com longos períodos de estiagem durante outros meses. A distribuição da precipitação é, portanto, fator fundamental na definição do início, término e duração das estações de alto potencial de incêndio (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

VIEGAS e VIEGAS (1994) estudando a relação entre a precipitação e a área queimada por incêndios florestais em Portugal, verificaram que quando o verão é chuvoso existe uma redução na área queimada.

#### 2.2.4.7 Estabilidade atmosférica

De acordo com SCHROEDER e BUCK (1970), a estabilidade da atmosfera está relacionada com a variação da temperatura de acordo com a altitude.

Com relação à estabilidade a atmosfera pode ser estável e instável. Se a temperatura aumenta com a altitude, não existem condições para o estabelecimento de correntes ascendentes. Neste caso tem-se uma atmosfera estável. A estabilidade geralmente é definida como aquela condição atmosférica na qual os movimentos ascendentes do ar estão ausentes ou inibidos. Quando a temperatura está muito elevada na superfície do solo, existem condições para a formação de células ascendentes e, conseqüentemente, para a movimentação ascendente do ar. Neste caso tem-se uma atmosfera instável, o que causa grande turbulência. A instabilidade é definida como o estado atmosférico no qual prevalecem os movimentos verticais (BROWN e DAVIS 1973).

A caracterização de tais condições atmosféricas se faz de acordo com a distribuição vertical da temperatura do ar, isto é, uma camada atmosférica será estável ou instável dependendo do valor do gradiente vertical de temperatura observado na camada. A temperatura do ar geralmente diminui com a altitude, por meio do chamado “processo adiabático”. Quando o ar está seco as mudanças de temperatura se devem exclusivamente à expansão e à contração do ar. Se o ar está saturado, como nas nuvens, por exemplo, a condensação do vapor d’água libera o calor latente, influenciando na temperatura (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

O gradiente adiabático do ar seco é constante e igual a  $0,0098^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , ou seja, o ar se resfria aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$  a cada 100 m de altitude. O gradiente adiabático do ar úmido, devido à liberação do calor latente, não é constante, pois depende do teor de umidade do ar. Para o ar ligeiramente úmido, o gradiente é aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$  por 100m e para o ar saturado,  $2^{\circ}\text{C}$  por 100 m (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

Como na camada da troposfera o ar geralmente contém alguma umidade, o valor médio do gradiente adiabático recomendado para se estimar as temperaturas a diferentes níveis de altitude é  $0,6^{\circ}\text{C}$  por 100m, isto é, a temperatura do ar geralmente diminui cerca de  $6^{\circ}\text{C}$  a cada quilômetro de altitude.

A atmosfera é considerada estável quando o gradiente de variação da temperatura com a altitude é menor do que o gradiente adiabático e instável quando o gradiente de variação da temperatura é maior do que o gradiente adiabático; e neutra quando os dois gradientes se equivalem (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).

**Subsidência** é o movimento descendente das grandes massas de ar. Este movimento apresenta baixas velocidades, entre 150 e 300 m/h. O aquecimento adiabático do ar no processo da subsidência é responsável pela evaporação das gotículas de água das nuvens, provocando o desaparecimento dos Cumulus que se formam pela manhã, deixando o céu limpo, principalmente em algumas tardes de outono e inverno (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).



**Inversão térmica** é o aumento da temperatura do ar com a altitude, exatamente o inverso do que normalmente acontece, que é o resfriamento com a altitude. Isto ocorre principalmente em latitudes maiores, durante os meses mais frios do ano (meados do outono até início da primavera) em noites calmas de céu limpo, devido à intensa radiação da superfície terrestre. Pode ocorrer também devido ao acúmulo de ar frio nos fundos de vales e, nas camadas mais altas da atmosfera, devido à subsidência (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).

Quando há inversão térmica a atmosfera é altamente estável e isto pode causar sérios problemas ambientais pois, devido à ausência de movimentos verticais, a fumaça e outros agentes poluidores não se dispersam verticalmente, mas sim horizontalmente, agravando o problema da poluição nos grandes centros urbanos (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985).

Existem alguns indicadores que ajudam a definir as condições de estabilidade ou instabilidade atmosférica mesmo sem a medição das temperaturas do ar a diversos níveis de altitude (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985):

- a) Numa atmosfera estável predominam as nuvens em forma de camadas (Stratus); as colunas de fumaça se propagam horizontalmente após pequena elevação; a visibilidade na superfície da terra é ruim devido à formação de nevoeiro ou névoa seca; os ventos são constantes.
- b) Numa atmosfera instável predominam as nuvens de desenvolvimento vertical (Cumulus); as colunas de fumaça se propagam verticalmente até grandes alturas; existe boa visibilidade; há correntes ascendentes e descendentes de ar; pode haver formação de redemoinhos; os ventos são variáveis.
- c) Não é recomendável fazer queimas controladas em condições de estabilidade atmosférica, pois a dispersão vertical da fumaça pode causar problemas em áreas habitadas. Por outro lado, a ocorrência de incêndios florestais em condições de alta instabilidade, principalmente nas proximidades de áreas turbulentas (existência de Cumulonimbus), pode apresentar grande risco para as equipes de combate, devido aos fortes e variáveis ventos.

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), se a atmosfera possui a mesma temperatura em várias altitudes ou se existe uma camada de inversão térmica, tem-se uma atmosfera muito estável e neste caso não haverá movimentos ascendentes e haverá menos turbulência, o que faz com que os incêndios sejam menos perigosos. Uma atmosfera instável favorece a ocorrência de grandes incêndios.

#### 2.2.5 Características do Relevo

O relevo se refere à forma da superfície terrestre, com seus contornos e acidentes naturais. A topografia exerce grande influência sobre o clima, influenciando também sobre a vegetação e conseqüentemente sobre o material combustível das diversas regiões terrestres (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985).

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), BROWN e DAVIS (1973) e SOARES (1985) o relevo de uma área é um fator fixo, mas que afeta significativamente o perigo de incêndios florestais.

Da mesma forma que o vento, o relevo influencia a taxa de propagação de um incêndio, sendo considerado um importante fator de propagação (DAVIS, 1959).

Os efeitos do relevo sobre a propagação dos incêndios podem ser melhor entendidos por meio da análise de cada um de seus fatores básicos: **elevação, exposição e inclinação**.

##### 2.2.5.1 Elevação

Segundo SOARES (1985) altas elevações na superfície da Terra apresentam ar mais rarefeito e temperaturas mais baixas. Tanto a elevação em relação ao nível do mar como a elevação relativa a regiões vizinhas apresentam efeitos sobre o comportamento do fogo. Baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco de incêndios mais longas que altas elevações. Topo de montanhas e fundos de vales apresentam diferentes condições de queima durante o dia. Devido às correntes de vento e às condições de temperatura e umidade predominantes nos dois locais, os fundos de vale apresentam maior potencial de propagação de fogo durante o dia, com a situação se invertendo durante a noite.

### 2.2.5.2 Exposição

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970) e SOARES (1985) a exposição ou aspecto de um terreno apresenta um efeito direto na possibilidade de ocorrência e propagação de um incêndio. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte e conseqüentemente transmitem mais calor para essa exposição que para qualquer outra. A face Oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia seguida da face Leste e, finalmente, a face Sul é a que menos se aquece. Em latitude maior que  $23^{\circ}27'$ , a face Sul nunca recebe insolação direta, nem mesmo no verão, devido à inclinação da terra em relação ao Sol. Portanto, o efeito da exposição aumenta de acordo com o aumento da latitude. Como as exposições norte recebem mais energia, elas apresentam maior temperatura, menor umidade relativa, o material combustível se seca mais rapidamente e, como conseqüência, o risco de ocorrência e propagação de incêndios nessas exposições é maior que nas demais.

### 2.2.5.3 Inclinação

Segundo WHELAN (1998) o efeito da inclinação em uma frente de fogo é similar ao efeito do vento.

A inclinação interfere na tendência do fogo de se propagar mais rapidamente nos aclives e mais lentamente nos declives. Um incêndio se propagando em um aclive acentuado, por exemplo, se assemelha a um incêndio se propagando no plano, sob efeito de forte vento. A medida que o grau de inclinação aumenta, a velocidade de propagação também aumenta (SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS, 1973; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

Segundo SCHROEDER (1970), o comportamento dos ventos nos vales é ditado pelas variações de pressão que ocorrem durante o dia (dia e noite) nesses locais. Durante o dia, o Sol aquece mais as áreas mais altas do que os fundos de vale, causando um gradiente de pressão entre os dois pontos. A pressão fica maior no fundo do vale e menor no cume da montanha. Isso faz com que o vento sopra do vale em direção ao cume durante o dia.

Durante a noite o processo se inverte. A pressão no fundo do vale não se altera muito, enquanto a pressão no cume da montanha aumenta, em função da maior perda de temperatura nessas áreas. Dessa forma os ventos irão soprar do cume para os fundos de vale durante a noite.

Um incêndio iniciado durante o dia no fundo de um vale pode se propagar impulsionado por dois fatores que interferem positivamente em sua intensidade: o vento que sopra em direção a todas as encostas, fazendo com que o incêndio apresente um crescimento multidirecional e a declividade, outro fator que impulsiona a sua intensidade. Durante a noite este incêndio receberia ventos vindo do cume, diminuindo a sua intensidade. (VIEGAS, 2004b).

Um incêndio iniciado no cume de uma montanha durante o dia teria os fatores vento e declividade interferindo negativamente em sua propagação, pois teria vento em sentido contrário e declividade negativa. Sua propagação seria muito lenta. Essa tendência, no entanto, se inverteria à noite, tendo vento favorável descendo a encosta, mas ainda teria o efeito negativo da declividade, o que não permitiria alcançar a mesma intensidade de um incêndio no fundo do vale (SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS, 1973; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

A propagação de incêndios em locais dessa natureza tem sido objeto de pesquisa de VIEGAS (2004a) que considera, além dos fatores vento e declividade, as forças convectivas causadas pelo próprio incêndio, causando o fenômeno conhecido por “erupção”, um fogo com características devastadoras.

#### 2.2.6 Tipo de Cobertura Vegetal

O tipo de cobertura vegetal exerce acentuada influência no microclima local. Uma floresta densa e fechada intercepta a radiação solar, reduzindo a temperatura do ar e, conseqüentemente, do material combustível no interior da mesma. Ela também funciona como uma barreira, evitando a livre passagem de correntes de ar e reduzindo sensivelmente a velocidade do vento em seu interior. Isto diminui a evaporação, dificultando a secagem do material combustível. Além disso, a transpiração do material florestal proporciona um aumento da umidade relativa do ar na área da floresta. Todos esses fatos reunidos podem reduzir o risco de ignição e propagação de incêndios em uma floresta com essas características

(SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS, 1973; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

Por outro lado, uma floresta aberta permite penetração mais livre dos raios solares e do vento, produzindo aumentos na temperatura do combustível e na taxa de evaporação. Isto contribui para um maior potencial de propagação do fogo (SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS, 1973; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

As espécies florestais também exercem certa influência na propagação dos incêndios em função do tipo de combustível que produzem. Um povoamento de coníferas, por exemplo, pelas características de inflamabilidade da espécie, apresenta um risco potencial de propagação do fogo maior que um povoamento de folhosas (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985).

Segundo BROWN e DAVIS (1973) a ignição, a propagação e o comportamento do fogo dependem muito mais dos combustíveis do que de outros fatores. É no combustível que nasce e se desenvolve a energia de um incêndio florestal.

### 2.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Segundo SOARES (1972a), índices de perigo de incêndio são números que refletem a probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade do mesmo se propagar, com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma seqüência de dias.

Segundo CHENEY (1968), os índice de perigo de incêndios florestais fornecem uma resposta em 80% dos casos, o que é suficiente para o planejamento eficiente do controle de incêndios. Os índices são importantes pois permitem a previsão das condições de risco, o que possibilita a adoção de medidas preventivas mais eficazes e econômicas. Dentre as diversas utilidades e aplicações dos índices de perigo de incêndio pode-se destacar: o conhecimento do grau de risco, o planejamento do controle de incêndios, a permissão para queimas, o estabelecimento de zonas de perigo, a previsão do comportamento do fogo, a advertência pública do grau de perigo.

Um índice de perigo é um indicador quantitativo de uma ou mais variáveis

do perigo de incêndios, expresso em sentido relativo ou como uma medida absoluta. Por razões práticas, um índice de perigo de incêndios se apresenta em classes de perigo, definindo-se uma classe de perigo como uma porção da escala numérica do perigo de incêndios florestais (SOARES, 1984).

Segundo HEIKKILÄ *et al* (1993) um índice de perigo de incêndios é um importante indicador das condições de queima, pois indica a cada dia a situação do comportamento do fogo esperada em função da umidade dos combustíveis florestais.

SOARES (1972a) e outros autores referem-se a uma escala adjetiva para informação ao público, com graus de perigo que podem ser: NULO, MODERADO, ALTO, MUITO ALTO e EXTREMO, por exemplo.

A estrutura dos índices de perigo de incêndio é baseada na variação de alguns fatores meteorológicos. Pode-se distinguir dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo do incêndio: os de caráter permanente (material combustível, tipo de floresta e relevo) e os variáveis (condições climáticas). Os fatores de caráter permanente não são apropriados para a determinação do grau de perigo do ocorrência de incêndios pois, não apresentam variação a curto prazo. Os fatores de caráter permanente são úteis em índices mais complexos, que estimam a velocidade de propagação e o potencial de danos dos incêndios. Os fatores variáveis por sua vez apresentam uma base sólida para a determinação apenas do grau de perigo de ocorrência (SOARES, 1984).

Os índices de perigo de incêndios podem ser divididos em dois grupos: **índices de ocorrência**, que indicam a probabilidade de ocorrência de um incêndio, isto é, se existem condições favoráveis ou não para o início da combustão e que normalmente se utilizam dos fatores variáveis; e **índices de propagação** que indicam o comportamento dos incêndios florestais e que utilizam os fatores variáveis como a velocidade do vento e alguns fatores de caráter permanente. Esses índices de propagação além de indicar as condições de combustão oferecem uma previsão do comportamento do fogo (SOARES, 1984; VÉLEZ, 2000; MANTA, 2003).

Os cálculos dos índices de previsão de incêndios florestais baseiam-se principalmente nos fatores meteorológicos, existindo, no entanto, variações

nos sistemas utilizados nos diversos países. O peso atribuído a determinados fatores, pode variar dentro de um país, em função das regiões que o compõem. Os índices de previsão mais usados adotam, para efeito de cálculo, os dados meteorológicos coletados às 13:00 h (SOARES, 1972a).

Segundo MANTA (2003), os índices baseados em elementos meteorológicos podem ser **não-acumulativos**, quando calculados com base nas condições meteorológicas do dia e **acumulativos** que empregam algum método de acumular as condições meteorológicas de dias passados.

Os países mais desenvolvidos possuem sistemas complexos, compostos de vários subsistemas que englobam todos os aspectos do comportamento do fogo como a ignição, a propagação, o tipo de combustível, declividade do terreno, fatores climáticos e meteorológicos (SAMPAIO, 1999; MANTA, 2003).

### 2.3.1 Principais Índices de Perigo

Os principais índices de determinação do perigo de incêndios florestais são apresentados a seguir. (CHENEY, 1968; NOBLE et al 1980; SOARES, 1985; RODRÍGUEZ e MORETTI, 1988; SAMPAIO et al 1998; SAMPAIO 1999).

#### 2.3.1.1 Índice de Angstron

Desenvolvido na Suécia, segundo SOARES (1984), este índice baseia-se fundamentalmente na temperatura e na umidade relativa do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 h. É um índice não-acumulativo e a sua equação é a seguinte:

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

onde: B = índice de Angstron

H = umidade relativa do ar em %

T = temperatura do ar em °C

A interpretação do índice é feita da seguinte maneira: sempre que o valor de “B” for menor do que 2,5 haverá perigo de incêndios, isto é, as condições atmosféricas do dia estarão favoráveis à ocorrência de incêndios.

### 2.3.1.2 Índice logarítmico de Telicyn

Desenvolvido na ex-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, segundo SOARES (1984), este índice tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, ambas medidas às 13:00 h. O índice é acumulativo, isto é, seu valor aumenta gradativamente, como realmente acontece com as condições de perigo de incêndio, até que a ocorrência de uma chuva o reduza a zero, recomeçando novo ciclo de cálculos. Sua equação é a seguinte:

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

onde: I = índice de Telicyn

t = temperatura do ar em °C

r = temperatura do ponto de orvalho em °C

log = logaritmo na base 10

n = número de dias sem chuva

Sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandonar o somatório e recomeçar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar.

Como o índice é acumulativo, a interpretação do grau de perigo é feita por meio de uma escala, apresentada na Tabela 3.

TABELA 3 - ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE LOGARÍTMICO DE TELICYN.

Valor de I	Grau de Perigo
≤ 2	Nenhum
2,1 a 3,5	Pequeno
3,6 a 5,0	Médio
> 5,0	Alto



### 2.3.1.3 Índice de Nesterov

Desenvolvido na ex--União das Repúblicas Socialistas Soviéticas e aperfeiçoado na Polônia, segundo SOARES (1984), este índice tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 h. O índice de Nesterov, que também é acumulativo, tem a seguinte equação básica:

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

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 menor que 10,0 mm

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

$$d = E(1 - H/100)$$

onde: d = déficit de saturação do ar em milibares

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares

H = umidade relativa do ar em porcentagem

No índice de Nesterov, a continuidade do somatório é limitada pela ocorrência das restrições apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 - RESTRIÇÕES DO ÍNDICE DE NESTEROV EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA

<b>Chuva do dia (mm)</b>	<b>Modificação no cálculo</b>
≤ 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 somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
> 10,0	Interromper o cálculo (G=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

A interpretação do grau de perigo estimado pelo índice é feito por meio de uma escala de risco, apresentada na Tabela 5.

TABELA 5 - ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE NESTEROV

<b>Valor de G</b>	<b>Grau de Perigo</b>
≤ 300	Nenhum risco
301 a 500	Risco pequeno
501 a 1000	Risco médio
1001 a 4000	Grande risco
> 4000	Altíssimo risco

#### 2.3.1.4 Índice de Rodríguez e Moretti

Este índice foi desenvolvido para a região Andino-Patagônica, com base na análise de correlações entre determinadas variáveis meteorológicas e a ocorrência e a magnitude dos incêndios, durante as temporadas de incêndios 84-85, 85-86 e 86-87 (RODRÍGUEZ e MORETTI, 1988).

As variáveis consideradas foram: temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e dias consecutivos sem precipitação. Considerou-se que cada uma das variáveis utilizadas explicava uma determinada porcentagem do perigo total de propagação do fogo. As duas primeiras variáveis determinam o conteúdo de umidade e a resistência à ignição dos combustíveis; a ocorrência ou não de

precipitação determina a alternância entre períodos secos e úmidos.

O valor do índice se obtém somando-se os valores acumuladores 1, 2, 3 e 4, apresentados na Tabela 6. As variáveis de entrada são obtidas nas observações diárias efetuadas às 15:00 h. Os dias sem chuva são contados a partir do último dia com precipitação menor que 2 mm.

TABELA 6 – VALORES DOS ACUMULADORES DO ÍNDICE DE RODRÍGUEZ E MORETTI

<b>Acumulador 1</b>		<b>Acumulador 2</b>	
<b>Temperatura °C</b>	<b>Índice</b>	<b>Umidade %</b>	<b>Índice</b>
menos de 10	2.5	80 ou mais	2.5
10 a 11.9.	5.0	79 a 75	5.0
12 a 13.9	7.5	74 a 70	7.5
14 a 15.9	10.5	69 a 65	10.5
16 a 17.9	12.0	64 a 60	12.5
18 a 19.9	15.5	59 a 55	15.0
20 a 21.9	17.5	54 a 50	17.5
22 a 23.9	20.0	49 a 45	20.0
24 a 25.9	22.5	44 a 40	22.5
26 ou mais	25.0	39 ou menos	25.0
<b>Acumulador 3</b>		<b>Acumulador 4</b>	
<b>Vento(km/h)</b>	<b>Índice</b>	<b>Días sem chuva</b>	<b>Índice</b>
menos de 3.0	1.5	1	3.5
3.0 a 5.9	3.0	2 a 4	7.0
6.0 a 8.9	4.5	5 a 7	10.5
9.0 a 11.9	6.0	8 a 10	14.0
12.0 a 14.9	7.5	11 a 13	17.5
15.0 a 17.9	9.0	14 a 16	21.0
18.0 a 20.9	10.5	17 a 19	24.5
21.0 a 23.9	12.0	20 a 22	28.0
24.0 a 26.9	13.5	23 a 25	31.5
27.0 ou mais	15.0	26 ou mais	35.0

Quando se faz o cálculo em um dia que existe precipitação, o valor a somar no acumulador 4 é de 0; no segundo dia com precipitação, o valor obtido pela soma dos valores dos acumuladores se multiplica por um fator de correção, neste caso 0,8; no terceiro dia se multiplica por 0,6 e assim sucessivamente.

A amplitude do índice, que varia de 0 a 100, está dividido em quatro classes, que indicam o grau de perigo de propagação de ocorrer um incêndio, como mostra a Tabela 7.

TABELA 7 - ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE RODRIGUEZ E MORETTI

Valor de G	Grau de Perigo
0 - 24	Leve
25 - 49	Moderado
50 - 74	Alto
75 - 100	Extremo

Este índice é utilizado atualmente por alguns organismos de manejo do fogo das províncias patagônicas, entre os quais a Dirección de Bosques da provincia de Chubut e a Central de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) de Parques Nacionales.

#### 2.3.1.5 Fórmula de Monte Alegre

Desenvolvido com base em dados da região central do Estado do Paraná, este índice, também acumulativo, utiliza duas variáveis: uma de forma direta, a umidade relativa do ar, medida às 13:00 h e outra de forma indireta, a precipitação diária . A sua equação básica é a seguinte (SOARES,1972b):

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

onde: FMA = Fórmula de Monte Alegre

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

n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito a restrições de precipitação, como mostra a Tabela 8.

TABELA 8 - RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA

<b>Chuva do dia (mm)</b>	<b>Modificação no cálculo</b>
≤ 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 recomeçar a somatória no dia seguinte.

A interpretação do grau de perigo estimado pela Fórmula de Monte Alegre é feita por meio de uma escala, como apresentado na Tabela 9.

TABELA 9 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

<b>Valor de FMA</b>	<b>Grau de Perigo</b>
≤ 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito alto

Segundo SOARES (1998a) um dos principais pontos positivos da Fórmula de Monte Alegre é a sua simplicidade, pois só utiliza duas variáveis meteorológicas, umidade relativa e precipitação, que são de fácil obtenção.

### 2.3.2 Sistemas Complexos

Os índices de determinação de perigo de incêndios florestais apresentados anteriormente se baseiam fundamentalmente em fatores meteorológicos. No entanto, países como Canadá, Estados Unidos, Austrália, França e Chile, entre outros, utilizam índices bastante complexos que serão apresentados brevemente a seguir (DEEMING, 1972; VAN WAGNER, 1987; VÉLEZ, 2000; MANTA, 2003).

### 2.3.2.1 Canadá

A investigação sobre sistemas de avaliação de risco de incêndios florestais no Canadá foi iniciada por J. G. Wright em 1925. Desde então, a avaliação de risco foi se aperfeiçoando. Este foi um processo evolutivo, sobre o qual se deve ressaltar:

- 1) Cada novo índice conservava características do anterior;
- 2) Houve uma tendência à simplificação nas observações meteorológicas requeridas;
- 3) Os sistemas se basearam na avaliação do risco em função de experiências de campo, analisadas empiricamente.

Segundo VAN WAGNER (1987) e VÉLEZ (2000), o sistema canadense, *Fire Weather Index* (FWI), posto em funcionamento em 1970 e ainda em utilização, é constituído por seis componentes. Os três primeiros se referem à umidade dos combustíveis e os outros três consistem de índices de comportamento do fogo. A descrição dos componentes do Sistema FWI é a seguinte:

- a) Código de conteúdo de umidade dos combustíveis finos – (FFMC – *Fine Fuel Moisture Code*) – é um índice numérico do conteúdo de umidade dos combustíveis finos dispostos no estrato superficial.
- b) Código de conteúdo de umidade da matéria orgânica – (DMC – *Duff Moisture Code*) – é um índice numérico do conteúdo de umidade do material vegetal de baixa ou média compactação situado no estrato médio da camada de matéria orgânica não incorporada ao solo mineral.
- c) Código de secagem – (DC – *Drought Code*) – é um índice numérico do conteúdo de umidade do material localizado no estrato de maior profundidade da camada de matéria orgânica não incorporada ao solo mineral.
- d) Índice de propagação inicial – (ISI – *Initial Spread Index*) – é um índice numérico que expressa a velocidade de propagação do fogo. Combina os efeitos do vento e o FFMC com a velocidade de propagação em função das variações da quantidade de combustível.

- e) Índice de combustão – (BUI – *Buidup Index*) – é um índice numérico que informa sobre a quantidade de combustível disponível para a combustão.
- f) Índice meteorológico – (FWI – *Fire Weather Index*) – é um índice numérico da intensidade calórica do incêndio, resultante da combinação do ISI e BUI. É empregado como índice geral do grau de perigo para todas as zonas florestais do Canadá.

#### 2.3.2.2 Estados Unidos

Segundo DEEMING (1972) e VÉLEZ (2000), o Sistema Nacional de Avaliação de Risco de Incêndios dos Estados Unidos (NFDRS – *National Fire Danger Rating System*), é composto por diversos índices, sendo que cada um possui uma escala de 0 a 100, com o fim de dar apoio ao planejamento, à execução e à supervisão das operações de defesa contra incêndios florestais. Seus principais componentes são:

- a) Índice de ocorrência (*Ocurrence Index*) – é um índice relativo ao início potencial dos incêndios em uma determinada área. É derivado do risco, que representa o grau de atividade das causas de ignição e também está relacionado com o Componente de Ignição a ser descrito.
- b) Índice de combustão (*Burning Index*) – é derivado dos componentes de propagação e liberação de energia. Faz um prognóstico da rapidez de expansão do fogo.
- c) Índice de carga (*Load Index*) – refere-se à carga potencial de trabalho requerida para a contenção de todos os incêndios que ocorrerão em um determinado dia e local. Depende dos índices de ocorrência e de combustão.
- d) Índice de severidade estacional (*Seasonal Severity Index*) – Faz prognóstico da carga total de trabalho requerida para o controle de todos os incêndios que ocorrerão em uma temporada em uma determinada região.

Os componentes destes índices são definidos da seguinte maneira:

- a) Componente de Ignição (IC) – representa a facilidade com que os combustíveis finos se acendem.
- b) Componente de Propagação (SC) – é um modelo matemático que integra os efeitos do vento e do relevo com as propriedades da camada de combustíveis e das partículas vegetais que estão incorporadas ao respectivo modelo de combustível.
- c) Componente de Liberação de Energia (ERC) – da mesma forma que o componente de propagação, é determinado para cada modelo de combustível. Existe uma diferença importante, pois enquanto o SC é calculado sobre a base de combustíveis finos, o ERC utiliza o conteúdo de umidade dos combustíveis médios e grossos.

Os componentes básicos do comportamento do fogo, como a facilidade de ignição, a velocidade de propagação e a taxa de combustão, podem indicar a necessidade da adoção de medidas de controle. Os componentes de comportamento IC, SC e ERC constituem a chave para a avaliação do grau de perigo ao integrar os efeitos do combustível, meteorológicos e da topografia em um sistema numérico que pode ser utilizado pelo pessoal de proteção.

### 2.3.2.3 Austrália

O sistema de previsão de incêndios florestais da Austrália é constituído de um Índice de Secagem e outro de Perigo de Incêndio. O primeiro mede as condições de inflamabilidade do combustível e se baseia no índice acumulativo do sistema dos Estados Unidos, corrigido e adaptado para as condições australianas. Para a sua determinação foram empregadas medições de evapotranspiração do conjunto vegetação-solo em função da chuva e da temperatura (VÉLEZ, 2000).

O Índice de Perigo prevê a probabilidade de ocorrência de incêndios, sua velocidade de propagação e as dificuldades para a sua extinção. A escala de perigo varia de 0 a 100 e se divide em 5 classes, como apresentado na Tabela 10 (VÉLEZ, 2000).



TABELA 10 - ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA AUSTRALIANO

<b>Valor do Índice</b>	<b>Classe de Perigo</b>
0-4	Baixo
5-11	Moderado
12-23	Alto
24-49	Muito Alto
50-100	Extremo

#### 2.3.2.4 França

Segundo VÉLEZ (2000), as regiões francesas que apresentam maior perigo de incêndios são as regiões mediterrâneas da Provença e da Córsega em função das baixas precipitações, com verões quentes e secos. Os ventos são muito fortes, o que contribui para agravar a situação e favorecer a propagação do fogo.

O grau de secagem é definido como o déficit de água no solo. Estudando a evapotranspiração, determinou-se que a saturação de água no solo corresponde a 150 mm. O déficit de água no solo (d) é definido a partir da diferença entre o nível de saturação e a reserva existente no solo (r). A fórmula utilizada é a seguinte:

$$d = 150 - r$$

A escala varia de 0 a 3. Na realidade, mais que uma escala numérica, é uma medida do grau de perigo, como apresentado na Tabela 11.

TABELA 11 - ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA DA FRANÇA

<b>Valor do Índice</b>	<b>Classe de Perigo</b>	<b>Alerta</b>
0	Muito moderado	Não
1	Moderado	Simples
2	Elevado	Grave
3	Muito Elevado	Muito Grave

Medem-se o deficit de água no solo e a velocidade do vento. O índice de perigo de incêndio é determinado com base nestes dados em uma tabela de dupla entrada.

### 2.3.2.5 Chile

Segundo VÉLEZ (2000), o índice chileno foi desenvolvido em 1989 e se baseia em uma fórmula geral que define a probabilidade de início de incêndios florestais para diferentes setores do território. A fórmula é a seguinte:

$$y = 17,6653 + 1,1692 x_1 - 0,4378 x_2 + 0,3473 x_3 + 18,6862 x_4 - 0,2664 x_5$$

onde:

$y$  = probabilidade de ocorrência diária de incêndios florestais

$x_1$  = temperatura do ar em graus Celsius

$x_2$  = umidade relativa do ar em porcentagem

$x_3$  = velocidade do vento em nós

$x_4$  = fator estacional que varia de 1 a 3

$x_5$  = fator de secagem que varia de 0,5 a 70

Os valores obtidos da fórmula são classificados em cinco categorias, como mostra a Tabela 12.

TABELA 12 - ESCALA DE PERIGO PARA O SISTEMA CHILENO

<b>Valor do Índice</b>	<b>Classe de Perigo</b>
0-25	Nulo
26-40	Baixo
41-55	Médio
56-70	Alto
71-100	Extremo

O Índice Geral de Ocorrência pode ser substituído por 15 índices específicos que representam, de forma mais precisa, o mesmo número de zonas de risco em que se classificou o território chileno.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

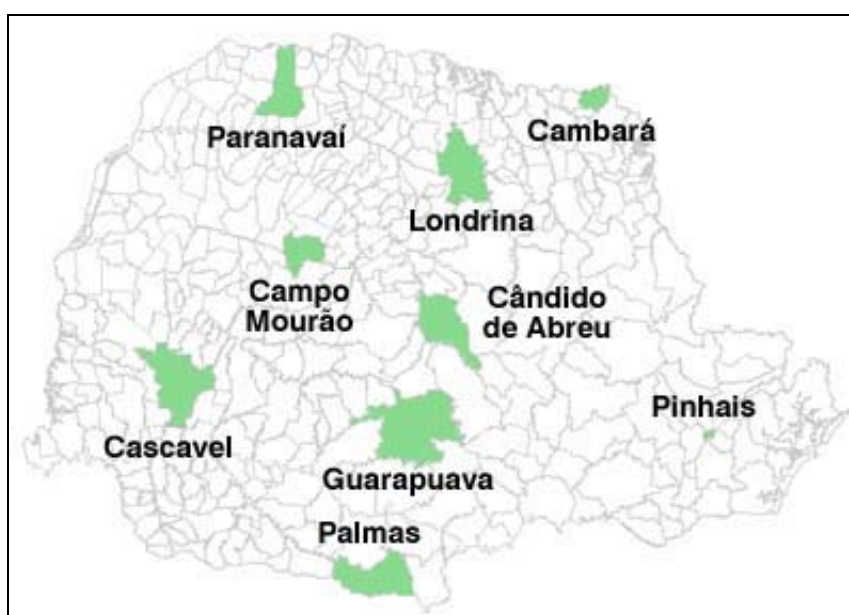
Para o desenvolvimento da primeira parte deste estudo, referente ao ajuste da umidade relativa, foram utilizados dados de 9 regiões do Estado do Paraná. Cada uma das regiões possui uma estação meteorológica automática identificada por seu código e sua posição geográfica - latitude, longitude e altitude, como apresentado na Tabela 13. A Figura 1 apresenta a distribuição das regiões estudadas no Estado do Paraná.

TABELA 13 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NAS REGIÕES DE ESTUDO

<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
1. Cambará	23005002	23° 00' 00" S	50° 02' 00" W	545
2. Campo Mourão	24035222	24° 03' 00" S	52° 22' 00" W	630
3. Cândido de Abreu	24385115	24° 38' 00" S	51° 15' 00" W	540
4. Cascavel	24535333	24° 53' 00" S	53° 33' 00" W	800
5. Guarapuava	25215130	25° 21' 00" S	51° 30' 00" W	1.120
6. Londrina	23185109	23° 18' 00" S	51° 09' 00" W	585
7. Palmas	26285158	26° 28' 00" S	51° 58' 00" W	1.160
8. Paranavaí	23055226	23° 05' 00" S	52° 26' 00" W	470
9. Pinhais	25254905	25° 25' 00" S	49° 05' 00" W	893

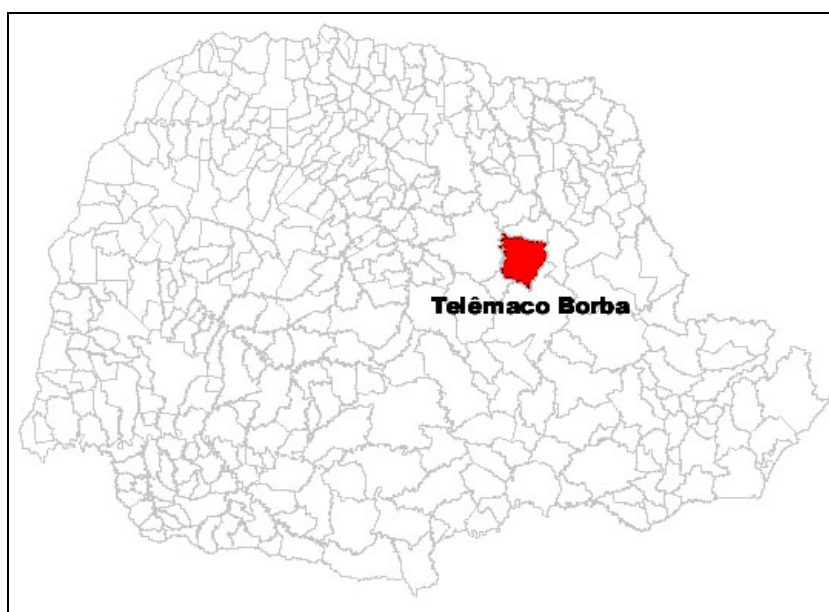
FONTES: INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO ESTADO DO PARANÁ



Para a segunda parte do trabalho, referente à incorporação da velocidade do vento à Fórmula de Monte Alegre, foram utilizados dados da Klabin do Paraná, localizada no município de Telêmaco Borba, a 24°08' de latitude sul e 50°30' de longitude oeste, com altitude variando de 750 a 868 m. A Figura 2 mostra a localização do município de Telêmaco Borba no Estado do Paraná.

FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TELÊMACO BORBA NO ESTADO DO PARANÁ



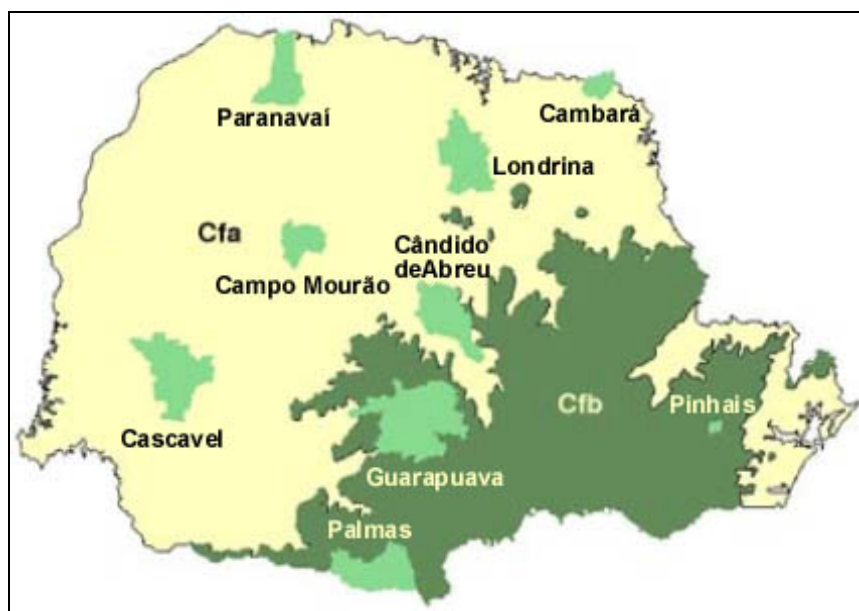
### 3.2 INFORMAÇÕES SOBRE O CLIMA

Os climas das regiões consideradas neste estudo, segundo a classificação de Köppen (TREWARTHA e HORN, 1980) são apresentados na Figura 3. As regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Londrina e Paranavaí enquadram-se no tipo Cfa, caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, apresentando verões quentes (temperatura média superior a 22° C), invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18° C), sem estação seca definida.

As regiões de Guarapuava, Palmas e Pinhais enquadram-se no tipo Cfb, caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, segundo a classificação de Köppen, apresentando verões frescos (temperatura média inferior a

22° C), invernos com ocorrências de geadas severas e frequentes (temperatura média inferior a 18° C), não apresentando estação seca.

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA CLIMÁTICO DO PARANÁ



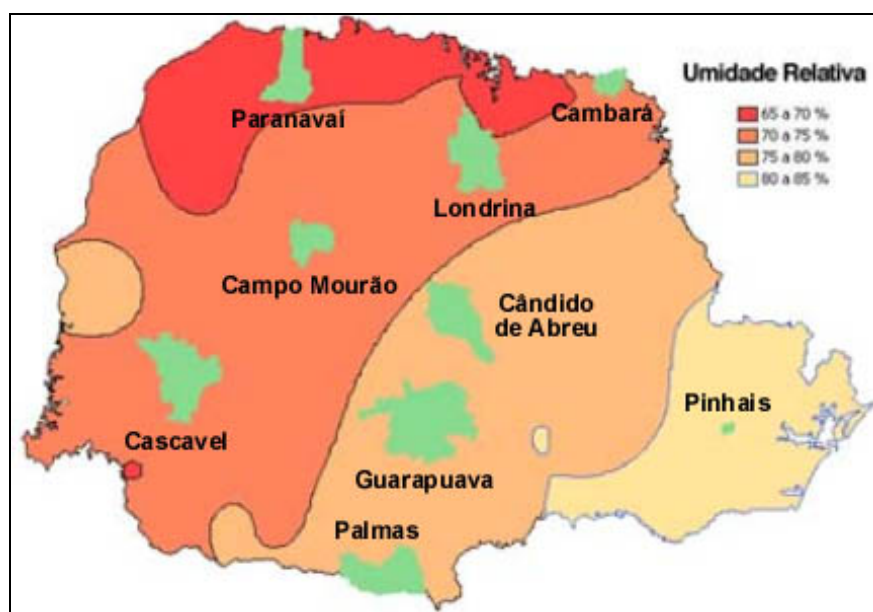
FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

O clima da região de Telêmaco Borba, onde se localiza a Klabin do Paraná, segundo a classificação de Köppen, é Cfa/Cfb, subtropical úmido transicional para temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio inferior a 16°C, ocorrência de geadas, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A precipitação média anual é 1.490 mm, com excedente hídrico de 557 mm/ano, distribuído em todos os meses do ano.

Na Figura 4 é apresentada a distribuição das regiões de estudo no mapa de umidade relativa média anual do Estado do Paraná.

Como se pode observar, a região de Paranavaí apresenta umidade relativa média anual entre 65 e 70%, as regiões de Cambará, Londrina, Campo Mourão e Cascavel apresentam umidade relativa média anual entre 70 e 75%, as regiões de Cândido de Abreu, Guarapuava e Palmas apresentam umidade relativa média anual entre 75 e 80% e a região de Pinhais apresenta umidade relativa média anual entre 80 e 85%.

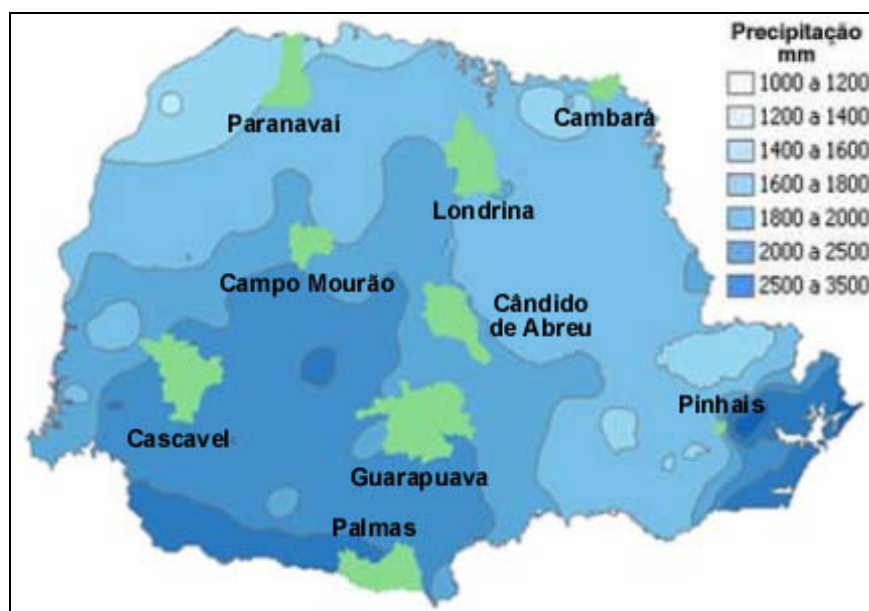
FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

Na Figura 5 é apresentada a distribuição das regiões de estudo no mapa de precipitação média anual do Estado do Paraná.

FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ

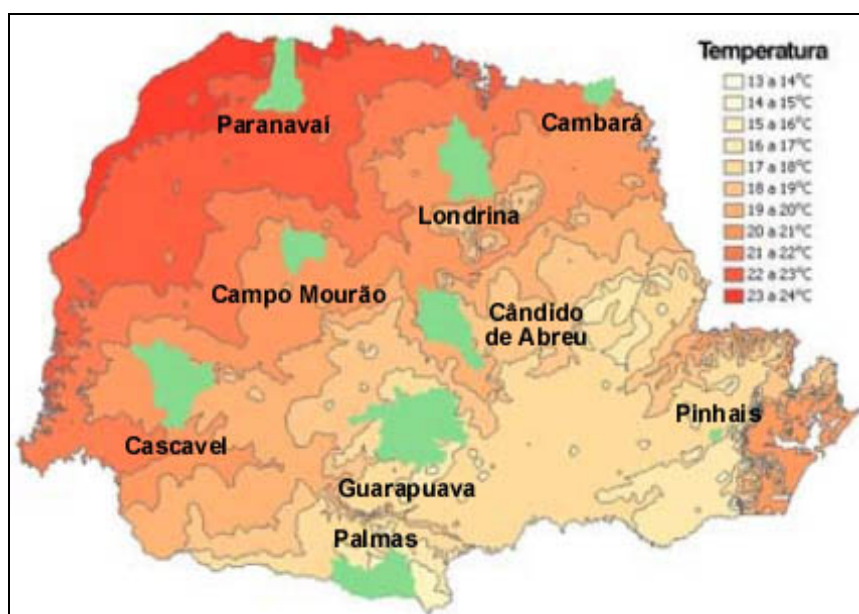


FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

A região de Paranavaí apresenta precipitações médias anuais de 1400 a 1800 mm, a região de Cambará apresenta precipitações médias anuais de 1400 a 1600 mm, a região de Londrina apresenta precipitações médias anuais de 1600 a 2000 mm, as regiões de Campo Mourão e Cândido de Abreu apresentam precipitações médias anuais de 1400 a 1600 mm, as regiões de Cascavel, Guarapuava e Pinhais apresentam precipitações médias anuais de 2000 a 2500 mm e a região de Palmas apresenta precipitações médias anuais superiores a 2500 mm.

Na Figura 6 é apresentada a distribuição das regiões de estudo no mapa de temperatura média anual do Estado do Paraná.

FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

De acordo com a classificação climática, observa-se que as regiões de Paranavaí, Cambará, Londrina, Campo Mourão e Cascavel apresentam temperaturas superiores a 22°C, e as regiões de Cândido de Abreu, Guarapuava, Palmas e Pinhais apresentam temperaturas mais amenas, abaixo de 22°C.

### 3.3 PROCESSO METODOLÓGICO

De uma maneira geral, o processo metodológico envolveu os seguintes passos:

- a) Obtenção dos dados meteorológicos de umidade relativa, precipitação e vento;
- b) Desenvolvimento de equações de regressão para permitir o ajuste da umidade relativa das 9:00 e das 15:00 h para as 13:00 h, considerando modelos lineares, não-lineares, polinomiais e exponenciais;
- c) Análise das equações obtidas visando a obtenção de uma equação única para o Estado do Paraná;
- d) Obtenção dos dados de incêndios florestais;
- e) Incorporação do efeito da velocidade do vento à Fórmula de Monte Alegre para que o índice refletisse também o efeito da propagação dos incêndios, por meio da proposta de oito modelos lineares e sete modelos exponenciais de velocidade do vento;
- f) Validação e testes do novo modelo.

#### 3.3.1 Obtenção dos Dados Meteorológicos

A base de dados climatológicos usados neste trabalho foi fornecida pelo Instituto Tecnológico Simepar.

Para cada região descrita anteriormente foram obtidos dados diários de umidade relativa às 9:00, 13:00 e 15:00 h, vento às 13:00 h e precipitação diária, para um período de 5 anos, compreendido entre 01/06/1998 e 31/05/2003, totalizando 60 meses de observações.

#### 3.3.2 Desenvolvimento de Equações de Regressão para Umidade Relativa

Com o fim de ajustar os valores de umidade relativa das 9:00 h para as 13:00 h e das 15:00 h para as 13:00 h foram geradas equações de regressão lineares, não-lineares, polinomiais e exponenciais para cada uma das regiões estudadas. As formas gerais para essas equações foram:



a) Regressão linear simples

$$UR_{13} = b_0 + b_1 UR_{09}$$

$$UR_{13} = b_0 + b_1 UR_{15}$$

b) Regressão não linear

$$UR_{13} = b_0 UR_{09}^{b_1}$$

$$UR_{13} = b_0 UR_{15}^{b_1}$$

c) Regressão polinomial

$$UR_{13} = b_0 + b_1 UR_{09} + b_2 UR_{09}^2$$

$$UR_{13} = b_0 + b_1 UR_{15} + b_2 UR_{15}^2$$

d) Regressão exponencial

$$UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{09})}$$

$$UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{15})}$$

onde:  $UR_{09}$  = umidade relativa das 9:00 h  
 $UR_{13}$  = umidade relativa das 13:00 h  
 $UR_{15}$  = umidade relativa das 15:00 h  
 $b_0, b_1, b_2$  = coeficientes de regressão

A seleção das equações para fornecer estimativas confiáveis para cada região, baseou-se nos seguintes critérios:

- a) Análise dos coeficientes de determinação ( $R^2$ );
- b) Análise dos erros-padrão residuais ( $s_{y.x}$ ).

Ao final dessa análise foram escolhidos os melhores grupos de equações de regressão visando corrigir a umidade relativa das 9:00 h para as 13:00 h e das 15:00 h para as 13:00 h, para cada uma das regiões estudadas.

### 3.3.3 Análise das Equações

Quando as equações selecionadas são do mesmo tipo, elas podem ser comparadas por meio da análise de covariância (FREESE, 1967; DRAPPER e SMITH, 1981; NUNES, 1981) tomando como base um nível de significância.

Foram realizadas análises de covariância em todas as combinações possíveis entre as nove regiões estudadas, com o fim de verificar a existência de diferença significativa entre as mesmas ao nível de significância de 0,05. Não existindo diferença significativa entre duas ou mais equações, os dados das mesmas foram combinados, gerando-se uma equação única para os mesmos.

A análise de covariância testa, inicialmente, a significância entre as inclinações das curvas e, a seguir, as constantes de regressão, que são as interseções das curvas com o eixo Y. Se as inclinações forem estatisticamente diferentes, os grupos testados devem ter diferentes regressões e a análise deve parar neste ponto. Se as inclinações não apresentarem diferenças significativas, deve-se testar a interseção das curvas com o eixo Y. Se este teste apresentar diferença significativa, os grupos testados devem ter diferentes regressões. Se este teste não apresentar diferença significativa, as equações devem ser consideradas semelhantes, podendo os dados serem combinados para gerar uma única equação que os represente.

#### 3.3.4 Obtenção dos Dados de Incêndios Florestais

Para analisar a eficiência dos modelos propostos foram obtidos, junto à Klabin do Paraná, dados meteorológicos diários de umidade relativa às 13:00 h, vento às 13:00 h e precipitação diária e informações sobre ocorrências de incêndios, tais como data de ocorrência, hora de início e de término e área queimada, para o período compreendido entre 01/06/1998 e 31/05/2003. A Klabin do Paraná, localizada no município de Telêmaco Borba, região central do Estado do Paraná, possui os mais antigos (desde 1965) e completos registros de ocorrências de incêndios florestais entre todas as empresas brasileiras.

#### 3.3.5 Incorporação da Velocidade do Vento à Fórmula de Monte Alegre

Foi realizado, inicialmente, um estudo do comportamento das variáveis meteorológicas umidade relativa, precipitação e vento para todas as regiões, com o objetivo de conhecer as amplitudes, os valores médios e o grau de dispersão.

A forma geral da Fórmula de Monte Alegre Alterada, referenciada como FMA<sup>+</sup> passa a ter a seguinte representação geral:

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

onde:  $FMA^+$  = Fórmula de Monte Alegre Alterada

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

n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

fp = fator de propagação calculado pelos modelos lineares e exponenciais

Posteriormente, foram considerados dois cenários referentes à influência da velocidade do vento sobre o índice obtido pela Fórmula de Monte Alegre. No primeiro cenário foram estudados oito modelos que consideravam um efeito linear da velocidade do vento sobre o índice.

Esses modelos são citados ao longo deste trabalho como FMAVL1, FMAVL2, FMAVL3, FMAVL4, FMAVL5, FMAVL6, FMAVL7 e FMAVL8, respectivamente e foram gerados com base nas equações:

- a) FMAVL1 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,05 v)**
- b) FMAVL2 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,10 v)**
- c) FMAVL3 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,15 v)**
- d) FMAVL4 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,20 v)**
- e) FMAVL5 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,25 v)**
- f) FMAVL6 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,30 v)**
- g) FMAVL7 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,35 v)**
- h) FMAVL8 - gerado pela equação: **fp = 1+(0,40 v)**

onde: fp = fator de propagação

v = velocidade do vento em m/s, medida às 13:00 h

Utilizando as equações que geraram os fatores de propagação lineares, foi desenvolvido um programa na Linguagem Pascal, com o fim de determinar os índices de perigo e os respectivos graus de perigo pela Fórmula de Monte Alegre alterada na região de Telêmaco Borba, para todos os dias compreendidos entre 01/06/1998 e 31/05/2003.

O programa lê um arquivo de entrada no formato txt, com os seguintes campos: data, umidade relativa, vento e precipitação, como apresentado no exemplo a seguir:

10/6/1998	52.80	1.60	0.0
11/6/1998	58.30	3.90	2.0
12/6/1998	63.30	2.00	0.0
13/6/1998	59.80	2.50	0.0
14/6/1998	70.00	1.70	0.0
15/6/1998	64.10	3.10	0.0
16/6/1998	56.40	3.60	0.0

A saída do programa é um arquivo no formato txt que apresenta para cada dia os valores calculados de FMA e dos oito modelos propostos com fator de propagação linear.

No segundo cenário foram propostos e estudados seis modelos, considerando um efeito exponencial da velocidade do vento sobre o índice gerado pela Fórmula de Monte Alegre, com base no modelo proposto por VAN VAGNER (1987), que também foi incluído nos testes. Esses modelos são citados neste trabalho como VWagner, FMAVE1, FMAVE2, FMAVE3, FMAVE4, FMAVE5 e FMAVE6 respectivamente e foram gerados com base nas equações:

- i) VWagner - gerado pela equação:  $fp = e^{0,05039 v}$
- j) FMAVE1 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,04 v}$
- k) FMAVE2 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,06 v}$
- l) FMAVE3 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,07 v}$
- m) FMAVE4 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,08 v}$
- n) FMAVE5 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,09 v}$
- o) FMAVE6 - gerado pela equação:  $fp = e^{0,10 v}$

onde: fp = fator de propagação

v = velocidade do vento em m/s, medida às 13:00 h

e = base dos logaritmos naturais, igual a 2,718282

Com base nas equações que geraram os fatores de propagação exponenciais, foi desenvolvido um programa na Linguagem Pascal com o fim de determinar os índices de perigo e os respectivos graus de perigo pela Fórmula de Monte Alegre alterada, na região de Telêmaco Borba, para todos os dias compreendidos entre 01/06/1998 e 31/05/2003.

O programa lê um arquivo de entrada no formato txt, com os seguintes campos:

data, umidade relativa, vento e precipitação, como apresentado no exemplo a seguir:

24/6/1998	72.80	2.50	9.2
25/6/1998	56.60	3.50	0.0
26/6/1998	52.00	2.20	0.0
27/6/1998	60.20	1.20	0.2
28/6/1998	79.20	2.20	0.0
29/6/1998	77.20	4.70	0.0
30/6/1998	59.20	1.90	0.0

A saída do programa é um arquivo no formato txt que apresenta para cada dia os valores calculados de FMA e dos sete modelos propostos com fator de propagação exponencial.

A característica de ser um índice acumulativo baseado na umidade relativa foi mantida. No entanto, o fator de propagação foi obtido com base na velocidade do vento das 13:00 h de cada dia, não sendo o efeito do vento acumulativo. As restrições referentes à precipitação permaneceram as mesmas da Fórmula de Monte Alegre original.

### 3.3.6 Validação e testes do novo modelo

Para validar o novo modelo foram utilizados dados meteorológicos de umidade relativa, precipitação e vento e dados de ocorrência de incêndios como a hora de início e de término e a área queimada, para o período estudado, fornecidos pela Klabin do Paraná, para a região de Telêmaco Borba. Estes dados foram submetidos aos programas desenvolvidos para se determinar os graus de perigo para cada um dos modelos propostos.

#### 3.3.6.1 Distribuição diária dos graus de perigo, das ocorrências de incêndios e das áreas queimadas

Foram quantificados e analisados o número de dias para cada classe de grau de perigo e os percentuais que os mesmos representam em cada classe de grau de perigo, para cada modelo proposto, para a região de Telêmaco Borba.

As ocorrências de incêndios e as áreas queimadas na Klabin do Paraná foram analisadas ao longo do período abrangido por este estudo. Foram analisadas as ocorrências de incêndios, as áreas queimadas e seus percentuais, a área queimada média

por incêndio em cada classe de grau de perigo, para cada um dos modelos propostos.

### 3.3.6.2 Desempenho dos modelos

Para comparar os modelos propostos foi utilizado o método conhecido como *skill score* (SAMPAIO, 1999), que se baseia em uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em uma população. As Tabelas 14 e 15 ilustram como são realizados os cálculos para se obter o *skill score*.

TABELA 14 – TABELA DE CONTINGÊNCIA

Evento	Observado		Total Previsto	
	Incêndio	Não incêndio		
Previsto	Incêndio	a	b	N2 = a + b
	Não incêndio	c	d	N4 = c + d
<b>Total Observado</b>		N1 = a + c	N3 = b + d	N = a + b + c + d

TABELA 15 – CÁLCULOS 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
<b>Total Observado</b>		1	1	

As variáveis necessárias para a realização dos cálculos são:

N – Número total de observações

$$N = a + b + c + d$$

G – Número de acertos na previsão

$$G = a + d$$

H – Número esperado de acertos

$$H = N \cdot (1 - p) \cdot (1 - q) + N \cdot p \cdot q$$

onde:

$$p = N1 / N \text{ e } q = N2 / N$$

SS – *Skill score*

$$SS = (G - H) / (N - H)$$

PS – Porcentagem de sucesso

$$PS = G / N$$

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 o número de dias observados (N) e o número de dias com previsão de acertos. O método *skill score* é descrito de forma mais detalhada em SAMPAIO (1999).

Para analisar o desempenho de cada modelo foi definido um ponto que serve de fronteira entre a ocorrência e a não ocorrência de incêndio. Esta decisão foi tomada com base na escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre. Considerou-se como não indicativo da probabilidade de ocorrência de incêndios os graus de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndio os graus de perigo Médio, Alto e Muito Alto. Com base nesta definição foram calculados o *skill score* e as porcentagens de sucesso para cada modelo proposto. Os resultados obtidos foram analisados, o que permitiu identificar os modelos que apresentavam melhor desempenho, ou seja, apresentavam os maiores valores de *skill score* e porcentagem de sucesso. Foram selecionados dois modelos exponenciais que apresentavam os melhores resultados.

#### 3.3.6.3 Aferição dos modelos selecionados

Como os modelos selecionados usavam as classes de perigo originais definidas na Fórmula de Monte Alegre foi necessária a definição de novas classes que fossem mais adequadas aos novos modelos.

Para a definição das novas classes de perigo, utilizou-se como critério a distribuição do número de dias previstos por classe de perigo, o número de incêndios ocorridos por classe de perigo, a área queimada em cada classe de perigo e a área queimada média em cada classe de perigo.

Foram realizadas análises numéricas e gráficas em cada uma dessas variáveis, com o objetivo de se definir os limites de cada classe de perigo que iria compor a nova tabela de classes de perigo.

Estabeleceu-se que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo, de tal maneira que, quanto maior a classe de perigo, menor o número de dias previstos para ela.

Em relação às variáveis número de incêndios ocorridos, área queimada e

área queimada média em cada classe de perigo, procurou-se estabelecer uma relação direta, de tal maneira que quanto maior a classe de perigo, maiores os valores observados para essas variáveis.

Uma vez definidos os critérios, foram propostas novas classes de perigo para os modelos selecionados.

#### 3.3.6.4 Seleção do melhor modelo

Foi feita uma alteração no programa para calcular os índices de perigo com os modelos selecionados, incluindo as novas classes de perigo definidas.

Os dados referentes à região de Telêmaco Borba foram submetidos ao programa modificado e, com base nos resultados gerados pelo programa e dos dados de incêndios fornecidos pela Klabin do Paraná, os modelos selecionados foram submetidos a uma nova análise de desempenho, utilizando-se o método *skill score*, determinando-se o índice *skill score* e as porcentagens de sucesso para os mesmos, o que permitiu identificar o melhor modelo.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA, PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

Com os dados disponíveis para todas as regiões foram realizados testes estatísticos para se conhecer o comportamento das variáveis meteorológicas de importância para o desenvolvimento do trabalho, que são a umidade relativa, a precipitação e a velocidade do vento nas regiões estudadas.

Na Tabela 16 são apresentados os valores mínimos, médios e máximos diários de umidade relativa para as regiões estudadas e as variâncias e desvios padrão correspondentes.

TABELA 16 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE RELATIVA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

Estação	Número de dias	UR as 13 hs (%)			Variância	Desvio padrão
		Mín.	Máx.	Méd.		
1. Cambará	1826	19,80	99,70	60,52	286,25	16,92
2. Campo Mourão	1826	16,00	100,00	60,43	259,35	16,10
3. Cândido de Abreu	1826	18,10	99,80	61,65	262,36	16,20
4. Cascavel	1826	18,60	99,90	64,21	353,17	18,79
5. Guarapuava	1826	14,60	99,40	62,96	320,72	17,91
6. Londrina	1826	18,20	100,00	63,64	321,84	17,94
7. Palmas	1826	16,10	98,10	63,68	339,90	18,44
8. Paranavaí	1826	16,30	100,00	57,28	303,55	17,42
9. Pinhais	1826	19,80	100,00	69,74	288,43	16,98

As Figuras 7 e 8 apresentam, respectivamente, as umidades relativas mínimas e médias para as regiões estudadas.

Para o período estudado observou-se que região de Guarapuava apresentou a menor umidade relativa absoluta (14,60%) para o período estudado e as regiões de Cambará e Pinhais o maior valor para a umidade relativa mínima (19,80%). A menor média para a umidade relativa foi de 57,28% para a região de Paranavaí e a maior média (69,74%) para a região de Pinhais. Esses valores são condizentes com a classificação climática das regiões. As medidas de dispersão indicaram a região de Cascavel como tendo os maiores valores e a região de Campo Mourão com os menores valores de variância e desvio padrão.

FIGURA 7 – UMIDADE RELATIVA MÍNIMA ABSOLUTA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

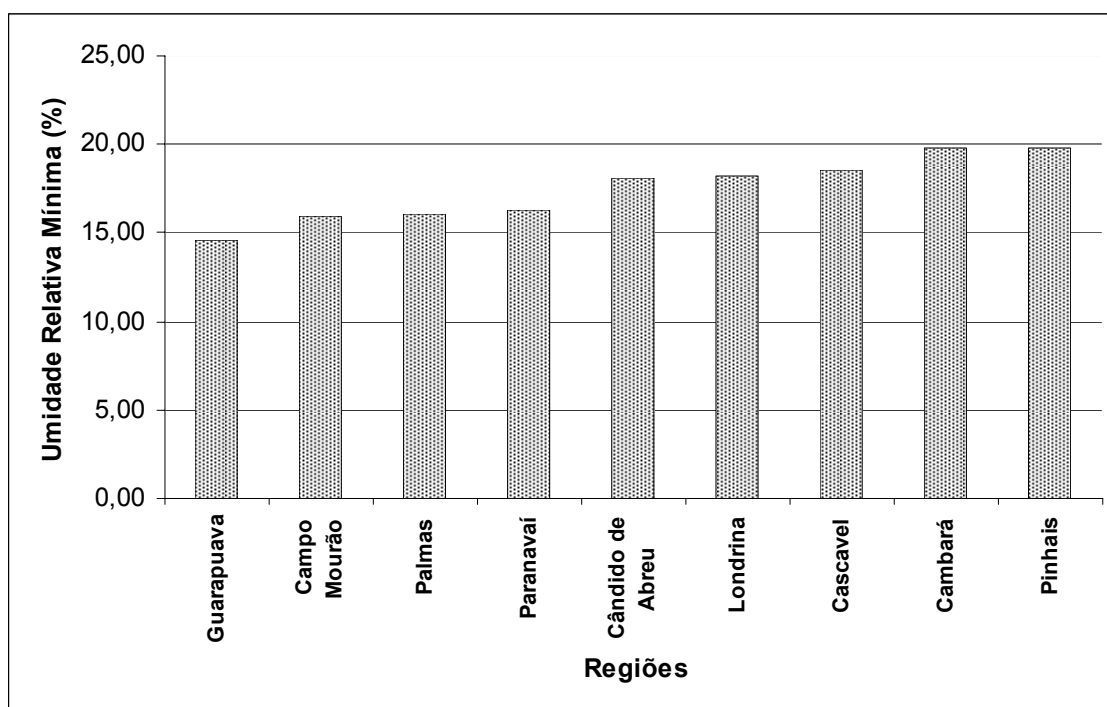
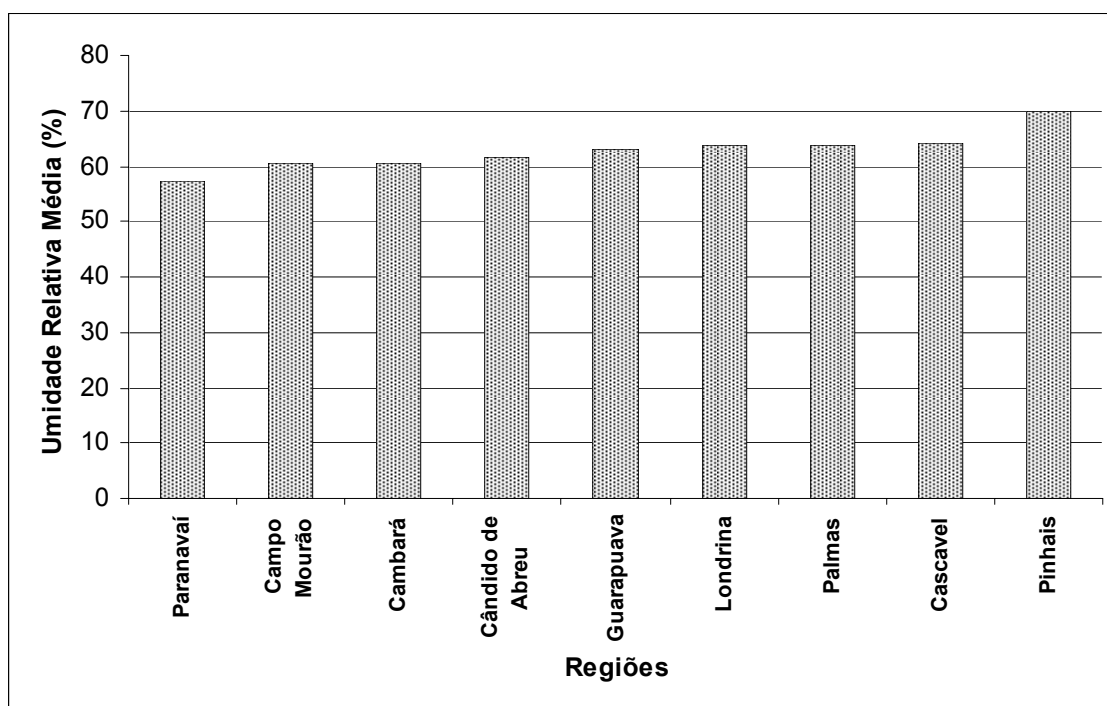


FIGURA 8 - UMIDADE RELATIVA MÉDIA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003



Na Tabela 17 são apresentados os valores mínimos, médios e máximos diários de precipitação para as regiões estudadas e a variâncias e desvios padrão correspondentes.

TABELA 17 – COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

Estação	Número de dias	Num. de dias sem chuva	Precipitação (mm)			Variância	Desvio padrão
			Mín.	Máx.	Méd.		
1. Cambará	1826	1274	0,0	105,40	3,38	87,22	9,34
2. Campo Mourão	1826	1199	0,0	119,60	4,34	139,41	11,81
3. Cândido de Abreu	1826	1131	0,0	139,60	4,55	132,80	11,52
4. Cascavel	1826	1163	0,0	185,40	4,75	166,72	12,91
5. Guarapuava	1826	1032	0,0	106,00	4,54	116,82	10,81
6. Londrina	1826	1229	0,0	112,00	3,95	113,84	10,67
7. Palmas	1826	1048	0,0	103,60	4,77	126,34	11,24
8. Paranavaí	1826	1233	0,0	137,60	3,93	121,03	11,00
9. Pinhais	1826	1002	0,0	117,20	3,61	88,29	9,40

As Figuras 9 e 10 apresentam, respectivamente, o número de dias sem chuva e a precipitação média para as regiões estudadas.

Para o período estudado observa-se que a menor média de precipitação ocorreu na região de Cambará (3,38 mm/dia) e a maior para a região de Palmas, (4,77 mm/dia). Esses valores são condizentes com o nível de precipitação esperado para as regiões.

A região de Cambará apresentou o maior valor de número de dias sem chuva, chegando a 1274 dos 1826 dias observados e a região de Pinhais apresentou o menor valor de número de dias sem chuva, 1002 dias.

A região de Cascavel apresentou o maior valor absoluto de precipitação para o período estudado, 185 mm em um dia. As medidas de dispersão indicam a região de Cascavel como tendo os maiores valores de variância e desvio padrão e a região de Cambará com os menores valores de variância e desvio padrão.

FIGURA 9 – NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

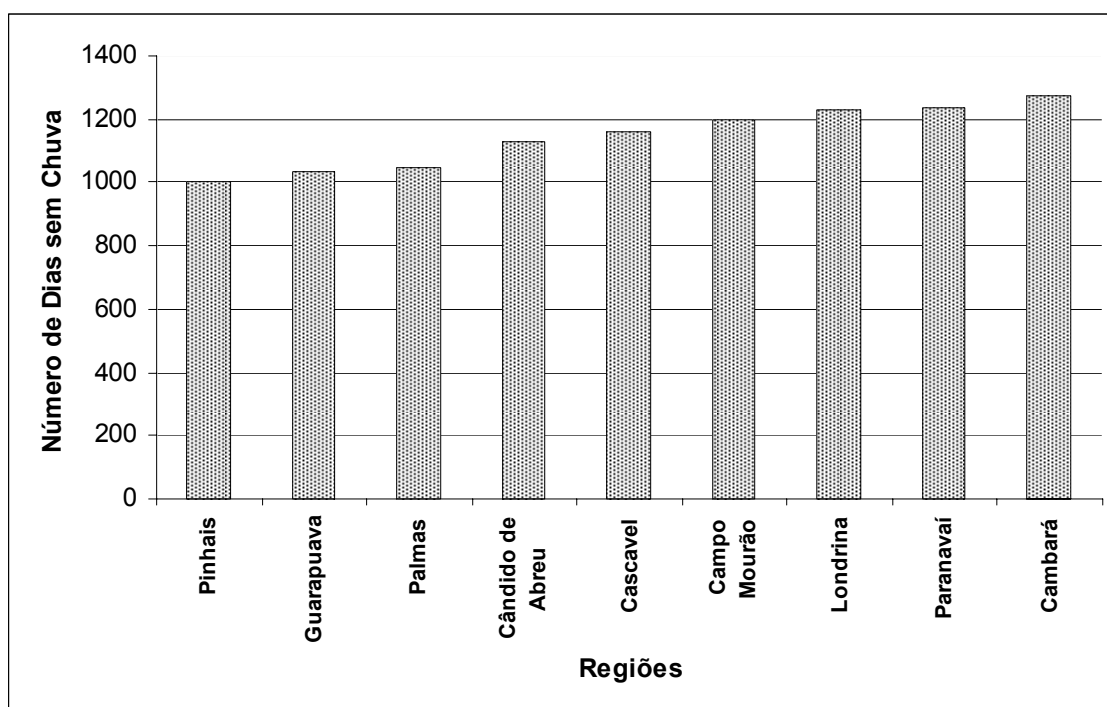
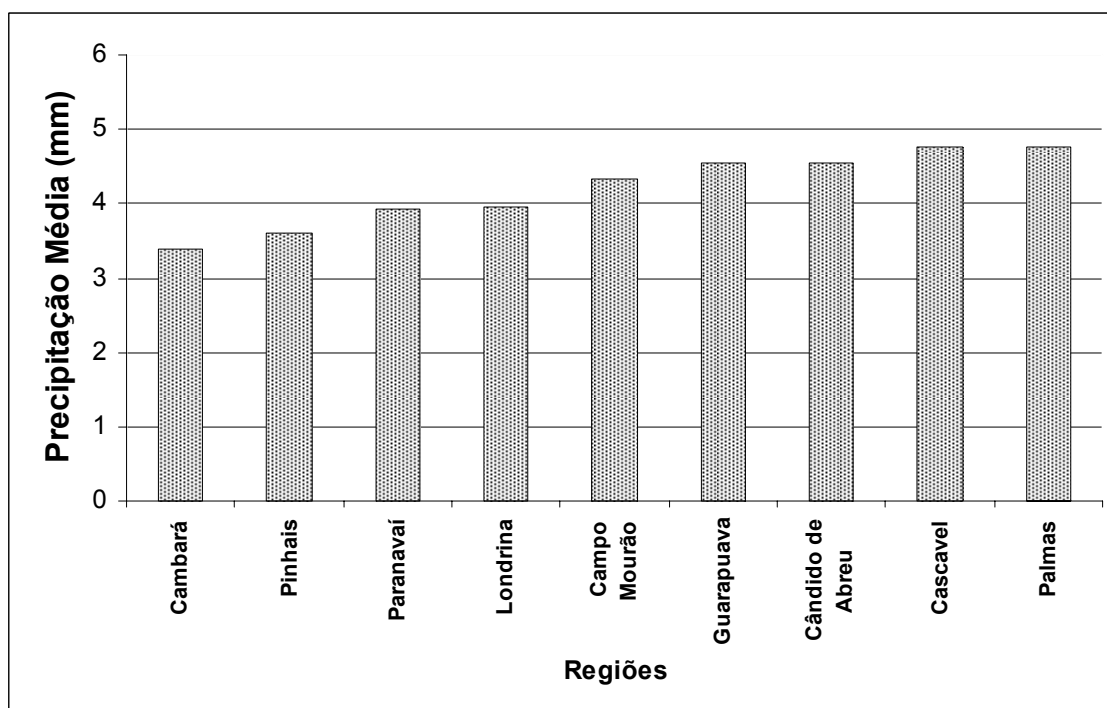


FIGURA 10 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003



Na Tabela 18 são apresentados os valores mínimos, médios e máximos diários de velocidade do vento para as regiões estudadas e as variâncias e desvios padrão correspondentes.

TABELA 18 – COMPORTAMENTO DA VELOCIDADE DO VENTO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

Estação	Número de dias	Vento as 13 hs (m/s)			Variância	Desvio padrão
		Mín.	Máx.	Méd.		
1. Cambará	1826	0,0	13,10	3,21	4,05	2,01
2. Campo Mourão	1826	0,0	11,10	3,69	3,21	1,79
3. Cândido de Abreu	1826	0,0	8,00	2,27	1,85	1,36
4. Cascavel	1826	0,0	13,20	4,44	4,90	2,21
5. Guarapuava	1826	0,0	31,30	3,36	4,03	2,01
6. Londrina	1826	0,0	13,50	2,99	2,58	1,61
7. Palmas	1826	0,0	14,60	3,55	3,71	1,92
8. Paranavaí	1826	0,0	10,50	2,68	2,22	1,49
9. Pinhais	1826	0,0	9,70	2,77	2,30	1,52

As Figuras 11 e 12 apresentam, respectivamente, os valores máximos e médios de velocidade do vento para as regiões estudadas.

Para o período estudado observou-se que a velocidade máxima do vento ocorreu na região de Guarapuava, tendo alcançado 31,30 m/s e que o menor valor para o vento máximo foi observado na região de Cândido de Abreu que foi de 8,00 m/s.

A região de Cascavel apresentou a maior média de velocidade do vento, (4,44 m/s) para o período estudado, e a região de Cândido de Abreu a menor média (2,27 m/s). As regiões de Cascavel e Cândido de Abreu apresentaram os maiores e menores valores de variância e desvio padrão, respectivamente.

FIGURA 11 – VENTO MÁXIMO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003

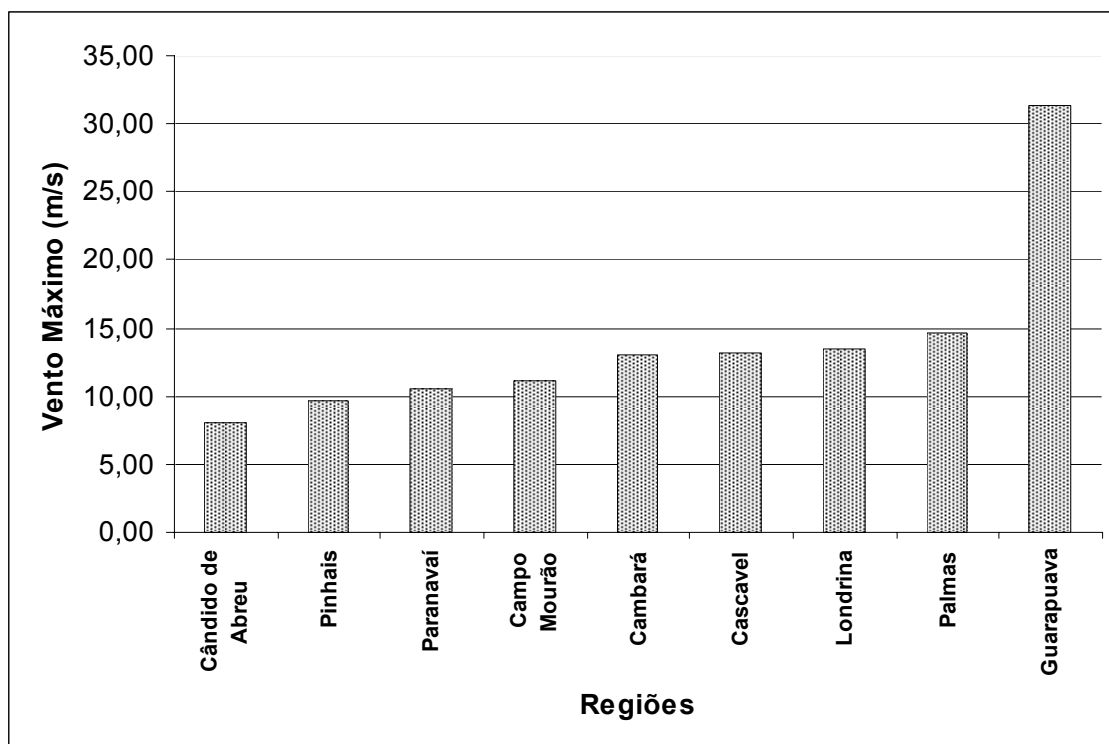
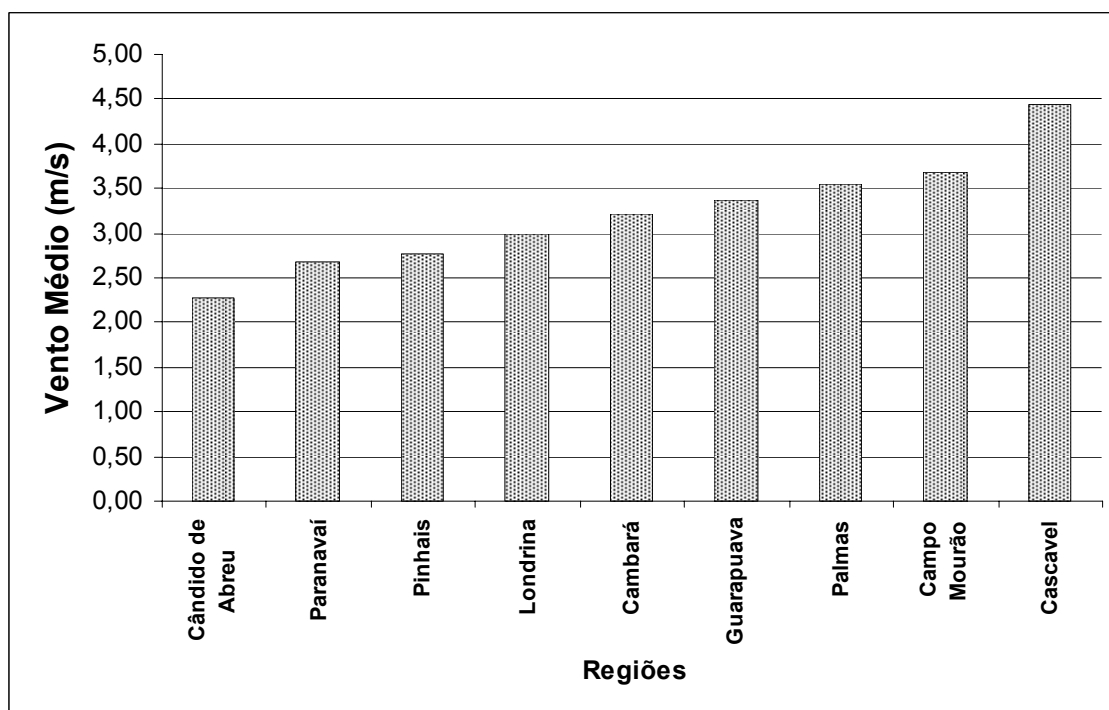


FIGURA 12 - VENTO MÉDIO NAS REGIÕES ESTUDADAS PARA O PERÍODO DE 01/06/1998 A 31/05/2003



## 4.2 CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA

Para o cálculo da Fórmula de Monte Alegre utiliza-se a umidade relativa das 13:00 h. Em muitos casos podem existir apenas os dados das 9:00 ou 15:00 h, que são os padrões utilizados nas estações meteorológicas convencionais da rede oficial brasileira, mas não existe o dado das 13:00 h. Mesmo assim, é possível a utilização da Fórmula de Monte Alegre, desde que se faça a correção dos valores da umidade relativa das 9:00 ou das 15:00 para as 13:00 h.

Para ajustar os valores de umidade relativa das 9:00 h para as 13:00 h e das 15:00 h para as 13:00 h, foram geradas equações de regressão lineares, não-lineares, polinomiais e exponenciais para cada uma das regiões estudadas. Outros modelos foram testados, mas em função de apresentarem resultados pouco significativos, não serão aqui apresentados.

### 4.2.1 Correção da Umidade Relativa das 9:00 para as 13:00 h

As estatísticas das equações de regressão para a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h são apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22.

TABELA 19 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO LINEAR SIMPLES  
FORMA GERAL:  $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{09}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	r	$R^2$	$s_{y.x}$
1. Cambará	1826	-20,293234	0,914887	0,5925	0,3511	13,6328
2. Campo Mourão	1826	-20,555806	1,025583	0,7611	0,5793	10,4485
3. Cândido de Abreu	1826	-16,570545	0,942495	0,6626	0,4390	12,1346
4. Cascavel	1826	-18,327600	1,011010	0,7680	0,5899	12,0661
5. Guarapuava	1826	-13,219934	0,887998	0,5634	0,3175	14,7987
6. Londrina	1826	-32,027634	1,094060	0,7148	0,5110	12,5479
7. Palmas	1826	-37,520004	1,180725	0,6366	0,4053	14,2217
8. Paranavaí	1826	-13,224990	0,915364	0,7878	0,6207	10,7328
9. Pinhais	1826	-11,329379	0,898112	0,4988	0,2488	14,7235

Nos resultados da Tabela 19 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,2488 para a região de Pinhais e 0,6207 para a região de Paranaíba. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) variaram de 0,4988 a 0,7878 para as mesmas regiões, indicando uma associação moderada entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 10,4485 para a região de Campo Mourão a 14,7235 para a região de Pinhais.

TABELA 20 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO NÃO LINEAR  
FORMA GERAL:  $UR_{13}=b_0 UR_{09}^{b_1}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	$r$	$R^2$	$s_{y,x}$
1. Cambará	1826	0,145179	1,339900	0,6319	0,3993	0,2233
2. Campo Mourão	1826	0,163997	1,347970	0,7828	0,6128	0,1722
3. Cândido de Abreu	1826	0,229896	1,260350	0,6766	0,4579	0,1979
4. Cascavel	1826	0,207429	1,297680	0,8050	0,6481	0,1834
5. Guarapuava	1826	0,313047	1,184270	0,5711	0,3262	0,2492
6. Londrina	1826	0,077155	1,496090	0,7503	0,5630	0,1937
7. Palmas	1826	0,045112	1,621760	0,6456	0,4169	0,2400
8. Paranaíba	1826	0,318966	1,190120	0,8198	0,6721	0,1725
9. Pinhais	1826	0,348966	1,170680	0,5022	0,2522	0,2329

Nos resultados da Tabela 20 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,2522 para a região de Pinhais e 0,6721 para a região de Paranaíba. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) variaram de 0,5022 a 0,8198 para as mesmas regiões, indicando uma associação moderada entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 0,1722 para a região de Campo Mourão a 0,2492 para a região de Guarapuava.



TABELA 21 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO POLINOMIAL  
FORMA GERAL:  $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{09} + b_2 UR_{09}^2$

Estação	Núm. dias	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	r	R <sup>2</sup>	s <sub>y.x</sub>
1. Cambará	1826	47,6692	-0,773259	0,01024350	0,5983	0,3580	13,5633
2. Campo Mourão	1826	16,3872	0,043664	0,00636449	0,7771	0,5856	10,3723
3. Cândido de Abreu	1826	35,7928	-0,383142	0,00821597	0,6671	0,4450	12,0734
4. Cascavel	1826	13,0368	0,173130	0,00539209	0,7710	0,5945	12,0017
5. Guarapuava	1826	58,3571	-0,941114	0,01139580	0,5749	0,3305	14,6617
6. Londrina	1826	64,0806	-1,312850	0,01469240	0,7277	0,5295	12,3120
7. Palmas	1826	55,0710	-1,136550	0,01424080	0,6456	0,4168	14,0876
8. Paranavaí	1826	22,8567	-0,074597	0,00652370	0,7941	0,6306	10,5942
9. Pinhais	1826	29,8704	-0,109368	0,00603885	0,5007	0,2507	14,7087

Nos resultados da Tabela 21 observa-se que os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) apresentaram valores entre 0,2507 para a região de Pinhais e 0,6306 para a região de Paranavaí. Os coeficientes de correlação (r) variaram de 0,5007 a 0,7941 para as mesmas regiões, indicando uma associação moderada entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 10,3723 para a região de Campo Mourão a 14,7087 para a região de Pinhais.

TABELA 22 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO EXPONENCIAL  
FORMA GERAL:  $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{09})}$

Estação	Núm. dias	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	r	R <sup>2</sup>	s <sub>y.x</sub>
1. Cambará	1826	2,58915	0,0166835	0,6347	0,4028	0,2226
2. Campo Mourão	1826	2,63712	0,0180793	0,7810	0,6099	0,1728
3. Cândido de Abreu	1826	2,75955	0,0159873	0,6774	0,4588	0,1978
4. Cascavel	1826	2,70173	0,0173426	0,8031	0,6450	0,1842
5. Guarapuava	1826	2,77547	0,0154284	0,5777	0,3337	0,2478
6. Londrina	1826	2,46080	0,0188826	0,7555	0,5708	0,1920
7. Palmas	1826	2,34618	0,0205529	0,6501	0,4226	0,2389
8. Paranavaí	1826	2,73265	0,0164929	0,8210	0,6740	0,1720
9. Pinhais	1826	2,91338	0,0143782	0,5037	0,2537	0,2327

Nos resultados da Tabela 22 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,2537 para a região de Pinhais e 0,6740 para a região de Paranavaí. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) variaram de 0,5037 a 0,8210 para as mesmas regiões, indicando uma associação moderada entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 0,1720 para a região de Paranavaí a 0,2478 para a região de Guarapuava.

Comparando-se os resultados obtidos, pode-se verificar que o modelo de regressão exponencial teve o melhor desempenho e, portanto, foi escolhido para realizar a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h para todas as nove regiões estudadas.

#### 4.2.2 Correção da Umidade Relativa das 15:00 para as 13:00 h

As estatísticas das equações de regressão para a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h são apresentados nas Tabelas 23, 24 25 e 26.

TABELA 23 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h - REGRESSÃO LINEAR SIMPLS  
FORMA GERAL:  $UR_{13}=b_0 + b_1 UR_{15}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	$r$	$R^2$	$s_{y,x}$
1. Cambará	1826	15,796051	0,824720	0,9107	0,8294	6,9897
2. Campo Mourão	1826	13,542475	0,826819	0,9274	0,8602	6,0224
3. Cândido de Abreu	1826	16,364563	0,788203	0,8981	0,8066	7,1242
4. Cascavel	1826	10,541700	0,882762	0,9311	0,8670	6,8706
5. Guarapuava	1826	13,801356	0,807103	0,8972	0,8049	7,9111
6. Londrina	1826	15,024985	0,834608	0,9295	0,8639	6,6181
7. Palmas	1826	11,627227	0,859417	0,9359	0,8759	6,4946
8. Paranavaí	1826	12,098045	0,847429	0,9149	0,8370	7,0349
9. Pinhais	1826	14,468765	0,809715	0,9008	0,8114	7,3766

Nos resultados da Tabela 23 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,8114 para a região de Pinhais e 0,8759 para a região de Palmas. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) variaram de

0,90008 a 0,9359 para as mesmas regiões, indicando uma forte associação entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 6,0224 para a região de Campo Mourão a 7,9111 para a região de Guarapuava.

TABELA 24 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO NÃO LINEAR  
FORMA GERAL:  $UR_{13}=b_0 UR_{15}^{b_1}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	r	$R^2$	$s_{y.x}$
1. Cambará	1826	2,907430	0,761476	0,9222	0,8505	0,1114
2. Campo Mourão	1826	2,415780	0,798378	0,9398	0,8834	0,0945
3. Cândido de Abreu	1826	2,942600	0,751905	0,9100	0,8281	0,1114
4. Cascavel	1826	1,885150	0,859736	0,9473	0,8974	0,0990
5. Guarapuava	1826	2,283660	0,807627	0,9156	0,8384	0,1220
6. Londrina	1826	2,563460	0,791544	0,9412	0,8859	0,0990
7. Palmas	1826	2,056100	0,837442	0,9456	0,8942	0,1023
8. Paranaíba	1826	2,276050	0,812036	0,9313	0,8674	0,1097
9. Pinhais	1826	2,586640	0,780330	0,9053	0,8196	0,1144

Nos resultados da Tabela 24 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,8196 para a região de Pinhais e 0,8974 para a região de Cascavel. Os coeficientes de correlação (r) variaram de 0,9053 a 0,9473 para as mesmas regiões, indicando uma forte associação entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 0,0945 para a região de Campo Mourão a 0,1220 para a região de Guarapuava.

TABELA 25 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO POLINOMIAL  
FORMA GERAL:  $UR_{13} = b_0 + b_1 UR_{15} + b_2 UR_{15}^2$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	$b_2$	r	$R^2$	$s_{y.x}$
1. Cambará	1826	1,42248	1,35689	-0,00440341	0,9175	0,8419	6,7297
2. Campo Mourão	1826	3,02869	1,20058	-0,00301561	0,9306	0,8661	5,8969
3. Cândido de Abreu	1826	5,11872	1,18160	-0,00311866	0,9016	0,8129	7,0099
4. Cascavel	1826	-2,39515	1,32617	-0,00342707	0,9345	0,8733	6,7096
5. Guarapuava	1826	-1,82492	1,34682	-0,00420042	0,9028	0,8150	7,7069
6. Londrina	1826	-0,90149	1,38922	-0,00431941	0,9358	0,8757	6,3270
7. Palmas	1826	-1,17005	1,31209	-0,00359093	0,9396	0,8828	6,3149
8. Paranavaí	1826	0,14285	1,28453	-0,00355080	0,9192	0,8450	6,8633
9. Pinhais	1826	9,18935	0,98362	-0,00131404	0,9013	0,8123	7,3612

Nos resultados da Tabela 25 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,8123 para a região de Pinhais e 0,8828 para a região de Palmas. Os coeficientes de correlação (r) variaram de 0,9013 a 0,9396 para as mesmas regiões, indicando uma forte associação entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 5,8969 para a região de Campo Mourão a 7,7069 para a região de Guarapuava.

TABELA 26 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h -  
REGRESSÃO EXPONENCIAL  
FORMA GERAL:  $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 UR_{15})}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	r	$R^2$	$s_{y.x}$
1. Cambará	1826	3,32104	0,0136788	0,8873	0,7873	0,1328
2. Campo Mourão	1826	3,27932	0,0138508	0,9044	0,8179	0,1181
3. Cândido de Abreu	1826	3,35067	0,0128054	0,8794	0,7733	0,1279
4. Cascavel	1826	3,24994	0,0142702	0,9175	0,8419	0,1229
5. Guarapuava	1826	3,28216	0,0134119	0,8797	0,7739	0,1443
6. Londrina	1826	3,33856	0,0132774	0,9055	0,8198	0,1244
7. Palmas	1826	3,24214	0,0142922	0,9131	0,8337	0,1282
8. Paranavaí	1826	3,23865	0,0143359	0,8951	0,8012	0,1343
9. Pinhais	1826	3,34757	0,0126528	0,8879	0,7883	0,1239

Nos resultados da Tabela 26 observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores entre 0,7733 para a região de Cândido de Abreu e 0,8419 para a região de Cascavel. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) variaram de 0,8794 a 0,9175 para as mesmas regiões, indicando uma forte associação entre as variáveis. Os erros-padrão residuais variaram de 0,1181 para a região de Campo Mourão a 0,1343 para a região de Guarapuava.

Por apresentar melhores resultados, o modelo de regressão não linear foi escolhido para fazer a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h para todas as regiões estudadas.

#### 4.3 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA

Como as equações selecionadas para fazer a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h são do mesmo tipo e as equações selecionadas para fazer a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h são também de um mesmo tipo, cada um dos grupos pode ser comparado por meio da análise de covariância (FREESE, 1967; DRAPPER e SMITH, 1981; NUNES, 1981), tomando como base o nível de significância de 0,05.

Foram realizadas comparações das equações selecionadas por meio da análise de covariância para cada região, para a correção da umidade relativa das 9:00h para as 13:00 h e das 15:00 para as 13:00 h. O resultado final das análises é apresentado na Tabela 27; as análises e resultados detalhados encontram-se nos Apêndices 1 e 2.

Duas equações são consideradas estatisticamente iguais quando os testes de significância entre as inclinações das curvas e das constantes de regressão, que são as interseções das curvas com o eixo Y, apresentam resultados estatisticamente semelhantes, ou seja, não apresentam diferença significativa para o nível de significância tomado como base. Como mostra a Tabela 27, todas as comparações apresentaram resultados não significativos. Neste caso, novas equações foram ajustadas com base nos valores combinados de todas as regiões, que deram origem aos dois grupos de equações.

TABELA 27 – RELAÇÃO DE ANÁLISES DE COVARIÂNCIA REALIZADOS ENTRE AS EQUAÇÕES PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA

<b>Análises</b>	<b>9:00 para 13:00 horas</b>	<b>15:00 para 13:00 horas</b>
Cambará e Campo Mourão	NS	NS
Cambará e Cândido de Abreu	NS	NS
Cambará e Cascavel	NS	NS
Cambará e Guarapuava	NS	NS
Cambará e Londrina	NS	NS
Cambará e Palmas	NS	NS
Cambará e Paranavaí	NS	NS
Cambará e Pinhais	NS	NS
Campo Mourão e Cândido de Abreu	NS	NS
Campo Mourão e Cascavel	NS	NS
Campo Mourão e Guarapuava	NS	NS
Campo Mourão e Londrina	NS	NS
Campo Mourão e Palmas	NS	NS
Campo Mourão e Paranavaí	NS	NS
Campo Mourão e Pinhais	NS	NS
Cândido de Abreu e Cascavel	NS	NS
Cândido de Abreu e Guarapuava	NS	NS
Cândido de Abreu e Londrina	NS	NS
Cândido de Abreu e Palmas	NS	NS
Cândido de Abreu e Paranavaí	NS	NS
Cândido de Abreu e Pinhais	NS	NS
Cascavel e Guarapuava	NS	NS
Cascavel e Londrina	NS	NS
Cascavel e Palmas	NS	NS
Cascavel e Paranavaí	NS	NS
Cascavel e Pinhais	NS	NS
Guarapuava e Londrina	NS	NS
Guarapuava e Palmas	NS	NS
Guarapuava e Paranavaí	NS	NS
Guarapuava e Pinhais	NS	NS
Londrina e Palmas	NS	NS
Londrina e Paranavaí	NS	NS
Londrina e Pinhais	NS	NS
Palmas e Paranavaí	NS	NS
Palmas e Pinhais	NS	NS
Paranavaí e Pinhais	NS	NS

NS – não significativo ao nível de 95% de probabilidade

#### 4.3.1 Correção da Umidade Relativa das 9:00 e das 15:00 para as 13:00 h com os Dados Combinados

Com os dados combinados das nove regiões foram geradas as equações globais para o Estado do Paraná, para a correção da umidade relativa das 9:00 e das 15:00 para as 13:00 h.

Para o primeiro caso, correção da umidade relativa das 9:00 para as

13:00 h, foi gerada a equação segundo o modelo de regressão exponencial cujos coeficientes são apresentados na Tabela 28.

TABELA 28 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h PARA O ESTADO DO PARANÁ - REGRESSÃO EXPONENCIAL  
FORMA GERAL:  $UR_{13} = e^{(b_0 + b_1 \cdot UR_{09})}$

Estação	Núm dias	$b_0$	$b_1$	r	$R^2$	$s_{y,x}$
Todas	16434	2,72976	0,0162192	0,6898	0,4759	0,2147

Observa-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,4759 e o coeficiente de correlação (r) de 0,6898, o que indica uma associação moderada entre as variáveis. O erro-padrão residual foi de 0,2147.

A equação para realizar a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h para o Estado do Paraná tem o seguinte formato:

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

Para o segundo caso, correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h, foi gerada a equação segundo o modelo de regressão não linear, cujos coeficientes são apresentados na Tabela 29.

TABELA 29 - CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h PARA O ESTADO DO PARANÁ - REGRESSÃO NÃO LINEAR  
FORMA GERAL:  $UR_{13} = b_0 UR_{15}^{b_1}$

Estação	Núm. dias	$b_0$	$b_1$	r	$R^2$	$s_{y,x}$
Todas	16434	2,451510	0,796072	0,9295	0,8639	0,1094

Observa-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,8639 e o coeficiente de correlação (r) foi de 0,9295, o que indica uma forte associação entre as variáveis. O erro-padrão residual foi de 0,1094.

A equação para realizar a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h para o Estado do Paraná tem o seguinte formato:

$$UR_{13} = 2,451510 \cdot UR_{15}^{0,796072}$$

#### 4.4 INCORPORAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO À FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

##### 4.4.1 Definição dos Modelos Lineares

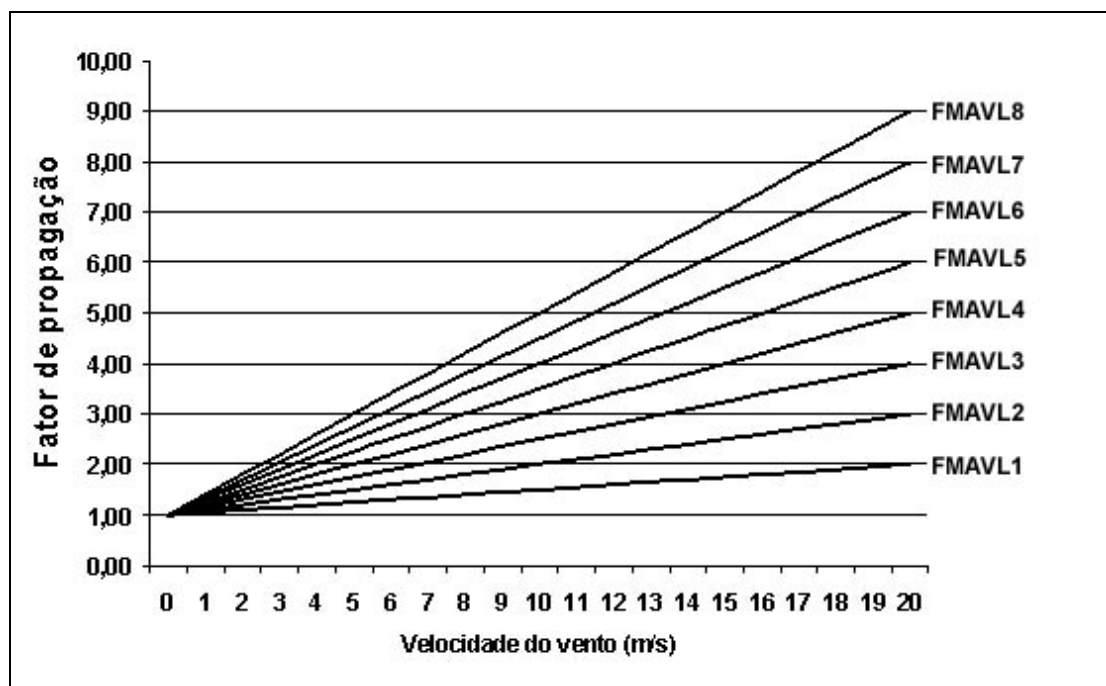
Foi gerada uma tabela com valores de fatores de propagação obtidos para cada modelo linear proposto (Tabela 30). Vale ressaltar que os valores apresentados na Tabela 30 se referem a valores inteiros de velocidade do vento, usados apenas para fins de ilustração. A fórmula proposta gerava valores de fator de propagação considerando velocidades do vento em um espaço contínuo. Para se ter uma idéia do comportamento dos oito modelos lineares, os valores de fatores de propagação obtidos são apresentados graficamente na Figura 13.

TABELA 30 – FATORES DE PROPAGAÇÃO LINEARES

Velocidade do vento(m/s)	Fatores de propagação							
	FMAVL1	FMAVL2	FMAVL3	FMAVL4	FMAVL5	FMAVL6	FMAVL7	FMAVL8
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
2	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80
3	1,15	1,30	1,45	1,60	1,75	1,90	2,05	2,20
4	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60
5	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
6	1,30	1,60	1,90	2,20	2,50	2,80	3,10	3,40
7	1,35	1,70	2,05	2,40	2,75	3,10	3,45	3,80
8	1,40	1,80	2,20	2,60	3,00	3,40	3,80	4,20
9	1,45	1,90	2,35	2,80	3,25	3,70	4,15	4,60
10	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
11	1,55	2,10	2,65	3,20	3,75	4,30	4,85	5,40
12	1,60	2,20	2,80	3,40	4,00	4,60	5,20	5,80
13	1,65	2,30	2,95	3,60	4,25	4,90	5,55	6,20
14	1,70	2,40	3,10	3,80	4,50	5,20	5,90	6,60
15	1,75	2,50	3,25	4,00	4,75	5,50	6,25	7,00
16	1,80	2,60	3,40	4,20	5,00	5,80	6,60	7,40
17	1,85	2,70	3,55	4,40	5,25	6,10	6,95	7,80
18	1,90	2,80	3,70	4,60	5,50	6,40	7,30	8,20
19	1,95	2,90	3,85	4,80	5,75	6,70	7,65	8,60
20	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00



FIGURA 13 – FATORES DE PROPAGAÇÃO LINEARES



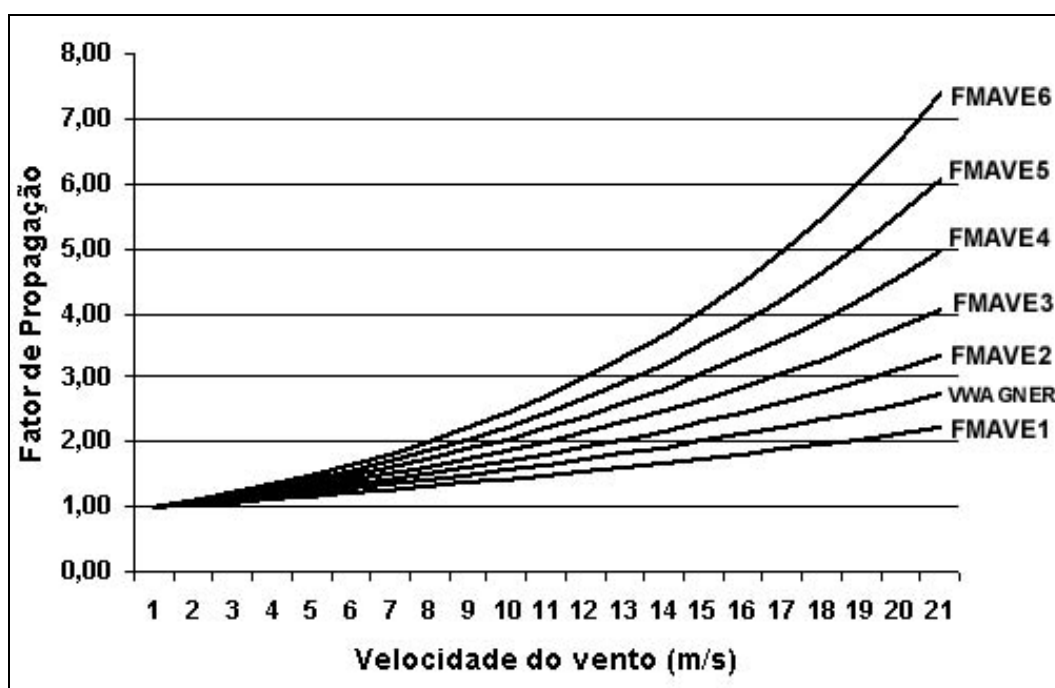
#### 4.4.2 Definição dos Modelos Exponenciais

Foi gerada uma tabela com valores de fatores de propagação obtidos para cada modelo exponencial proposto (Tabela 31). Vale ressaltar que os valores apresentados na Tabela 31 se referem a valores inteiros de velocidade do vento, usados apenas para fins de ilustração. As fórmulas propostas geravam valores de fator de propagação considerando velocidades do vento em um espaço contínuo. Para se ter uma idéia do comportamento dos sete modelos exponenciais, os valores de fatores de propagação obtidos são apresentados graficamente na Figura 14.

TABELA 31 – FATORES DE PROPAGAÇÃO EXPONENCIAIS

Velocidade do vento(m/s)	Fatores de propagação						
	VWagner	FMAVE1	FMAVE2	FMAVE3	FMAVE4	FMAVE5	FMAVE6
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,05	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11
2	1,11	1,08	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22
3	1,16	1,13	1,20	1,23	1,27	1,31	1,35
4	1,22	1,17	1,27	1,32	1,38	1,43	1,49
5	1,29	1,22	1,35	1,42	1,49	1,57	1,65
6	1,35	1,27	1,43	1,52	1,62	1,72	1,82
7	1,42	1,32	1,52	1,63	1,75	1,88	2,01
8	1,50	1,38	1,62	1,75	1,90	2,05	2,23
9	1,57	1,43	1,72	1,88	2,05	2,25	2,46
10	1,66	1,49	1,82	2,01	2,23	2,46	2,72
11	1,74	1,55	1,93	2,16	2,41	2,69	3,00
12	1,83	1,62	2,05	2,32	2,61	2,94	3,32
13	1,93	1,68	2,18	2,48	2,83	3,22	3,67
14	2,02	1,75	2,32	2,66	3,06	3,53	4,06
15	2,13	1,82	2,46	2,86	3,32	3,86	4,48
16	2,24	1,90	2,61	3,06	3,60	4,22	4,95
17	2,36	1,97	2,77	3,29	3,90	4,62	5,47
18	2,48	2,05	2,94	3,53	4,22	5,05	6,05
19	2,60	2,14	3,13	3,78	4,57	5,53	6,69
20	2,74	2,23	3,32	4,06	4,95	6,05	7,39

FIGURA 14 – FATORES DE PROPAGAÇÃO EXPONENCIAIS



#### 4.4.3 Definição dos Procedimentos Computacionais

Com base nos oito modelos lineares e dos sete modelos exponenciais propostos foram desenvolvidos programas na linguagem Pascal, listados nos Apêndices 3 e 4, visando gerar os índices de perigo diários, para a área da Klabin do Paraná, localizada em Telêmaco Borba. Além de apresentar os índices gerados para a Fórmula de Monte Alegre Alterada que incorpora a velocidade do vento, é apresentado também o índice gerado pela Fórmula de Monte Alegre sem considerar a velocidade do vento.

Os programas produziram saídas em arquivos, cujos exemplos são apresentados nas tabelas 32 e 33 e nos Apêndices 5 e 6

TABELA 32 – EXEMPLO DE SAÍDA DO PROGRAMA PARA OS MODELOS LINEARES

<b>Telêmaco Borba</b>									
DATA	UR13	Vento	Prec	FMA	FMAVL1		FMAVL6	FMAVL7	FMAVL8
1/6/1998	61.00	1.40	0.00	1.64	1.75		2.33	2.44	2.56
2/6/1998	51.00	1.40	0.00	3.60	3.85		5.11	5.36	5.62
3/6/1998	63.00	1.80	0.00	5.19	5.65		7.99	8.46	8.92
4/6/1998	49.00	1.60	0.00	7.23	7.81	...	10.70	11.28	11.85
5/6/1998	55.00	2.10	0.00	9.05	10.00		14.75	15.70	16.65
6/6/1998	65.00	2.30	0.00	10.58	11.80		17.89	19.11	20.32
7/6/1998	61.00	1.70	0.00	12.22	13.26		18.46	19.50	20.54
8/6/1998	60.00	1.40	0.00	13.89	14.86		19.73	20.70	21.67
9/6/1998	52.00	1.30	0.00	15.81	16.84		21.98	23.01	24.04

TABELA 33 – EXEMPLO DE SAÍDA DO PROGRAMA PARA OS MODELOS EXPONENCIAIS

<b>Telêmaco Borba</b>										
DATA	UR13	Vento	Prec	FMA	VWagner	FMAVE1		FMAVE4	FMAVE5	FMAVE6
1/6/1998	61.00	1.40	0.00	1.64	1.76	1.73		1.83	1.86	1.89
2/6/1998	51.00	1.40	0.00	3.60	3.86	3.81		4.03	4.08	4.14
3/6/1998	63.00	1.80	0.00	5.19	5.68	5.57		5.99	6.10	6.21
4/6/1998	49.00	1.60	0.00	7.23	7.84	7.71	...	8.22	8.35	8.48
5/6/1998	55.00	2.10	0.00	9.05	10.06	9.84		10.70	10.93	11.16
6/6/1998	65.00	2.30	0.00	10.58	11.89	11.60		12.72	13.02	13.32
7/6/1998	61.00	1.70	0.00	12.22	13.32	13.08		14.01	14.25	14.49
8/6/1998	60.00	1.40	0.00	13.89	14.91	14.69		15.54	15.76	15.98
9/6/1998	52.00	1.30	0.00	15.81	16.88	16.66		17.55	17.78	18.01

Segundo VIEGAS (1994), a melhor forma de comparar diferentes índices de perigo de incêndios florestais é submetê-los aos mesmos dados meteorológicos e

de ocorrência de incêndios. A seguir são apresentadas as comparações entre os modelos propostos, com a finalidade de verificar o desempenho de cada um deles.

#### 4.4.4 Número de Dias Previstos pelos Modelos

A primeira comparação realizada entre os modelos refere-se ao número de dias previstos em cada classe de perigo. Na Tabela 34 e na Figura 15 observam-se os valores obtidos pelos modelos lineares. Verifica-se uma tendência dos modelos lineares concentrarem o percentual de número de dias nas classes de perigo mais altas e esta tendência chegou próximo a 60% se forem consideradas as classes Alto e Muito Alto para o modelo FMAVL8. Por outro lado, o percentual do número de dias nas classes Nulo, Pequeno e Médio ficou em torno de 40% para o modelo FMAVL8.

Observou-se também que a concentração do número de dias nas classes Alto e Muito Alto foi crescente, do modelo FMAVL1 para o modelo FMAVL8.

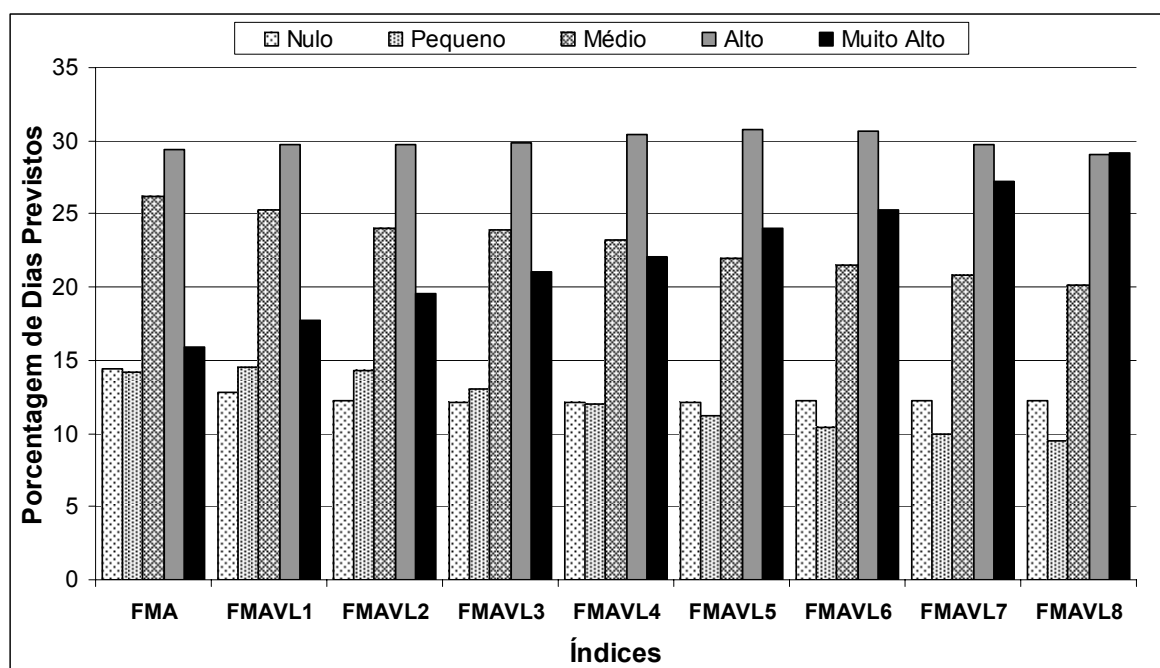
TABELA 34 – DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS

Dias no Período - Klabin										
Perigo	FMA		FMAVL1		FMAVL2		FMAVL3		FMAVL4	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Nulo	264	14,46	233	12,76	224	12,27	222	12,16	222	12,16
Pequeno	258	14,13	266	14,57	261	14,29	238	13,03	220	12,05
Médio	478	26,18	461	25,25	439	24,04	437	23,93	425	23,27
Alto	536	29,35	543	29,74	544	29,79	545	29,85	556	30,45
Muito Alto	290	15,88	323	17,69	358	19,61	384	21,03	403	22,07
<b>TOTAL</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>

Dias no Período - Klabin										
Perigo	FMA		FMAVL5		FMAVL6		FMAVL7		FMAVL8	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Nulo	264	14,46	222	12,16	223	12,21	223	12,21	223	12,21
Pequeno	258	14,13	205	11,23	190	10,41	181	9,91	173	9,47
Médio	478	26,18	400	21,91	392	21,47	380	20,81	367	20,10
Alto	536	29,35	561	30,72	559	30,61	544	29,79	530	29,03
Muito Alto	290	15,88	438	23,99	462	25,30	498	27,27	533	29,19
<b>TOTAL</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 15 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS



Na Tabela 35 e na Figura 16 observam-se os valores obtidos pelos modelos exponenciais. Verificou-se também a tendência de os modelos exponenciais concentrarem o percentual de número de dias nas classes de perigo mais altas. No entanto, esta tendência foi menor do que a observada para os modelos lineares, ficando próximo a 50% quando consideradas as classes de perigo Alto e Muito Alto para o modelo FMAVE6. Por outro lado, o percentual de número de dias nas classes de perigo Nulo, Pequeno e Médio somadas ficou em torno de 50% para o modelo FMAVE6.

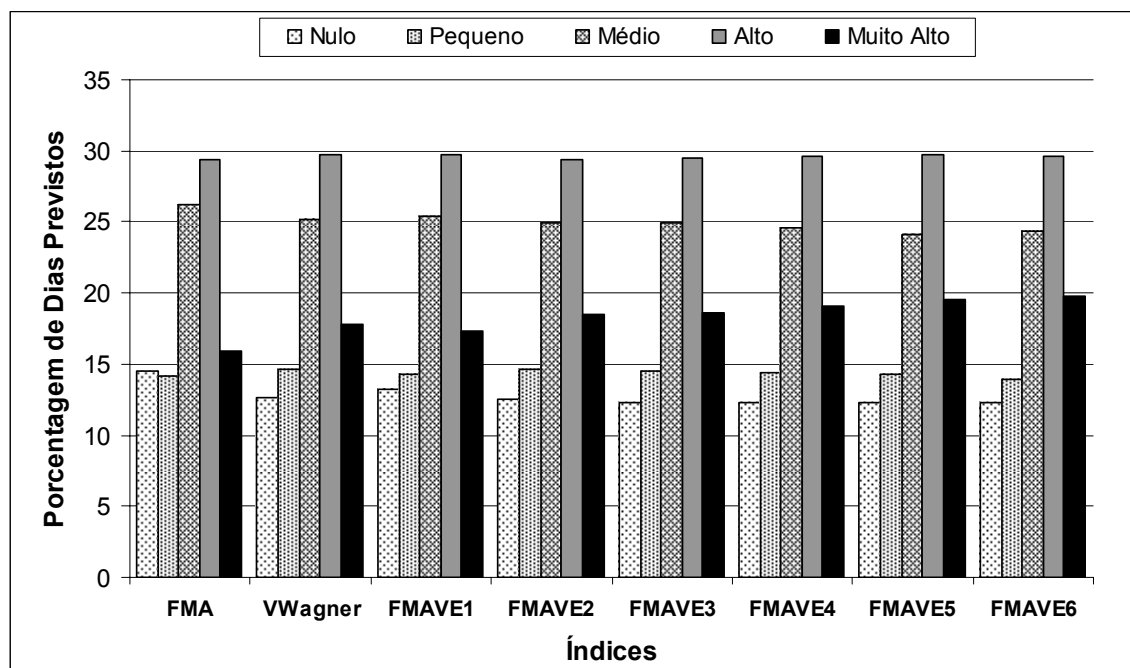
Observou-se também que a concentração do percentual de número de dias nas classes de perigo Alto e Muito alto foi crescente, do modelo FMAVE1 para o modelo FMAVE6.

SOARES (1998b) fazendo comparação entre a Fórmula de Monte Alegre e o IPIR (Índice de Perigo de Incêndios da Rigesa) no município de Três Barras no Estado de Santa Catarina, encontrou a mesma tendência para a Fórmula de Monte Alegre, tendo encontrado os percentuais de 31,9 e 17,7% para as classes de perigo Alto e Muito Alto, respectivamente. O mesmo autor observou que 67,8% do número de dias ficaram na classe de perigo Nulo/Baixo.

TABELA 35 – DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS

Dias no Período - Klabin																
Perigo	FMA		VWagner		FMAVE1		FMAVE2		FMAVE3		FMAVE4		FMAVE5		FMAVE6	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Nulo	264	14,46	231	12,65	242	13,25	229	12,54	225	12,32	224	12,27	224	12,27	224	12,27
Pequeno	258	14,13	268	14,68	261	14,29	268	14,68	266	14,57	262	14,35	261	14,29	254	13,91
Médio	478	26,18	460	25,19	463	25,36	455	24,92	455	24,92	450	24,64	440	24,10	445	24,37
Alto	536	29,35	543	29,74	543	29,74	537	29,41	539	29,52	541	29,63	544	29,79	541	29,63
Muito Alto	290	15,88	324	17,74	317	17,36	337	18,46	341	18,67	349	19,11	357	19,55	362	19,82
<b>TOTAL</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 16 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS



#### 4.4.5 Ocorrência de Incêndios Florestais

Foram também analisados os incêndios florestais ocorridos e registrados na região de Telêmaco Borba, considerando os modelos lineares e os modelos exponenciais.

Na Tabela 36 e na Figura 17 observa-se a distribuição das ocorrências de incêndios nas classes de perigo e os respectivos percentuais para os modelos

lineares. Verificou-se uma tendência de os incêndios se concentrarem nas classes de perigo Alto e Muito Alto, variando de 80 a 90% se for considerado o somatório dessas duas classes. Esta tendência foi crescente do modelo FMAVL1 para o modelo FMAVL8 e, apesar de ser uma situação desejável, observou-se uma distribuição desbalanceada com forte concentração nas classes de perigo Alto e Muito Alto quando se comparou com a Fórmula de Monte Alegre, que apresentou uma melhor distribuição.

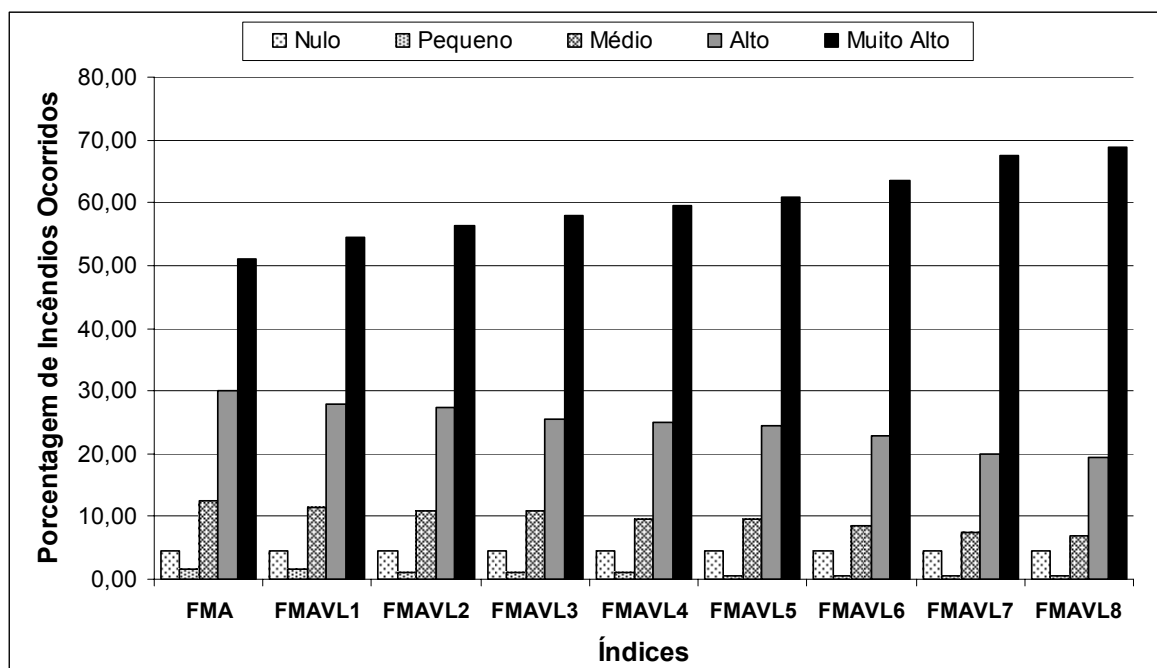
TABELA 36 – DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS

<b>Incêndios Registrados no Período - Klabin</b>										
<b>Perigo</b>	<b>FMA</b>		<b>FMAVL1</b>		<b>FMAVL2</b>		<b>FMAVL3</b>		<b>FMAVL4</b>	
	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>
Nulo	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55
Pequeno	3	1,70	3	1,70	2	1,14	2	1,14	2	1,14
Médio	22	12,50	20	11,36	19	10,80	19	10,80	17	9,66
Alto	53	30,11	49	27,84	48	27,27	45	25,57	44	25,00
Muito Alto	90	51,14	96	54,55	99	56,25	102	57,95	105	59,66
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>

<b>Incêndios Registrados no Período - Klabin</b>										
<b>Perigo</b>	<b>FMA</b>		<b>FMAVL5</b>		<b>FMAVL6</b>		<b>FMAVL7</b>		<b>FMAVL8</b>	
	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>	<b>nº</b>	<b>%</b>
Nulo	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55
Pequeno	3	1,70	1	0,57	1	0,57	1	0,57	1	0,57
Médio	22	12,50	17	9,66	15	8,52	13	7,39	12	6,82
Alto	53	30,11	43	24,43	40	22,73	35	19,89	34	19,32
Muito Alto	90	51,14	107	60,80	112	63,64	119	67,61	121	68,75
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 17 – PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS, OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS



Na Tabela 37 e na Figura 18 são apresentados os valores obtidos pelos modelos exponenciais. Verificou-se também uma tendência de os incêndios se concentrarem nas classes de perigo Alto e Muito Alto. No entanto, esses valores foram menores que os valores observados para os modelos lineares, variando entre 81 e 84% considerando-se essas duas classes de perigo. Esta tendência foi crescente do modelo FMAVE1 para o modelo FMAVE6 e, apesar de ser também uma situação desejável, observou-se uma distribuição desbalanceada, com forte concentração nas classes de perigo Alto e Muito Alto quando se comparou com a Fórmula de Monte Alegre, que apresentou uma melhor distribuição.

SOARES (1998a) analisou a distribuição da ocorrência de incêndios no distrito florestal de Monte Alegre e observou que no período de 1965 a 1971, os percentuais foram de 27,5 e 50,7% para as classes de perigo IV e V, respectivamente e, no período de 1971 a 1990, de 31,7 e 52,5, respectivamente.

SOARES (1998b), analisando dados do norte do Estado de Santa Catarina, observou que enquanto 87% dos incêndios ocorreram em dias em que a Fórmula de Monte Alegre indicava grau de perigo muito alto, nenhuma ocorrência foi observada pelo IPIR. De acordo com o IPIR, a maioria (45,8%) dos incêndios

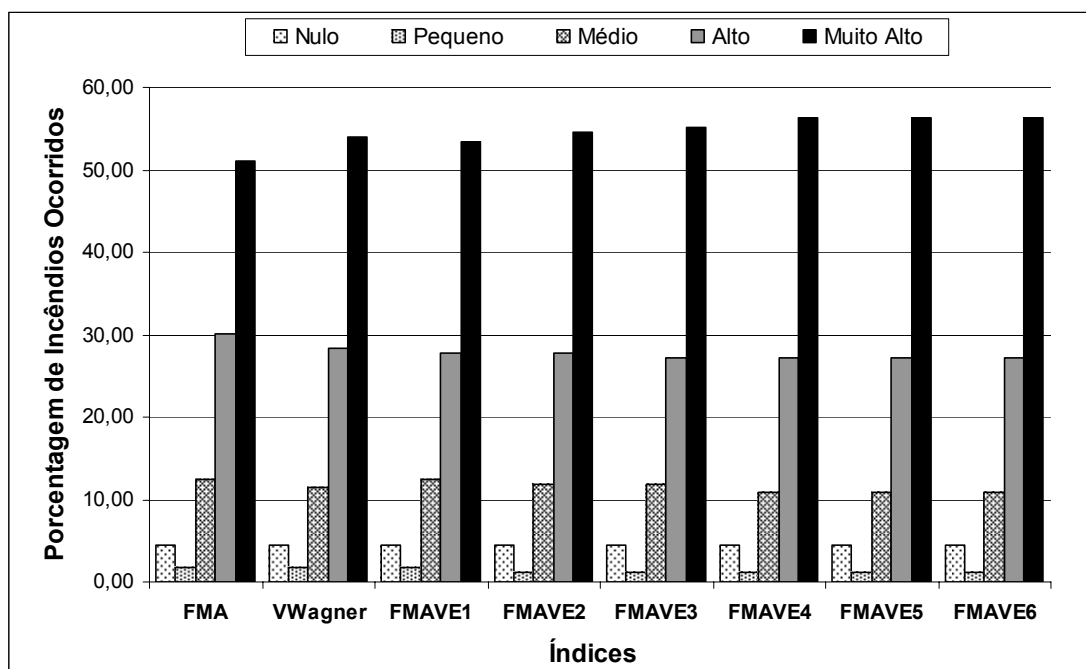


ocorreram quando as condições de perigo indicadas pelo índice eram moderadas, subestimando o grau de perigo de incêndios.

TABELA 37 – DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS

Incêndios Registrados no Período - Klabin																
Perigo	FMA		VWagner		FMAVE1		FMAVE2		FMAVE3		FMAVE4		FMAVE5		FMAVE6	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Nulo	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55	8	4,55
Pequeno	3	1,70	3	1,70	3	1,70	2	1,14	2	1,14	2	1,14	2	1,14	2	1,14
Médio	22	12,50	20	11,36	22	12,50	21	11,93	21	11,93	19	10,80	19	10,80	19	10,80
Alto	53	30,11	50	28,41	49	27,84	49	27,84	48	27,27	48	27,27	48	27,27	48	27,27
Muito Alto	90	51,14	95	53,98	94	53,41	96	54,55	97	55,11	99	56,25	99	56,25	99	56,25
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 18 – PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS, OBSERVADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS



#### 4.4.6 Áreas Queimadas

Com base nos modelos lineares foram analisadas as áreas queimadas pelos incêndios florestais ocorridos na região de Telêmaco Borba em cada classe de perigo.

Na Tabela 38 e na Figura 19 são apresentados os valores e os percentuais de áreas queimadas, referentes à escala de perigo para os modelos lineares. Verificou-se que os modelos lineares apresentaram uma tendência crescente de percentuais de área queimada da classe de perigo Nulo para a classe de perigo Muito Alto, o que é uma situação desejável. No entanto, superestimaram a área queimada na classe de perigo Muito Alto, com percentuais que variaram entre 68 e 83% da área queimada nesta classe.

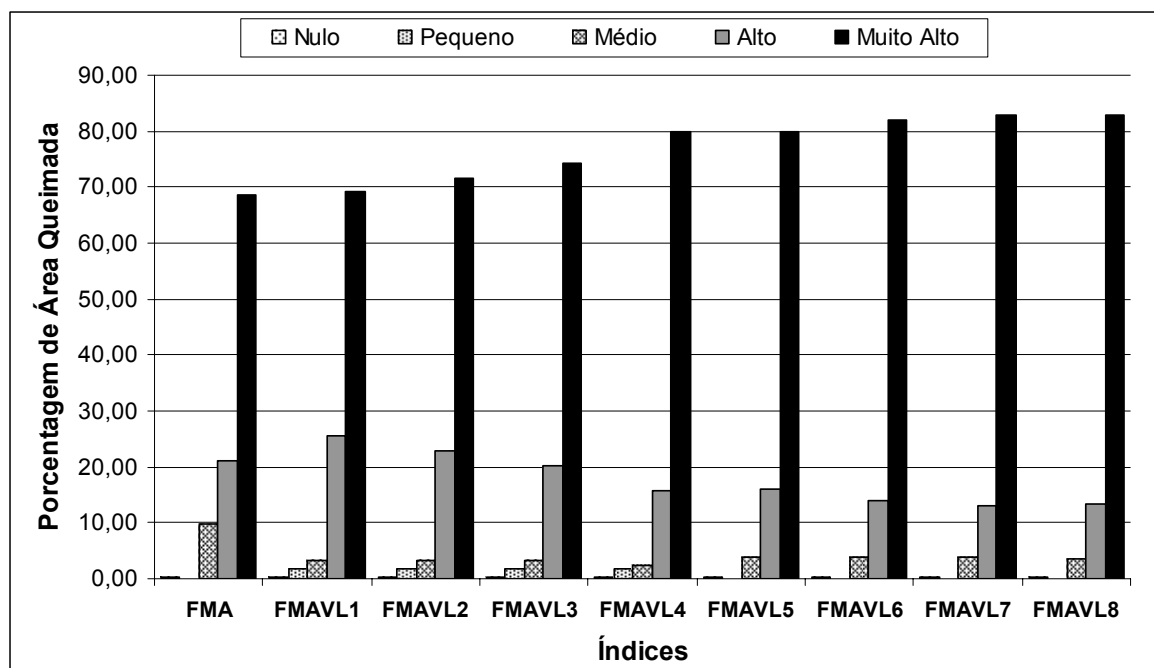
TABELA 38 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS

<b>Área Queimada (ha) no Período - Klabin</b>										
<b>Perigo</b>	<b>FMA</b>		<b>FMAVL1</b>		<b>FMAVL2</b>		<b>FMAVL3</b>		<b>FMAVL4</b>	
	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Nulo	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30
Pequeno	0,15	0,09	3,10	1,87	3,10	1,87	3,10	1,87	3,10	1,87
Médio	16,35	9,86	5,38	3,24	5,29	3,19	5,29	3,19	3,70	2,23
Alto	34,97	21,09	42,31	25,51	38,11	22,98	33,72	20,33	26,06	15,71
Muito Alto	113,89	68,67	114,57	69,08	118,88	71,67	123,26	74,32	132,50	79,89
<b>TOTAL</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,86</b>	<b>100,00</b>	<b>165,86</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>

<b>Área Queimada (ha) no Período - Klabin</b>										
<b>Perigo</b>	<b>FMA</b>		<b>FMAVL5</b>		<b>FMAVL6</b>		<b>FMAVL7</b>		<b>FMAVL8</b>	
	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Nulo	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30
Pequeno	0,15	0,09	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06	0,03
Médio	16,35	9,86	6,27	3,78	6,24	3,76	6,24	3,76	5,93	3,58
Alto	34,97	21,09	26,51	15,98	23,11	13,93	21,84	13,17	22,13	13,34
Muito Alto	113,89	68,67	132,52	79,91	135,95	81,97	137,23	82,74	137,24	82,75
<b>TOTAL</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 19 – PORCENTAGEM DE ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS



Com base nos modelos exponenciais foram também analisadas as áreas queimadas pelos incêndios florestais ocorridos na região de Telêmaco Borba em cada classe de perigo.

Na Tabela 39 e na Figura 20 observam-se os valores obtidos pelos modelos. Verificou-se que os modelos exponenciais também apresentaram uma tendência crescente de percentuais de área queimada da classe Nulo para a classe Muito Alto. No entanto, apesar de superestimar a área queimada na classe Muito Alto, os percentuais ficaram praticamente constantes, próximos a 70% da área queimada nesta classe de perigo para todos os modelos. Esses valores estão situados em um patamar bem menor do que aqueles apresentados pelos modelos lineares.

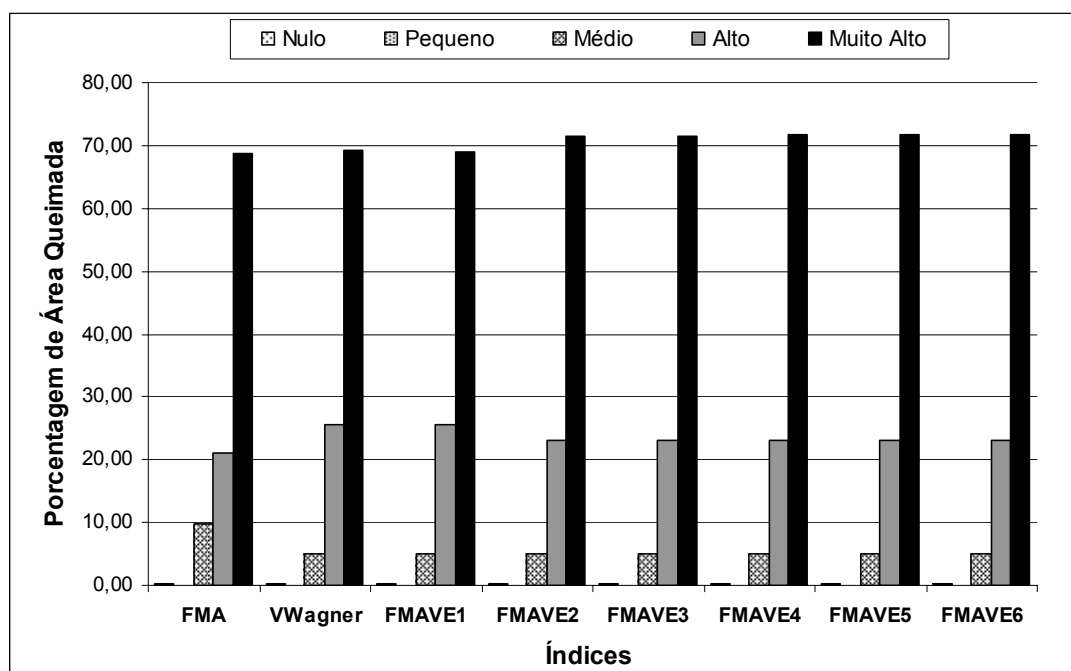
SOARES (1998a) analisou a distribuição de áreas queimadas por classe de perigo comparando o índice de perigo de incêndios da Rigesa (IPIR) e a Fórmula de Monte Alegre e observou que 99,2% da área queimada ocorreu na classe de perigo V para a FMA e que o IPIR apresentou os percentuais de 46,5, 15,1 e 38,4% nas classes II, III e IV, respectivamente.

TABELA 39 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS

Área Queimada (ha) no Período - Klabin								
Perigo	FMA		VWagner		FMAVE1		FMAVE2	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Nulo	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30
Pequeno	0,15	0,09	0,10	0,06	0,15	0,09	0,10	0,06
Médio	16,35	9,86	8,38	5,05	8,34	5,03	8,38	5,05
Alto	34,97	21,09	42,23	25,46	42,30	25,51	38,23	23,05
Muito Alto	113,89	68,67	114,66	69,13	114,57	69,08	118,66	71,54
<b>TOTAL</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>

Área Queimada (ha) no Período - Klabin								
Perigo	FMAVE3		FMAVE4		FMAVE5		FMAVE6	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Nulo	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30	0,49	0,30
Pequeno	0,10	0,06	0,10	0,06	0,10	0,06	0,10	0,06
Médio	8,38	5,05	8,29	5,00	8,29	5,00	8,29	5,00
Alto	38,23	23,05	38,10	22,97	38,10	22,97	38,10	22,97
Muito Alto	118,66	71,54	118,88	71,68	118,88	71,68	118,88	71,68
<b>TOTAL</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 20 – PORCENTAGEM DE ÁREAS QUEIMADAS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS



#### 4.4.7 Áreas Queimadas Médias por Incêndios

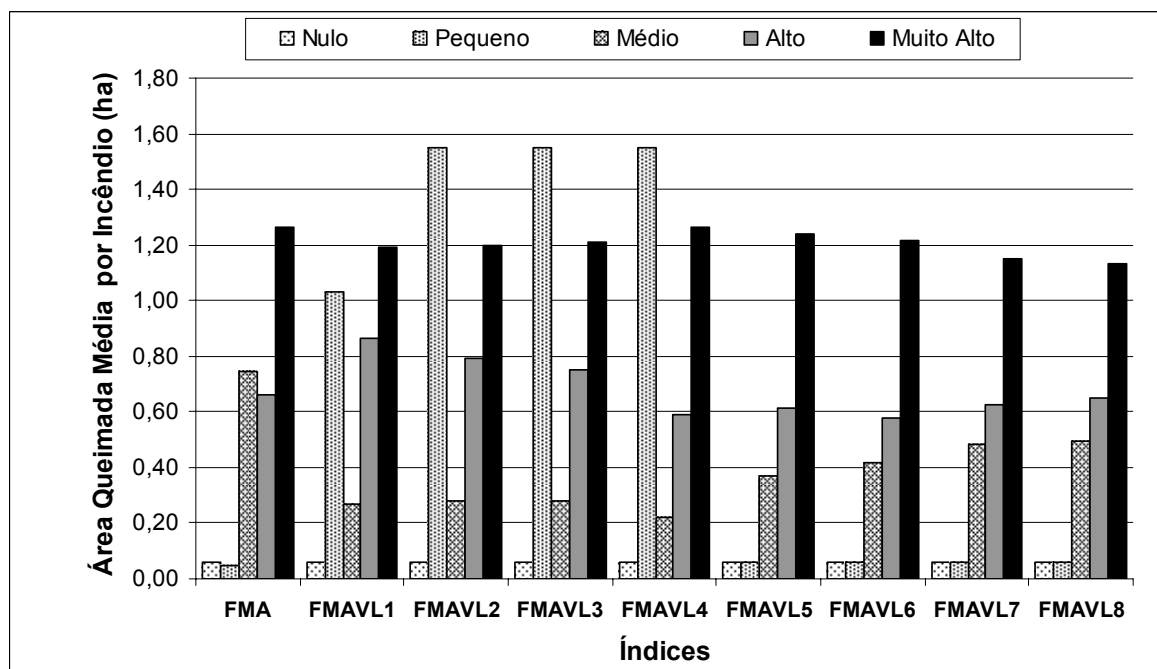
Com base nos modelos lineares foram analisadas as áreas queimadas médias de cada incêndio florestal ocorrido na região de Telêmaco Borba, em cada classe de perigo.

Na Tabela 40 e na Figura 21 são apresentados os valores obtidos pelos modelos. Verifica-se que os modelos lineares FMAVL1, FMAVL2, FMAVL3 e FMAVL4 superestimaram a área queimada média na classe Pequeno. Os demais modelos apresentaram distribuição semelhante em relação às áreas queimadas médias em cada classe de perigo.

TABELA 40 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS

<b>Área Média Queimada por Incêndio - Klabin</b>									
Perigo	FMA	FMAVL1	FMAVL2	FMAVL3	FMAVL4	FMAVL5	FMAVL6	FMAVL7	FMAVL8
	ha/incêndio								
Nulo	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pequeno	0,05	1,03	1,55	1,55	1,55	0,06	0,06	0,06	0,06
Médio	0,74	0,27	0,28	0,28	0,22	0,37	0,42	0,48	0,49
Alto	0,66	0,86	0,79	0,75	0,59	0,62	0,58	0,62	0,65
Muito Alto	1,27	1,19	1,20	1,21	1,26	1,24	1,21	1,15	1,13
<b>TOTAL</b>	<b>2,78</b>	<b>3,42</b>	<b>3,88</b>	<b>3,85</b>	<b>3,68</b>	<b>2,34</b>	<b>2,33</b>	<b>2,38</b>	<b>2,40</b>

FIGURA 21 – PORCENTAGEM DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS LINEARES PROPOSTOS



A partir dos modelos exponenciais foram também analisadas as áreas queimadas médias de cada incêndio florestal ocorrido na região de Telêmaco Borba em cada classe de perigo.

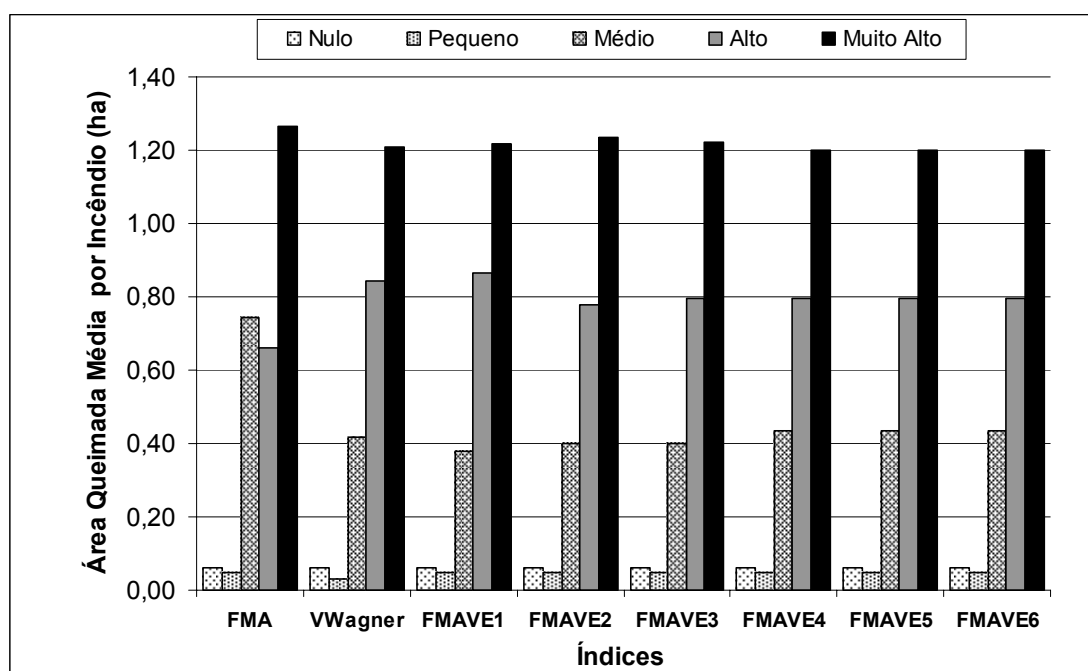
Na Tabela 41 e nas Figuras 22 são mostrados os valores obtidos pelos modelos. Verificou-se que os modelos exponenciais apresentaram um comportamento muito semelhante no que se refere à área queimada média em cada classe de perigo, com valores crescentes nas classes Médio, Alto e Muito Alto, respectivamente, e uma pequena inversão decrescente nas classes Nulo e Pequeno.

SOARES (1998a) encontrou, no Norte do Estado de Santa Catarina, para o período de janeiro de 1988 a setembro de 1995 valores de área queimada média de 1,2 e 24,1 ha/incêndio para as classes Alto e Muito Alto, respectivamente.

TABELA 41 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS

Área Queimada Média por Incêndio - Klabin								
Perigo	FMA	VWagner	FMAVE1	FMAVE2	FMAVE3	FMAVE4	FMAVE5	FMAVE6
	ha/incêndio							
Nulo	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pequeno	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Médio	0,74	0,42	0,38	0,40	0,40	0,44	0,44	0,44
Alto	0,66	0,84	0,86	0,78	0,80	0,79	0,79	0,79
Muito Alto	1,27	1,21	1,22	1,24	1,22	1,20	1,20	1,20
<b>TOTAL</b>	<b>2,78</b>	<b>2,56</b>	<b>2,57</b>	<b>2,53</b>	<b>2,53</b>	<b>2,54</b>	<b>2,54</b>	<b>2,54</b>

FIGURA 22 – PORCENTAGEM DAS ÁREAS QUEIMADAS MÉDIAS POR INCÊNDIOS OBSERVADAS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA E DOS MODELOS EXPONENCIAIS PROPOSTOS



#### 4.5 SELEÇÃO DOS MELHORES MODELOS

Para comparar os modelos propostos foi utilizado o método *skill score*, que se baseia na construção de uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em uma população.

Com base na escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre foi construída uma tabela (Tabela 42) com os valores previstos e os valores observados de

incêndios. Considerou-se como não indicativo da probabilidade de ocorrência de incêndios as classes de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndio as classes de perigo Médio, Alto e Muito Alto.

TABELA 42 – QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA A FMA E OS MODELOS PROPOSTOS

Índice	Condição	Valores	
		Observados	Previstos
		Nº de Dias	Nº de Dias
FMA	Incêndio	165	1304
	Não incêndio	11	522
FMAVL1	Incêndio	165	1327
	Não incêndio	11	499
FMAVL2	Incêndio	166	1341
	Não incêndio	10	485
FMAVL3	Incêndio	166	1366
	Não incêndio	10	460
FMAVL4	Incêndio	166	1384
	Não incêndio	10	442
FMAVL5	Incêndio	167	1399
	Não incêndio	9	427
FMAVL6	Incêndio	167	1413
	Não incêndio	9	413
FMAVL7	Incêndio	167	1422
	Não incêndio	9	404
FMAVL8	Incêndio	167	1430
	Não incêndio	9	396
VWagner	Incêndio	165	1327
	Não incêndio	11	499
FMAVE1	Incêndio	165	1323
	Não incêndio	11	503
FMAVE2	Incêndio	166	1329
	Não incêndio	10	497
FMAVE3	Incêndio	166	1335
	Não incêndio	10	491
FMAVE4	Incêndio	166	1340
	Não incêndio	10	486
FMAVE5	Incêndio	166	1341
	Não incêndio	10	485
FMAVE6	Incêndio	166	1348
	Não incêndio	10	478



A partir dos valores apresentados na Tabela 42 foram calculados o *skill score* e as porcentagens de sucesso para cada modelo proposto. Todos os cálculos realizados são apresentados no Apêndice 7.

A Tabela 43 e as Figuras 23 e 24 apresentam os valores obtidos para o *skill score* e a porcentagem de sucesso para todos os modelos estudados. Pode-se observar que os modelos exponenciais, de uma maneira geral, apresentaram melhores resultados do que os lineares. Os modelos lineares apresentaram valores de *skill score* variando de 0,0357 a 0,0473, enquanto os modelos exponenciais apresentaram valores variando de 0,0462 a 0,0491. Os modelos lineares e os exponenciais apresentaram valores de porcentagem de sucesso variando de 28,12 a 32,52, e de 32,17 a 33,37, respectivamente. Pode-se observar que a FMA apresenta resultados superiores aos modelos propostos por estar sendo usada a sua escala de perigo.

TABELA 43 – VALORES DE *SKILL SCORE* E PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS

<b>Índice</b>	<b><i>Skill score</i></b>	<b>Porcentagem de sucesso</b>
FMA	0,0517	34,32
FMAVL1	0,0473	32,52
FMAVL2	0,0435	31,27
FMAVL3	0,0409	30,37
FMAVL4	0,0409	30,37
FMAVL5	0,0400	29,67
FMAVL6	0,0380	28,97
FMAVL7	0,0368	28,52
FMAVL8	0,0357	28,12
VWagner	0,0481	33,17
FMAVE1	0,0488	33,37
FMAVE2	0,0491	33,12
FMAVE3	0,0482	32,82
FMAVE4	0,0474	32,57
FMAVE5	0,0473	32,52
FMAVE6	0,0462	32,17

FIGURA 23 – VALORES DE SKILL SCORE PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS

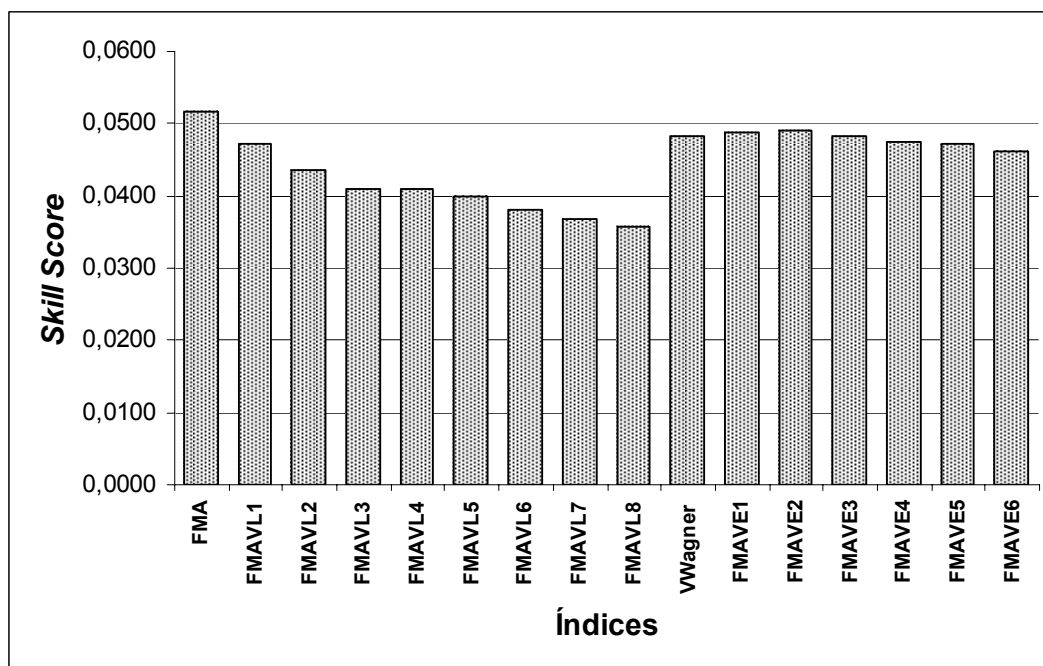
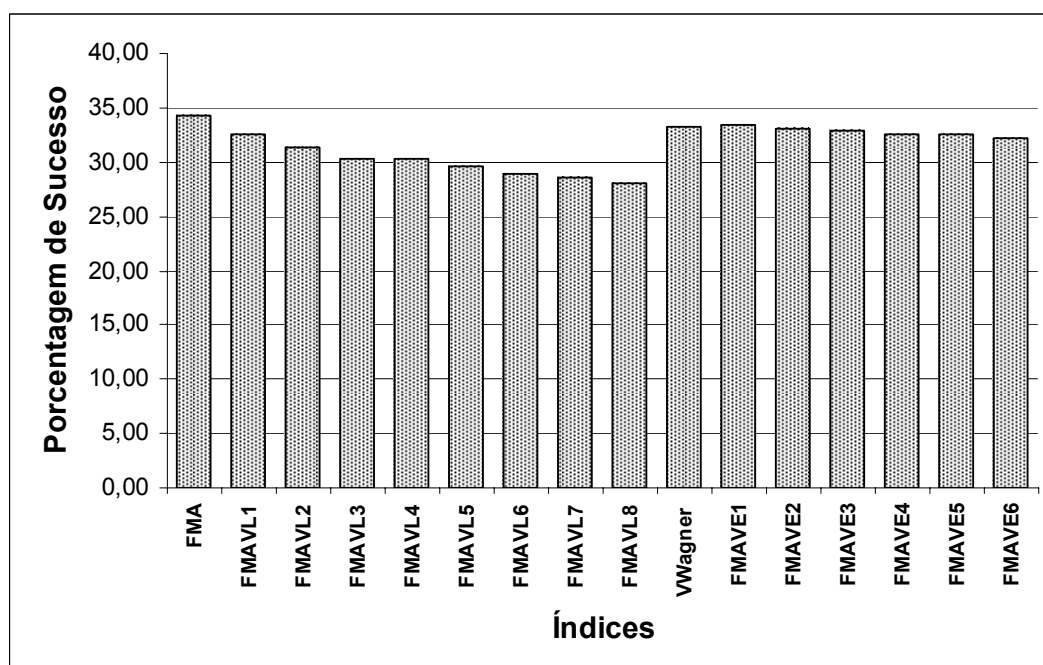


FIGURA 24 – VALORES DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA A FMA E PARA OS MODELOS PROPOSTOS



Como o desempenho dos modelos exponenciais FMAVE1 e FMAVE2 foram considerados os melhores e apresentam valores bastante próximos, optou-se por submeter os dois a novos testes de desempenho, depois de se proceder a uma aferição dos mesmos.

#### 4.6 AFERIÇÃO DOS MODELOS SELECIONADOS

##### 4.6.1 Escala de Perigo para a FMA<sup>+</sup>

O passo seguinte para a escolha do melhor modelo foi fazer a aferição da escala de perigo para os dois modelos selecionados, uma vez que até este ponto estava sendo usada a escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre original. A partir das premissas de que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo e que as variáveis número de incêndios ocorridos, área queimada e área queimada média em cada classe de perigo tivesse uma relação direta com a classe de perigo foi estabelecida uma nova escala de perigo, apresentada na Tabela 44 que mostra as alterações nos limites de cada classe.

TABELA 44 - ESCALA DE PERIGO PARA A FMA<sup>+</sup>

Valor da FMA	Valor da FMA <sup>+</sup>	Grau de Perigo
≤ 1,0	≤ 3,0	Nulo
1,1 a 3,0	3,1 a 8,0	Pequeno
3,1 a 8,0	8,1 a 14,0	Médio
8,1 a 20,0	14,1 a 24,0	Alto
> 20,0	> 24,0	Muito alto

Após a criação das novas classes de perigo foi feita uma alteração no programa para calcular os índices de perigo com os modelos selecionados FMAVE1 e FMAVE2, incluindo as novas classes de perigo definidas. Os dados referentes à região de Telêmaco Borba foram submetidos ao programa modificado e, a partir dos resultados gerados pelo programa e dos dados de incêndios fornecidos pela Klabin do Paraná, os modelos selecionados foram submetidos a uma nova análise de desempenho, utilizando-se novamente o método *skill score*, com a determinação do índice e das porcentagens de sucesso para ambos os modelos.

#### 4.6.2 Número de Dias em cada Classe de Perigo Previstos pelos Modelos Seleccionados

Com base nos modelos exponenciais seleccionados, FMAVE1 e FMAVE2 foram analisados o número de dias em cada classe de perigo para a região de Telêmaco Borba.

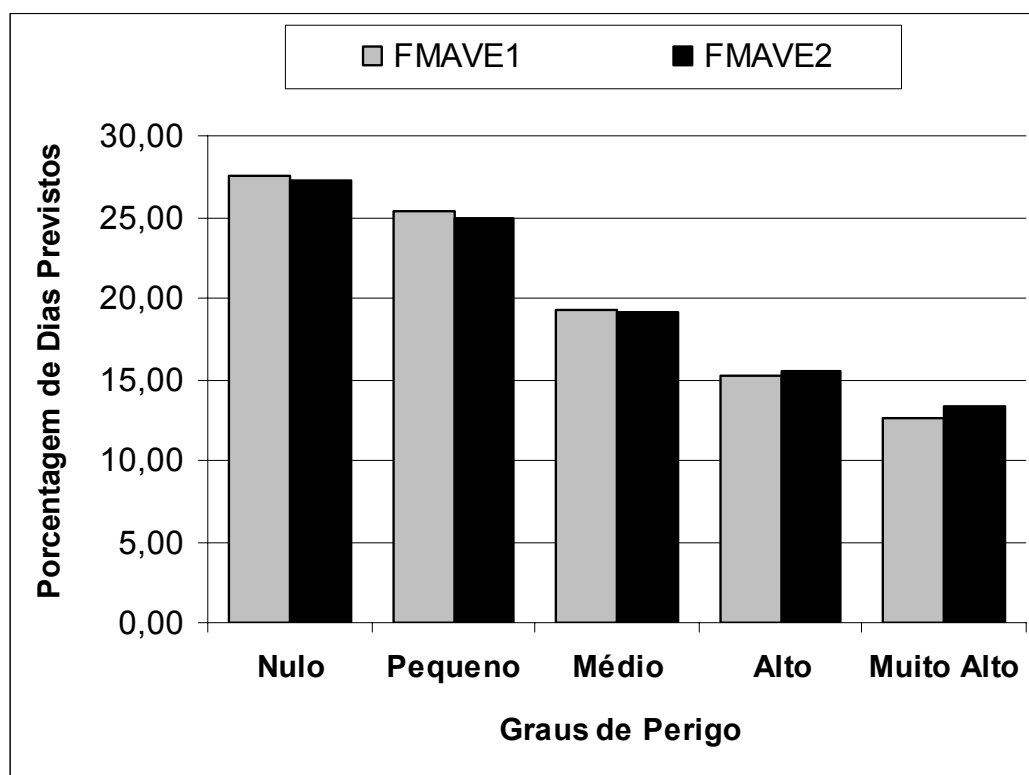
Na Tabela 45 e na Figura 25 observam-se os valores obtidos pelos modelos. Verificou-se que os dois modelos apresentaram distribuição semelhante em relação ao número de dias previstos e aos valores percentuais de número de dias previstos em cada grau de perigo. Observou-se que os maiores percentuais (27,60 e 27,22%) se referem à classe de perigo Nulo e que os mesmos decresceram nas classes de perigo Pequeno, Médio, Alto e Muito Alto, respectivamente.

A distribuição observada é uma condição desejável para o comportamento do número de dias previstos e foi uma das premissas consideradas para a aferição dos novos modelos.

TABELA 45 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS

Perigo	Dias no Período			
	FMAVE1		FMAVE2	
	nº	%	nº	%
Nulo	504	27,60	497	27,22
Pequeno	463	25,36	455	24,92
Médio	351	19,22	348	19,06
Alto	278	15,22	283	15,50
Muito Alto	230	12,60	243	13,31
<b>TOTAL</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>	<b>1826</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 25 - PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS



#### 4.6.3 Ocorrência de Incêndios Florestais

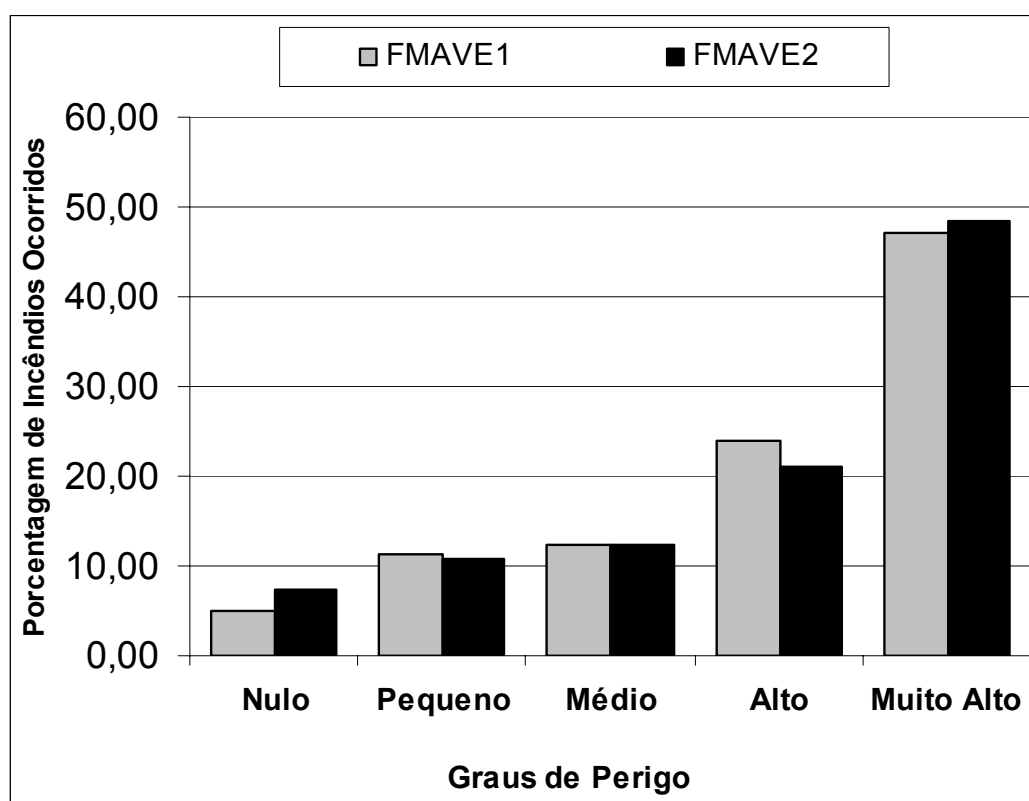
Com base nos modelos exponenciais selecionados, FMAVE1 e FMAVE2, foram analisadas as ocorrências de incêndios florestais observados em cada classe de perigo para a região de Telêmaco Borba.

Na Tabela 46 e na Figura 26 observam-se os valores obtidos pelos modelos para o número de incêndios registrados e os respectivos percentuais para cada classe de perigo. Verificou-se que os dois modelos apresentaram distribuição semelhante em relação ao número e ao percentual de ocorrência de incêndios florestais em cada grau de perigo. Os maiores percentuais (47,16 e 48,30%) se referem à classe de perigo Muito Alto e os mesmos decresceram nas classes de perigo Alto, Médio, Pequeno e Nulo, respectivamente.

TABELA 46 – DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS

Incêndios Registrados no Período				
Perigo	FMAVE1		FMAVE2	
	nº	%	nº	%
Nulo	9	5,11	13	7,39
Pequeno	20	11,36	19	10,80
Médio	22	12,50	22	12,50
Alto	42	23,86	37	21,02
Muito Alto	83	47,16	85	48,30
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>	<b>176</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 26 - PORCENTAGEM DE INCÊNDIOS OCORRIDOS EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS



#### 4.6.4 Áreas Queimadas pelos Incêndios Florestais

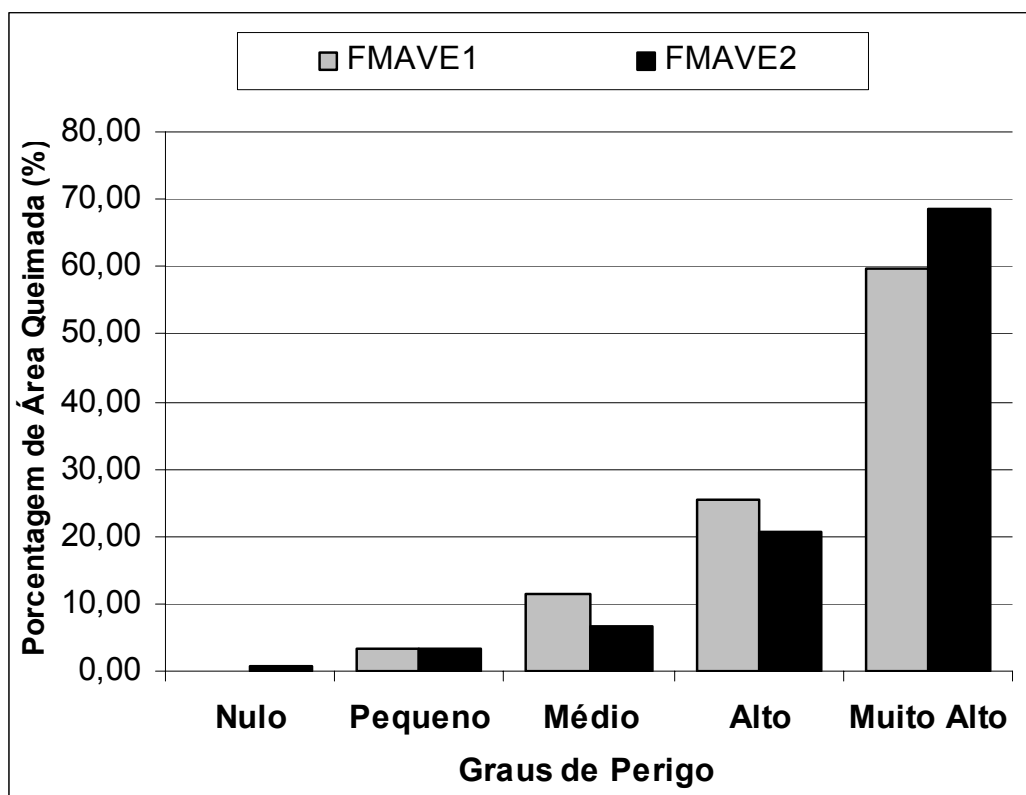
Com base nos modelos exponenciais selecionados, FMAVE1 e FMAVE2, foram analisadas as áreas queimadas pelos incêndios florestais registrados em cada classe de perigo, para a região de Telêmaco Borba.

Na Tabela 47 e na Figura 27 observam-se os valores e os percentuais de área queimada obtidos pelos modelos. Verificou-se que os dois modelos apresentaram distribuições semelhantes em relação às áreas queimadas e respectivos percentuais em cada classe de perigo. Observou-se que os maiores percentuais (59,82 e 68,49%) se concentraram na classe de perigo Muito Alto e que os mesmos decresceram nas classes de perigo Alto, Médio, Pequeno e Nulo, respectivamente.

TABELA 47 – DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA QUEIMADA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS

<b>Área Queimada (ha) no Período</b>				
<b>Perigo</b>	<b>FMAVE1</b>		<b>FMAVE2</b>	
	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Nulo	0,25	0,15	0,97	0,58
Pequeno	5,34	3,22	5,64	3,40
Médio	18,89	11,39	11,14	6,72
Alto	42,16	25,42	34,51	20,81
Muito Alto	99,21	59,82	113,59	68,49
<b>TOTAL</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>	<b>165,85</b>	<b>100,00</b>

FIGURA 27 – PORCENTAGEM DE ÁREA QUEIMADA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS



#### 4.6.5 Áreas Queimadas Médias por Incêndios

Com base nos modelos exponenciais selecionados, FMAVE1 e FMAVE2 foram analisadas as áreas queimadas médias por incêndio em cada classe de perigo para a região de Telêmaco Borba.

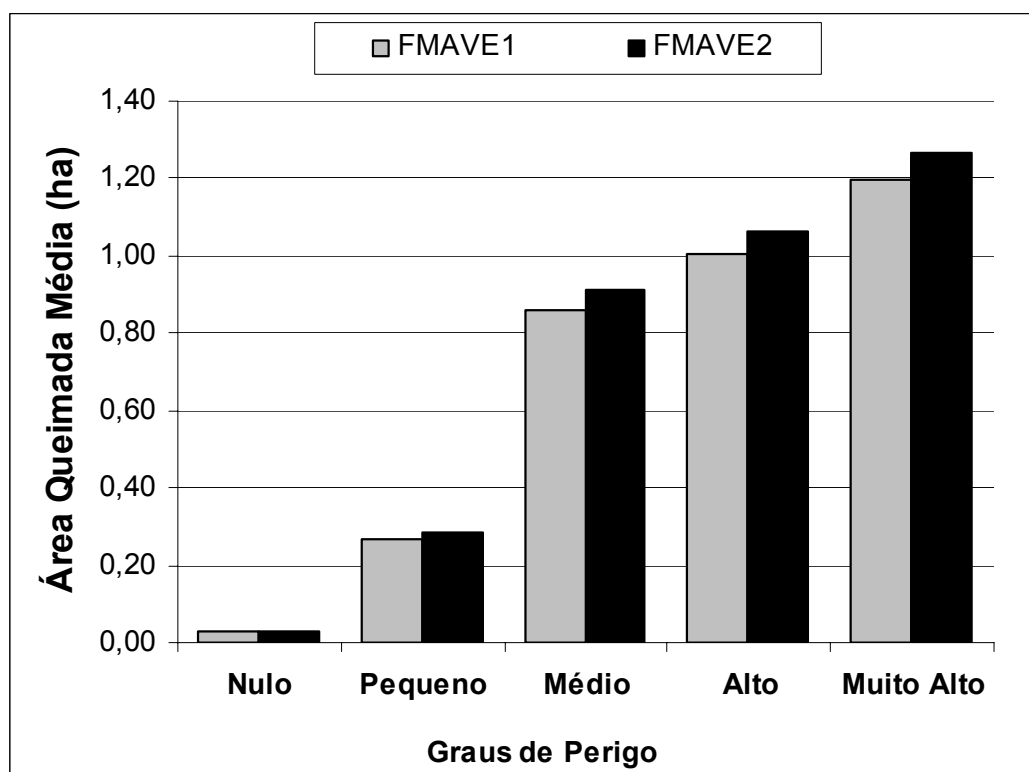
Na Tabela 48 e na Figura 28 observam-se os valores obtidos pelos modelos. Verificou-se que os dois modelos apresentaram distribuição semelhante em relação às áreas queimadas em cada grau de perigo. Observou-se que os maiores valores (1,20 e 1,27 ha/incêndio) para ambos os modelos se concentraram na classe de perigo Muito Alto e que os mesmos decresceram nas classes de perigo Alto, Médio, Pequeno e Nulo respectivamente. Os baixos valores de áreas queimadas médias por incêndio são desejáveis, segundo SOARES (1998a) que encontrou 24,1 ha/incêndio para a região Norte do Estado de Santa Catarina para a Fórmula de Monte Alegre.



TABELA 48 – DISTRIBUIÇÃO ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR INCÊNDIO EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS

<b>Área Queimada Média por Incêndio</b>		
<b>Perigo</b>	<b>FMAVE1</b>	<b>FMAVE2</b>
	<b>ha</b>	<b>ha</b>
Nulo	0,03	0,03
Pequeno	0,27	0,28
Médio	0,86	0,91
Alto	1,00	1,07
Muito Alto	1,20	1,27
<b>TOTAL</b>	<b>3,35</b>	<b>3,56</b>

FIGURA 28 - ÁREA QUEIMADA MÉDIA EM CADA NÍVEL DE PERIGO DAS ESCALAS DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS



As Tabelas 49, 50, 51, 52 e 53 apresentam os cálculos de desempenho para os modelos FMAVE1 e FMAVE2, seguindo a mesma metodologia adotada anteriormente para o cálculo do desempenho de todos os modelos.

TABELA 49 – QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA OS MODELOS SELECIONADOS

Índice	Condição	Valores	
		Observados	Previstos
		Nº de Dias	Nº de Dias
FMAVE1	Incêndio	147	859
	Não incêndio	29	967
FMAVE2	Incêndio	144	874
	Não incêndio	32	952

TABELA 50 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE1

FMAVE1 – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	147	859	1.006
	Não incêndio	29	967	996
Total Observado		176	1.826	2.002

TABELA 51 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE1

FMAVE1 – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8352	0,4704	1,3057
	Não incêndio	0,1648	0,5296	0,6943
Total Observado		1	1	2

TABELA 52 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE2

FMAVE2 – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	144	874	1.018
	Não incêndio	32	952	984
Total Observado		176	1.826	2.002

TABELA 53 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE2

FMAVE2 – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8182	0,4786	1,2968
	Não incêndio	0,1818	0,5214	0,7032
Total Observado		1	1	2

A Tabela 54 apresenta os valores obtidos para os modelos FMAVE1 e FMAVE2 que foram 0,1165 e 0,1074 para o *skill score* e 55,64 e 54,75 para a porcentagem de sucesso, respectivamente.

SAMPAIO (1999) obteve para a Fórmula de Monte Alegre original os valores de 0,0607 para o *skill score* e 36,92 para a porcentagem de sucesso e para a Fórmula de Monte Alegre aferida os valores de 0,0877 para o *skill score* e 46,26 para a porcentagem de sucesso para a região de Agudos, Estado de São Paulo.

Observa-se que os valores de desempenho dos modelos FMAVE1 e FMAVE2 foram superiores aos obtidos por SAMPAIO (1999). Pelos valores apresentados na Tabela 55 e nas Figuras 29 e 30 pode-se observar que o desempenho do modelo FMAVE1 foi superior ao modelo FMAVE2. Desta forma o modelo FMAVE1 foi incorporado à Fórmula de Monte Alegre, dando origem a um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná.

TABELA 54 – VALORES OBTIDOS DE *SKILL SCORE* E PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA OS MODELOS SELECIONADOS

Índice	<i>Skill score</i>	Porcentagem de sucesso
FMAVE1	0,1165	55,64
FMAVE2	0,1074	54,75

FIGURA 29 – VALORES OBTIDOS DE *SKILL SCORE* DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS

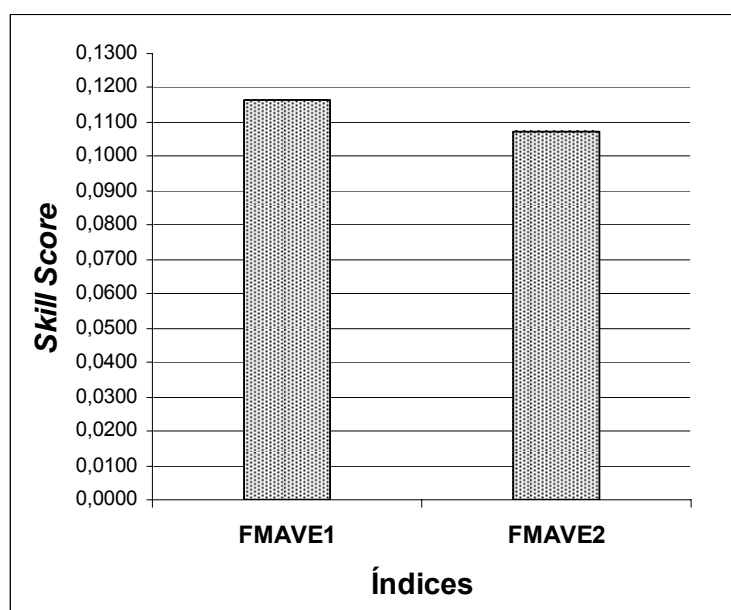
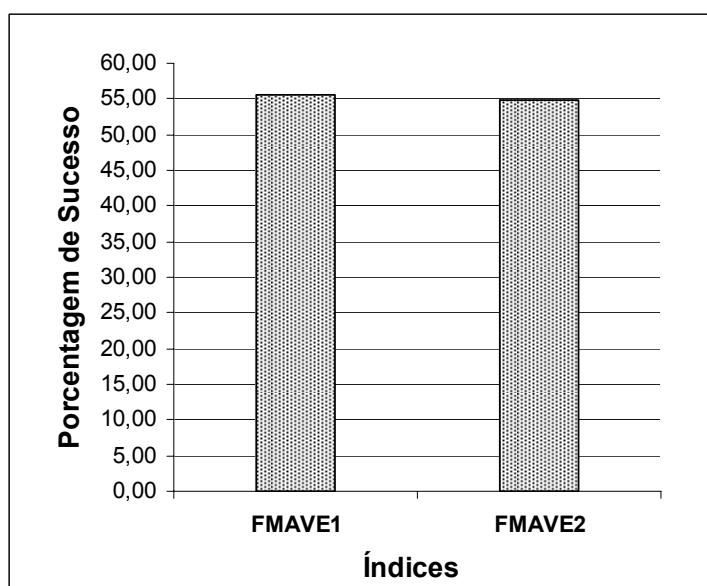


FIGURA 30 – VALORES OBTIDOS DE PORCENTAGEM DE SUCESSO DA FMA AFERIDA PARA OS MODELOS SELECIONADOS



#### 4.7 O NOVO ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS PARA O ESTADO DO PARANÁ

A Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA<sup>+</sup>, que inclui o modelo de velocidade do vento selecionado, passa a ter a seguinte representação:

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

onde: FMA<sup>+</sup> = Fórmula de Monte Alegre Alterada

H = umidade relativa do ar em porcentagem, medida às 13:00 h

n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

v = velocidade do vento em m/s, medida às 13:00h

e = base dos logaritmos naturais (2,718282)

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito a restrições de precipitação, como mostra a Tabela 55. Vale ressaltar que o efeito do vento não possui característica acumulativa, sendo aplicado à fórmula o valor da velocidade do vento às 13:00 h de cada dia.

Este novo índice além de refletir a probabilidade de ignição incorpora também o potencial de propagação dos incêndios florestais.

TABELA 55 - RESTRIÇÕES DA FMA<sup>+</sup> EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA

<b>Chuva do dia (mm)</b>	<b>Modificação no cálculo</b>
≤ 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 recomeçar a somatória no dia seguinte.

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA<sup>+</sup> é feita por meio de uma escala, como apresentado na Tabela 56.

TABELA 56 - ESCALA DE PERIGO DA FMA<sup>+</sup>

<b>Valor de FMA<sup>+</sup></b>	<b>Grau de Perigo</b>
≤ 3,0	Nulo
3,1 a 8,0	Pequeno
8,1 a 14,0	Médio
14,1 a 24,0	Alto
> 24,0	Muito alto

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos estudos e análises realizados neste trabalho, pode-se concluir que:

1. A estimativa da umidade relativa diária das 13:00 h, para o Estado do Paraná, pode ser obtida através da leitura da umidade relativa das 9:00 h, mediante a equação:

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

2. Por não apresentar alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,4759$ ) entre as variáveis  $UR_{13}$  e  $UR_{09}$ , a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h deve ser usada com restrições.
3. A estimativa da umidade relativa diária das 13:00 h, para o Estado do Paraná, pode ser obtida através da leitura da umidade relativa das 15:00 h, mediante a equação:

$$UR_{13} = 2,451510 UR_{15}^{0,796072}$$

4. Por apresentar alto coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,8639$ ) entre as variáveis  $UR_{13}$  e  $UR_{15}$ , a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h pode ser usada sem restrições.
5. A Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA<sup>+</sup>, que inclui o modelo de velocidade do vento selecionado, validada para a Região de Telêmaco Borba, passa a ter a seguinte representação:

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

6. A análise da eficiência do novo índice apresentou uma relação inversa entre o número de dias previstos e as classes de perigo, ou seja, à medida que aumenta a classe de perigo o número de dias previstos por classe diminui.
7. A análise da eficiência do novo índice (FMA<sup>+</sup>) baseada na distribuição de incêndios ocorridos, nas áreas queimadas e na área queimada média para as classes de perigo, mostrou uma relação direta entre essas variáveis e as classes de perigo, ou seja, à medida que aumenta a classe de perigo o número de incêndios ocorridos, as áreas queimadas e a área queimada média por classe de perigo aumenta.

## REFERÊNCIAS

BACHMANN, A., The need for a consistent wildfire risk terminology. **The Joint Fire Science Conference and Workshop**, 11 p. 2001.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE,. 115 p. 1990.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. New York, McGraw-Hill, 2nd. Ed., 686 p. 1973

CASTAÑEDA, A. Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales en Colombia. *Boletín de Protección Forestal, Colombia*, n. 2, p. 38-46, abr. 1997.

CHANDLER, C; P. *et al.* **Fire in Forestry. Volume I. Forest Fire Behavior and Effects**. Krieger Publishing Company. Florida. 1991.

CHENEY, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry**, v. 32, n. 2, p. 71-79. 1968.

DAVIS, K. P. **Forest Fire: Control and Use**. McGraw-Hill. New York. 584 p. 1959.

DEEMING, E. J. *et al.* National fire-danger rating system. Colorado USDA Forest Service, 165 p. 1972.

DRAPER, N.; SMITH, H. Applied regression analysis. New York, John Willey, 725 p. 1981.

FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters**. U.S. Department of Agriculture, 87 p. 1969

GRODZKI, L. **Efeitos do fogo sobre variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) manejada sob sistema agrofloretal, em Colombo, PR**. Curitiba, 2000. 130p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

HEIKKILÄ, T. V.; GRONOVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Handbook on Forest Fire Control**. Forestry Training Programme Publication 21. Helsinki, 239 p. 1993.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina, IAPAR, 1994. 49 p. ilustr.

LOWE, J. D. **Wildland Firefighting Practices**. Thomson Learning, 348 p. 2001.

MANTA, M. I. **Estudio de la estructura y funcionamiento de dos índices de peligro meteorológico de Incendios forestales. Aplicación a tres zonas climáticas de España Peninsular. Tesis doctoral** - Madrid, 2003. 355 p. Departamento de Ingeniería Forestal - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid.

McARTHUR, A. G. Weather and grassland fire behaviour. **Comm. Austr. For. Timb. Bur. Leaflet** 100, 23 p. 1966.

McARTHUR, A. G. Fire behaviour in eucalypt forest. **Comm. Austr. For. Timb. Bur. Leaflet** 107, 25 p. 1966a.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. O.; DIAS, F. F. S.. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil, **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 313-320, 1993.

NAYA, A. **Meteorología superior**. Espasa Calpe, Madrid, 546 p. 1984.

NELSON, R. M. J. An effective wind spread for models of fire spread. **International Journal of Wildland Fire** v. 11, p. 153-161, 2002.

NOBLE, I. R.; BARY, G. A. V.; GILL, A. M. McArthur's fire-danger meters expressed as equations. **Australian Journal of Ecology** v. 5, p. 201-3, 1980.

NUNES, J. R. S. **Análise do Volume e Porcentagem de Casca em Povoamentos de Eucaliptos de Origem Híbrida, Segundo a Idade, Local, Espécie e Método de Regeneração**. Viçosa, 1981 Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina**. Curitiba, 2002. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

PYNE, S. J. **Wildland fire – Fire management in the United States**. New York: Wiley & Sons, 769 p, 1984.

REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. **A técnica do fogo controlado**. [S.L.: s.n.], 124p. 1990.

RIBEIRO, G. A. **Estudos do comportamento do fogo e de alguns efeitos da queima controlada em povoamentos de *Eucalyptus viminalis* Labill em Três Barras, Santa Catarina**. Curitiba, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RODRÍGUEZ, N.; MORETTI, A. Índice de peligro de propagación de Incendios Forestales. VI Congreso Forestal Argentino. Tomo III. Santiago del Estero. 5p. 1988.

ROTHERMEL, R. C. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. **USDA. Forest Service**, Report INT-143, 161 p. 1983.



SAMPAIO, O. B.; SOARES, R. V.; VIEGAS, D. X. Calibration and test of four fire danger methods in Agudos Region, State of Sao Paulo, Brazil. **III International Conference on Forest Fire Research. 14 th Conference on Fire and Forest Meteorology**. Vol I. P. 1249-1262. 1998.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos - SP**. Curitiba, 1999. 157p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather**. USDA Forest Service, Agriculture Handbook 360. 229 p. 1970.

SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. **Revista Floresta**, v. 3, n. 3, p.19-40, 1972. 1972a.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro paranaense, Brasil**. Turrialba, Costa Rica, CATIE/IICA,. 72 p. (Tese de Mestrado). 1972b.

SOARES, R. V. Prevenção e controle de incêndios florestais. ABEAS, 120 p. 1984.

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

SOARES, R. V. Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de Rio Branco do Sul -PR. **Revista Floresta**, v.17, n.1/2, p. 31-35,. 1987.

SOARES, R. V. Desempenho da "Fórmula de Monte Alegre" índice brasileiro de perigo de incêndios florestais.. **Cerne**,v. 04, n. 1, p.87-99. 1998a.

SOARES, R. V. Comparação entre o Índice de Perigo de Incêndio da Rigesa e a "Fórmula de Monte Alegre" 10 p. 1998b (não publicado).

SOARES, R.V.. Effects of a pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brazil". Coimbra, Universidade de Coimbra, **Proceedings of the International Conference on Forest Fire Research**: C.06-1-9. 1990.

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e Climatologia Florestal**. Curitiba, 195 p. 2004.

SOHO, D. M. What is a "fire hazard"? *Forestland Steward*, Sacramento, n. 424, p. 12, 1999.

TREWARTHA, G. T. e HORN, L. H., , Köppen's classification of climates. In: *An Introduction to climate*. McGraw-Hill, New York, pp. 397-403. 1980

VAN WAGNER, C. E. Development and structure of the Canadian forest fire weather index system. **Canadian Forest Service**. Ontario. 37 p. 1987

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, Instituto Nacional de Meteorologia, 515 p. 2000.

VAREJÃO-SILVA, M.A.; REIS, A. C. S. **Agrometeorologia e climatologia tropicais**. Brasília, ABEAS, 90 p. 1988.

VÁZQUEZ, A.; MORENO, J. M. Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. **Landscape and Urban Planning** v. 24, p. 129-142. 1993.

VÉLEZ, R.. Aplicación de la predicción del peligro para prevención de los incendios forestales. Predecir para prevenir. Documentos Seminario métodos y equipos para la prevención de incendios forestales. ICONA. España. p. 79-88. 1988.

VÉLEZ, R. **La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y experiencias**. Editado por A. García. Madrid, España. Mc. Graw Hill. 2000.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 449 p. 1991.

VIEGAS, D. X. Weather, fuel status and fire occurrence: predicting large fires. **Large Forest Fires**. Backhuys Publishers, Leiden, p. 31-48. 1997

VIEGAS, D. X. On the existence of a steady state regime for slope and wind driven fires. **International Journal of Wildland Fire** v. 13, n. 1, p. 101–117. 2004a.

VIEGAS, D. X. Slope and wind effects on fire propagation. **International Journal of Wildland Fire** v. 13, n. 2, p. 143-156. 2004b.

VIEGAS, D. X.; NETO, L. P. C. Wall shear stress as a parameter to correlate the rate of spread of a wind introduced forest fire. **International Journal of Wildland Fire** v. 1, n. 3, p. 177-188. 1991.

VIEGAS, D. X.; VIEGAS, M. T. A relationship between rainfall and burned area for Portugal. **International Journal of Wildland Fire** v. 4, n. 1, p. 11–16. 1994.

VIEGAS, D. X. *et al* Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. In: International Conference On Forest Fire Research, 2, Coimbra, 1994. Proceedings. Coimbra: Society of American forestrs, p.571-590. 1994.

WHELAN, R. J. **The Ecology of Fire**. Cambridge University Press. 346 p. 1998.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Statistical analysis and prognosis in meteorology**. Technical Note N° 71. WMO N° 178. TP. 88. Geneva, Switzerland. Secretariat of the World Meteorological Organisation. 197 p. 1966.

## LITERATURA CONSULTADA

BALBI, J. H.; SANTONI, P. A.; DUPUY, J. L. Dynamic modelling of fire spread across a fuel bed. **International Journal of Wildland Fire** v. 9, n. 4, p. 275-284. 1999.

BELDA, F.; MELIÁ, J. Relationships between climatic parameters and forest vegetation application to burned area in Alicante (Spain). **Forest Ecology and Management** n. 135, p. 195-204. 2000.

BECK, J. A.; ALEXANDER, M. E.; HARVEY, S. D.; BEAVER, A. K. Forecasting diurnal variations in fire intensity to enhance wildland firefighter safety, **International Journal of Wildland Fire** v. 11, n. 4, p. 173 – 182, 2002.

BRADSTOCK, R. A.; GILL, A. M.; KENNY, B. J.; SCOTT, J. Bushfire risk at the urban interface estimated from historical weather records: consequences for the use of prescribed fire in the Sydney region of South-eastern Australia. **Journal of Environmental Management**, n. 52, p. 259-271. 1998.

BURGAN, R. E. A Method to Initialize the Keetch - Byram Drought Index. Forest Service, **USDA. WJAF**. 109 - 115. 1993.

CANADA FORESTRY SERVICE **Canadian forest fire weather index**. Ottawa, 25 p. 1970.

CARLSON, J. D.; BURGAN, R. E.; ENGLE, D. M.; GREENFIELD, J. R. The Oklahoma fire danger model: an operational tool for mesoscale fire danger rating in Oklahoma. **International Journal of Wildland Fire**, v. 11, p. 183-191. 2002.

CHANDLER, S. E. The effects of severe weather conditions on the incidence of fires in Dwellings. **Fire Safety Journal** n. 5, p. 21-27. 1982.

COOPER, R. W. Current use and place of prescribed burning. IN: **Prescribed Burning Symposium Proceedings**, Asheville, Southeastern Forest Experiment Station. 160p. 1970.

COUNTRYMAN, C. M. Rating fire danger by the multiple basic index system. **Journal of Forestry** v. 64, n. 8,;p. 531-536. 1966.

CRANE, W. J. B. Fire in the Australian environment. IN: **Fire in the environment symposium proceedings**. Denver, U.S. Forest Service. 151 p. 1972.

DIMITRAKOPOULOS, A. P.; BEMMERZUK, A. M.. Evaluation of the Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) and the Keetch-Byram Index (KBDI) in the Mediterranean Climate of Greece. III International Conference on Forest Fire Research. 14 th **Conference on Fire and Forest Meteorology**. Vol Y. p. 995-1009. 1998.

FERRAZ, S. F.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis** n.53, p. 39-48. 1998

FOGARTY, L.G.; PEARCE, H. G.; CATCHPOLE, W. R.; ALEXANDER, M. E. Adoption vs.Adaptation: Lessons from applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System in New Zealand. **III International Conference on Forest Fire Research. 14 th Conference on Fire and Forest Meteorology**. Vol I. p. 1011-1028. 1998.

FORESTRY CANADA. Fire Danger Group. **Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System**. Information Report ST-X-3. 63pp. 1992.

GABRIELSON, I. N. Forest of fire and wildlife. **Four L Lumber News** v. 10. n. 13, 32 p. 1978.

IFFN. Fire Situation in Brazil. **International Forest Fire News** n. 28. 2003.

KALABOKIDS, K. D.; GATZOJANNIS, S.; GALATISIDAS, S. Introducing wildfire in forest management planning: towards a conceptual approach. **Forest Ecology and Management**, n. 158, p. 41-50. 2002.

KHZBERGER, T. ENSO as a forewarning tool of regional fire occurrence in Northern Patagonia, Argentina. **International Journal of Wildland Fire** v. 11, p. 33-39. 2002.

KLEIN, W. H.; WHISTLER, B. T. Specification of monthly mean anomalies of fire weather elements in the United States. **Agriculture and Forest Meteorology**, n. 56, p. 145-172. 1991.

LEE, R. **Forest microclimatology**. New York, Columbia University Press, 276 p. 1978.

LEMOS, J. M.; GAMA M. P. Estudo comparativo de índices de periculosidade de incêndios no Distrito Federal - Brasília. In: **Congresso Florestal Brasileiro**, 3, Proceedings. Manaus: SBJ, p. 336-338. 1978.

LIMA, G. S.; BATISTA, A. C. Efeitos do fogo no ecossistema. **Estudos de Biologia**, Curitiba, nº XXXI, p. 5-16, jan. 1983.

LOURENÇO, L. Índices meteorológicos de riesgo de incendio forestal sencillos y expeditos: tendencias del riesgo para el día siguiente. In: **TALLER INTERNACIONAL SOBRE PROGNOSIS Y GESTION DE INCENDIOS FORESTALES**, Chile, 1995. Proceedings...Chile: University of Chile, 1995.

LOWRY, W. P. **Weather and life: an introduction to biometeorology**. New York, Academic Press, 305 p. 1974.

MANTA, M. I.; XAVIER, D.; MATA REIS, R. Reliability of the fire weather index from meteorological station in the Central Region of Portugal. **Forest Fire Research & Wildland Fire Safety**. 9 p. 2002.

MARTIN, R. E.; DELL, J. D.; JUHL, T. C. Preliminary prescribed burning guidelines for eastern Oregon and Washington. Bend, Oregon, Eastside prescribed fire workshop. 54 p. 1976.

MATHEWSON, T.; POIRIER, G.; MANN, R.; BENSON, R. Seasonal Fire Weather/Fire Danger Outlook. **Rocky Mountain Area (RMA) Predictive Services**. 17 p. 2004.

MBOW, C.; GOÏTA, K.; BÉNIÉ, G. B. Spectral indices and fire behavior simulation for fire risk assessment in savanna ecosystems. **Remote Sensing of Environment** n. 91, p. 1 –13. 2004.

MOBLEY, H. E.; KERR, E. Wildfire versus prescribed fire in the southern environment. Atlanta, U.S. **Forest Service and State and Private Forestry**. 6 p. 1973.

MOREIRA, A. G.. Effects of fire protection on savanna structure, **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 1021-1029, 2000.

MUTCH, R. Wildland fires and ecosystems - a hypothesis. **Ecology** v. 51, n. 6, p. 1046-1051. 1970.

OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; SUTTLER, C. R. Fire risk mapping for pine and eucalyptus stands in Três Barras, State of Santa Catarina, Brazil. **Forest Fire Research & Wildland Fire Safety**, 12 p. 2002.

PYNE, S. J. **America's Fire: Management on Wildlands and Forests**. Forest History Society, 54 p. 1997.

PYNE, S. J. **Fire in America – A cultural history of wildland and rural fires** . University of Washington Press, 654 p. 1999.

ROTHERMEL, R. C.; RINEHART, G. C. Field procedures for verification and adjustment of fire behavior predictions. **USDA. Forest Service**, Report INT-142, 23 p. 1983.

SIRAKOFF, C. A correction to the equations describing the McArthur forest fire danger meter. **Australian. Journal of Ecology**. v. 10, 1985.

SOTO, J. V. The significance of forest fires in Mexico. IN: *Fire in the Environment Symposium Proceedings*, Denver, U.S. Forest Service. 151 p. 1972.

UHL, C.; KAUFFMAN, J. B.; SILVA, E. D. Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 65, p.24-32, 1990.

VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF** v.12, n. 32, p. 111-115. 1998.

VIEGAS, D. X.; RIBEIRO, P. P.; MARICATO, L. An empirical model for the spread of a fireline inclined in relation to the slope gradient or to the wind direction. III International Conference on Forest Fire Research VI, p. 325-342. 1998.

WADE, D. D.; LUNSFORD, J. D. A guide for prescribed fire in Southern forests. Technical Publication, Atlanta, **USDA. Forest Service**, 56 p. (R8 – TP11). 1989.

WILLIAMS, J. T.; ROTHERMEL, R. C. Fire dynamics in Northern Rocky Mountain stand types. **USDA. Forest Service**, Report INT-405, 4 p. 1992.

WMM. **Fire danger rating systems**. Special Environmental Report N° 11. 1991

WYBO, J. L., GUARNIÉRI, F., RICHARD, B. Forest fire danger assessment methods and decision support. **Safety Science** v.20, p.61-70. 1995.

## APÊNDICES

- APÊNDICE 1 - ANÁLISES DE COVARIÂNCIA PARA AS EQUAÇÕES DE CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h
- APÊNDICE 2 - ANÁLISES DE COVARIÂNCIA PARA AS EQUAÇÕES DE CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h
- APÊNDICE 3 - PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS OITO MODELOS LINEARES
- APÊNDICE 4 - PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS SETE MODELOS EXPONENCIAIS
- APÊNDICE 5 - EXEMPLO DE SAÍDA GERADA PELO PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS OITO MODELOS LINEARES
- APÊNDICE 6 - EXEMPLO DE SAÍDA GERADA PELO PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS SETE MODELOS EXPONENCIAIS
- APÊNDICE 7 - CÁLCULOS DO *SKILL SCORE* E DA PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA DEFINIÇÃO DO MELHOR MODELO



APÊNDICE 1 - ANÁLISES DE COVARIÂNCIA PARA AS EQUAÇÕES DE CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 h

TABELA 1 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CAMPO MOURÃO

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Campo Mourão</b>	1825	478.800,98	223.045,85	236.654,54	1824	268.581,26		
		Resíduos agrupados			3648	467.709,14	128,2097	
		Diferença para testar inclinação			1	856,36	856,3554	6,67933 NS
	3650	952.121,85	490.399,00	497.338,47	3649	468.565,50	128,4093	
		Diferença para testar interseção			1	6.712,03	6.712,03	52,27059 NS
	3651	953.488,07	494.901,08	512.174,15	3650	475.277,53		

TABELA 2 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CÂNDIDO DE ABREU

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	200.473,08	219.123,19	1824	338.997,92		
<b>Candido Abreu</b>	1825	478.800,98	223.045,85	236.654,54	1824	268.581,26		
		Resíduos agrupados			3648	607.579,18	166,5513	
		Diferença para testar inclinação			1	86,72	86,7201	0,52068 NS
	3650	1.001.209,22	423.518,93	455.777,74	3649	607.665,90	166,5294	
		Diferença para testar interseção			1	32.039,50	32.039,50	192,39544 NS
	3651	1.002.375,51	418.010,41	481.795,18	3650	639.705,41		

TABELA 3 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
		Resíduos agrupados			3648	665.148,82	182,3325	
		Diferença para testar inclinação			1	16.155,59	16.155,5899	88,60512 NS
	3650	1.162.226,09	546.454,86	620.917,97	3649	681.304,41	186,7099	
		Diferença para testar interseção			1	12.890,68	12.890,68	69,04121 NS
	3651	1.168.521,04	543.359,44	622.440,09	3650	694.195,09		

TABELA 4 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	200.473,08	219.123,19	1824	338.997,92		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
		Resíduos agrupados			3648	738.458,52	202,4283	
		Diferença para testar inclinação			1	82,10	82,1022	0,40559 NS
	3650	1.107.714,11	409.758,76	454.805,78	3649	738.540,62	202,3953	
		Diferença para testar interseção			1	20.171,76	20.171,76	99,66515 NS
	3651	1.113.115,79	404.092,80	460.748,94	3650	758.712,38		

TABELA 5 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	200.473,08	219.123,19	1824	338.997,92		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
		Resíduos agrupados			3648	626.185,28	171,6517	
		Diferença para testar inclinação			1	3.754,19	3.754,1891	21,87097 NS
	3650	1.109.767,72	474.838,23	469.900,10	3649	629.939,47	172,6335	
		Diferença para testar interseção			1	14.719,30	14.719,30	85,26332 NS
	3651	1.118.619,32	472.293,25	470.631,82	3650	644.658,77		

TABELA 6 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	200.473,08	219.123,19	1824	338.997,92		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	707.913,70	194,0553	
		Diferença para testar inclinação			1	6.990,91	6.990,9147	36,02538 NS
	3650	1.142.734,79	413.402,15	399.460,70	3649	714.904,62	195,9180	
		Diferença para testar interseção			1	31.013,97	31.013,97	158,30079 NS
	3651	1.151.849,55	405.836,08	405.741,21	3650	745.918,58		

TABELA 7 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Paranavaí</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	664.000,27	182,0176	
		Diferença para testar inclinação			1	3.685,10	3.685,0968	20,24582 NS
	3650	1.303.751,66	598.441,21	563.041,75	3649	667.685,36	182,9776	
		Diferença para testar interseção			1	21.165,48	21.165,48	115,67250 NS
	3651	1.304.076,39	596.247,91	577.855,67	3650	688.850,84		

TABELA 8 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	200.473,08	219.123,19	1824	338.997,92		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	734.409,90	201,3185	
		Diferença para testar inclinação			1	26,25	26,2464	0,13037 NS
	3650	1.048.797,74	346.309,57	381.504,35	3649	734.436,15	201,2705	
		Diferença para testar interseção			1	50.405,93	50.405,93	250,43871 NS
	3651	1.126.349,39	362.559,42	384.909,27	3650	784.842,08		

TABELA 9 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E CÂNDIDO DE ABREU

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	223.045,85	236.654,54	1824	268.581,26		
		Resíduos agrupados			3648	467.709,14	128,2097	
		Diferença para testar inclinação			1	856,36	856,3554	6,67933 NS
	3650	952.121,85	490.399,00	497.338,47	3649	468.565,50	128,4093	
		Diferença para testar interseção			1	6.712,03	6.712,03	52,27059 NS
	3651	953.488,07	494.901,08	512.174,15	3650	475.277,53		

TABELA 10 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
		Resíduos agrupados			3648	494.212,37	135,4749	
		Diferença para testar inclinação			1	51,63	51,6259	0,38107 NS
	3650	1.156.745,99	652.865,28	643.388,17	3649	494.263,99	135,4519	
		Diferença para testar interseção			1	1.074,71	1.074,71	7,93427 NS
	3651	1.170.272,39	662.418,29	650.134,96	3650	495.338,70		

TABELA 11 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
		Resíduos agrupados			3648	598.588,48	164,0868	
		Diferença para testar inclinação			1	2.343,07	2.343,0671	14,27944 NS
	3650	1.058.626,75	476.638,82	496.366,51	3649	600.931,55	164,6839	
		Diferença para testar interseção			1	13.602,61	13.602,61	82,59828 NS
	3651	1.064.449,59	492.358,87	538.806,28	3650	614.534,15		

TABELA 12 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
		Resíduos agrupados			3648	486.315,24	133,3101	
		Diferença para testar inclinação			1	599,35	599,3496	4,49591 NS
	3650	1.060.680,36	541.718,30	511.460,83	3649	486.914,59	133,4378	
		Diferença para testar interseção			1	26.929,86	26.929,86	201,81583 NS
	3651	1.070.068,88	566.528,17	577.022,79	3650	513.844,45		

TABELA 13 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	568.043,66	155,7137	
		Diferença para testar inclinação			1	2.565,66	2.565,6560	16,47675 NS
	3650	1.093.647,42	480.282,22	441.021,43	3649	570.609,32	156,3742	
		Diferença para testar interseção			1	13.987,65	13.987,65	89,44988 NS
	3651	1.103.306,91	500.317,28	482.576,80	3650	584.596,97		

TABELA 14 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PARANAVAI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	409.238,87	112,1817	
		Diferença para testar inclinação			1	1.936,64	1.936,6406	17,26343 NS
	3650	1.027.290,57	643.005,21	671.068,97	3649	411.175,51	112,6817	
		Diferença para testar interseção			1	1.510,80	1.510,80	13,40768 NS
	3651	1.036.356,11	648.594,15	674.514,57	3650	412.686,31		

TABELA 15 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	267.353,15	260.683,92	1824	199.127,88		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	594.539,86	162,9769	
		Diferença para testar inclinação			1	1.625,80	1.625,8046	9,97567 NS
	3650	999.710,38	413.189,63	423.065,08	3649	596.165,67	163,3778	
		Diferença para testar interseção			1	2.135,33	2.135,33	13,06990 NS
	3651	1.078.835,79	509.237,71	539.655,09	3650	598.301,00		

TABELA 16 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
		Resíduos agrupados			3648	665.148,82	182,3325	
		Diferença para testar inclinação			1	16.155,59	16.155,5899	88,60512 NS
	3650	1.162.226,09	546.454,86	620.917,97	3649	681.304,41	186,7099	
		Diferença para testar interseção			1	12.890,68	12.890,68	69,04121 NS
	3651	1.168.521,04	543.359,44	622.440,09	3650	694.195,09		

TABELA 17 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
		Resíduos agrupados			3648	769.524,94	210,9443	
		Diferença para testar inclinação			1	5.343,39	5.343,3923	25,33082 NS
	3650	1.064.106,85	370.228,40	473.896,32	3649	774.868,33	212,3509	
		Diferença para testar interseção			1	715,33	715,33	3,36861 NS
	3651	1.065.654,90	373.567,08	481.096,86	3650	775.583,66		

TABELA 18 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
		Resíduos agrupados			3648	657.251,70	180,1677	
		Diferença para testar inclinação			1	21.390,20	21.390,2028	118,72386 NS
	3650	1.066.160,46	435.307,88	488.990,64	3649	678.641,90	185,9802	
		Diferença para testar interseção			1	3.488,92	3.488,92	18,75962 NS
	3651	1.069.752,31	443.392,56	507.187,99	3650	682.130,82		

TABELA 19 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	738.980,12	202,5713	
		Diferença para testar inclinação			1	26.185,61	26.185,6107	129,26614 NS
	3650	1.099.127,52	373.871,80	418.551,24	3649	765.165,73	209,6919	
		Diferença para testar interseção			1	154,97	154,97	0,73903 NS
	3651	1.102.887,71	378.942,88	425.390,23	3650	765.320,70		

TABELA 20 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PARANAVÁI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	580.175,33	159,0393	
		Diferença para testar inclinação			1	8.663,02	8.663,0187	54,47093 NS
	3650	1.032.770,67	536.594,79	648.598,78	3649	588.838,35	161,3698	
		Diferença para testar interseção			1	263,07	263,07	1,63022 NS
	3651	1.050.241,03	560.366,86	680.945,66	3650	589.101,41		

TABELA 21 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	160.942,73	238.213,73	1824	370.064,34		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	765.476,32	209,8345	
		Diferença para testar inclinação			1	4.779,85	4.779,8453	22,77912 NS
	3650	1.005.190,48	306.779,21	400.594,88	3649	770.256,16	211,0869	
		Diferença para testar interseção			1	5.100,81	5.100,81	24,16451 NS
	3651	1.064.887,66	360.605,04	449.126,82	3650	775.356,98		

TABELA 22 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
		Resíduos agrupados			3648	694.545,08	190,3906	
		Diferença para testar inclinação			1	2.077,28	2.077,2789	10,91061 NS
	3650	1.268.730,99	594.797,81	618.386,83	3649	696.622,36	190,9077	
		Diferença para testar interseção			1	24.712,55	24.712,55	129,44759 NS
	3651	1.270.330,63	589.843,56	633.730,67	3650	721.334,91		

TABELA 23 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
		Resíduos agrupados			3648	582.271,84	159,6140	
		Diferença para testar inclinação			1	1.139,44	1.139,4432	7,13874 NS
	3650	1.270.784,60	659.877,29	633.481,15	3649	583.411,29	159,8825	
		Diferença para testar interseção			1	38.394,05	38.394,05	240,13914 NS
	3651	1.271.161,29	656.501,89	663.726,47	3650	621.805,34		

TABELA 24 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	664.000,27	182,0176	
		Diferença para testar inclinação			1	3.685,10	3.685,0968	20,24582 NS
	3650	1.303.751,66	598.441,21	563.041,75	3649	667.685,36	182,9776	
		Diferença para testar interseção			1	21.165,48	21.165,48	115,67250 NS
	3651	1.304.076,39	596.247,91	577.855,67	3650	688.850,84		

TABELA 25 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	505.195,47	138,4856	
		Diferença para testar inclinação			1	1.675,12	1.675,1159	12,09596 NS
	3650	1.237.394,81	761.164,20	793.089,29	3649	506.870,59	138,9067	
		Diferença para testar interseção			1	5.686,69	5.686,69	40,93894 NS
	3651	1.282.133,91	790.953,75	812.924,67	3650	512.557,28		

TABELA 26 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	385.512,14	382.704,24	1824	295.084,49		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	690.496,47	189,2808	
		Diferença para testar inclinação			1	1.360,12	1.360,1196	7,18572 NS
	3650	1.209.814,62	531.348,62	545.085,40	3649	691.856,59	189,6017	
		Diferença para testar interseção			1	6.860,65	6.860,65	36,18453 NS
	3651	1.237.036,10	574.132,65	612.329,09	3650	698.717,23		

TABELA 27 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
		Resíduos agrupados			3648	686.647,96	188,2259	
		Diferença para testar inclinação			1	5.159,02	5.159,0153	27,40864 NS
	3650	1.172.665,35	483.650,83	486.459,49	3649	691.806,97	189,5881	
		Diferença para testar interseção			1	846,29	846,29	4,46381 NS
	3651	1.173.089,17	484.681,03	488.963,65	3650	692.653,26		

TABELA 28 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	768.376,38	210,6295	
		Diferença para testar inclinação			1	8.754,39	8.754,3890	41,56298 NS
	3650	1.205.632,42	422.214,75	416.020,09	3649	777.130,77	212,9709	
		Diferença para testar interseção			1	583,95	583,95	2,74191 NS
	3651	1.206.115,33	422.167,33	416.024,75	3650	777.714,72		

TABELA 29 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PARANAVÁI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	609.571,59	167,0975	
		Diferença para testar inclinação			1	112,12	112,1219	0,67100 NS
	3650	1.139.275,57	584.937,74	646.067,63	3649	609.683,71	167,0824	
		Diferença para testar interseção			1	4.188,94	4.188,94	25,07108 NS
	3651	1.168.694,91	630.340,70	716.138,17	3650	613.872,65		

TABELA 30 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	209.285,68	235.682,59	1824	399.460,60		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	794.872,58	217,8927	
		Diferença para testar inclinação			1	9,83	9,8348	0,04514 NS
	3650	1.111.695,37	355.122,16	398.063,74	3649	794.882,41	217,8357	
		Diferença para testar interseção			1	6.769,64	6.769,64	31,07681 NS
	3651	1.153.714,17	382.886,06	416.408,72	3650	801.652,05		

TABELA 31 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
		Resíduos agrupados			3648	656.103,14	179,8528	
		Diferença para testar inclinação			1	787,89	787,8903	4,38075 NS
	3650	1.207.686,03	487.294,22	431.114,41	3649	656.891,03	180,0195	
		Diferença para testar interseção			1	3.624,04	3.624,04	20,13139 NS
	3651	1.207.687,95	487.221,75	433.839,18	3650	660.515,07		

TABELA 32 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA E PARANAVÁI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	497.298,35	136,3208	
		Diferença para testar inclinação			1	4.970,50	4.970,4974	36,46176 NS
	3650	1.141.329,17	650.017,21	661.161,95	3649	502.268,84	137,6456	
		Diferença para testar interseção			1	11.973,81	11.973,81	86,99014 NS
	3651	1.178.234,48	710.483,05	760.229,49	3650	514.242,66		



TABELA 33 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA EPINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	274.365,15	250.776,91	1824	287.187,36		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	682.599,34	187,1160	
		Diferença para testar inclinação			1	3.784,35	3.784,3469	20,22460 NS
	3650	1.113.748,98	420.201,64	413.158,06	3649	686.383,69	188,1019	
		Diferença para testar interseção			1	9.349,01	9.349,01	49,70184 NS
	3651	1.147.751,61	435.949,61	420.451,58	3650	695.732,70		

TABELA 34 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PALMAS E PARANAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
<b>Paranaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
		Resíduos agrupados			3648	579.026,77	158,7244	
		Diferença para testar inclinação			1	8.821,99	8.821,9912	55,58055 NS
	3650	1.174.296,24	588.581,13	590.722,55	3649	587.848,76	161,0986	
		Diferença para testar interseção			1	4.153,35	4.153,35	25,78141 NS
	3651	1.211.736,89	639.383,59	659.655,37	3650	592.002,11		

TABELA 35 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PALMAS E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	212.929,07	180.337,50	1824	368.915,78		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	764.327,76	209,5197	
		Diferença para testar inclinação			1	6.824,47	6.824,4705	32,57198 NS
	3650	1.146.716,05	358.765,56	342.718,66	3649	771.152,23	211,3325	
		Diferença para testar interseção			1	1.438,81	1.438,81	6,80829 NS
	3651	1.180.208,59	383.947,95	361.652,82	3650	772.591,05		

TABELA 36 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PARANAÍ E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Paranaí</b>	1825	553.969,69	375.652,06	410.385,05	1824	210.110,99		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	145.836,49	162.381,15	1824	395.411,98		
		Resíduos agrupados			3648	605.522,97	165,9877	
		Diferença para testar inclinação			1	34,63	34,6311	0,20864 NS
	3650	1.080.359,19	521.488,55	572.766,20	3649	605.557,60	165,9517	
		Diferença para testar interseção			1	115,90	115,90	0,69837 NS
	3651	1.222.115,62	672.148,01	732.887,86	3650	605.673,50		

APÊNDICE 2 - ANÁLISES DE COVARIÂNCIA PARA AS EQUAÇÕES DE CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 h

TABELA 1 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CAMPO MOURÃO

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
		Resíduos agrupados			3648	155.268,86	42,5627	
		Diferença para testar inclinação			1	1,36	1,3566	0,03187 NS
	3650	995.729,12	1.017.831,63	1.232.637,59	3649	155.270,22	42,5514	
		Diferença para testar interseção			1	4.150,75	4.150,75	97,54658 NS
	3651	995.737,02	1.017.621,35	1.238.231,89	3650	159.420,97		

TABELA 2 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CÂNDIDO DE ABREU

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Candido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
		Resíduos agrupados			3648	181.689,79	49,8053	
		Diferença para testar inclinação			1	419,57	419,5683	8,42417 NS
	3650	1.001.209,22	1.015.390,44	1.258.720,44	3649	182.109,36	49,9066	
		Diferença para testar interseção			1	1.962,43	1.962,43	39,32205 NS
	3651	1.002.375,51	1.018.718,68	1.268.218,31	3650	184.071,79		

TABELA 3 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
		Resíduos agrupados			3648	208.150,63	57,0588	
		Diferença para testar inclinação			1	1.104,85	1.104,8517	19,36338 NS
	3650	1.205.833,36	1.165.435,00	1.362.902,76	3649	209.255,48	57,3460	
		Diferença para testar interseção			1	2.973,55	2.973,55	51,85279 NS
	3651	1.218.713,70	1.187.837,81	1.401.867,99	3650	212.229,03		

TABELA 4 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
		Resíduos agrupados			3648	203.268,20	55,7204	
		Diferença para testar inclinação			1	105,12	105,1250	1,88665 NS
	3650	1.107.714,11	1.109.139,69	1.360.317,77	3649	203.373,32	55,7340	
		Diferença para testar interseção			1	8.006,43	8.006,43	143,65434 NS
	3651	1.113.115,79	1.123.949,75	1.400.923,33	3650	211.379,75		

TABELA 5 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
		Resíduos agrupados			3648	169.001,75	46,3272	
		Diferença para testar inclinação			1	33,23	33,2282	0,71725 NS
	3650	1.109.767,72	1.133.419,14	1.365.572,68	3649	169.034,98	46,3236	
		Diferença para testar interseção			1	42,26	42,26	0,91221 NS
	3651	1.118.619,32	1.144.824,59	1.380.268,82	3650	169.077,23		

TABELA 6 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	166.049,24	45,5179	
		Diferença para testar inclinação			1	411,03	411,0261	9,02999 NS
	3650	1.142.734,79	1.157.661,95	1.372.750,34	3649	166.460,27	45,6181	
		Diferença para testar interseção			1	4.245,37	4.245,37	93,06346 NS
	3651	1.151.849,55	1.175.944,41	1.409.421,42	3650	170.705,64		

TABELA 7 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PARANAVAI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	179.381,62	49,1726	
		Diferença para testar inclinação			1	165,37	165,3733	3,36312 NS
	3650	1.076.377,93	1.072.569,85	1.282.745,75	3649	179.547,00	49,2044	
		Diferença para testar interseção			1	5.597,12	5.597,12	113,75240 NS
	3651	1.085.986,75	1.075.288,27	1.283.514,82	3650	185.144,12		

TABELA 8 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMBARÁ E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cambará</b>	1825	522.408,24	525.384,62	637.045,79	1824	89.112,86		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	188.364,68	51,6351	
		Diferença para testar inclinação			1	72,52	72,5155	1,40439 NS
	3650	1.048.797,74	1.052.900,25	1.288.528,34	3649	188.437,20	51,6408	
		Diferença para testar interseção			1	4.038,97	4.038,97	78,21279 NS
	3651	1.126.349,39	1.170.926,53	1.468.153,18	3650	192.476,17		

TABELA 9 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E CÂNDIDO DE ABREU

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Cândido de Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
		Resíduos agrupados			3648	158.732,92	43,5123	
		Diferença para testar inclinação			1	453,60	453,6030	10,42470 NS
	3650	952.121,85	982.452,83	1.217.266,44	3649	159.186,53	43,6247	
		Diferença para testar interseção			1	348,50	348,50	7,98848 NS
	3651	953.488,07	983.290,47	1.217.780,01	3650	159.535,02		

TABELA 10 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
		Resíduos agrupados			3648	185.193,76	50,7658	
		Diferença para testar inclinação			1	988,42	988,4169	19,47012 NS
	3650	1.156.745,99	1.132.497,39	1.321.448,76	3649	186.182,18	51,0228	
		Diferença para testar interseção			1	124,75	124,75	2,44498 NS
	3651	1.170.272,39	1.146.756,27	1.336.479,78	3650	186.306,93		

TABELA 11 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
		Resíduos agrupados			3648	180.311,33	49,4274	
		Diferença para testar inclinação			1	126,97	126,9732	2,56888 NS
	3650	1.058.626,75	1.076.202,08	1.318.863,77	3649	180.438,30	49,4487	
		Diferença para testar interseção			1	725,11	725,11	14,66387 NS
	3651	1.064.449,59	1.085.871,25	1.334.919,98	3650	181.163,41		

TABELA 12 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
		Resíduos agrupados			3648	146.044,88	40,0342	
		Diferença para testar inclinação			1	19,88	19,8783	0,49653 NS
	3650	1.060.680,36	1.100.481,53	1.324.118,68	3649	146.064,76	40,0287	
		Diferença para testar interseção			1	3.393,84	3.393,84	84,78516 NS
	3651	1.070.068,88	1.104.980,58	1.326.274,66	3650	149.458,60		

TABELA 13 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	143.092,37	39,2249	
		Diferença para testar inclinação			1	349,75	349,7466	8,91645 NS
	3650	1.093.647,42	1.124.724,34	1.331.296,35	3649	143.442,12	39,3100	
		Diferença para testar interseção			1	0,10	0,10	0,00243 NS
	3651	1.103.306,91	1.136.194,12	1.344.915,67	3650	143.442,22		

TABELA 14 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PARANAVAI

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Paranavai</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	156.424,76	42,8796	
		Diferença para testar inclinação			1	131,60	131,6002	3,06906 NS
	3650	1.027.290,57	1.039.632,24	1.241.291,75	3649	156.556,36	42,9039	
		Diferença para testar interseção			1	86,55	86,55	2,01727 NS
	3651	1.036.356,11	1.049.394,18	1.251.803,58	3650	156.642,91		

TABELA 15 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CAMPO MOURÃO E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Campo Mourão</b>	1825	473.320,87	492.447,01	595.591,79	1824	66.156,00		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	165.407,82	45,3421	
		Diferença para testar inclinação			1	91,02	91,0236	2,00749 NS
	3650	999.710,38	1.019.962,65	1.247.074,34	3649	165.498,84	45,3546	
		Diferença para testar interseção			1	15,85	15,85	0,34945 NS
	3651	1.078.835,79	1.118.141,18	1.368.893,92	3650	165.514,69		

TABELA 16 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E CASCAVEL

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
		Resíduos agrupados			3648	211.614,68	58,0084	
		Diferença para testar inclinação			1	2.932,70	2.932,6997	50,55646 NS
	3650	1.162.226,09	1.130.056,20	1.347.531,61	3649	214.547,38	58,7962	
		Diferença para testar interseção			1	19,83	19,83	0,33725 NS
	3651	1.168.521,04	1.137.985,44	1.357.519,44	3650	214.567,21		

TABELA 17 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
		Resíduos agrupados			3648	206.732,26	56,6700	
		Diferença para testar inclinação			1	119,42	119,4234	2,10735 NS
	3650	1.064.106,85	1.073.760,89	1.344.946,62	3649	206.851,68	56,6872	
		Diferença para testar interseção			1	1.896,68	1.896,68	33,45873 NS
	3651	1.065.654,90	1.077.854,80	1.355.773,28	3650	208.748,36		

TABELA 18 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
		Resíduos agrupados			3648	172.465,81	47,2768	
		Diferença para testar inclinação			1	722,34	722,3432	15,27902 NS
	3650	1.066.160,46	1.098.040,34	1.350.201,54	3649	173.188,15	47,4618	
		Diferença para testar interseção			1	1.647,73	1.647,73	34,71706 NS
	3651	1.069.752,31	1.099.464,96	1.350.766,58	3650	174.835,89		

TABELA 19 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	169.513,30	46,4675	
		Diferença para testar inclinação			1	1.708,84	1.708,8413	36,77501 NS
	3650	1.099.127,52	1.122.283,15	1.357.379,20	3649	171.222,14	46,9230	
		Diferença para testar interseção			1	268,26	268,26	5,71706 NS
	3651	1.102.887,71	1.128.049,71	1.366.222,71	3650	171.490,40		

TABELA 20 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PARANAVÁ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Paranavá</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	182.845,68	50,1222	
		Diferença para testar inclinação			1	1.111,02	1.111,0201	22,16624 NS
	3650	1.032.770,67	1.037.191,05	1.267.374,61	3649	183.956,70	50,4129	
		Diferença para testar interseção			1	872,70	872,70	17,31097 NS
	3651	1.050.241,03	1.053.737,98	1.283.046,92	3650	184.829,40		

TABELA 21 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CÂNDIDO DE ABREU E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cândido Abreu</b>	1825	478.800,98	490.005,82	621.674,65	1824	92.576,92		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	191.828,74	52,5846	
		Diferença para testar inclinação			1	147,22	147,2222	2,79972 NS
	3650	1.005.190,48	1.017.521,46	1.273.157,20	3649	191.975,96	52,6106	
		Diferença para testar interseção			1	251,36	251,36	4,77778 NS
	3651	1.064.887,66	1.097.262,16	1.379.671,12	3650	192.227,33		

TABELA 22 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E GUARAPUAVA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
		Resíduos agrupados			3648	233.193,09	63,9235	
		Diferença para testar inclinação			1	2.020,62	2.020,6248	31,61002 NS
	3650	1.268.730,99	1.223.805,45	1.449.128,93	3649	235.213,72	64,4598	
		Diferença para testar interseção			1	1.889,46	1.889,46	29,31228 NS
	3651	1.270.330,63	1.223.640,99	1.449.145,84	3650	237.103,18		

TABELA 23 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
		Resíduos agrupados			3648	198.926,65	54,5303	
		Diferença para testar inclinação			1	809,26	809,2630	14,84060 NS
	3650	1.270.784,60	1.248.084,90	1.454.383,85	3649	199.735,91	54,7372	
		Diferença para testar interseção			1	2.103,53	2.103,53	38,42966 NS
	3651	1.271.161,29	1.249.563,23	1.460.185,50	3650	201.839,44		

TABELA 24 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	195.974,14	53,7210	
		Diferença para testar inclinação			1	182,81	182,8127	3,40300 NS
	3650	1.303.751,66	1.272.327,71	1.461.561,51	3649	196.156,95	53,7564	
		Diferença para testar interseção			1	166,02	166,02	3,08832 NS
	3651	1.304.076,39	1.272.434,02	1.461.596,31	3650	196.322,96		

TABELA 25 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	209.306,52	57,3757	
		Diferença para testar inclinação			1	403,35	403,3481	7,02995 NS
	3650	1.237.394,81	1.187.235,61	1.371.556,92	3649	209.709,87	57,4705	
		Diferença para testar interseção			1	267,11	267,11	4,64769 NS
	3651	1.282.133,91	1.234.853,88	1.422.239,65	3650	209.976,97		

TABELA 26 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE CASCAVEL E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Cascavel</b>	1825	683.425,12	640.050,38	725.856,96	1824	119.037,76		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	218.289,58	59,8382	
		Diferença para testar inclinação			1	1.783,30	1.783,2966	29,80200 NS
	3650	1.209.814,62	1.167.566,02	1.377.339,51	3649	220.072,87	60,3105	
		Diferença para testar interseção			1	700,28	700,28	11,61127 NS
	3651	1.237.036,10	1.204.923,82	1.428.608,05	3650	220.773,16		

TABELA 27 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E LONDRINA

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
		Resíduos agrupados			3648	194.044,22	53,1919	
		Diferença para testar inclinação			1	274,58	274,5785	5,16203 NS
	3650	1.172.665,35	1.191.789,59	1.451.798,86	3649	194.318,80	53,2526	
		Diferença para testar interseção			1	7.447,40	7.447,40	139,85034 NS
	3651	1.173.089,17	1.190.136,86	1.458.243,84	3650	201.766,19		

TABELA 28 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Guarapuava</b>	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	191.091,71	52,3826	
		Diferença para testar inclinação			1	998,16	998,1551	19,05509 NS
	3650	1.205.632,42	1.216.032,40	1.458.976,52	3649	192.089,86	52,6418	
		Diferença para testar interseção			1	919,20	919,20	17,46151 NS
	3651	1.206.115,33	1.215.812,40	1.459.076,75	3650	193.009,07		



TABELA 29 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
Guarapuava	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
Paranavaí	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	204.424,09	56,0373	
		Diferença para testar inclinação			1	554,78	554,7756	9,90011 NS
	3650	1.139.275,57	1.130.940,30	1.368.971,93	3649	204.978,87	56,1740	
		Diferença para testar interseção			1	307,19	307,19	5,46862 NS
	3651	1.168.694,91	1.170.259,75	1.421.523,05	3650	205.286,06		

TABELA 30 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE GUARAPUAVA E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
Guarapuava	1825	585.305,87	583.755,07	723.271,97	1824	114.155,33		
Pinhais	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	213.407,15	58,4998	
		Diferença para testar inclinação			1	2,34	2,3394	0,03999 NS
	3650	1.111.695,37	1.111.270,70	1.374.754,52	3649	213.409,49	58,4844	
		Diferença para testar interseção			1	616,89	616,89	10,54788 NS
	3651	1.153.714,17	1.156.841,60	1.424.177,81	3650	214.026,38		

TABELA 31 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA E PALMAS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
Londrina	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
Palmas	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
		Resíduos agrupados			3648	156.825,26	42,9894	
		Diferença para testar inclinação			1	225,30	225,3028	5,24089 NS
	3650	1.207.686,03	1.240.311,85	1.464.231,44	3649	157.050,56	43,0393	
		Diferença para testar interseção			1	3.368,31	3.368,31	78,26125 NS
	3651	1.207.687,95	1.240.409,41	1.469.169,22	3650	160.418,88		

TABELA 32 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	$F_{1/\infty}$
Londrina	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
Paranavaí	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	170.157,64	46,6441	
		Diferença para testar inclinação			1	56,27	56,2711	1,20639 NS
	3650	1.141.329,17	1.155.219,75	1.374.226,85	3649	170.213,92	46,6467	
		Diferença para testar interseção			1	4.402,80	4.402,80	94,38610 NS
	3651	1.178.234,48	1.183.836,03	1.396.415,84	3650	174.616,72		

TABELA 33 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE LONDRINA E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Londrina</b>	1825	587.359,48	608.034,52	728.526,89	1824	79.888,89		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	179.140,70	49,1066	
		Diferença para testar inclinação			1	213,11	213,1101	4,33975 NS
	3650	1.113.748,98	1.135.550,15	1.380.009,43	3649	179.353,81	49,1515	
		Diferença para testar interseção			1	3.912,73	3.912,73	79,60542 NS
	3651	1.147.751,61	1.191.347,90	1.471.572,62	3650	183.266,54		

TABELA 34 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PALMAS E PARANAVAÍ

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
		Resíduos agrupados			3648	167.205,13	45,8347	
		Diferença para testar inclinação			1	49,42	49,4196	1,07821 NS
	3650	1.174.296,24	1.179.462,56	1.381.404,51	3649	167.254,55	45,8357	
		Diferença para testar interseção			1	38,54	38,54	0,84081 NS
	3651	1.211.736,89	1.221.882,47	1.429.465,88	3650	167.293,09		

TABELA 35 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PALMAS E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Palmas</b>	1825	620.326,55	632.277,33	735.704,55	1824	76.936,37		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	176.188,19	48,2972	
		Diferença para testar inclinação			1	853,52	853,5222	17,67229 NS
	3650	1.146.716,05	1.159.792,97	1.387.187,10	3649	177.041,71	48,5179	
		Diferença para testar interseção			1	121,42	121,42	2,50256 NS
	3651	1.180.208,59	1.202.310,65	1.441.161,90	3650	177.163,13		

TABELA 36 – ANÁLISE DE COVARIÂNCIA ENTRE PARANAVAÍ E PINHAIS

Grupo	GL	$\Sigma y^2$	$\Sigma xy$	$\Sigma x^2$	GL	SQ	QM	F <sub>1/∞</sub>
<b>Paranavaí</b>	1825	553.969,69	547.185,23	645.699,96	1824	90.268,76		
<b>Pinhais</b>	1825	526.389,50	527.515,64	651.482,55	1824	99.251,82		
		Resíduos agrupados			3648	189.520,58	51,9519	
		Diferença para testar inclinação			1	461,25	461,2481	8,87837 NS
	3650	1.080.359,19	1.074.700,86	1.297.182,51	3649	189.981,83	52,0641	
		Diferença para testar interseção			1	4,97	4,97	0,09548 NS
	3651	1.222.115,62	1.244.713,37	1.501.083,34	3650	189.986,80		

### APÊNDICE 3 - PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS OITO MODELOS LINEARES

```

program fma1;

{ Este programa lê um arquivo texto com
  dados de umidade relativa as 13:00 h,
  precipitação e vento e calcula o índice
  de perigo de incêndios usando a Fórmula de
  Monte Alegre e oito modelos lineares.
  Velocidade do vento em m/s. }

var
  { Declaração das variáveis }

  arqent, arqsai0, arqsai1, arqsai2 : text;
  arqsai3, arqsai4, arqsai5, arqsai6, arqsai7, arqsai8, arqsait : text;
  cont, caso, casoatual : integer;
  data, grauperigo, grauperigo1 : string[10];
  grauperigo2, grauperigo3 : string[10];
  grauperigo4 : string[10];
  grauperigo5, grauperigo6 : string[10];
  grauperigo7, grauperigo8 : string[10];
  UR, vento, prec, soma, somaant : real;
  ifma, ifmav1, ifmav2, ifmav3, ifmav4, ifmav5, ifmav6, ifmav7, ifmav8, fp : real;

begin

  { Abre o arquivo de entrada, oferece a opção
    de que caso executar e inicializa variáveis }

  assign(arqent,'c:\Turbo\TPascal\camb.txt');
  reset(arqent);
  writeln;writeln;
  writeln('  Entre com a opção de 0 para executar a FMA, ');
  writeln('  ou as opções de 1 a 8 para incluir vento, ');
  write('  ou a opção 9 para executar todos os casos: ');
  readln(caso);
  cont := 1;
  soma := 0.0;
  somaant := 0.0;

  { Cria os arquivos de saída conforme a opção selecionada }

  if caso = 9 then
    begin
      casoatual := caso;
      caso := 0;
      assign(arqsait,'c:\Turbo\TPascal\cambsait.txt');
      rewrite(arqsait);
      writeln(arqsait,'
        Formula de Monte Alegre');
      write(arqsait,' Data UR Vento Precip. FMA Grau Perigo FMAV01 Grau Perigo');
      write(arqsait,' FMAV02 Grau Perigo FMAV03 Grau Perigo FMAV04 Grau Perigo');
    end
  end;

```

```

        writeln(arqsait,' FMAV05 Grau Perigo FMAV06 Grau Perigo FMAV07 Grau Perigo FMAV08
Grau Perigo');
        write(arqsait,'-----');
        write(arqsait,'-----');
        writeln(arqsait,'-----');
        if casoatual = 9 then
            caso := 0;
        end;
    if (caso = 0) and (casoatual <> 9) then
        begin
            assign(arqsai0,'c:\Turbo\TPascal\cambasai0.txt');
            rewrite(arqsai0);
            writeln(arqsai0,'          Formula de Monte Alegre');
            writeln(arqsai0,' Data    UR  Vento Precip. FMA  Grau Perigo');
            writeln(arqsai0,'-----');
            if casoatual = 9 then
                caso := 1;
            end;
        if (caso = 1) and (casoatual <> 9) then
            begin
                assign(arqsai1,'c:\Turbo\TPascal\cambasai1.txt');
                rewrite(arqsai1);
                writeln(arqsai1,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 1');
                writeln(arqsai1,' Data    UR  Vento Precip. FMAV01  Grau Perigo');
                writeln(arqsai1,'-----');
                if casoatual = 9 then
                    caso := 2;
                end;
            if (caso = 2) and (casoatual <> 9) then
                begin
                    assign(arqsai2,'c:\Turbo\TPascal\cambasai2.txt');
                    rewrite(arqsai2);
                    writeln(arqsai2,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 2');
                    writeln(arqsai2,' Data    UR  Vento Precip. FMAV02  Grau Perigo');
                    writeln(arqsai2,'-----');
                    if casoatual = 9 then
                        caso := 3;
                    end;
                if (caso = 3) and (casoatual <> 9) then
                    begin
                        assign(arqsai3,'c:\Turbo\TPascal\cambasai3.txt');
                        rewrite(arqsai3);
                        writeln(arqsai3,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 3');
                        writeln(arqsai3,' Data    UR  Vento Precip. FMAV03  Grau Perigo');
                        writeln(arqsai3,'-----');
                        if casoatual = 9 then
                            caso := 4;
                        end;
                    if (caso = 4) and (casoatual <> 9) then
                        begin
                            assign(arqsai4,'c:\Turbo\TPascal\cambasai4.txt');
                            rewrite(arqsai4);
                            writeln(arqsai4,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 4');
                            writeln(arqsai4,' Data    UR  Vento Precip. FMAV04  Grau Perigo');
                            writeln(arqsai4,'-----');
                        end;
                    if (caso = 5) and (casoatual <> 9) then
                        begin

```

```

    assign(arqsai5,'c:\Turbo\TPascal\camb sai5.txt');
    rewrite(arqsai5);
    writeln(arqsai5,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 5');
    writeln(arqsai5,'    Data    UR  Vento  Precip.  FMAV05  Grau Perigo');
    writeln(arqsai5,'-----');
end;
if (caso = 6) and (casoatual <> 9) then
begin
    assign(arqsai6,'c:\Turbo\TPascal\camb sai6.txt');
    rewrite(arqsai6);
    writeln(arqsai6,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 6');
    writeln(arqsai6,'    Data    UR  Vento  Precip.  FMAV06  Grau Perigo');
    writeln(arqsai6,'-----');
end;
if (caso = 7) and (casoatual <> 9) then
begin
    assign(arqsai7,'c:\Turbo\TPascal\camb sai7.txt');
    rewrite(arqsai7);
    writeln(arqsai7,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 7');
    writeln(arqsai7,'    Data    UR  Vento  Precip.  FMAV07  Grau Perigo');
    writeln(arqsai7,'-----');
end;
if (caso = 8) and (casoatual <> 9) then
begin
    assign(arqsai8,'c:\Turbo\TPascal\camb sai8.txt');
    rewrite(arqsai8);
    writeln(arqsai8,'    Formula de Monte Alegre com vento - caso 8');
    writeln(arqsai8,'    Data    UR  Vento  Precip.  FMAV08  Grau Perigo');
    writeln(arqsai8,'-----');
end;

{ Lê o arquivo de entrada, e realiza os calculos }

while cont <= 1826 do
begin
    readln(arqent,data,UR,vento,prec);
    if prec <= 2.4 then
    begin
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 2.5) and (prec <= 4.9) then
    begin
        somaant := somaant * 0.70;
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 5.0) and (prec <= 9.9) then
    begin
        somaant := somaant * 0.40;
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 10.0) and (prec <= 12.9) then
    begin

```

```

    somaant := somaant * 0.20;
    soma := somaant + (1 / UR);
    ifma := 100 * soma;
    somaant := soma;
end;
if prec >= 12.9 then
begin
    soma := 0.0;
    ifma := 0.0;
    somaant := 0.0;
end;

{ Determina o grau de perigo }

if (caso = 0) or (casoatual = 9) then
begin
    if ifma <= 1.0 then
        grauperigo := 'nulo';
    if (ifma >= 1.1) and (ifma <= 3.0) then
        grauperigo := 'pequeno';
    if (ifma >= 3.1) and (ifma <= 8.0) then
        grauperigo := 'medio';
    if (ifma >= 8.1) and (ifma <= 20.0) then
        grauperigo := 'alto';
    if ifma > 20.0 then
        grauperigo := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
        writeln(arqsai0,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifma:7:2,' ',grauperigo);
end;

{ Para cada caso determina o fator de correção no índice
em funcao da velocidade do vento }

if (caso = 1) or (casoatual = 9) then
begin
    fp := 1.00 + (vento * 0.05);
    ifmav1 := ifma * fp;
    if ifmav1 <= 1.0 then
        grauperigo1 := 'nulo';
    if (ifmav1 >= 1.1) and (ifmav1 <= 3.0) then
        grauperigo1 := 'pequeno';
    if (ifmav1 >= 3.1) and (ifmav1 <= 8.0) then
        grauperigo1 := 'medio';
    if (ifmav1 >= 8.1) and (ifmav1 <= 20.0) then
        grauperigo1 := 'alto';
    if ifmav1 > 20.0 then
        grauperigo1 := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
        writeln(arqsai1,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav1:7:2,' ',grauperigo1);
end;

if (caso = 2) or (casoatual = 9) then
begin
    fp := 1.00 + (vento * 0.10);
    ifmav2 := ifma * fp;
    if ifmav2 <= 1.0 then
        grauperigo2 := 'nulo';
    if (ifmav2 >= 1.1) and (ifmav2 <= 3.0) then

```

```

    grauperigo2 := 'pequeno';
    if (ifmav2 >= 3.1) and (ifmav2 <= 8.0) then
        grauperigo2 := 'medio';
    if (ifmav2 >= 8.1) and (ifmav2 <= 20.0) then
        grauperigo2 := 'alto';
    if ifmav2 > 20.0 then
        grauperigo2 := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
        writeln(arqsai2,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav2:7:2,' ',grauperigo2);
    end;

if (caso = 3) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.15);
        ifmav3 := ifma * fp;
        if ifmav3 <= 1.0 then
            grauperigo3 := 'nulo';
        if (ifmav3 >= 1.1) and (ifmav3 <= 3.0) then
            grauperigo3 := 'pequeno';
        if (ifmav3 >= 3.1) and (ifmav3 <= 8.0) then
            grauperigo3 := 'medio';
        if (ifmav3 >= 8.1) and (ifmav3 <= 20.0) then
            grauperigo3 := 'alto';
        if ifmav3 > 20.0 then
            grauperigo3 := 'muito alto';
        if casoatual <> 9 then
            writeln(arqsai3,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav3:7:2,' ',grauperigo3);
        end;

if (caso = 4) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.20);
        ifmav4 := ifma * fp;
        if ifmav4 <= 1.0 then
            grauperigo4 := 'nulo';
        if (ifmav4 >= 1.1) and (ifmav4 <= 3.0) then
            grauperigo4 := 'pequeno';
        if (ifmav4 >= 3.1) and (ifmav4 <= 8.0) then
            grauperigo4 := 'medio';
        if (ifmav4 >= 8.1) and (ifmav4 <= 20.0) then
            grauperigo4 := 'alto';
        if ifmav4 > 20.0 then
            grauperigo4 := 'muito alto';
        if casoatual <> 9 then
            writeln(arqsai4,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav4:7:2,' ',grauperigo4);
        end;

if (caso = 5) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.25);
        ifmav5 := ifma * fp;
        if ifmav5 <= 1.0 then
            grauperigo5 := 'nulo';
        if (ifmav5 >= 1.1) and (ifmav5 <= 3.0) then
            grauperigo5 := 'pequeno';
        if (ifmav5 >= 3.1) and (ifmav5 <= 8.0) then
            grauperigo5 := 'medio';
        if (ifmav5 >= 8.1) and (ifmav5 <= 20.0) then
            grauperigo5 := 'alto';
    
```

```

    if ifmav5 > 20.0 then
        grauperigo5 := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
        writeln(arqsai5,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav5:7:2,' ',grauperigo5);
    end;
if (caso = 6) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.30);
        ifmav6 := ifma * fp;
        if ifmav6 <= 1.0 then
            grauperigo6 := 'nulo';
        if (ifmav6 >= 1.1) and (ifmav6 <= 3.0) then
            grauperigo6 := 'pequeno';
        if (ifmav6 >= 3.1) and (ifmav6 <= 8.0) then
            grauperigo6 := 'medio';
        if (ifmav6 >= 8.1) and (ifmav6 <= 20.0) then
            grauperigo6 := 'alto';
        if ifmav6 > 20.0 then
            grauperigo6 := 'muito alto';
        if casoatual <> 9 then
            writeln(arqsai6,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav6:7:2,' ',grauperigo6);
        end;
if (caso = 7) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.35);
        ifmav7 := ifma * fp;
        if ifmav7 <= 1.0 then
            grauperigo7 := 'nulo';
        if (ifmav7 >= 1.1) and (ifmav7 <= 3.0) then
            grauperigo7 := 'pequeno';
        if (ifmav7 >= 3.1) and (ifmav7 <= 8.0) then
            grauperigo7 := 'medio';
        if (ifmav7 >= 8.1) and (ifmav7 <= 20.0) then
            grauperigo7 := 'alto';
        if ifmav7 > 20.0 then
            grauperigo7 := 'muito alto';
        if casoatual <> 9 then
            writeln(arqsai7,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav7:7:2,' ',grauperigo7);
        end;
if (caso = 8) or (casoatual = 9) then
    begin
        fp := 1.00 + (vento * 0.40);
        ifmav8 := ifma * fp;
        if ifmav8 <= 1.0 then
            grauperigo8 := 'nulo';
        if (ifmav8 >= 1.1) and (ifmav8 <= 3.0) then
            grauperigo8 := 'pequeno';
        if (ifmav8 >= 3.1) and (ifmav8 <= 8.0) then
            grauperigo8 := 'medio';
        if (ifmav8 >= 8.1) and (ifmav8 <= 20.0) then
            grauperigo8 := 'alto';
        if ifmav8 > 20.0 then
            grauperigo8 := 'muito alto';
        if casoatual <> 9 then
            writeln(arqsai8,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav8:7:2,' ',grauperigo8);
        end;
if casoatual = 9 then

```



```

begin
  write(arqsait,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifma:7:2,' ',grauperigo:10);
  write(arqsait,ifmav1:7:2,' ',grauperigo1:10);
  write(arqsait,ifmav2:8:2,' ',grauperigo2:10);
  write(arqsait,ifmav3:8:2,' ',grauperigo3:10);
  write(arqsait,ifmav4:8:2,' ',grauperigo4:10);
  write(arqsait,ifmav5:8:2,' ',grauperigo5:10);
  write(arqsait,ifmav6:8:2,' ',grauperigo6:10);
  write(arqsait,ifmav7:8:2,' ',grauperigo7:10);
  writeln(arqsait,ifmav8:8:2,' ',grauperigo8:10);
end;
cont := cont + 1;
end;

{ Fecha os arquivos criados durante o processamento }

if (caso = 0) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai0);
if (caso = 1) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai1);
if (caso = 2) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai2);
if (caso = 3) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai3);
if (caso = 4) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai4);
if (caso = 5) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai5);
if (caso = 6) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai6);
if (caso = 7) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai7);
if (caso = 8) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai8);
if casoatual = 9 then
  begin
    close(arqsait);
  end;
end.

```

## APÊNDICE 4 - PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE, PARA OS SETE MODELOS EXPONENCIAIS

```
program fma2;
```

```
{ Este programa lê um arquivo texto com
dados de umidade relativa as 13:00 h,
precipitacao e vento e calcula o índice
de perigo de incendios usando a Fórmula
de Monte Alegre e os sete modelos
exponenciais. Velocidade do vento em m/s. }
```

```
var
```

```
{ Declaração das variáveis }
```

```
arqent, arqsai0, arqsai1, arqsai2 : text;
arqsai3, arqsai4, arqsai5, arqsai6, arqsai7, arqsait : text;
cont, caso, casoatual : integer;
data, grauperigo, grauperigo1 : string[10];
grauperigo2, grauperigo3 : string[10];
grauperigo4 : string[10];
grauperigo5, grauperigo6 : string[10];
grauperigo7 : string[10];
UR, vento, prec, soma, somaant, f : real;
ifma, ifmav1, ifmav2, ifmav3, ifmav4, ifmav5, ifmav6, ifmav7, fp : real;
```

```
begin
```

```
{ Abre o arquivo de entrada, oferece a opção de que caso executar e inicializa variáveis }
```

```
assign(arqent,'c:\Turbo\TPascal\camb.txt');
reset(arqent);
writeln;writeln;
writeln(' Entre com a opcao de 0 para executar a FMA, ');
writeln(' ou as opcoes de 1 a 7 para incluir vento, ');
write(' ou a opcao 9 para executar todos os casos: ');
readln(caso);
cont := 1;
soma := 0.0;
somaant := 0.0;
```

```
{ Cria os arquivos de saída conforme a opção selecionada }
```

```
if caso = 9 then
```

```
begin
```

```
 casoatual := caso;
 caso := 0;
 assign(arqsait,'c:\Turbo\TPascal\cambsait.txt');
 rewrite(arqsait);
 writeln(arqsait,'
          Formula de Monte Alegre');
 write(arqsait,' Data UR Vento Precip. FMA Grau Perigo MODELO Grau Perigo');
 write(arqsait,' FMAVE1 Grau Perigo FMAVE2 Grau Perigo FMAVE3 Grau Perigo');
 writeln(arqsait,' FMAVE4 Grau Perigo FMAVE5 Grau Perigo FMAVE6 Grau Perigo');
 write(arqsait,'-----');
```

```

write(arqsai,'-----');
writeln(arqsai,'-----');
if casoatual = 9 then
  caso := 0;
end;
if (caso = 0) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai0,'c:\Turbo\TPascal\cambasai0.txt');
  rewrite(arqsai0);
  writeln(arqsai0,'          Formula de Monte Alegre');
  writeln(arqsai0,' Data   UR  Vento Precip. FMA  Grau Perigo');
  writeln(arqsai0,'-----');
  if casoatual = 9 then
    caso := 1;
end;
if (caso = 1) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai1,'c:\Turbo\TPascal\cambasai1.txt');
  rewrite(arqsai1);
  writeln(arqsai1,'  Formula de Monte Alegre com vento - caso 1');
  writeln(arqsai1,' Data   UR  Vento Precip. MODELO  Grau Perigo');
  writeln(arqsai1,'-----');
  if casoatual = 9 then
    caso := 2;
end;
if (caso = 2) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai2,'c:\Turbo\TPascal\cambasai2.txt');
  rewrite(arqsai2);
  writeln(arqsai2,'  Formula de Monte Alegre com vento - caso 2');
  writeln(arqsai2,' Data   UR  Vento Precip. FMAVE1  Grau Perigo');
  writeln(arqsai2,'-----');
  if casoatual = 9 then
    caso := 3;
end;
if (caso = 3) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai3,'c:\Turbo\TPascal\cambasai3.txt');
  rewrite(arqsai3);
  writeln(arqsai3,'  Formula de Monte Alegre com vento - caso 3');
  writeln(arqsai3,' Data   UR  Vento Precip. FMAVE2  Grau Perigo');
  writeln(arqsai3,'-----');
  if casoatual = 9 then
    caso := 4;
end;
if (caso = 4) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai4,'c:\Turbo\TPascal\cambasai4.txt');
  rewrite(arqsai4);
  writeln(arqsai4,'  Formula de Monte Alegre com vento - caso 4');
  writeln(arqsai4,' Data   UR  Vento Precip. FMAVE3  Grau Perigo');
  writeln(arqsai4,'-----');
end;
if (caso = 5) and (casoatual <> 9) then
begin
  assign(arqsai5,'c:\Turbo\TPascal\cambasai5.txt');
  rewrite(arqsai5);
  writeln(arqsai5,'  Formula de Monte Alegre com vento - caso 5');

```

```

    writeln(arqsai5,' Data UR Vento Precip. FMAVE4 Grau Perigo');
    writeln(arqsai5,'-----');
end;
if (caso = 6) and (casoatual <> 9) then
begin
    assign(arqsai6,'c:\Turbo\TPascal\camb Sai6.txt');
    rewrite(arqsai6);
    writeln(arqsai6,' Formula de Monte Alegre com vento - caso 6');
    writeln(arqsai6,' Data UR Vento Precip. FMAVE5 Grau Perigo');
    writeln(arqsai6,'-----');
end;
if (caso = 7) and (casoatual <> 9) then
begin
    assign(arqsai7,'c:\Turbo\TPascal\camb Sai7.txt');
    rewrite(arqsai7);
    writeln(arqsai7,' Formula de Monte Alegre com vento - caso 7');
    writeln(arqsai7,' Data UR Vento Precip. FMAVE6 Grau Perigo');
    writeln(arqsai7,'-----');
end;

{ Lê o arquivo de entrada, e realiza os cálculos }

while cont <= 1826 do
begin
    readln(arqent,data,UR,vento,prec);
    if prec <= 2.4 then
    begin
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 2.5) and (prec <= 4.9) then
    begin
        somaant := somaant * 0.70;
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 5.0) and (prec <= 9.9) then
    begin
        somaant := somaant * 0.40;
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if (prec >= 10.0) and (prec <= 12.9) then
    begin
        somaant := somaant * 0.20;
        soma := somaant + (1 / UR);
        ifma := 100 * soma;
        somaant := soma;
    end;
    if prec >= 12.9 then
    begin
        soma := 0.0;
        ifma := 0.0;
        somaant := 0.0;
    end;
end;

```

```
{ Determina o grau de perigo }
```

```
if (caso = 0) or (casoatual = 9) then
  begin
    if ifma <= 1.0 then
      grauperigo := 'nulo';
    if (ifma >= 1.1) and (ifma <= 3.0) then
      grauperigo := 'pequeno';
    if (ifma >= 3.1) and (ifma <= 8.0) then
      grauperigo := 'medio';
    if (ifma >= 8.1) and (ifma <= 20.0) then
      grauperigo := 'alto';
    if ifma > 20.0 then
      grauperigo := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
      writeln(arqsai0,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifma:7:2,' ',grauperigo);
  end;
```

```
{ Para cada caso determina o fator de correção no indice em função da velocidade do vento }
```

```
if (caso = 1) or (casoatual = 9) then
  begin
    f := 0.05039 * vento;
    fp := exp(f);
    ifmav1 := ifma * fp;
    if ifmav1 <= 1.0 then
      grauperigo1 := 'nulo';
    if (ifmav1 >= 1.1) and (ifmav1 <= 3.0) then
      grauperigo1 := 'pequeno';
    if (ifmav1 >= 3.1) and (ifmav1 <= 8.0) then
      grauperigo1 := 'medio';
    if (ifmav1 >= 8.1) and (ifmav1 <= 20.0) then
      grauperigo1 := 'alto';
    if ifmav1 > 20.0 then
      grauperigo1 := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
      writeln(arqsai1,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav1:7:2,' ',grauperigo1);
  end;
```

```
if (caso = 2) or (casoatual = 9) then
  begin
    f := 0.04 * vento;
    fp := exp(f);
    ifmav2 := ifma * fp;
    if ifmav2 <= 1.0 then
      grauperigo2 := 'nulo';
    if (ifmav2 >= 1.1) and (ifmav2 <= 3.0) then
      grauperigo2 := 'pequeno';
    if (ifmav2 >= 3.1) and (ifmav2 <= 8.0) then
      grauperigo2 := 'medio';
    if (ifmav2 >= 8.1) and (ifmav2 <= 20.0) then
      grauperigo2 := 'alto';
    if ifmav2 > 20.0 then
      grauperigo2 := 'muito alto';
    if casoatual <> 9 then
      writeln(arqsai2,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav2:7:2,' ',grauperigo2);
  end;
```

```
if (caso = 3) or (casoatual = 9) then
```

```

begin
  f := 0.06 * vento;
  fp := exp(f);
  ifmav3 := ifma * fp;
  if ifmav3 <= 1.0 then
    grauperigo3 := 'nulo';
  if (ifmav3 >= 1.1) and (ifmav3 <= 3.0) then
    grauperigo3 := 'pequeno';
  if (ifmav3 >= 3.1) and (ifmav3 <= 8.0) then
    grauperigo3 := 'medio';
  if (ifmav3 >= 8.1) and (ifmav3 <= 20.0) then
    grauperigo3 := 'alto';
  if ifmav3 > 20.0 then
    grauperigo3 := 'muito alto';
  if casoatual <> 9 then
    writeln(arqsai3,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav3:7:2,' ',grauperigo3);
end;
if (caso = 4) or (casoatual = 9) then
begin
  f := 0.07 * vento;
  fp := exp(f);
  ifmav4 := ifma * fp;
  if ifmav4 <= 1.0 then
    grauperigo4 := 'nulo';
  if (ifmav4 >= 1.1) and (ifmav4 <= 3.0) then
    grauperigo4 := 'pequeno';
  if (ifmav4 >= 3.1) and (ifmav4 <= 8.0) then
    grauperigo4 := 'medio';
  if (ifmav4 >= 8.1) and (ifmav4 <= 20.0) then
    grauperigo4 := 'alto';
  if ifmav4 > 20.0 then
    grauperigo4 := 'muito alto';
  if casoatual <> 9 then
    writeln(arqsai4,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav4:7:2,' ',grauperigo4);
end;
if (caso = 5) or (casoatual = 9) then
begin
  f := 0.08 * vento;
  fp := exp(f);
  ifmav5 := ifma * fp;
  if ifmav5 <= 1.0 then
    grauperigo5 := 'nulo';
  if (ifmav5 >= 1.1) and (ifmav5 <= 3.0) then
    grauperigo5 := 'pequeno';
  if (ifmav5 >= 3.1) and (ifmav5 <= 8.0) then
    grauperigo5 := 'medio';
  if (ifmav5 >= 8.1) and (ifmav5 <= 20.0) then
    grauperigo5 := 'alto';
  if ifmav5 > 20.0 then
    grauperigo5 := 'muito alto';
  if casoatual <> 9 then
    writeln(arqsai5,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav5:7:2,' ',grauperigo5);
end;
if (caso = 6) or (casoatual = 9) then
begin
  f := 0.09 * vento;
  fp := exp(f);
  ifmav6 := ifma * fp;

```

```

if ifmav6 <= 1.0 then
  grauperigo6 := 'nulo';
if (ifmav6 >= 1.1) and (ifmav6 <= 3.0) then
  grauperigo6 := 'pequeno';
if (ifmav6 >= 3.1) and (ifmav6 <= 8.0) then
  grauperigo6 := 'medio';
if (ifmav6 >= 8.1) and (ifmav6 <= 20.0) then
  grauperigo6 := 'alto';
if ifmav6 > 20.0 then
  grauperigo6 := 'muito alto';
if casoatual <> 9 then
  writeln(arqsai6,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav6:7:2,' ',grauperigo6);
end;
if (caso = 7) or (casoatual = 9) then
begin
  f := 0.10 * vento;
  fp := exp(f);
  ifmav7 := ifma * fp;
  if ifmav7 <= 1.0 then
    grauperigo7 := 'nulo';
  if (ifmav7 >= 1.1) and (ifmav7 <= 3.0) then
    grauperigo7 := 'pequeno';
  if (ifmav7 >= 3.1) and (ifmav7 <= 8.0) then
    grauperigo7 := 'medio';
  if (ifmav7 >= 8.1) and (ifmav7 <= 20.0) then
    grauperigo7 := 'alto';
  if ifmav7 > 20.0 then
    grauperigo7 := 'muito alto';
  if casoatual <> 9 then
    writeln(arqsai7,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifmav7:7:2,' ',grauperigo7);
  end;

if casoatual = 9 then
begin
  write(arqsait,data:12,UR:6:2,vento:7:2,prec:7:2,ifma:7:2,' ',grauperigo:10);
  write(arqsait,ifmav1:7:2,' ',grauperigo1:10);
  write(arqsait,ifmav2:8:2,' ',grauperigo2:10);
  write(arqsait,ifmav3:8:2,' ',grauperigo3:10);
  write(arqsait,ifmav4:8:2,' ',grauperigo4:10);
  write(arqsait,ifmav5:8:2,' ',grauperigo5:10);
  write(arqsait,ifmav6:8:2,' ',grauperigo6:10);
  writeln(arqsait,ifmav7:8:2,' ',grauperigo7:10);
  end;
  cont := cont + 1;
end;

{ Fecha os arquivos criados durante o processamento }

if (caso = 0) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai0);
if (caso = 1) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai1);
if (caso = 2) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai2);
if (caso = 3) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai3);
if (caso = 4) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai4);

```

```
if (caso = 5) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai5);
if (caso = 6) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai6);
if (caso = 7) and (casoatual <> 9) then
  close(arqsai7);
if casoatual = 9 then
  begin
    close(arqsait);
  end;
end.
```



APÊNDICE 5 - EXEMPLO DE SAÍDA GERADA PELO PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE MODIFICADA PARA OS OITO MODELOS LINEARES

TABELA 1 – EXEMPLO PARA TELÊMACO BORBA

Klabin – Telêmaco Borba												
DATA	UR13	Vento	Prec	FMA	FMAI1	FMAI2	FMAI3	FMAI4	FMAI5	FMAI6	FMAI7	FMAI8
1/6/1998	61.00	1.40	0.00	1.64	1.75	1.87	1.98	2.10	2.21	2.33	2.44	2.56
2/6/1998	51.00	1.40	0.00	3.60	3.85	4.10	4.36	4.61	4.86	5.11	5.36	5.62
3/6/1998	63.00	1.80	0.00	5.19	5.65	6.12	6.59	7.05	7.52	7.99	8.46	8.92
4/6/1998	49.00	1.60	0.00	7.23	7.81	8.38	8.96	9.54	10.12	10.70	11.28	11.85
5/6/1998	55.00	2.10	0.00	9.05	10.00	10.95	11.90	12.85	13.80	14.75	15.70	16.65
6/6/1998	65.00	2.30	0.00	10.58	11.80	13.02	14.24	15.45	16.67	17.89	19.11	20.32
7/6/1998	61.00	1.70	0.00	12.22	13.26	14.30	15.34	16.38	17.42	18.46	19.50	20.54
8/6/1998	60.00	1.40	0.00	13.89	14.86	15.84	16.81	17.78	18.75	19.73	20.70	21.67
9/6/1998	52.00	1.30	0.00	15.81	16.84	17.87	18.90	19.93	20.95	21.98	23.01	24.04
10/6/1998	61.00	1.70	0.00	17.45	18.94	20.42	21.90	23.39	24.87	26.35	27.84	29.32
11/6/1998	70.00	1.90	0.00	18.88	20.68	22.47	24.26	26.06	27.85	29.64	31.44	33.23
12/6/1998	66.00	2.40	0.00	20.40	22.84	25.29	27.74	30.19	32.64	35.08	37.53	39.98
13/6/1998	63.00	2.10	0.00	21.98	24.29	26.60	28.91	31.22	33.53	35.83	38.14	40.45
14/6/1998	79.00	1.80	0.00	23.25	25.34	27.44	29.53	31.62	33.71	35.81	37.90	39.99
15/6/1998	70.00	1.90	0.00	24.68	27.02	29.37	31.71	34.06	36.40	38.75	41.09	43.43
16/6/1998	67.00	2.50	0.00	26.17	29.44	32.71	35.99	39.26	42.53	45.80	49.07	52.34
17/6/1998	49.00	1.90	0.00	28.21	30.89	33.57	36.25	38.93	41.61	44.29	46.97	49.65
18/6/1998	96.00	1.90	101.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/6/1998	88.00	2.00	1.20	1.14	1.25	1.36	1.48	1.59	1.70	1.82	1.93	2.05
20/6/1998	87.00	1.90	0.00	2.29	2.50	2.72	2.94	3.15	3.37	3.59	3.81	4.02
21/6/1998	79.00	1.40	0.00	3.55	3.80	4.05	4.30	4.55	4.79	5.04	5.29	5.54
22/6/1998	46.00	1.60	0.00	5.73	6.18	6.64	7.10	7.56	8.02	8.47	8.93	9.39
23/6/1998	65.00	1.90	13.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/6/1998	80.00	1.90	0.00	1.25	1.37	1.49	1.61	1.73	1.84	1.96	2.08	2.20
25/6/1998	41.00	2.90	0.00	3.69	4.22	4.76	5.29	5.83	6.36	6.90	7.43	7.97
26/6/1998	55.00	2.20	0.00	5.51	6.11	6.72	7.32	7.93	8.54	9.14	9.75	10.35
27/6/1998	59.00	1.40	0.00	7.20	7.71	8.21	8.71	9.22	9.72	10.23	10.73	11.24
28/6/1998	64.00	1.50	0.00	8.76	9.42	10.08	10.74	11.39	12.05	12.71	13.37	14.02
29/6/1998	42.00	1.70	0.00	11.15	12.09	13.04	13.99	14.94	15.88	16.83	17.78	18.72
30/6/1998	67.00	2.30	0.00	12.64	14.09	15.54	17.00	18.45	19.91	21.36	22.81	24.27

APÊNDICE 6 - EXEMPLO DE SAÍDA GERADA PELO PROGRAMA PARA CALCULAR OS ÍNDICES DE PERIGO PELA FORMULA DE MONTE ALEGRE MODIFICADA PARA OS SETE MODELOS EXPONENCIAIS

TABELA 1 – EXEMPLO PARA TELÊMACO BORBA

<b>Klabin – Telêmaco Borba</b>											
<b>DATA</b>	<b>UR13</b>	<b>Vento</b>	<b>Prec</b>	<b>FMA</b>	<b>VWAG</b>	<b>FMAe1</b>	<b>FMAe2</b>	<b>FMAe3</b>	<b>FMAe4</b>	<b>FMAe5</b>	<b>FMAe6</b>
1/6/1998	61.00	1.40	0.00	1.64	1.76	1.73	1.78	1.81	1.83	1.86	1.89
2/6/1998	51.00	1.40	0.00	3.60	3.86	3.81	3.92	3.97	4.03	4.08	4.14
3/6/1998	63.00	1.80	0.00	5.19	5.68	5.57	5.78	5.88	5.99	6.10	6.21
4/6/1998	49.00	1.60	0.00	7.23	7.84	7.71	7.96	8.08	8.22	8.35	8.48
5/6/1998	55.00	2.10	0.00	9.05	10.06	9.84	10.26	10.48	10.70	10.93	11.16
6/6/1998	65.00	2.30	0.00	10.58	11.89	11.60	12.15	12.43	12.72	13.02	13.32
7/6/1998	61.00	1.70	0.00	12.22	13.32	13.08	13.54	13.77	14.01	14.25	14.49
8/6/1998	60.00	1.40	0.00	13.89	14.91	14.69	15.11	15.32	15.54	15.76	15.98
9/6/1998	52.00	1.30	0.00	15.81	16.88	16.66	17.10	17.32	17.55	17.78	18.01
10/6/1998	61.00	1.70	0.00	17.45	19.01	18.68	19.33	19.66	20.00	20.34	20.69
11/6/1998	70.00	1.90	0.00	18.88	20.78	20.37	21.16	21.57	21.98	22.40	22.83
12/6/1998	66.00	2.40	0.00	20.40	23.02	22.45	23.56	24.13	24.71	25.31	25.93
13/6/1998	63.00	2.10	0.00	21.98	24.44	23.91	24.94	25.47	26.01	26.56	27.12
14/6/1998	79.00	1.80	0.00	23.25	25.46	24.99	25.90	26.37	26.85	27.34	27.84
15/6/1998	70.00	1.90	0.00	24.68	27.16	26.63	27.66	28.19	28.73	29.28	29.84
16/6/1998	67.00	2.50	0.00	26.17	29.68	28.92	30.41	31.18	31.97	32.77	33.60
17/6/1998	49.00	1.90	0.00	28.21	31.05	30.44	31.62	32.23	32.84	33.47	34.12
18/6/1998	96.00	1.90	101.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/6/1998	88.00	2.00	1.20	1.14	1.26	1.23	1.28	1.31	1.33	1.36	1.39
20/6/1998	87.00	1.90	0.00	2.29	2.52	2.47	2.56	2.61	2.66	2.71	2.76
21/6/1998	79.00	1.40	0.00	3.55	3.81	3.76	3.86	3.92	3.97	4.03	4.09
22/6/1998	46.00	1.60	0.00	5.73	6.21	6.10	6.30	6.40	6.51	6.61	6.72
23/6/1998	65.00	1.90	13.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/6/1998	80.00	1.90	0.00	1.25	1.38	1.35	1.40	1.43	1.46	1.48	1.51
25/6/1998	41.00	2.90	0.00	3.69	4.27	4.14	4.39	4.52	4.65	4.79	4.93
26/6/1998	55.00	2.20	0.00	5.51	6.15	6.01	6.28	6.42	6.57	6.71	6.86
27/6/1998	59.00	1.40	0.00	7.20	7.73	7.62	7.83	7.94	8.06	8.17	8.28
28/6/1998	64.00	1.50	0.00	8.76	9.45	9.31	9.59	9.73	9.88	10.03	10.18
29/6/1998	42.00	1.70	0.00	11.15	12.14	11.93	12.34	12.55	12.77	12.99	13.21
30/6/1998	67.00	2.30	0.00	12.64	14.19	13.86	14.51	14.85	15.19	15.54	15.91

## APÊNDICE 7 – CÁLCULOS DO SKILL SCORE PARA DEFINIÇÃO DO MELHOR MODELO

TABELA 1 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA A FMA

<b>FMA – Tabela de contingência</b>				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	165	1304	1.469
	Não incêndio	11	522	533
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 2 – CÁLCULOS PARA O FMA

<b>FMA – Cálculos</b>				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,9375	0,7141	1,6516
	Não incêndio	0,0625	0,2859	0,3484
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 3 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL1

<b>FMAVL1 – Tabela de contingência</b>				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	166	1341	1.507
	Não incêndio	10	485	495
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 4 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL1

<b>FMAVL1 – Cálculos</b>				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,9432	0,7344	1,6776
	Não incêndio	0,0568	0,2656	0,3224
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 5 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL2

<b>FMAVL2 – Tabela de contingência</b>				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	166	1366	1.532
	Não incêndio	10	460	470
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 6 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL2

<b>FMAVL2 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7481	1,6913
	Não incêndio	0,0568	0,2519	0,3087
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 7 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL3

<b>FMAVL3 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1384	1.550
	Não incêndio	10	442	452
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 8 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL3

<b>FMAVL3 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7579	1,7011
	Não incêndio	0,0568	0,2421	0,2989
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 9 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL4

<b>FMAVL4 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1384	1.550
	Não incêndio	10	442	452
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 10 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL4

<b>FMAVL4 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7579	1,7011
	Não incêndio	0,0568	0,2421	0,2989
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 11 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL5

<b>FMAVL5 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	167	1399	1.566
	Não incêndio	9	427	436
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 12 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL5

<b>FMAVL5 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9489	0,7662	1,7150
	Não incêndio	0,0511	0,2338	0,2850
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 13 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL6

<b>FMAVL6 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	167	1413	1.580
	Não incêndio	9	413	422
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 14 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL6

<b>FMAVL6 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9489	0,7738	1,7227
	Não incêndio	0,0511	0,2262	0,2773
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 15 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL7

<b>FMAVL7 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	167	1422	1.589
	Não incêndio	9	404	413
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 16 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL7

<b>FMAVL7 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9489	0,7788	1,7276
	Não incêndio	0,0511	0,2212	0,2724
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 17 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVL8

<b>FMAVL8 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	167	1430	1.597
	Não incêndio	9	396	405
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 18 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVL8

<b>FMAVL8 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9489	0,7831	1,7320
	Não incêndio	0,0511	0,2169	0,2680
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 19 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO VWAGNER

<b>VWagner – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	165	1327	1.492
	Não incêndio	11	499	510
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 20 – CÁLCULOS PARA O MODELO VWAGNER

<b>VWagner – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9375	0,7267	1,6642
	Não incêndio	0,0625	0,2733	0,3358
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 21 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE1

<b>FMAVE1 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	165	1323	1.488
	Não incêndio	11	503	514
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 22 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE1

<b>FMAVE1 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9375	0,7245	1,6620
	Não incêndio	0,0625	0,2755	0,3380
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 23 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE2

<b>FMAVE2 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1329	1.495
	Não incêndio	10	497	507
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 24 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE2

<b>FMAVE2 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7278	1,6710
	Não incêndio	0,0568	0,2722	0,3290
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 25 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE3

<b>FMAVE3 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1335	1.501
	Não incêndio	10	491	501
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 26 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE3

<b>FMAVE3 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7311	1,6743
	Não incêndio	0,0568	0,2689	0,3257
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 27 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O VFMAVE4

<b>FMAVE4 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1340	1.506
	Não incêndio	10	486	496
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 28 – CÁLCULOS PARA O VFMAVE4

<b>FMAVE4 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7338	1,6770
	Não incêndio	0,0568	0,2662	0,3230
<b>Total Observado</b>		1	1	2

TABELA 29 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE5

<b>FMAVE5 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1341	1.507
	Não incêndio	10	485	495
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 30 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE5

<b>FMAVE5 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7344	1,6776
	Não incêndio	0,0568	0,2656	0,3224
<b>Total Observado</b>		1	1	2



TABELA 31 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA O MODELO FMAVE6

<b>FMAVE6 – Tabela de contingência</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	166	1348	1.514
	Não incêndio	10	478	488
<b>Total Observado</b>		176	1.826	2.002

TABELA 32 – CÁLCULOS PARA O MODELO FMAVE6

<b>FMAVE6 – Cálculos</b>				
<b>Evento</b>		<b>Observado</b>		<b>Total Previsto</b>
		<b>Incêndio</b>	<b>Não incêndio</b>	
<b>Previsto</b>	Incêndio	0,9432	0,7382	1,6814
	Não incêndio	0,0568	0,2618	0,3186
<b>Total Observado</b>		1	1	2