

JOSÉ FERNANDO PEREIRA

**VARIAÇÃO DA UMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS
FLORESTAIS EM FUNÇÃO DOS ÍNDICES DE PERIGO DE
INCÊNDIOS FMA E FMA⁺ EM UM POVOAMENTO DE
Pinus elliottii NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO – PR**

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

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Co-Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

CURITIBA

2009

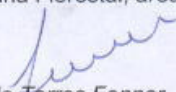


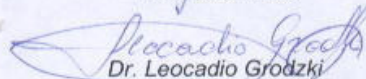
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

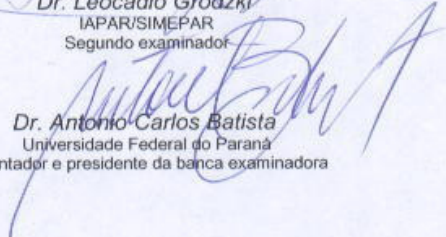
PARECER

Defesa nº. 794

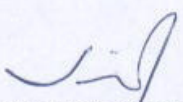
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *José Fernando Pereira* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"VARIÇÃO DA UMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DOS ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA E FMA+ EM UM POVOAMENTO DE *Pinus elliottii* NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO - PR"**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.


Dr. Paulo Torres Fenner
Departamento de Recursos Naturais - UNESP
Primeiro examinador


Dr. Leocadio Grodzki
IAPAR/SIMEPAR
Segundo examinador


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

Curitiba, 03 de julho de 2009.


Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Antonio Carlos Batista
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



**A Deus
Aos meus pais Marcos e Marta
Minha família e amigos
Dedico**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar-me em seus caminhos e colocar em minha vida pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

A minha família, em especial aos meus pais, pelos seus esforços aplicados na formação dos filhos.

A todos os professores que tive, por seus intensos esforços no processo de desenvolvimento de meus conhecimentos.

A memória de minha bisavó e avôs, por lapidar minha conduta com sua vivência, (lições humildes), mas de grande sabedoria.

Ao Colégio Florestal Presidente Costa e Silva, onde obtive a formação técnica e iniciei minha trajetória na área florestal.

A UFPR, casa onde obtive meu título de Engenheiro Florestal e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos profissionais com quem atuei no mercado de trabalho, que contribuíram no aprimoramento de minha conduta profissional, em especial ao Engenheiro Florestal Renato Olivir Basso, por tornar possível meu ingresso na universidade.

Ao Professor Antonio Carlos Batista, orientador e amigo, responsável por estabelecer diretrizes fundamentais para a elaboração desse trabalho.

Ao professor Co-orientador Ronaldo Viana Soares e aos professores José Renato Soares Nunes (*in memoriam*), Nilton José Sousa, e à Professora Daniela Biondi, por sua colaboração e amizade.

Ao amigo Engenheiro Florestal Marcos Vinicius Giongo Alves, por sua preciosa colaboração na execução desse trabalho.

Ao técnico Osmiro Valério Neto, por auxiliar na pesquisa, coletando os dados do pluviógrafo e do termohigrógrafo instalados na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR e ao Instituto Tecnológico Simepar pelo fornecimento dos dados meteorológicos de sua Estação Meteorológica da Lapa-PR.

A todos os professores e funcionários do departamento de Ciências Florestais da UFPR que contribuíram para a execução desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	vii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS	3
2.1.1 O Fogo e a Civilização.....	3
2.1.2 Aspectos Ecológicos.....	4
2.2 COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS.....	4
2.2.1 Caracterização dos Combustíveis Florestais.....	4
2.2.1.1 Localização dos Combustíveis Florestais.....	6
2.2.1.2 Tipo de Combustíveis Florestais.....	6
2.2.1.3 Quantidade.....	7
2.2.1.4 Arranjo dos Combustíveis Florestais.....	10
2.2.1.5 Umidade do Material Combustível.....	11
2.2.1.6 Material Combustível e o Fogo.....	13
2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	14
2.3.1 Umidade Atmosférica.....	15
2.3.2 Vento.....	16
2.3.3 Precipitação.....	16
2.3.4 Temperatura.....	17
2.4 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	17
2.4.1 Estrutura dos Índices de Perigo de Incêndios.....	18
2.4.2 Histórico dos Índices de Perigo de Incêndios no Brasil.....	19
2.4.2.1 Índice de Angstron.....	19
2.4.2.2 Índice de Nesterov.....	19
2.4.2.3 Índices de Perigo de Incêndios FMA e FMA+.....	21
2.4.2.3.1 Desenvolvimento do FMA+.....	22
2.4.3 Aspectos Importantes dos Índices de Perigo de Incêndios.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 ÁREA DE ESTUDO	25
3.1.1 Localização Geográfica.....	25
3.1.2 Características do Povoamento.....	27
3.1.3 Clima	28
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
3.2.1 Dados Meteorológicos	29
3.2.2 Fórmulas de Monte Alegre (FMA e FMA ⁺).....	30
3.2.3 Instalação do Experimento e Coletas de Campo	32
3.2.4 Laboratório.....	36
3.2.5 Análises estatísticas.....	37
3.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DURANTE A PESQUISA.....	39
3.3.1 Laboratório	39
3.3.2 Campo	39

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	40
4.1.1	Precipitação Pluviométrica.....	41
4.1.2	Temperatura.....	45
4.1.3	Vento.....	46
4.1.4	Umidade Relativa do Ar.....	47
4.2	MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	50
4.2.1	Espessura da Manta.....	50
4.2.2	Carga de Material Combustível.....	51
4.2.3	Correlação da Umidade do Material Combustível em Função das Variáveis Meteorológicas.....	53
4.3	FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA	55
4.3.1	Comportamento Histórico do FMA ⁺	55
4.3.2	Comportamento do FMA ⁺ Durante os Dias de Coleta.....	57
4.4	VARIAÇÃO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL NAS ESTAÇÕES DO ANO EM FUNÇÃO DA FMA ⁺	58
4.4.1	Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Inverno.....	59
4.4.2	Variação da Umidade dos Combustíveis no Período da Primavera.....	60
4.4.3	Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Verão.....	61
4.4.4	Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Outono.....	62
4.4.5	Variações da Umidade do Material Combustível em Função dos Graus de Perigo Agrupados.....	64
4.4.5.1	Grau de Perigo de Incêndios Muito Alto.....	65
4.4.5.2	Grau de Perigo de Incêndios Alto.....	66
4.4.5.3	Grau de Perigo de Incêndios Médio	67
4.4.5.4	Grau de Perigo de Incêndios Pequeno.....	68
4.4.5.5	Grau de Perigo de Incêndios Nulo.....	68
4.5	ANÁLISES DE CORRELAÇÃO ENTRE A UMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS E OS ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS.....	69
4.6	ESTIMATIVAS DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	72
4.6.1	Estimativas da Umidade do Material Combustível por Estação do Ano Utilizando-se Dados Meteorológicos da Fazenda Experimental	72
4.6.2	Estimativas da Umidade do Material Combustível por Estação do Ano Utilizando-se Dados Meteorológicos da Lapa.....	74
4.6.3	Modelos Matemáticos Anuais	76
5	CONCLUSÕES	79
6	RECOMENDAÇÕES	80
7	REFERÊNCIAS	81
8	ANEXOS	86

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	- DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS..	05
FIGURA 2.2	- COMBINAÇÃO DE TRIÂNGULOS RELATIVOS À OCORRÊNCIA E PROPAGAÇÃO DO FOGO.....	14
FIGURA 3.1	- LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO.....	25
FIGURA 3.2	- MAPA DE USO DO SOLO DA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFPR DE RIO NEGRO - PR. (EM DESTAQUE, TALHÃO AMOSTRADO).....	26
FIGURA 3.3	- VISTA DO TALHÃO ONDE O EXPERIMENTO FOI CONDUZIDO.....	27
FIGURA 3.4	- INCREMENTO CORRENTE ANUAL E MÉDIO ANUAL EM VOLUME.....	28
FIGURA 3.5	- PLUVIÓGRAFO E TERMOHIGRÓGRAFO INSTALADOS NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR.....	30
FIGURA 3.6	- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO EXPERIMENTO INSTALADO NO TALHÃO 02 DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR PARA A COLETA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	33
FIGURA 3.7	- CALIBRADOR DE DIÂMETRO UTILIZADO PARA SEPARAR AS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	34
FIGURA 3.8	- ESQUEMA DE CARACTERIZAÇÃO DAS CAMADAS COLETADAS E QUE FORMAM A MANTA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	35
FIGURA 4.1	- DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE COLETA DE DADOS (2007 E 2008) E MÉDIAS MENSAIS PARA O PERÍODO DE (2001 A 2006).....	41
FIGURA 4.2	- REGISTROS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (ACUMULADO ANUAL) PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO SIMEPAR LOCALIZADA NA LAPA-PR E DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR.....	42
FIGURA 4.3	- MÉDIA HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO PARA O PARANÁ. (ACUMULADO ANUAL).....	43
FIGURA 4.4	- PRECIPITAÇÃO REGISTRADA NOS DIAS DE COLETA DE DADOS ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA E NO PLUVIÓGRAFO FAZENDA.....	44
FIGURA 4.5	- MÉDIAS MENSAIS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA – PR.....	46

FIGURA 4.6	- DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA VELOCIDADE DO VENTO DAS 13:00 HORAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA-PR.....	47
FIGURA 4.7	VARIAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA HORÁRIA EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	48
FIGURA 4.8	- DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DE UMIDADE RELATIVA DO AR PARA AS 13:00 HORAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA –PR.....	49
FIGURA 4.9	- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA+ PARA O PERÍODO 2001 A 2006.....	56
FIGURA 4.10	- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA+ PARA O PERÍODO 2001 A 2006, POR ESTAÇÃO DO ANO.....	57
FIGURA 4.11	- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO FMA+ PARA OS DIAS DE COLETA DE CAMPO.....	58

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1	- CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE ACORDO COM A CARGA.....	09
QUADRO 2.2	- CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E RESPECTIVOS TEMPOS DE RESPOSTA (TIMELAG) MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	13
QUADRO 2.3	- RESTRIÇÕES DO ÍNDICE DE NESTEROV EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.....	20
QUADRO 2.4	- ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE NESTEROV.....	21
QUADRO 2.5	- RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.....	22
QUADRO 2.6	- ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	22
QUADRO 2.7	- RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.....	23
QUADRO 2.8	- ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA.....	23
QUADRO 3.1	- GRAU DE FMA E FMA+ UTILIZADOS NOS AJUSTES DOS MODELOS MATEMÁTICOS DESENVOLVIDOS.....	32

QUADRO 3.2	- DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA COMPOSIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS.....	38
QUADRO 4.1	DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL COM AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	54
QUADRO 4.2	- MATRIZ DE CORRELAÇÃO.....	71
QUADRO 4.3	- MELHORES MODELOS MATEMÁTICOS PARA OS DADOS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR.....	73
QUADRO 4.4	- MELHORES MODELOS MATEMÁTICOS PARA OS DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA-PR.....	75
QUADRO 4.5	- MODELOS MATEMÁTICOS ANUAIS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	77
QUADRO 4.6	- MODELOS MATEMÁTICOS ANUAIS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1	- NÚMERO DE OBSERVAÇÕES PARA ANÁLISE PRELIMINAR DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DA LAPA-PR PARA O PERÍODO DE 2001 A 2006.....	40
TABELA 4.2	- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, OCORRIDA NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO E NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA -PR, PARA O PERÍODO DE 2006 A JUNHO DE 2008.....	44
TABELA 4.3	- COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO OCORRIDA POR ESTAÇÕES DO ANO.....	45
TABELA 4.4	- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.....	48
TABELA 4.5	- MÉDIAS DE ESPESSURA DA MANTA.....	50
TABELA 4.6	- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS ESPESSURAS DA MANTA EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.....	51
TABELA 4.7	- CARGA MÉDIA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL POR CLASSE.....	52
TABELA 4.8	- MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	53

TABELA 4.9	- VARIÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA ⁺ (INVERNO).....	60
TABELA 4.10	- VARIÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA ⁺ (PRIMAVERA).....	61
TABELA 4.11	- VARIÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA ⁺ (VERÃO).....	62
TABELA 4.12	- VARIÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA ⁺ (OUTONO).....	63
TABELA 4.13	- SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 21 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA ⁺ MUITO ALTO.....	66
TABELA 4.14	- SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 12 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA ⁺ ALTO.....	67
TABELA 4.15	- SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 13 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA ⁺ MÉDIO.....	67
TABELA 4.16	- SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 10 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA ⁺ PEQUENO.....	68
TABELA 4.17	- SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 4 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA ⁺ NULO.....	69

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em um povoamento de *Pinus elliottii* (Engelm.), implantado no ano de 1984, localizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Paraná, situada no município de Rio Negro-PR, com distância aproximada de 120 km da cidade de Curitiba. O objetivo principal foi verificar a correlação existente entre os índices de perigo de incêndios FMA e FMA⁺ e os materiais combustíveis finos, que apresentam maior propensão à ignição e propagação dos incêndios. Primeiramente foi feita uma avaliação do comportamento histórico do clima para região, através dos dados meteorológicos de 2001 a 2006, fornecidos pelo Instituto Tecnológico Simepar, de sua estação localizada no município da Lapa-PR, e dos dados de 2006 registrados em um pluviógrafo e um termohigrógrafo instalados na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR. Posteriormente foram calculados os índices de perigo de incêndios diários (FMA e FMA⁺), indicando a distribuição dos graus de perigo ao longo das estações do ano. Esse estudo preliminar permitiu verificar diferenças estatisticamente significativas entre os registros meteorológicos da Fazenda Experimental de Rio Negro-PR e os dados registrados na Estação Meteorológica da Lapa-PR, com distância aproximada de 55 Km uma da outra. A pesquisa foi orientada com dois grupos de dados meteorológicos. As coletas de material combustível foram realizadas ao longo das quatro estações do ano, sendo 15 dias por estação, em um total de 60 dias e 480 amostras. Os combustíveis florestais avaliados na pesquisa foram classificados de acordo com sua posição na manta sob o solo da floresta, sendo: AA superficial; AB intermediária; AC inferior e B com diâmetro entre 0,7cm e 2,5cm. As operações de coleta de material combustível foram efetuadas entre as 12:00 e 14:00 horas do dia, onde oito amostras de 30 x 30 cm eram coletadas. As médias de espessura da manta ficaram entre 14,8 e 15,3cm e a carga total de material combustível variou de 4266,01 a 3185,50 g / m². Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as estações do ano e os melhores modelos matemáticos para a estimativa de umidade dos materiais combustíveis foram conseguidos com os dados agrupados por estação do ano. Foram obtidos altos coeficientes de correlação dos índices de perigo de incêndios FMA e FMA⁺ em função da porcentagem de umidade dos materiais combustíveis. O índice de perigo de incêndios FMA⁺ apresentou os melhores coeficientes de correlação, com valores de - 0,53; - 0,56; -0,63; -0,81 e para as classes B; AB; AA e AC, respectivamente.

Palavras-chave: *Pinus elliottii*, índice de perigo de incêndios, FMA, FMA⁺, material combustível.

ABSTRACT

This work was developed in a *Pinus elliottii* village (Engelm.), introduced in 1984, located at the Federal University of Paraná's Experimental Farm, at Rio Negro- PR, 120 km from the capital Curitiba. The main objective was to verify the connection between the fire dangers FMA and FMA⁺ and the light fuel materials, that presents higher pronetion to fire ignition and spread. It was made an historical behavior avaliation of the regional weather by metereological informations from 2001 to 2006, supplied from Simepar Technological Institute, which station is located at Lapa - PR, and by certified informations from 2006 read on a precipitation and a termo-hidrograph, installs on Rio Negro's Experimental Farm - PR. The daily fire danger indexes (FMA and FMA+) were calculated, showing the danger degrees' distribution along the seasons. Statisticly significant differences were noticed between the metereological informations from Rio Negro's Experimental Farm and the information registers on Lapa's Metereological Station, 55km distante from the farm. The research was advised by 2 meterological information's group. The collection of fuel material was made along the seasons, 15 days for each season, altogether 60 days and 480 samples. The forest fuels assessed in the research were classified by your posicion on the land, which were: AA superficial, AB intermediate, AC inferior and B with diameter between 0,7 cm and 2,5 cm. The collection operation of fuel material were realized between 12 and 14 o'clock, where 8 samples with 30x30 cm were collected. The avarage land tick was between 14,8 and 15,3 cm and the total load of the fuel material assessed in this research varied from 42,66 to 31,85 ton/ha. There were statisticly significant differences between the seasons and the best mathematical models, for the estimate humidity of fuel material, that were achieved by informations gathered together along the seasons. It was noticed the existence of a connection between the danger fire indexes FMA and FMA+, around the humidity percentage of fuel materials. The danger fire indexes FMA+ presented the best connection coefficient: -0,53; -0,56; -0,63; -0,81; and for classes: B, A, AA and AC, each. Those indexes can be used to estimate, in general, the classes' humidity of fuel materials on villages that presents equal fisical and climatic conditions.

Keywords: fire spread, fire behavior, mathematical models, fuel material.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento científico tem apresentado grandes avanços, anunciando muitas descobertas em diversas áreas com relativa frequência. Os recentes benefícios dessa produção científica, hoje disponíveis e presentes em nosso cotidiano, possibilitam um rápido acesso à informação, difundindo o conhecimento e tornando possível o avanço da ciência.

No Brasil, o desenvolvimento das ciências florestais é bastante recente, mas tem apresentado resultados importantes, servindo como ferramenta de gestão para empresas privadas, entidades e órgãos do governo.

Soares (1972), desenvolveu o primeiro índice de perigo de incêndios do Brasil, a Fórmula de Monte Alegre (FMA). No ano de 2005, a FMA foi novamente objeto de estudo, onde Nunes (2007) incorporou a variável meteorológica velocidade do vento à fórmula, dando à mesma condições de avaliar o potencial de propagação dos incêndios. Atualmente a Fórmula de Monte Alegre é amplamente difundida e utilizada por empresas florestais, órgãos governamentais no Brasil e em alguns países da América Latina.

O material combustível é um elemento indispensável para a ocorrência e propagação dos incêndios. As combinações de quantidade, tipos, tamanho, forma, posição e arranjo exercem influência direta sobre a intensidade e velocidade de propagação dos incêndios.

Dessa forma, ampliar a pesquisa científica nessa área, verificando as correlações existentes entre os Índices de Perigo de Incêndios FMA e FMA⁺ e umidade de classes distintas de combustíveis florestais serve a uma tendência, tanto de empresas privadas quanto de órgãos e entidades governamentais, que buscam concentrar energia e dedicação aos setores de prevenção e pré-supressão do fogo, tendo convicção sob todos os aspectos que é mais vantajoso evitar um incêndio ou atacá-lo no momento do seu início.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos principais desse trabalho foram:

- a) Verificar como os índices de perigo de incêndios FMA e FMA⁺ se correlacionam com o material combustível fino de uma floresta de *Pinus elliottii* (Engelm.) com 25 anos de idade;
- b) Identificar o índice de perigo de incêndios que apresenta melhores correlações com o material combustível;
- d) Analisar os padrões de comportamento da umidade dos combustíveis florestais dentro de cada grau de perigo de incêndios, para cada estação e ao longo do ano;
- e) Desenvolver modelos matemáticos de estimativa da umidade dos materiais combustíveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

De acordo com Soares (1985), incêndio florestal pode ser entendido como sendo um fogo incontrolado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de materiais combustíveis existentes em uma floresta.

No cenário florestal mundial, os incêndios florestais destacam-se por possuírem grande potencial de destruição. Atualmente, tem-se conhecimento de que as culturas homogêneas são mais suscetíveis aos incêndios, onde o fogo é responsável direto por prejuízos de ordem econômica e social, muitas vezes incalculáveis (BEUTLING, 2005).

O Brasil tem sido alvo periódico de críticas de organizações conservacionistas e mesmo instituições governamentais de outros países, com relação à falta de proteção de suas florestas contra o fogo. Sabe-se que o fogo é um problema sério para florestas nativas e plantadas em várias regiões brasileiras, porém, não existem estatísticas confiáveis sobre ocorrências de incêndios florestais no Brasil (BATISTA; NUNES; SOARES, 2008).

2.1.1 O Fogo e a Civilização

De acordo com Soares e Batista (2007), o fogo ou mais precisamente a combustão, sempre existiu na natureza e a própria teoria científica do início do universo está ligada a ele, através da explosão de uma matéria de altíssima densidade.

Segundo Johnson (1992), o fogo sempre exerceu grande atração sobre os seres humanos, estando a evolução da nossa espécie diretamente ligada a ele.

Desde o início da civilização o fogo tem sido utilizado pelo homem, fazendo parte da cultura humana, com o fim de modificar o ambiente, visando satisfazer às suas necessidades (BROWN; DAVIS, 1973). Nesse contexto, Soares e Batista (2007), dizem que o fogo constituiu-se no elemento mais importante para o desenvolvimento da humanidade.

2.1.2 Aspectos Ecológicos

De acordo com Pyne (1984), a maioria das florestas mundiais tem sido submetida à ação do fogo por milhares de anos. Dessa forma, Rizzini (1976), afirma que muitas plantas desenvolveram adaptações morfofisiológicas que envolvem estratégias de resistência, regeneração ou sobrevivência ao fogo.

O fogo tem complexos efeitos sobre a reprodução de algumas espécies, estimulando o florescimento, a germinação de sementes e o número de plântulas. Isto determinou que algumas espécies, as quais podem se extinguir se o fogo for suprimido, criassem, inclusive, dependência do fogo para se reproduzir (BOND; WILGEN, 1996).

Whelan (1995) descreve e avalia em pesquisas, como os incêndios afetam as populações de animais e plantas. Examinando o fogo como um agente ecológico, o autor discute como as populações dos organismos são afetadas pela passagem do fogo.

Agee (1984), afirma que permitir a propagação de incêndios naturais, sem medidas de combate e supressão é a forma indicada para o manejo de ambientes onde o fogo natural desempenha um papel importante na manutenção dos ecossistemas.

2.2 COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS

De acordo com Molchanov (1965), os primeiros trabalhos sobre a manta morta florestal datam de 1876 e foram realizados por Ebermayer na Alemanha.

2.2.1 Caracterização dos Combustíveis Florestais

Material combustível florestal pode ser definido como qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima deste, capaz de entrar em ignição e queimar. Os materiais combustíveis ocorrem em inúmeras combinações de tipo, quantidade, tamanho, forma, posição, arranjo e teor de umidade (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

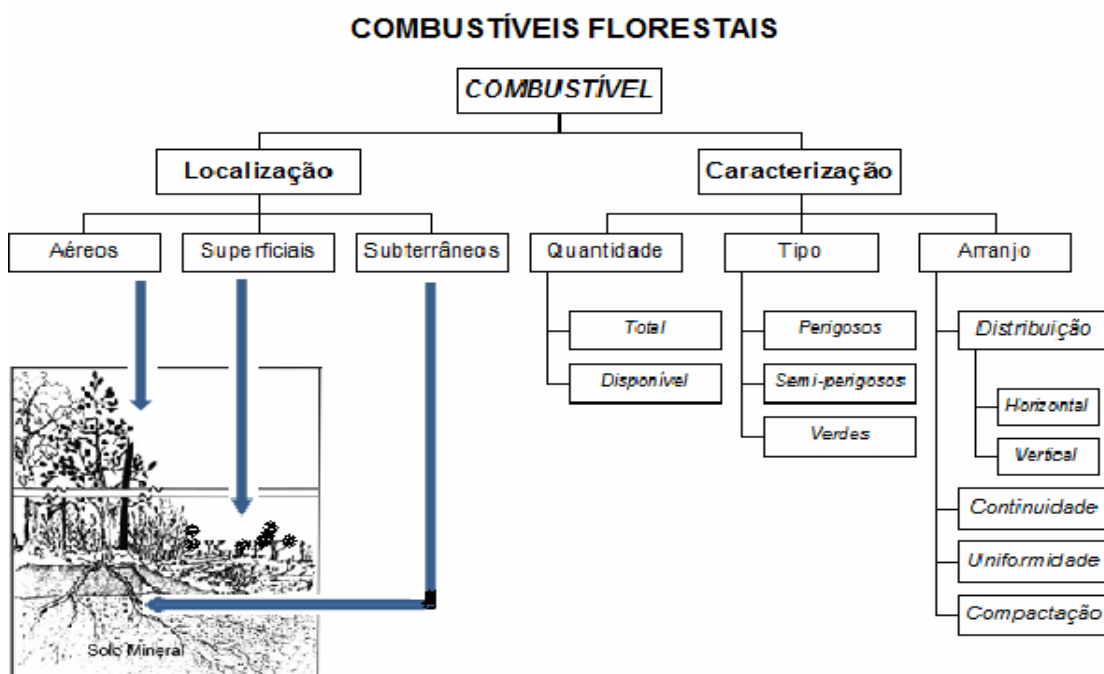
Segundo Countryman (1964), os principais atributos do material combustível são a continuidade, o arranjo e a quantidade. As características ligadas ao processo da ignição são a geometria das partículas, a textura da superfície, o conteúdo de umidade, a composição química e a absorção térmica.

As características dos combustíveis florestais são fortemente relacionadas, com o perigo de incêndios. O tipo, arranjo, quantidade, condição e localização, criam uma condição especial de ameaça de ignição (BROWN; DAVIS, 1973).

De maneira geral, a localização e as características dos combustíveis florestais são os principais fatores que regem o comportamento do fogo. Características climáticas, topográficas e o conteúdo de umidade do material combustível são os outros fatores que complementam o processo de queima e possuem grande importância na propagação dos incêndios florestais (BEUTLING, 2005).

De acordo com Batista (1995), os combustíveis florestais podem ser classificados de diferentes formas, dependendo dos critérios adotados. Uma das formas de classificação mais aceita e adotada por muitos pesquisadores é classificar de acordo com a localização, que permite enquadrar os combustíveis em aéreos, superficiais e subterrâneos. E ainda, pelas características de quantidade, tipo e arranjo (Figura 2.1).

FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS.



FONTE: ADAPTADO DE BEUTLING (2005), SOARES; BATISTA; NUNES (2008).

2.2.1.1 Localização dos Combustíveis Florestais.

Segundo Soares (1985), os combustíveis florestais podem ser classificados em aéreos e superficiais. Os combustíveis aéreos, no estrato florestal, correspondem àqueles que se encontram acima de 1,80 metros de altura, compreendendo principalmente os galhos e as copas das árvores. “Os combustíveis superficiais são todos aqueles localizados sobre, e imediatamente acima ou no piso da floresta, até 1,80 metros de altura. Compreendem basicamente folhas, galhos, troncos e demais materiais que se encontram neste intervalo.” Em ambos os casos, o material pode tanto estar morto quanto vivo (Figura 2.1).

2.2.1.2 Tipo de Combustíveis Florestais

De acordo com Soares, Batista e Nunes (2008), os combustíveis florestais podem ser classificados, de acordo com sua periculosidade, como materiais perigosos, semi-perigosos e verdes. Como materiais perigosos estão incluídos os galhos pequenos com diâmetro menor do que 1,0 cm, folhas, líquens, musgos e gramíneas, todos em estado seco. São materiais finos que perdem umidade rapidamente, apresentam menor temperatura de ignição e dessa forma facilitam o início do fogo e aceleram a propagação, queimando rapidamente. Os materiais lenhosos, como troncos caídos, tocos e galhos maiores do que 1,0 cm de diâmetro, são classificados como materiais semi-perigosos. Incluem-se também nessa categoria o húmus e a turfa. São materiais compactados ou de dimensões maiores que queimam lentamente. Apresentam ignição lenta e difícil, no entanto desenvolvem intenso calor. Os materiais verdes são constituídos pela vegetação viva existente na floresta. Devido ao seu alto teor de umidade, às vezes são considerados não inflamáveis, exceto as coníferas. O calor liberado pela combustão dos outros combustíveis pode, entretanto, secar esses materiais tornando-os inflamáveis.

Além da consideração biológica de caráter vivo ou morto, os combustíveis florestais podem ser classificados em lenhosos ou herbáceos, anuais ou perenes (PYNE, 1984).

As dimensões dos combustíveis florestais, (tamanho e forma) denominada de relação superfície/volume, influenciam diretamente as características dos materiais combustíveis,

bem como, o comportamento do fogo, sendo os combustíveis mais finos aqueles que apresentam a maior relação superfície volume (REGO; BOTELHO, 1990).

2.2.1.3. Quantidade

Segundo Brown, Oberhew e Jonhston (1982), a quantidade e distribuição do material combustível, especialmente o material lenhoso sobre o solo, apresenta grande variação entre e dentro dos povoamentos. Nesse sentido Soares (1985), afirma que a quantidade de combustível em uma floresta pode variar de centenas de quilos a dezenas de toneladas por hectare, dependendo do tipo, espaçamento e idade da vegetação.

Para Souza (2000), a quantidade de combustível de uma floresta é resultado da interação entre deposição e composição. O processo de decomposição varia de acordo com sua composição, com a umidade e com as estações, sendo o verão a estação mais favorável para a decomposição da manta morta. O processo é consideravelmente mais lento no outono e primavera e no inverno pode cessar totalmente em certas regiões. Assim a manta morta não se mantém constante ao longo do ano (MOLCHANOV, 1965).

De acordo com Souza (2000), a medição direta, através de um inventário é, sem dúvida, a forma mais precisa de determinação da quantidade de material combustível em uma floresta. Entretanto, essa técnica é inviável quando se necessita conhecer rapidamente o volume de material, para se estimar a intensidade de um incêndio já iniciado. Por esse motivo surgiram os modelos de combustível, que estimam a quantidade de material existente de maneira indireta. Nesse sentido, Soares e Batista (2007), afirmam que a melhor maneira de se conhecer, com rapidez, a quantidade de combustível em uma floresta é desenvolver equações locais que permitam estimar a quantidade em função de variáveis de fácil obtenção, tais como: idade da floresta; espessura da manta orgânica, diâmetro médio das árvores e área basal.

O combustível total é a soma de todo material existente na floresta, medido pela carga ou peso do combustível seco por unidade de superfície (área), podendo ser expresso em kg/m², ton/ha, entre outras (REGO; BOTELHO, 1990).

Na determinação da quantidade de material combustível deve-se separar a quantidade total da quantidade disponível. Quantidade total é a somatória de todo material combustível existente no piso da floresta e quantidade disponível é aquela consumida pelo fogo.

Segundo Batista (1990), a divisão da quantidade de combustível existente em total e disponível decorre principalmente pelo fato de que nem todo combustível se encontra disponível para consumo pelo fogo, principalmente pelos aspectos relacionados ao teor de umidade, proporção entre material vivo e morto, ao tamanho das partículas e à própria continuidade deste material sobre a superfície do terreno.

Para Chandler *et al.* (1983), a quantidade de combustível potencial seria o combustível consumido em um incêndio de alta intensidade, muito embora virtual, uma vez que os incêndios nunca chegam a consumir tal quantidade de material.

A equação para estimar o estoque potencial de combustível é a seguinte, de acordo com Chandler, *et al.* (1983):

$$W = 26 \cdot \sqrt{A}$$

onde:

A = Idade do povoamento em anos;

W = O peso total da fitomassa em ton / ha .

Segundo Vélez (2000), o início e a propagação do fogo dependem, mais do que qualquer outro fator, dos combustíveis florestais. Porém, Soares e Batista (2007), ressaltam que a quantidade de material combustível determina se o fogo vai ou não se propagar e define a quantidade de calor liberada pelo fogo. Conforme informações experimentais, deve existir no mínimo 1,23 ton/ha de material combustível fino, seco, disperso em uma área para que um incêndio superficial possa se propagar (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008).

De acordo com Rego e Botelho (1990), a disponibilidade do material combustível para queima pode se alterar segundo a época do ano, o estrato florestal em que este se encontra e a vegetação que o origina.

A quantidade de material combustível pode variar bastante conforme a classe de vegetação (REGO; BOTELHO, 1990):

- a) Deserto: 0 a 3 ton/ha;
- b) Pastagem e arbustos: 02 a 12 ton./ha;
- c) Florestas: 20 a 100 ton./ha;
- d) Desperdícios de exploração: em cortes culturais - 70ton/ha; em cortes rasos - até 250 ton./ha;

Segundo Botelho e Fernandes (1999), a carga de combustível fino (com menos de 6mm de diâmetro), por ser determinante na propagação do fogo é de relevante importância nas ações de gestão dos combustíveis. Ainda, segundo os autores, a carga do combustível fino é usada para classificar as diferentes situações da vegetação (Quadro 2.1).

QUADRO 2.1. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE ACORDO COM A CARGA.

CARGA (Ton/ha)	Situação da Vegetação	Recomendação
< 9	Carga reduzida	não se justifica intervenção
9 – 12	Carga moderada	é recomendável intervir
13 – 17	Carga elevada	situações prioritárias
> 17	Carga muito elevada	situações críticas

FONTE: BOTELHO E FERNANDES (1999).

Dentro de um contexto histórico, Soares (1977), afirma que até o ano de 1977 não existiam dados sobre medições de combustível florestal em pinus no estado do Paraná. Partindo dessa conjuntura, o autor foi pioneiro, realizando um dos primeiros inventários do material combustível no Brasil, no ano de 1979. Nesse estudo usou parcelas de 1,0 m² distribuídas uniformemente. Desde então, Batista (1984,1995); Ribeiro (1997); Souza (2000), entre outros têm utilizado essa metodologia para inventariar o material combustível (vivo e morto), localizado entre a camada H do horizonte orgânico e 1,8 m de altura.

2.2.1.4 Arranjo dos Combustíveis Florestais

Para Bradshaw (1984), o arranjo dos combustíveis refere-se à continuidade, compactação, uniformidade e distribuição das partículas de combustíveis.

De acordo com Soares e Batista (2007), a continuidade refere-se à distribuição horizontal e vertical dos combustíveis. Essa distribuição espacial dos combustíveis é um fator primário de influência no comportamento do fogo (CHANDLER, 1983).

A continuidade dos combustíveis é uma característica que controla parcialmente onde o fogo pode ir e a velocidade com que se propaga. A distribuição do combustível no sentido horizontal, quando uniforme sobre a área, possibilita a propagação do fogo. A distribuição vertical se deve à disposição dos combustíveis a diversas alturas, como se fossem degraus de uma escada, facilitando a propagação do fogo até a copa das árvores (SOARES; BATISTA, 2007).

De acordo com Molchanov (1965), o arranjo vertical do material combustível morto “ A_0 ” é constituído por três camadas: superior, pouco decomposta; média, medianamente decomposta; e inferior, bem decomposta, em que há uma mistura de partículas minerais e matéria orgânica. O depósito anual de matéria orgânica corresponde mais ou menos à camada superior não decomposta.

No perfil de solos florestais, designa-se por A_0 a manta morta, que é constituída por restos de folhas, ramos, escamas dos gomos, flores, frutos, cascas e plantas mortas (MOLCHANOV, 1965).

A compactação ou densidade se refere à carga de combustível por unidade de volume, isto é, a proximidade das partículas de combustíveis umas das outras em relação à livre circulação de ar em torno das partículas. A compactação é uma característica oposta à continuidade. Quanto maior a continuidade maior a taxa de propagação, enquanto que maior compactação significa maior dificuldade de propagação, devido à falta de oxigênio em volta das partículas de combustível. Portanto, quanto menor a relação peso/volume, maior o potencial de propagação do fogo (SOARES; BATISTA 2007).

De acordo com Brown e Davis (1973), aceiros e cortinas quebra-fogo são recursos que podem ser usados como forma de quebrar a continuidade horizontal dos combustíveis, dificultando o avanço do fogo.

Soares e Batista (2007) afirmam que a distribuição vertical do combustível também é importante na propagação dos incêndios, principalmente na transformação de incêndios superficiais em incêndios de copa. Plantações de coníferas, sem poda ou desrama natural, apresentam grande quantidade de acículas presas aos galhos e ao tronco, formando uma escada e proporcionando fácil acesso de incêndios superficiais às copas das árvores.

2.2.1.5 Umidade do Material Combustível

Tanto o conteúdo de umidade dos combustíveis florestais quanto a sua capacidade de absorção e liberação de água são amplamente abordados por pesquisadores de todo o mundo.

De acordo com Alves *et al.* (2007), o estudo das relações entre as variáveis meteorológicas com a umidade dos combustíveis florestais é importante para a proteção de áreas florestais.

O comportamento da umidade da manta morta é objeto de estudo há várias décadas. De acordo com Morozov (1926), o estudo da capacidade de retenção de água pela manta morta é de grande interesse prático.

De acordo com Batista (1990), os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações do clima. A umidade do material combustível vivo é mais estável. Nos materiais vivos que queimam em um incêndio de média a alta intensidade, o conteúdo de umidade geralmente varia entre 75 a 150% de seu peso seco. O material morto pode apresentar uma grande variação de umidade, chegando raramente a 2%, mas podendo ultrapassar 300%. Geralmente é mais seco e responde mais rapidamente às variações meteorológicas, sendo portanto o principal responsável pela propagação dos incêndios (SOARES; BATISTA, 2007).

De acordo com Soares e Batista (2007), a umidade do material combustível é geralmente expressa em termos de porcentagem de água contida no mesmo, em relação ao seu peso seco, e pode ser determinada pela seguinte forma:

$$UMC = \frac{P_u - P_s}{P_s} \cdot 100$$

Onde:

UMC = Porcentagem de umidade do material combustível;

P_u = Peso do material úmido (no momento da coleta);

P_s = Peso do material seco (após secagem em estufa).

Segundo Rego e Botelho (1990), toda a água e calor passam pela área superficial da partícula, assim os combustíveis finos têm mais área de contato com o ambiente, tornando a capacidade de absorver ou perder água mais dinâmica. Batista (1990) cita que a influência da umidade atmosférica nos materiais combustíveis mortos e de pequenas dimensões, com diâmetro menor que 1 cm, é mais evidente com respostas mais rápidas às mudanças climáticas, sendo, portanto, a principal responsável pela propagação dos incêndios.

O teor de umidade do material combustível em uma floresta é controlado, em grande parte, pela umidade atmosférica, desde que não haja chuva ou outra forma de precipitação de água (SOARES; BATISTA, 2007).

Alves; Batista e Pereira (2007), analisando o comportamento da umidade de acículas superficiais em povoamentos de *Pinus* sp verificaram existir uma forte relação entre as variáveis que representam as condições meteorológicas e a umidade do material combustível.

Materiais combustíveis com teor de umidade acima de 25 a 30% possuem remotas possibilidades de ignição, sendo estes os valores atribuídos para caracterizar a “umidade de extinção” (SOARES, 1979).

O conhecimento da umidade dos combustíveis é imprescindível para a estimativa de parâmetros ligados ao comportamento do fogo (ALVES; BATISTA; PEREIRA, 2007).

De acordo com Batista (1990), a relação superfície/volume esta associada com o tempo de resposta dos materiais combustíveis, sendo então os combustíveis florestais classificados em função do tempo de resposta ou *timelag* (Quadro 2.2). Segundo os mesmos autores *timelag* pode ser entendido como sendo, o intervalo de tempo necessário para o

material combustível reduzir aproximadamente 63% entre um valor inicial de equilíbrio para um novo equilíbrio

QUADRO 2.2 – CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E RESPECTIVOS TEMPOS DE RESPOSTA (*TIMELAG*) MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

CLASSE DE MATERIAL COMBUSTÍVEL (Diâmetro em cm)	TEMPO MÉDIO DE RESPOSTA (Horas)
< 0,7	1
0,7 – 2,4	10
2,5 – 7,6	100
> 7,6	> 100

FONTE: SOARES; BATISTA (2007).

Segundo Soares (1985), o efeito da umidade do combustível na taxa de combustão do material lenhoso e, por conseguinte, na propagação dos incêndios, é muito pronunciado. Soares e Batista (2007) destacam que a primeira influência da umidade na combustão é a necessidade de grande quantidade de energia requerida para vaporizar a água presente no combustível. Outro efeito na taxa de combustão pode ser descrito como um processo de vaporização constante, no qual o vapor d'água liberado do combustível dilui o oxigênio do ar nas proximidades desse mesmo combustível.

A umidade do material combustível determina a quantidade de calor requerida para a ignição da matéria vegetal (REGO; BOTELLHO, 1990).

2.2.1.6 Material Combustível e o Fogo

De acordo com Beutling (2005), o material combustível é o único fator no chamado “triângulo do fogo” efetivamente sujeito a alterações antrópicas e, por isso mesmo, passível de controle. A quantificação dos combustíveis florestais está fortemente relacionada às ações de combate e queima controlada, pois é ele o responsável por características do fogo como intensidade e velocidade de propagação.

Segundo Soares; Batista e Nunes (2008), o conhecimento dos diferentes combustíveis

florestais e as suas interações com o ambiente é essencial nos estudos que envolvem o comportamento do fogo.

Souza (2000), enfatiza a importância do material combustível na prevenção e controle dos incêndios florestais apresentando uma pirâmide (Figura 2.2), resultante da junção de três triângulos: 1-Triângulo do fogo (calor, oxigênio e combustível); 2-Triângulo do comportamento do fogo (condições do tempo, topografia e material combustível); 3-Triângulo do regime de fogo (agente de ignição, material combustível e condições para queimar), destacando a presença do material combustível nos três triângulos.

FIGURA 2.2 – COMBINAÇÃO DE TRIÂNGULOS RELATIVOS À OCORRÊNCIA E PROPAGAÇÃO DO FOGO.



FONTE: ADAPTADO DE SOUZA (2000).

2.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.

Para se entender os fenômenos meteorológicos e climáticos, é preciso ter em mente que a atmosfera é um fluido que está em constante movimento. A compreensão da dinâmica desse fluido é essencial para o entendimento de vários fenômenos (NUNES, 2005).

De acordo com Brown e Davis (1973), as condições do tempo podem variar diariamente devido a um grande número de fatores. Nesse contexto, o clima pode ser entendido como o conjunto dos fenômenos meteorológicos que ocorrem em uma área em um determinado período de tempo.

Segundo Batista (1995), a temperatura, umidade relativa e precipitação, têm efeitos característicos sobre o material combustível, influenciando decisivamente a ignição e propagação dos incêndios.

A ocorrência, intensidade e a velocidade de propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas aos fatores climáticos. A utilização de dados meteorológicos e climatológicos precisos é, portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (NUNES, 2005).

2.3.1 Umidade Atmosférica

A umidade atmosférica se refere à água, sob forma de vapor invisível, existente no ar, a qual se encontra misturada com os demais componentes da atmosfera. O vapor d'água é um dos componentes mais variáveis da atmosfera e o seu conteúdo máximo possível depende apenas da temperatura do ar (SOARES; BATISTA, 2004).

Ometto (1981), afirma que o vapor d'água presente na atmosfera pode variar em quantidade, de acordo com a disponibilidade de água no local e energia do meio.

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 no estado de vapor para uma dada temperatura e pressão atmosférica (NAYA, 1984; SCHROEDER; BELL, 1985; VAREJÃO; SILVA; REIS, 1988; VIANELLO; ALVES, 1991; NUNES, 2005).

Segundo Soares e Batista (2004), a umidade atmosférica pode ser determinada através dos métodos analítico, tabular e gráfico, sendo a umidade relativa do ar a maneira mais conhecida e usada para expressar a umidade atmosférica. O instrumento de referência para o cálculo da umidade do ar é o psicrômetro, aparelho formado por dois termômetros idênticos, um com o bulbo umedecido e outro de bulbo seco.

A condensação do vapor d'água dá origem à maioria dos fenômenos do tempo, como nuvens, precipitação, orvalho e nevoeiro. Daí a importância do estudo do vapor d'água da atmosfera na determinação do tempo (SOARES; BATISTA, 2004).

2.3.2 Vento

O efeito combinado da rotação da Terra em volta do Sol, da inclinação do eixo da Terra e da sua rotação em volta dele criam o sistema global de circulação atmosférica (NUNES, 2005). Soares e Batista (2004) descrevem o vento como sendo o movimento de ar dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão.

A caracterização do vento em qualquer ponto é expressa por dois parâmetros: a direção e a velocidade (NUNES, 2005). A velocidade do vento é uma grandeza vetorial, da qual se medem normalmente parâmetros de sua componente horizontal. Os parâmetros medidos são: velocidade, direção e força do vento (SOARES; BATISTA, 2004).

De acordo com Nunes (2005), a velocidade do vento é expressa em metros por segundo (m/s), em quilômetros por hora (km/h) ou em *knots* (kt). Um *knot*, cuja pronúncia é nó, corresponde a uma milha náutica (1852 m) por hora. A velocidade do vento depende do gradiente barométrico, da força de atrito sobre o solo e da densidade do ar. Quanto maior for a diferença de pressão atmosférica, maior será a velocidade do vento. Quanto maior for a força de rugosidade da superfície, provocada pelo relevo, edifícios e vegetação menor será a velocidade do vento.

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 não só na propagação dos incêndios, mas também no aumento da evaporação, favorecendo a secagem do material combustível. A direção e a forma de propagação dos incêndios são também determinadas principalmente pelo vento (SCHROEDER; BUCK, 1970; BROWN; DAVIS, 1973; SOARES, 1985).

2.3.3 Precipitação

O vapor d'água da atmosfera pode passar para a fase líquida ou diretamente para a fase sólida. Através desses processos pode haver formação de nuvens, nevoeiros, orvalho e geada. A precipitação é o resultado de um estado avançado de condensação. Ela ocorre

quando uma nuvem não pode mais suportar o excesso de umidade condensada e esta umidade, sob forma líquida ou sólida, se precipita (SOARES; BATISTA 2004).

Segundo Soares (1985), a ocorrência dos incêndios está sempre associada a períodos sem chuva, existindo uma forte correlação entre ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca.

2.3.4 Temperatura

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 esta 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; BUCK, 1970; SOARES, 1985).

2.4 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.

Segundo Countryman (1966), índices de perigo de incêndios são números que indicam a probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade do mesmo se propagar, de acordo com as condições meteorológicas do dia ou de uma seqüência de dias.

Os estudos para expressar, através de números ou escalas, o grau de probabilidade de ocorrência de incêndios, tiveram início no começo do século XX. De lá para cá, pesquisadores de vários países têm procurado aperfeiçoar os índices existentes ou desenvolver outros, para obter maior eficiência (COUNTRYMAN, 1966).

Muitas vezes se faz notório o uso incorreto dos termos (risco e perigo) na tentativa de se expressar sobre o tema, dessa forma é preciso definir os dois conceitos:

- a) Risco de Incêndio - 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.

- b) Perigo de Incêndio - perigo de incêndio é composto pelo risco de incêndio (chance de um incêndio ter início, em função da existência de agentes de ignição) e pelas condições de presença de combustível, clima e topografia (SOHO, 1999).

2.4.1 Estrutura dos Índices de Perigo de Incêndios.

De acordo com Soares (1984), 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:

- a) Fatores de caráter permanente (material combustível, tipo de floresta e relevo). Os fatores de caráter permanente não são apropriados para a determinação do grau de perigo de 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.
- b) Fatores variáveis (condições climáticas). Os fatores variáveis por sua vez apresentam uma base sólida para a determinação apenas do grau de perigo de ocorrência.

Segundo Soares (1984), os índices de perigo de incêndios podem ser divididos em dois grupos:

- a) Índices de Ocorrência - indicam a probabilidade de ocorrência de um incêndio (condições favoráveis ou não para o início da combustão), e normalmente se utilizam dos fatores variáveis.
- b) Índices de Propagação - indicam, além da probabilidade, o comportamento dos incêndios florestais e utilizam fatores como a velocidade do vento, bem como alguns de caráter permanente.

2.4.2 Histórico dos Índices de Perigo de Incêndios no Brasil.

De acordo com Soares e Batista (2007), no Brasil, até 1963 não se tinha notícia de nenhuma tabela ou equação de previsão de perigo de incêndios. Ao final daquele ano ocorreu um grande incêndio no estado do Paraná. Nessa época foram introduzidos no Brasil os Índices de Angstron e de Nesterov.

2.4.2.1 Índice de Angstron

De acordo com Soares (1984), esse índice foi desenvolvido na Suécia e baseia-se fundamentalmente na temperatura e na umidade relativa do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 horas. É um índice não-acumulativo e a sua equação é a seguinte:

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

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.

2.4.2.2 Índice de Nesterov

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

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

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 no Quadro 2.3.

QUADRO 2.3 - RESTRIÇÕES DO ÍNDICE DE NESTEROV EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.

Chuva do dia (mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,0	Nenhuma
2,1 a 5,0	Abater 25 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
5,1 a 8,0	Abater 50 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
8,1 a 10,0	Abandonar a 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.

FONTE: NUNES (2005)

A interpretação do grau de perigo estimada pelo índice é feita por meio de uma escala de risco (Quadro 2.4).

QUADRO 2.4 - ESCALA DE PERIGO DO ÍNDICE DE NESTEROV

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

FONTE: NUNES (2005)

2.4.2.3 Índices de Perigo de Incêndios FMA e FMA⁺

Soares (1972), utilizando dados da região central do estado do Paraná, desenvolveu o primeiro índice de perigo de incêndios do Brasil. A Fórmula de Monte Alegre, atualmente é amplamente utilizada tanto no Brasil quanto em alguns países da América do Sul.

A FMA é um índice acumulativo e 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. Sua equação básica é a seguinte:

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

onde: FMA = Fórmula de Monte Alegre

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

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 o Quadro 2.5.

QUADRO 2.5 - RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE (FMA) EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.

Chuva do dia (mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.

FONTE: NUNES (2005)

A interpretação do grau de perigo estimado pela Fórmula de Monte Alegre é feita por meio de uma escala, como apresentado no Quadro 2.6.

QUADRO 2.6 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

Valor de FMA	Grau de Perigo
≤ 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

FONTE: NUNES (2005)

2.4.2.3.1 Desenvolvimento do FMA⁺

Posteriormente, Nunes (2005) modificou a Fórmula de Monte Alegre (FMA), por meio da inclusão da variável velocidade do vento no índice. A Fórmula de Monte Alegre Alterada assumiu um caráter que lhe confere também a possibilidade de indicar o risco de propagação do fogo. O cálculo da FMA⁺ é feito por meio da seguinte fórmula:

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

onde: FMA⁺ = Fórmula de Monte Alegre Alterada

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

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).

QUADRO 2.7 - RESTRIÇÕES DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVA DO DIA.

Chuva do dia (mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.

FONTE: NUNES (2005)

QUADRO 2.8 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA

Valor de FMA	Grau de Perigo
≤ 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

FONTE: NUNES (2005)

2.4.3 Aspectos Importantes dos Índices de Perigo de Incêndios

Os cálculos dos índices de perigo de incêndios são de fundamental importância dentro de um plano de prevenção e combate a incêndios florestais, por permitir a previsão das condições de perigo, possibilitando a adoção de medidas preventivas em bases mais eficientes e econômicas (SOARES; BATISTA, 2007).

É também ferramenta efetiva nas atividades de combate aos incêndios florestais, visando a redução das perdas e, conseqüentemente, dos prejuízos financeiros e ambientais advindos da ocorrência de eventos catastróficos (NUNES, 2005). Os índices são indicadores das condições de queima, revelando a cada dia a situação do comportamento do fogo esperada em função da umidade dos combustíveis (HEIKKILÄ *et al* 1993).

3 MATERIAL E MÉTODOS

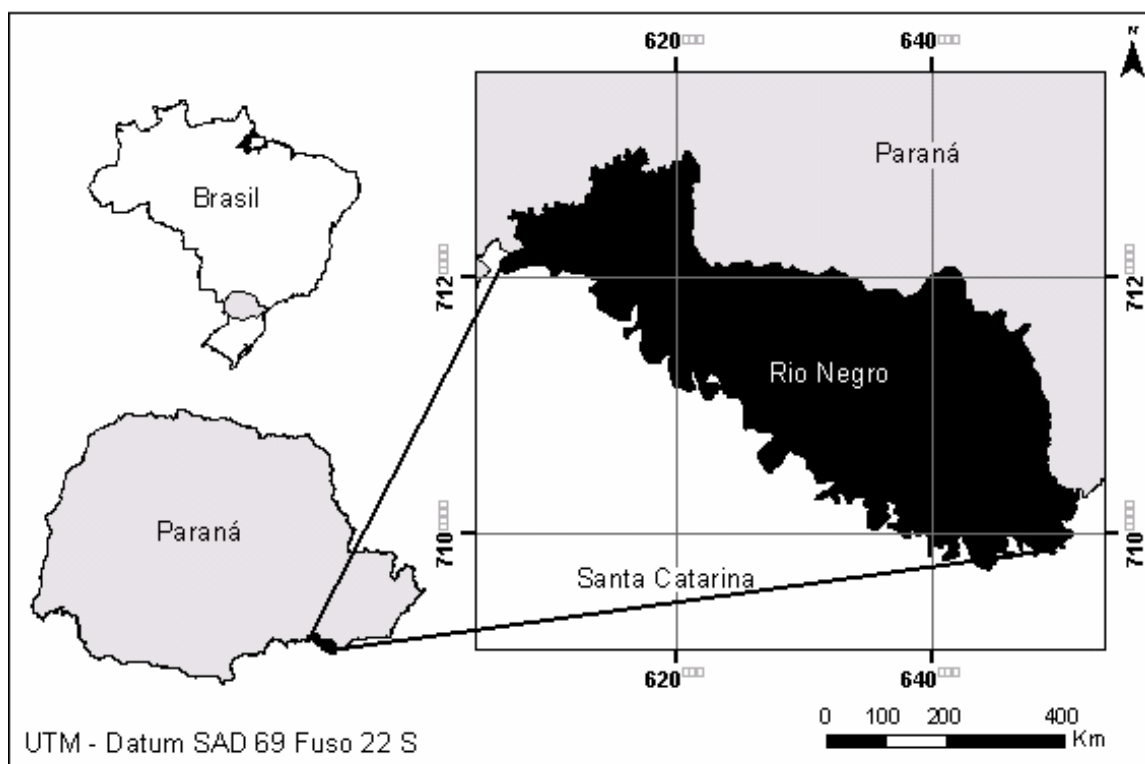
3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização Geográfica

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental da UFPR, localizada às margens da rodovia BR-116, a aproximadamente 5 quilômetros da sede do município de Rio Negro.

A cidade de Rio Negro está situa no segundo planalto paranaense, sudeste do estado, na latitude de 26°06' Sul e longitude 49°47' Oeste, com altitude média de 780 metros (Figura 3.1).

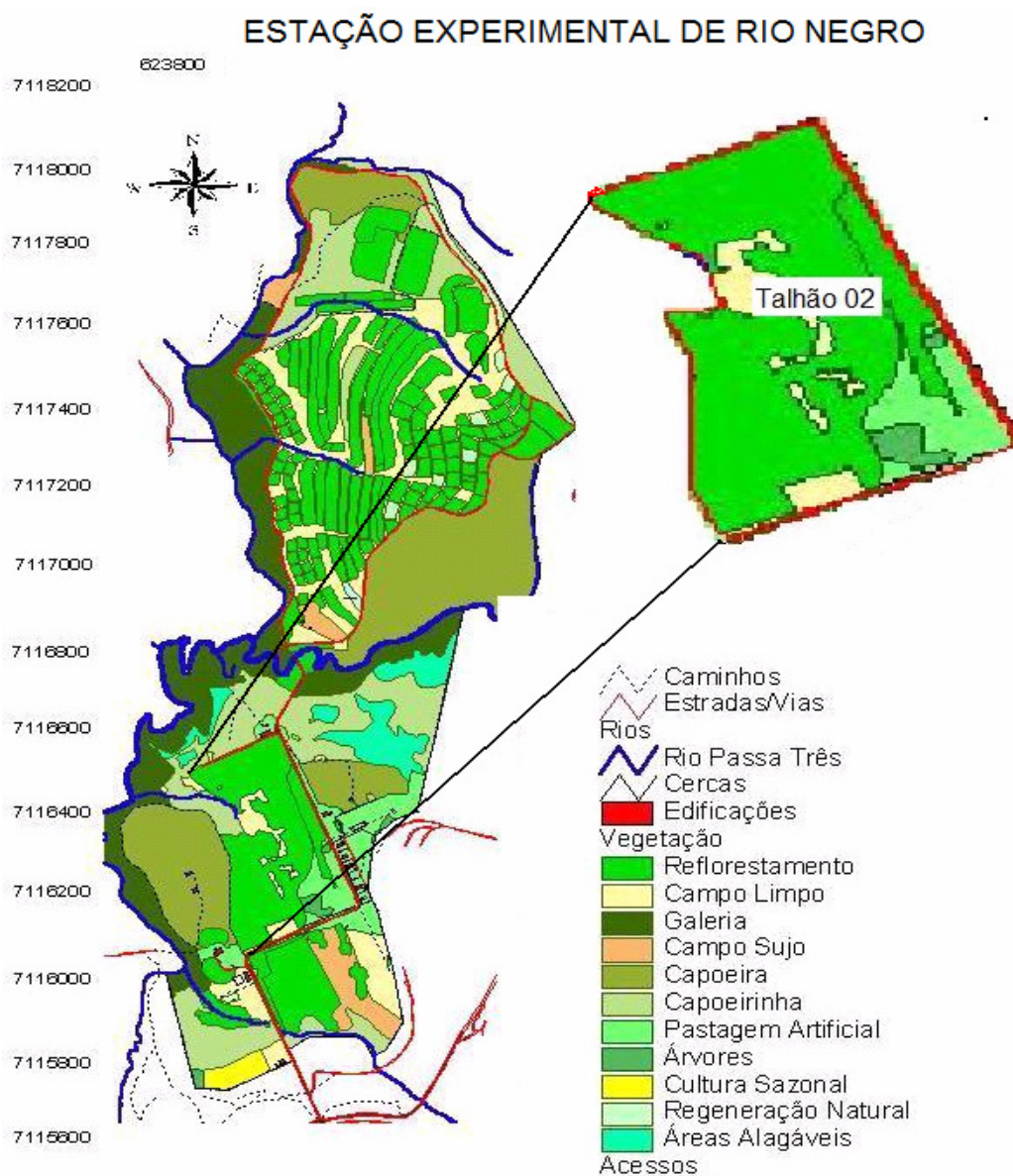
FIGURA 3.1 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO.



FONTE: LEAL et al; 2008.

A Estação Experimental de Rio Negro ocupa uma área de aproximadamente 120 hectares, sendo a maior parte da fazenda ocupada por florestas implantadas. O trabalho foi desenvolvido no talhão 02 de *Pinus elliottii* (Engelm.), como mostra a Figura 3.2.

FIGURA 3.2 – MAPA DE USO DO SOLO DA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFPR EM RIO NEGRO, PR. (EM DESTAQUE, TALHÃO AMOSTRADO).



FONTE: (Adaptado de EMERENCIANO; 2008).

3.1.2 Características do Povoamento

O experimento foi conduzido em um talhão de *Pinus elliottii* (Engelm.), implantado no ano de 1984. Esse talhão ocupa uma área de 15 hectares, com topografia plana, sujeita a alagamentos (Figura 3.3). O espaçamento inicial do plantio foi de 2 x 2,5m sendo que práticas de poda e desbastes não foram realizadas. A vegetação que ocupava a área originalmente é descrita como Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

FIGURA 3.3 – VISTAS DO TALHÃO ONDE O EXPERIMENTO FOI CONDUZIDO.

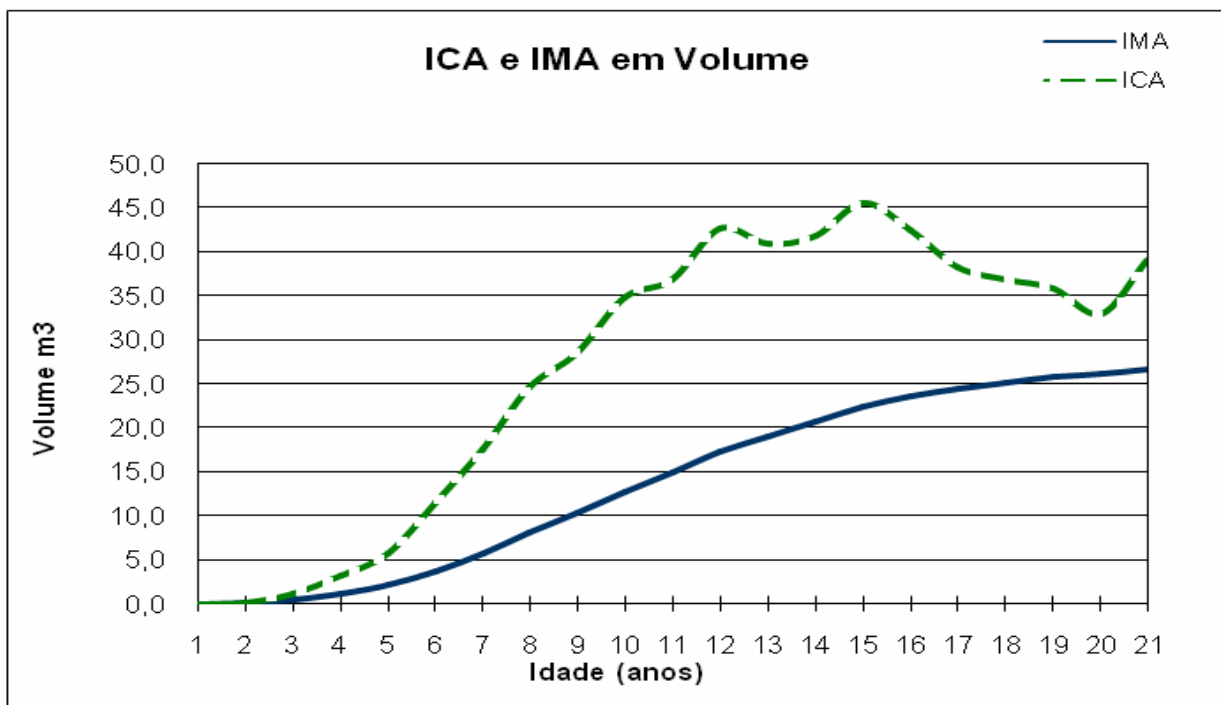


FONTE: O autor / 2007.

No ano de 2005 foi executado um inventário florestal, indicando um volume de 560,65m³/ha e área basal de 47,16m²/ha.

Observa-se na Figura 3.4 que a floresta apresentou um crescimento constante em volume corrente anual até o 12^o ano e posteriormente a esse período o acréscimo em volume sofreu uma redução, indicando uma possível competição entre as árvores. O incremento médio anual indica que a floresta pode estar próxima de atingir o estoque máximo em volume, para essas condições de sítio, muito embora continue apresentando um acréscimo anual em área basal e volume.

FIGURA 3.4 – INCREMENTO CORRENTE ANUAL E MÉDIO ANUAL EM VOLUME.



FONTE: EMERENCIANO,(2008).

3.1.3 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Cfb, com temperatura média do mês mais quente apresentando temperatura inferior a 22° C, onze meses com temperatura superior a 10° C e com mais de cinco geadas por ano (BATISTA, 1995; MAACK, 2002).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Durante a fase de planejamento as operações desenvolvidas foram ordenadas e executadas em etapas: dados meteorológicos; fórmulas de monte alegre (FMA e FMA⁺); instalação do experimento e coletas de campo; laboratório e análises estatísticas.

3.2.1 Dados Meteorológicos.

Os estudos climáticos ocupam uma posição relevante na realização desse trabalho, devido à influência das variáveis meteorológicas sobre o material combustível.

Dessa forma, foram analisadas preliminarmente as variáveis meteorológicas de 2192 dias, compreendendo o período entre 2001 e 2006. Os dados, fornecidos pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR, da Estação Meteorológica localizada no município da Lapa-PR com distância de aproximadamente 45 Km do local de estudo.

Informações de temperatura, umidade relativa e precipitação foram também coletadas na Fazenda Experimental durante o período de março de 2006 à julho de 2008, com auxílio de um termohigrógrafo modelo 8145 Lufft e um pluviógrafo modelo Hellmann-Fuess. (Figura 3.5).

Os dados meteorológicos foram monitorados durante o desenvolvimento da pesquisa e das coletas de campo (Anexos 1 e 2). Após a conclusão dos trabalhos de campo, os dados referentes ao comportamento histórico do clima foram comparados com os dados dos anos em que a pesquisa foi desenvolvida (2007 e 2008).

Informações de umidade relativa, temperatura e velocidade do vento durante as coletas de campo também foram obtidas por meio de uma estação meteorológica portátil, modelo Kestrel 3000.

FIGURA 3.5 – PLUVIÓGRAFO E TERMOHIGRÓGRAFO INSTALADOS NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR.



FONTE: O autor / 2007.

Os dados meteorológicos foram processados no *software Excel*.

Para o desenvolvimento das equações de estimativa da umidade dos materiais combustíveis foram adotados valores numéricos para cada estação do ano.

A convenção adotada para designar as estações do ano foi a seguinte:

- a) 1 – inverno
- b) 2 – primavera
- c) 3 – verão
- d) 4 – outono

3.2.2 Fórmulas de Monte Alegre (FMA e FMA⁺)

Para se determinar os índices de perigo de incêndios diários (FMA e FMA⁺), foram organizados dois grupos de dados no *software Excel*. Esses dois grupos de dados foram denominados:

- a) (FZ) correspondente aos dados meteorológicos de umidade relativa das 13:00 horas e precipitação acumulada diariamente, registrados na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR e velocidade do vento das 13:00 horas obtidos na Estação Meteorológica da Lapa-PR;

b) (LP) correspondente aos dados meteorológicos obtidos na Estação Meteorológica do Simepar localizada na Lapa-PR.

Optou-se por trabalhar com dois grupos de dados por existir diferenças entre os dados meteorológicos registrados na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR e os dados registrados na Estação Meteorológica da Lapa-PR. Posteriormente os índices de perigo de incêndios foram calculados com auxílio de um programa na linguagem Pascal, desenvolvido por Nunes (2005). O Programa lê um arquivo de entrada no formato txt, com os seguintes campos: Data; Umidade Relativa; Vento e Precipitação, como apresentados no exemplo a seguir.

Data	UR	Vento	Precipitação
01/1/2001	52.80	1.60	0.0
02/1/2001	58.30	3.90	2.0
03/1/2001	51.10	3.50	2.0
n.....			

A saída, apresentada no exemplo a seguir é um arquivo no formato txt que apresenta para cada dia os valores calculados de FMA e FMA⁺.

Data	UR	Vento	Prec	Grau FMA	Índice FMA	Grau FMA ⁺	Índice FMA ⁺
1/1/2001	65.20	1.00	0.00	1.53	pequeno	1.60	nulo
2/1/2001	53.30	1.00	0.00	3.41	médio	3.55	nulo
3/1/2001	42.50	3.10	0.00	5.76	médio	6.52	pequeno
n ...							

Esse arquivo foi novamente processado no *software Excel*, resultando em gráficos que descrevem o comportamento do índice de perigo de incêndios FMA⁺ por estação do ano.

A análise dos gráficos obtidos foi de grande importância para o planejamento das etapas de coleta do material em campo, uma vez que revelaram o comportamento do índice de perigo de incêndios ao longo das estações do ano.

Para as análises de correlação e para o desenvolvimento dos modelos matemáticos de estimativa da umidade do material combustível o índice foi incorporado nas equações de acordo com os valores diários ou de acordo com o grau de perigo de incêndio (Quadro 3.1).

QUADRO 3.1 – GRAU DE FMA E FMA+ UTILIZADOS NOS AJUSTES DOS MODELOS MATEMÁTICOS DESENVOLVIDOS

Descrição	Valor Utilizado
Nulo	1
Pequeno	2
Médio	3
Alto	4
Muito alto	5

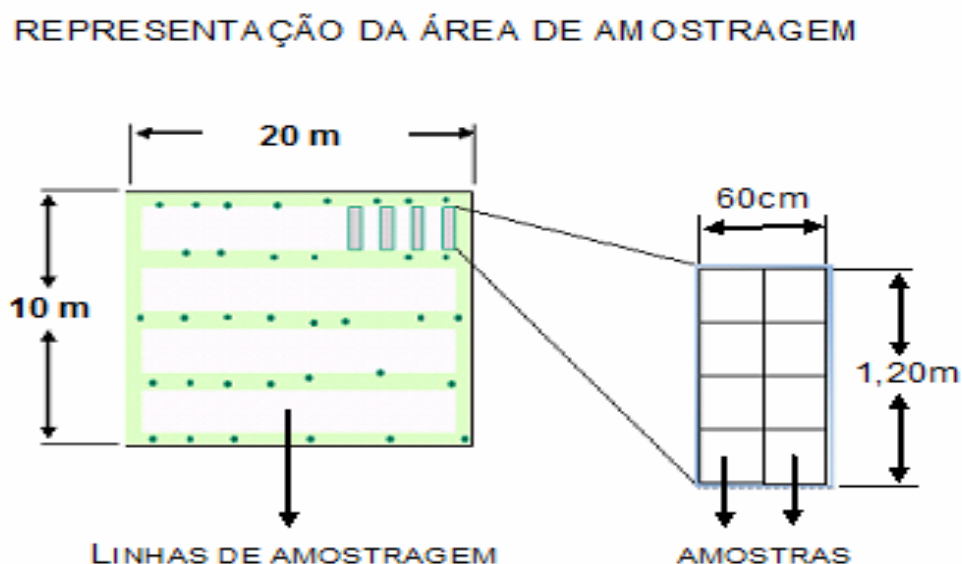
FONTE: O autor / 2008

3.2.3. Instalação do Experimento e Coletas de Campo

A determinação do local para a instalação do experimento foi feita após incursões no talhão, onde se buscou um local com maior representatividade para o povoamento, evitando as bordaduras.

O local do experimento totalizou uma área de 200 m², dividida em quatro faixas de coleta, sendo cada faixa correspondente a uma estação do ano (Figura 3.6). Essas faixas foram posicionadas entre as linhas de plantio, sentido Norte-Sul e as coletas do material combustível foram feitas no espaço intermediário entre as árvores.

FIGURA 3.6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO EXPERIMENTO INSTALADO NO TALHÃO 02 DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR PARA A COLETA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.



FONTE: O autor / 2007

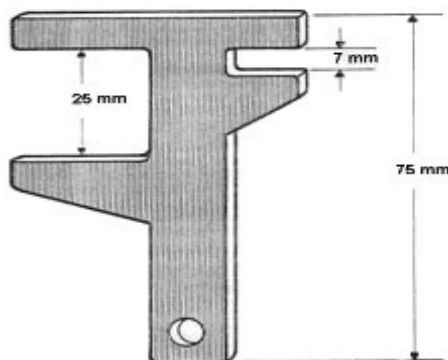
A fase de coleta de campo foi programada para ser desenvolvida em um ano, contemplando coletas ao longo das quatro estações, com início das coletas no inverno de 2007 e término no outono de 2008, buscando os períodos em que o ambiente estivesse mais seco em cada estação.

As incursões ao campo foram programadas tendo por base o comportamento do FMA e FMA⁺ no período de 2001 a 2006.

O experimento compreendeu um total de 60 dias de coleta, sendo 15 dias por estação do ano e 8 amostras coletadas por dia, em um total de 480 amostras.

As unidades amostrais eram compostas por uma área de 30 x 30 cm. O material combustível foi agrupado em classes diamétricas, de acordo com Brown; Oberhew e Zohnsten (1982), com o auxílio de um medidor de diâmetros (Figura 3.7).

FIGURA 3.7 - CALIBRADOR DE DIÂMETRO UTILIZADO PARA SEPARAR AS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL



FONTE: BROWN (1974)

A manta morta de material combustível “*litter*”, foi medida logo após a limitação da área pelo corte do material combustível (MOLCHANOV 1965), conforme recomendado por Brown (1982). O valor da espessura correspondeu à média de 2 medições feitas nas laterais da parcela.

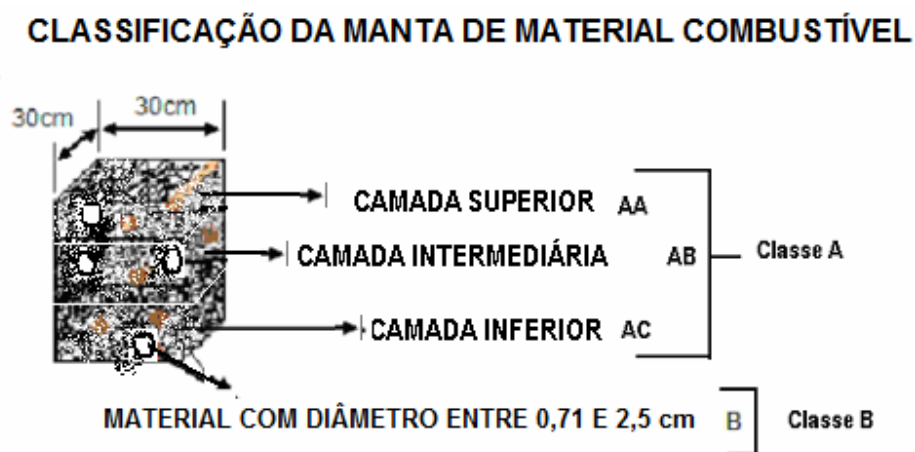
O material combustível coletado em cada amostra apresentou somente duas classes: Classe A, com espessura entre 0 e 0,7cm e Classe B com espessuras entre 0,71 a 2,5cm.

O material com diâmetro superior a 2,5 cm não foi amostrado por apresentar uma amplitude muito variável de umidade e também pelas características relacionadas com *timelag* desse material, que indicam que essa classe demora muito tempo para variar o conteúdo de umidade.

As amostras eram coletadas, pesadas e registradas em formulário (Anexo 3).

De acordo com Molchanov (1965), a manta morta adquire uma certa estrutura devido à influência da precipitação, temperatura do ar, flora criptogâmica e insetos, sendo constituída por três camadas. Dessa forma, a classe (A) foi dividida em 3 subclasses (Figura 3.8), com objetivo de se efetuar uma análise mais criteriosa do comportamento da umidade do material combustível no solo da floresta.

FIGURA 3.8 – ESQUEMA DE CARACTERIZAÇÃO DAS CAMADAS COLETADAS E QUE FORMAM A MANTA DE MATERIAL COMBUSTÍVEL



FONTE: O autor / 2007

O material combustível coletado foi caracterizado da seguinte forma:

- a) Camada superior - formada por folhas e ramos entre 0 e 0,7cm de diâmetro. Camada caracterizada por acículas de cor marrom clara, com brilho e bastante rígido, indicando ocupar o solo recentemente;
- b) Camada intermediária - formada por folhas e ramos entre 0 e 0,7cm de diâmetro. Essa camada é composta por acículas de coloração marrom, mas com ausência de brilho, o material apresenta menor rigidez, já apresentando indícios do início da decomposição;
- c) Camada inferior - formada por folhas e ramos entre 0 e 0,7cm de diâmetro. Essa camada é caracterizada por apresentar um material de coloração marrom escuro, em processo de decomposição avançado e baixa rigidez;
- d) Material com diâmetro entre 0,71 e 2,5cm - caracterizado por conter basicamente ramos, em diferentes estágios de decomposição e presentes em todas as sub-classes descritas anteriormente.

As coletas das 8 amostras diárias foram realizadas entre 12:00 e 14:00 horas, da seguinte forma:

- a) Corte das amostras, com auxílio de uma faca e duas réguas de madeira;
- b) Após recortar a amostra (30 x 30 cm) as sub-classes eram coletadas separadamente e acondicionadas em embalagens de plástico; o material de outras classes, com diâmetro superior a 2,5cm presente nas amostras era descartado;
- c) Concluída a coleta do dia, esse material era imediatamente pesado, as informações registradas em formulário de campo (Anexo 3) e posteriormente era feito o acondicionamento do material combustível para ser conduzido ao laboratório;
- d) Durante a coleta, às 13:00 horas, era feita uma leitura das variáveis meteorológicas umidade relativa, vento e temperatura dentro do povoamento;
- e) Na coleta das amostras do dia seguinte, o corte das amostras era efetuado a uma distância de 50cm. Essa distância mantida entre um dia de coleta e outro foi fixada para evitar possíveis influências no material combustível.

3.2.4 Laboratório

Nesta etapa o material combustível, após a sua chegada ao laboratório, era preparado para ser seco, sendo transferido para embalagens de papel Kraft e em seguida posto em estufa a 75°C por 72 horas.

Após a secagem, esse material era pesado e os valores referentes ao peso do material seco eram armazenados em formulário próprio (Anexo 4). Em seguida essa informação era transferida para planilhas do *software Excel* e determinado o teor de umidade, com o uso da seguinte equação:

$$UMC = \frac{P_u - P_s}{P_s} * 100$$

Onde: **UMC** = porcentagem de umidade do material combustível;
P_u = peso do material úmido (no momento da coleta);
P_s = peso do material seco (após a secagem em estufa).

3.2.5 Análises Estatísticas

Para o desenvolvimento dos modelos matemáticos de estimativa da umidade dos materiais combustíveis e análises de correlação dos dados obtidos nas coletas de campo, juntamente com os dados meteorológicos obtidos na Fazenda experimental de Rio Negro-PR e na Estação Meteorológica do Simepar da Lapa-PR foram configurados dois grupos de dados, assim denominados:

a) Dados da Fazenda (FZ)

a₁) Dados meteorológicos de umidade relativa das 13:00 horas, precipitação pluviométrica diária e número de dias sem chuvas, registrados na Fazenda Experimental de Rio Negro e velocidade do vento das 13 horas registrados na Estação Meteorológica da Lapa - PR;

a₂) Dados amostrais de umidade dos materiais combustíveis em suas respectivas classes.

b) Dados da Lapa (LP)

b₁) Dados meteorológicos de precipitação pluviométrica diária, número de dias sem chuvas, umidade relativa das 13:00 horas e velocidade do vento das 13 horas, registrados na Estação Meteorológica da Lapa - PR. Dados amostrais de umidade dos materiais combustíveis em suas respectivas classes.

b₂) Dados amostrais de umidade dos materiais combustíveis em suas respectivas classes.

Posteriormente os dois grupos foram submetidos às análises estatísticas de variância (ANOVA), teste de comparação de médias (SNK) e correlação.

A geração dos modelos matemáticos para a estimativa da umidade das classes de material combustível foi executada usando o processo de *backward*, que consiste em usar todas as variáveis selecionadas inicialmente. Seqüencialmente as variáveis de menor importância eram retiradas. Para selecionar os melhores modelos e testar a qualidade dos ajustes dos modelos, foram utilizados dois parâmetros de comparação:

a) Coeficiente de Determinação (R^2) - parâmetro que expressa o quanto as variações da variável dependente são explicadas pelas variáveis independentes.

b) Erro Padrão da Estimativa (S_{yx}) - que expressa o quanto, em termos médios, os valores observados variam em relação aos valores estimados.

Para a interpretação das variáveis descritas nos modelos matemáticos de estimativa da umidade dos materiais combustíveis e nas matrizes de correlação adotaram-se as convenções descritas no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA COMPOSIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS.

Nome das Variáveis dos modelos matemáticos	DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	UNIDADE
E	Estações do ano	1 a 4
U_{AA}	Umidade do material combustível Superficial (AA)	%
U_{AB}	Umidade do material combustível intermediário (AB)	%
U_{AC}	Umidade do material combustível Inferior (AC)	%
U_B	Umidade do material combustível da classe (B)	%
U_{LP}	Umidade Relativa do Ar da Lapa	%
W_{LP}	Velocidade do Vento da Lapa	M/s
P_{LP}	Precipitação da Lapa	mm
F_{LP}	Fórmula de Monte Alegre (dados Lapa)	Valor
GF_{LP}	Grau da Formula de Monte Alegre (dados Lapa)	1 a 5
F_{+LP}	Fórmula de Monte Alegre Alterada (dados Lapa)	Valor
GF_{+LP}	Grau da Fórmula de Monte Alegre Alterada(dados Lapa)	1 a 5
U_{Fz}	Umidade Relativa do Ar da Fazenda	%
P_{Fz}	Precipitação da Fazenda	mm
F_{Fz}	Fórmula de Monte Alegre (dados Fazenda)	Valor
GF_{Fz}	Grau da Fórmula de Monte Alegre (dados Fazenda)	1 a 5
F_{+Fz}	Fórmula de Monte Alegre Alterada (dados Fazenda)	Valor
GF_{+Fz}	Grau da Fórmula de Monte Alegre Alterada (dados Fazenda)	1 a 5

FONTE: O autor / 2007

3.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DURANTE A PESQUISA

3.3.1 No laboratório

Para a realização dos trabalhos no laboratório de incêndios florestais da UFPR foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- a) Prancheta, formulário para cálculo de umidade, canetas, lápis, pincel atômico;
- b) Embalagens de papel para acondicionar as amostras para a secagem em estufa;
- c) 2 Estufas Fanem, modelos 315 se; 515 se, com capacidade de 1m³, para secagem do material;
- d) Balança Ohaus com capacidade de 2610 g, com precisão de 0,1g para pesagem das amostras após a secagem;
- f) Computador portátil.

3.3.2 Campo

De maneira geral, para a realização das atividades de coleta de material combustível foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- a) Uma trena (10 m) para delimitar o local do experimento;
- b) Prancheta, formulário de campo, canetas, lápis, pincel atômico e sacos plásticos para acondicionar o material coletado;
- c) Faca, régua de madeira para cortar as amostras e régua para medir a espessura da manta de material combustível (liteira);
- d) Mochila com capacidade para 70 litros, para transporte do material;
- e) Termohigrógrafo modelo 8145 Lufft (Figura 3.5);
- f) Pluviógrafo modelo Hellmann-Fuess (Figura 3.5);
- g) Estação meteorológica portátil, modelo Kestrel 3000;
- h) Balança Ohaus com capacidade de 2610 g, com precisão de 0,1g para pesagem das amostras;
- i) Um calibrador de diâmetro, utilizado para classificar os combustíveis florestais nas suas respectivas classes de diâmetro (Figura 3.7);
- j) Máquina fotográfica digital;
- k) Computador portátil.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de melhor apresentar os resultados, esse capítulo foi sub-dividido em cinco partes, que seguem a seqüência de trabalho e foram dispostas da seguinte forma:

- a) Meteorologia;
- b) Material Combustível;
- c) Fórmula de Monte Alegre FMA e FMA⁺;
- d) Análises de Correlação da Umidade dos Combustíveis com o FMA e FMA⁺
- e) Estimativa da Umidade do Material Combustível.

4.1 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.

Foram analisados, preliminarmente 2192 dias, compreendendo o período entre 2001 e 2006, com os dados fornecidos pelo Instituto Tecnológico Simepar, da Estação Meteorológica localizada no município da Lapa-PR, que configuraram o comportamento histórico do clima da região, ao longo das estações do ano (Tabela 4.1).

O conhecimento do comportamento histórico do clima foi fundamental para planejar e orientar a pesquisa, pois por meio dessa análise foram constatados os períodos com maior ocorrência de chuvas, como também os melhores períodos para realizar as coletas de campo.

TABELA 4.1 – NÚMERO DE OBSERVAÇÕES PARA ANÁLISE PRELIMINAR DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DA LAPA-PR PARA O PERÍODO DE 2001 A 2006.

BANCO DE DADOS PARA ANALISE DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS		
ESTAÇÕES DO ANO	Número de dias	Porcentagem
PRIMAVERA	539	24,60
VERÃO	534	24,37
OUTONO	559	25,51
INVERNO	560	25,56
TOTAL	2192	100

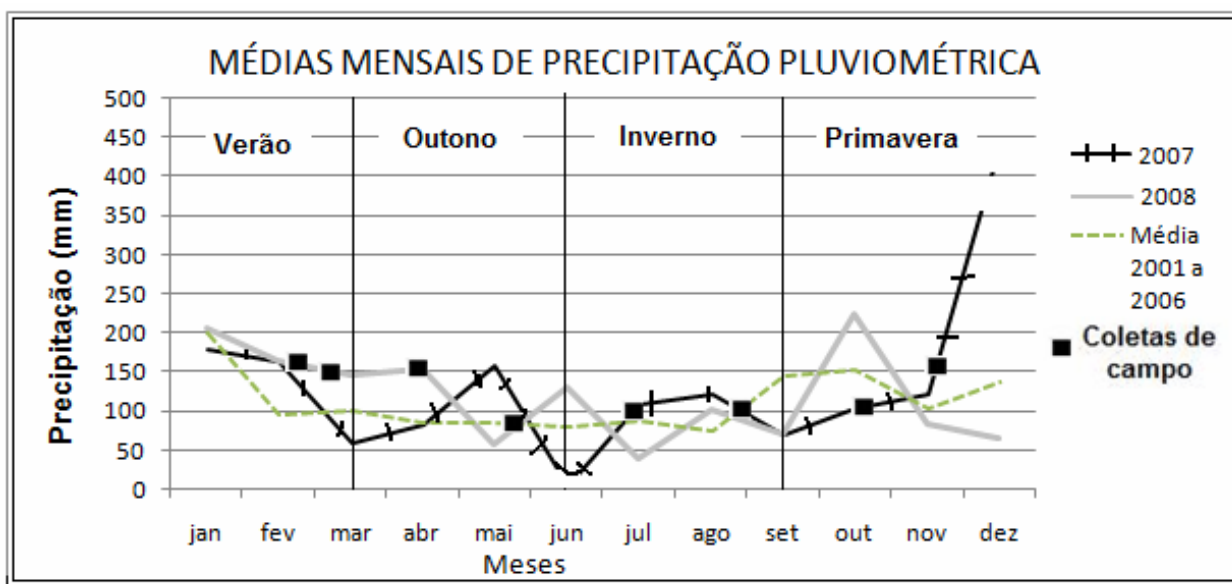
FONTE: O autor / 2007

4.1.1 Precipitação Pluviométrica

A Figura 4.1 apresenta as médias mensais de precipitação pluviométrica, onde podem ser observados os períodos de coleta em campo, inverno e primavera de 2007 e verão e outono de 2008.

De maneira geral, os dados referentes à precipitação (Figura 4.1) não apresentaram situações extremas quando comparados com a média histórica, exceto em dezembro de 2007, quando ocorreram chuvas bem acima da média. Observou-se ainda que a precipitação mensal acumulada seguiu uma distribuição regular ao longo do ano, confirmando Soares e Batista (2004), os quais citam que na região Sul do Brasil as precipitações mensais variam pouco ao longo do ano, sem variações muito pronunciadas entre períodos mais ou menos chuvosos. No mês de junho de 2007 a precipitação foi bastante inferior à média histórica, já em dezembro do mesmo ano a precipitação foi bastante superior (Figura 4.1).

FIGURA 4.1 – DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE COLETA DE DADOS (2007 E 2008) E MÉDIAS MENSAS PARA O PERÍODO DE (2001 A 2006).



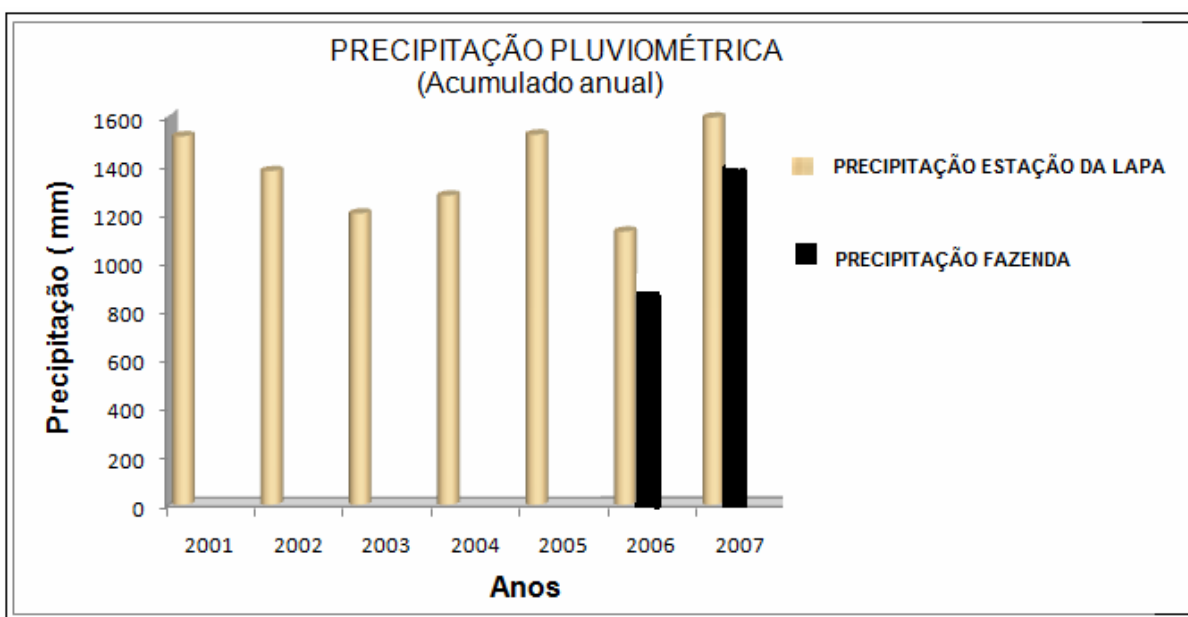
FONTE: O autor / 2009

Considerando o volume acumulado anual de precipitação pluviométrica (Figura 4.2), nota-se que o pluviômetro instalado na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR registrou nos anos de 2006 e 2007 um volume de chuvas inferior aos registrados na Estação Meteorológica da Lapa-PR, mostrando a importância do monitoramento das variáveis meteorológicas no local de estudo, principalmente da chuva, que tem grande influência na umidade dos combustíveis.

Segundo Soares (1985), a precipitação é de suma importância para a caracterização do clima, estando a ocorrência dos incêndios sempre associada a períodos sem chuva. Existe uma forte correlação entre ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca.

Na Figura 4.2 pode ser observado que o volume acumulado de precipitação foi maior na Estação Meteorológica da Lapa, quando comparado com a precipitação da Fazenda Experimental de Rio Negro. O ano de 2006 foi mais seco, com precipitação de aproximadamente 1200 e 900 mm para a Estação Meteorológica da Lapa – PR e Fazenda Experimental respectivamente.

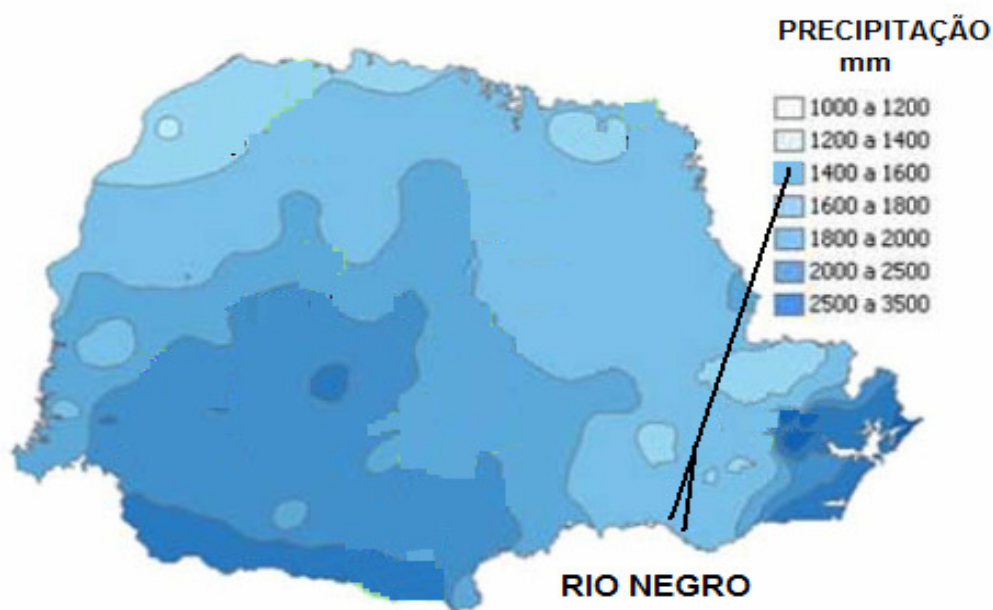
FIGURA 4.2 – REGISTROS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (ACUMULADO ANUAL) PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO SIMEPAR LOCALIZADA NA LAPA-PR E DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO-PR.



FONTE: O autor / 2008

De acordo com o Instituto Tecnológico Simepar (2008), a precipitação histórica para o local do estudo situa-se entre 1400 e 1600 mm anualmente (Figura 4.3).

FIGURA 4.3 – MÉDIA HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO PARA O PARANÁ. (ACUMULADO ANUAL).



FONTE: Adaptado SIMEPAR (2008)

Com objetivo de verificar o comportamento da precipitação pluviométrica para o período de janeiro de 2006 a junho de 2008, entre os dados registrados na Estação Meteorológica da Lapa-PR em relação aos registros do Pluviógrafo instalado na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR, foi desenvolvida a análise de variância (Tabela 4.2). Os resultados detectaram diferenças estatisticamente significativas entre os dados coletados nas duas localidades, reforçando a importância dos registros meteorológicos próximo ao local do estudo.

TABELA 4.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, OCORRIDA NA FAZENDA EXPERIMENTAL E NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA - PR, PARA O PERÍODO DE 2006 A JUNHO DE 2008.

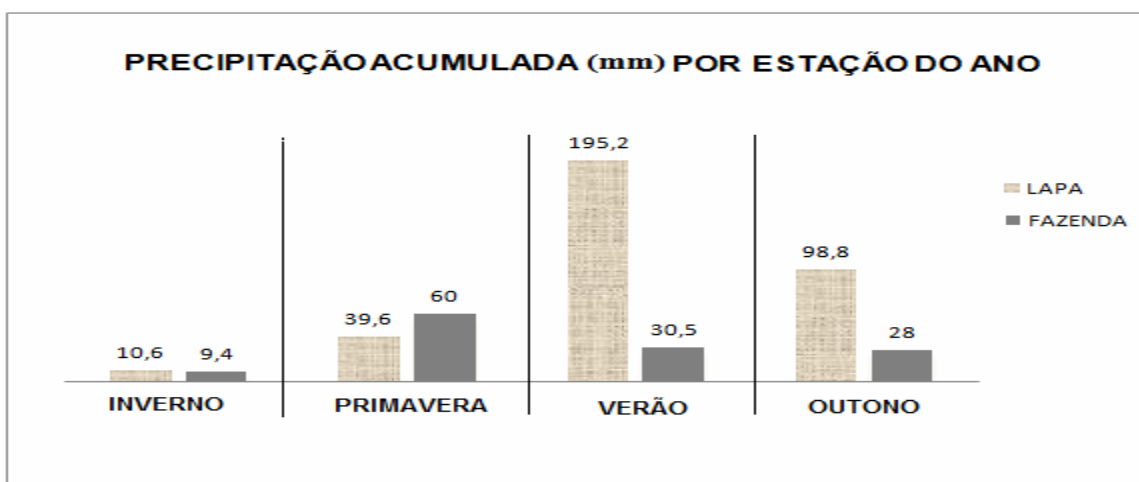
F. Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Valor de F	Nível de significância
Estações do ano	1254,26	3	418,087	4,59	0,0033**
Local	350,44	1	350,443	3,85	0,0498
Resíduos	163647,0	1797	91,0667		
Total	165255	1801			

*significativo ao nível de 99%

FONTE: O autor / 2009

O detalhamento dos registros da precipitação acumulada diária para os 60 dias de coleta na Estação Meteorológica da Lapa-PR e no Pluviógrafo instalado na Fazenda Experimental de Rio Negro-PR pode ser visualizado no gráfico apresentado na Figura 4.4. Verificou-se que os registros das chuvas da Estação Meteorológica da Lapa foram expressivamente maiores que os da Fazenda Experimental de Rio Negro - PR.

FIGURA 4.4 – PRECIPITAÇÃO REGISTRADA NOS DIAS DE COLETA DE DADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA E NO PLUVIÓGRAFO DA FAZENDA



FONTE: O autor / 2009

As análises das variáveis meteorológicas são muito importantes nos estudos dos combustíveis florestais. Brown e Davis (1973) consideram que as principais variáveis climáticas que controlam a umidade do material combustível são a precipitação, a umidade relativa e a temperatura. Nesse contexto, a precipitação é, sem dúvida, a variável meteorológica capaz de alterar com maior rapidez as condições de umidade dos combustíveis florestais mortos, sendo fundamental a atenção para essa variável.

Na tabela 4.3 é apresentada a comparação de médias pelo teste SNK, onde pode ser observado que as estações do ano compõem 2 grupos homogêneos (outono/inverno e primavera/verão). Verifica-se que o inverno e a primavera apresentaram valores das médias bastante próximas, embora sejam de grupos diferentes pela estatística.

TABELA 4.3 – COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO OCORRIDA POR ESTAÇÕES DO ANO.

Tratamentos				
Variáveis	Inverno	Outono	Verão	Primavera
Média	376 a	556 a	512 b	358 b
CV%	2,57	2,85	4,42	4,42
P

Legenda: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste SNK.

FONTE: O autor / 2009

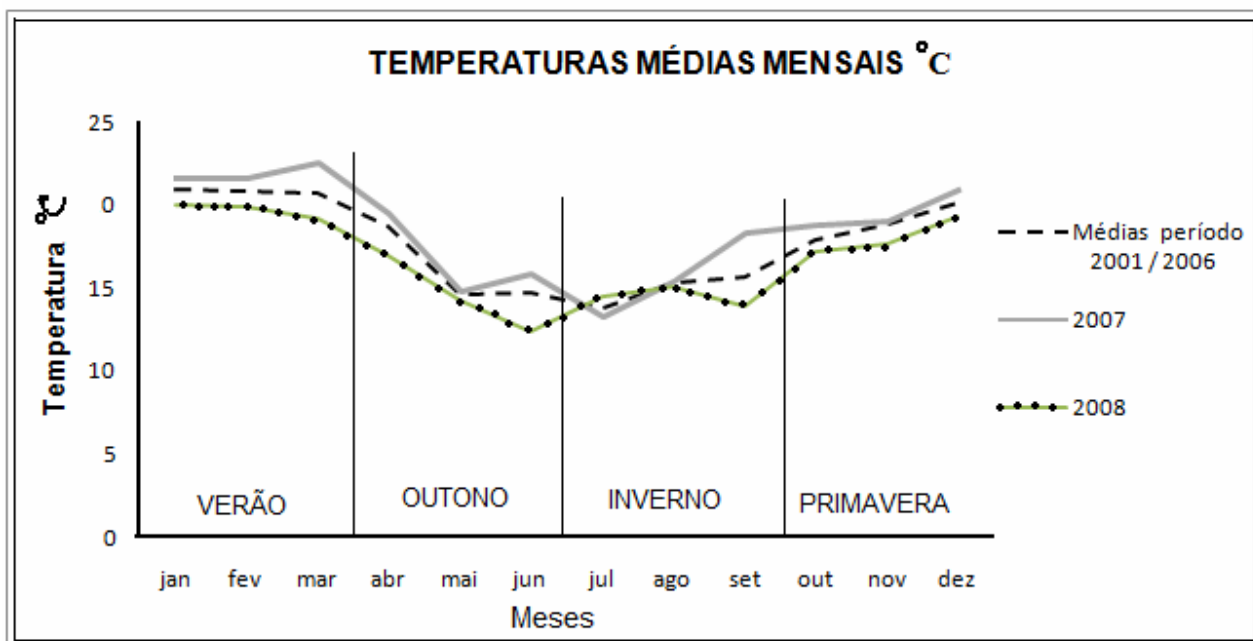
4.1.2 Temperatura.

A Figura 4.5 mostra a distribuição mensal das temperaturas médias durante o período de coletas de campo. De acordo com o gráfico observa-se que as temperaturas durante o período de 2007 a 2008 estiveram próximas da média histórica. Verifica-se ainda que o ano de 2007 foi mais quente em relação à média histórica.

Nos meses de janeiro, fevereiro e março as médias estiveram próximas dos 20° C, já os meses de maio, junho, julho e agosto, compreendendo parte do outono e do inverno

apresentaram temperaturas médias próximas dos 15° C (Figura 4.5). Segundo Soares e Batista (2004), a temperatura é um dos principais elementos na composição do clima, devendo-se levar em conta as variações mensais e não apenas as médias anuais, para se caracterizar o clima de uma região.

FIGURA 4.5 – MÉDIAS MENSAIS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA-PR.



FONTE: O autor / 2009

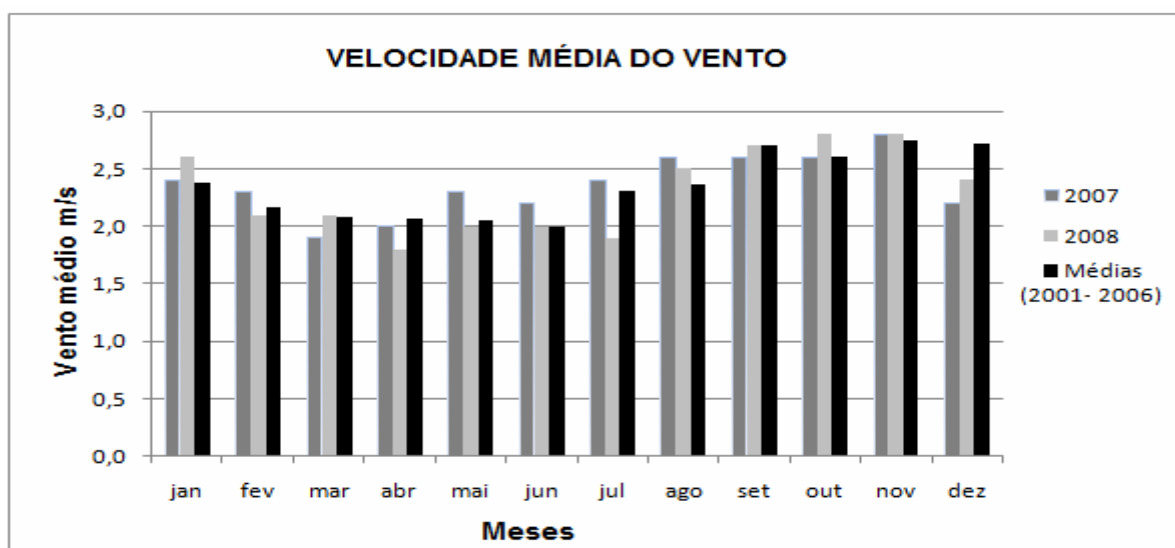
4.1.3 Vento.

Na Figura 4.6 é apresentada a distribuição das médias mensais de velocidade do vento registradas às 13 horas para os anos de 2006, 2007 e para uma média de 2001 a 2006. Pode-se observar no gráfico que os ventos sopram com maior velocidade de agosto a novembro. O período compreendido entre os meses de março e abril apresentou ventos com menores velocidades. A movimentação do ar atua diretamente sobre o material combustível, favorecendo o transporte da umidade do interior da floresta. De acordo com Brown & Davis (1973), o vento e a radiação solar são fatores importantes na secagem, mas exercem sua

influência pela modificação da temperatura dos combustíveis e da temperatura e umidade relativa nas camadas de ar adjacente.

As condições climáticas presentes no período correspondente ao final do inverno, com ventos mais fortes, menor precipitação e material combustível alterado pela ocorrência de geadas tornou esse período mais propício à ocorrência e propagação dos incêndios.

FIGURA 4.6 – DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSAIS DA VELOCIDADE DO VENTO 13:00 HORAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA



FONTE: O autor / 2009

4.1.4 Umidade Relativa do Ar.

O conhecimento do comportamento histórico da umidade relativa é de grande relevância, pois essa variável atua diretamente sobre o material combustível, alterando suas condições de inflamabilidade. A Tabela 4.4 apresenta diferenças estatisticamente significativas da umidade relativa do ar das 13:00 horas entre as estações do ano.

TABELA 4.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR (UR) EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

F. Variação	SQ	GL	QM	Valor de F	Significância
Estações do ano	26656,3	3	8885,43	26,68	0,0000**
Local	78746,1	1	78746,10	236,42	0,0000**
Resíduos	598549,0	1797	333,08		
Total	703951,0	1801			

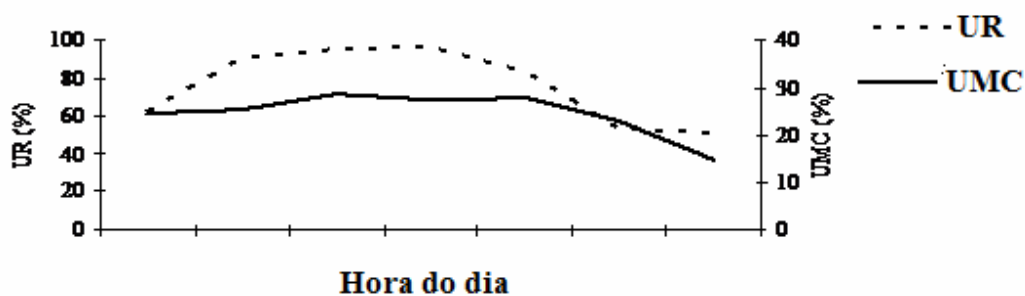
** significativo ao nível de 99%

FONTE: O autor / 2009

As diferenças de UR observadas ao longo das estações (Tabela 4.4), influenciaram diretamente sobre a umidade do material combustível. Os períodos referentes ao outono e inverno (mais seco) ajudaram a manter o material superficial mais seco. Segundo Soares e Batista (2007), a umidade do material combustível é o reflexo do clima e das condições atmosféricas e pode variar rapidamente.

De acordo com Alves, Batista e Pereira (2007), existe uma forte relação entre as variáveis que representam as condições meteorológicas e a umidade do material combustível (superficial). A Figura 4.7 representa a variação da umidade do material combustível superficial em função umidade relativa do ar ao longo do dia, em um povoamento de *Pinus elliottii*.

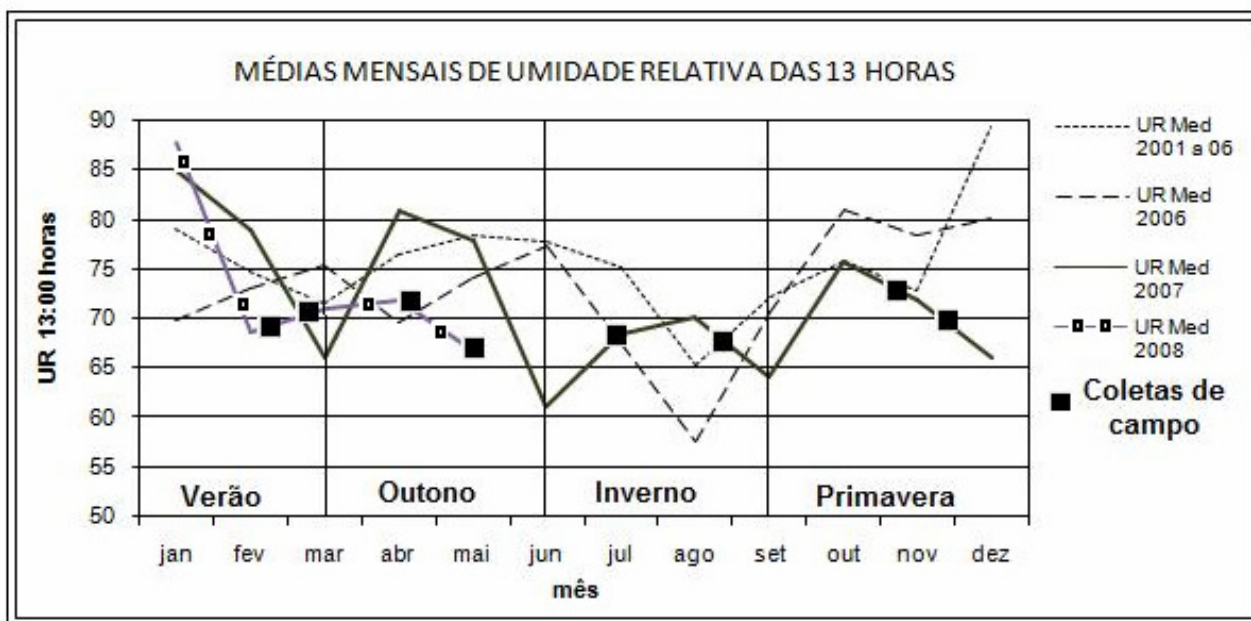
FIGURA 4.7 VARIAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA HORÁRIA EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.



FONTE: ALVES et al (2007).

A Figura 4.8 apresenta a distribuição média da umidade relativa das 13:00 horas registrada na Lapa-PR ao longo do ano, onde pode-se observar que a umidade relativa média de 2001 a 2006 apresentou pouca variação com relação ao período da pesquisa, exceto no final da primavera. Verificou-se uma umidade relativa maior no início do verão.

FIGURA 4.8 – DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS MENSIS DE UMIDADE RELATIVA DO AR PARA AS 13:00 HORAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA -PR.



FONTE: O autor / 2009

Complementando os estudos referentes à umidade relativa do ar das 13:00 horas, foi feita uma análise de correlação desta variável, entre os dados da Estação da Lapa-PR, com os registros da Fazenda, para o período de janeiro de 2006 a junho de 2008. Essa análise revelou um coeficiente de correlação de 0,87 para 901 observações, indicando uma associação altamente significativa dos registros de UR para os dois locais.

4.2 MATERIAL COMBUSTÍVEL

4.2.1 Espessura da Manta.

A espessura da manta morta não apresentou grandes variações ao longo das estações do ano. A Tabela 4.5 apresenta as médias de espessura da manta registradas por estação do ano, que ficaram entre 14,8 e 15,3cm. Batista (1995), pesquisando combustíveis no interior de povoamentos de *Pinus taeda* no norte do Paraná observou uma espessura média da manta morta de 5,3cm. A variação da espessura em povoamentos de mesma espécie pode ser considerada normal. De acordo com Morozov (1926), em florestas de coníferas, as reservas de manta morta podem apresentar variações dentro de uma mesma espécie em função do clima. À medida que os povoamentos ficam mais velhos aumentam também as reservas de manta morta.

De acordo com Trevisan *et.al* (1987), a espessura total do horizonte orgânico depende da espécie, das condições de decomposição e da qualidade do sítio.

TABELA 4.5 – MÉDIAS DE ESPESSURA DA MANTA.

Estações	Número de amostras	Médias de espessura da manta (cm)
Inverno	120	14,8
Primavera	120	15,20
Verão	120	15,35
Outono	120	15,00

FONTE: O autor / 2009

A pouca variação da espessura da manta morta observada entre as estações do ano divergiu do que verificou Morozov (1926), estudando florestas de coníferas de clima temperado, onde constatou que as reservas de manta morta variam de acordo com o período vegetativo, atingindo o máximo na primavera e outono. O fato de não ter se verificado

grandes variações na espessura da manta pode estar relacionado diretamente com as condições climáticas. No Brasil, o clima tropical acelera o processo de decomposição.

A análise de variância apresentada na Tabela 4.6 atribui homogeneidade à espessura da manta de combustível florestal ao longo das estações do ano, não havendo diferença estatística significativa entre as estações ao nível de 95% de significância.

TABELA 4.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS ESPESSURAS DA MANTA EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

F. Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Valor de F	Nível de significância
Tratamentos	20,5781	3	6,85935	1,47	0,2232*
Repetições	2228,09	476	4,68087		
Total	2248,67	479			

* significativo ao nível de 95%

FONTE: O autor / 2009

4.2.2 Carga de Material Combustível.

Durante as coletas de material combustível pôde ser verificado um acúmulo contínuo do material sobre o solo da floresta. Verificou-se ainda que a quantidade de material sobre o solo foi intensificada pela morte de algumas árvores no interior do povoamento.

Na Tabela 4.7 é apresentada a carga do material combustível observada durante as coletas de campo. Verificou-se que o peso dos materiais combustíveis compreendendo acículas e pequenos galhos até 2,5cm de diâmetro foi bastante expressivo, sendo observada uma carga total média de 35,77 ton / ha, sendo 87% desse material integrante das classes AA; AB e AC. Os resultados obtidos apresentaram conformidade com Batista (1995), que constatou a predominância de material fino na composição do material combustível depositado no piso florestal em povoamentos de *Pinus taeda*, correspondendo mais do que 78,5% do peso total. De acordo com Sacket (1980); Kaufmann e Martin (1989), a classe de acículas pode representar de 65 a 84 % do peso total do material combustível.

Verificou-se ainda que a classe AC foi a camada mais expressiva de material combustível (Tabela 4.7).

TABELA 4.7 – CARGA MÉDIA POR CLASSE DE MATERIAL COMBUSTÍVEL.

CARGA MÉDIA DE COMBUSTIVEL POR CLASSE (Ton / ha)						
ESTAÇÕES	AA	AB	AC	B	Σ AA; AB; AC	TOTAL
Inverno	5,05	13,85	17,52	6,24	36,42	42,66
Primavera	5,00	12,12	14,17	4,54	31,29	35,84
Verão	3,59	10,65	13,12	4,49	27,36	31,85
Outono	4,70	11,14	12,73	4,18	28,57	32,75
Média	4,58	11,94	14,38	4,86	30,91	35,77

FONTE: O autor / 2009

A carga total de material combustível variou de 31,85 a 42,66 ton / ha, muito superior à quantidade observada por Batista (1995), que avaliando queimas controladas em *Pinus taeda*, encontrou valor médio de 10,31 ton / ha. Essas diferenças podem ser consideradas normais, devido a diferença de idade dos povoamentos. Morozov (1926), afirma que as variações da quantidade da manta morta são dependentes da espécie arbórea e da qualidade do povoamento.

Souza (2000), ao pesquisar combustíveis no interior de talhões de *Pinus taeda*, no Paraná, verificou que o volume de material aumenta em função do tempo. Pesquisas em áreas com idades mais avançadas, mostraram que a acumulação desse material ainda crescia, ou seja a deposição de material era maior que a decomposição.

A carga de combustível florestal pode apresentar grande variação em função do clima, espécie, da composição e manejo da vegetação, sítio entre outros (SOUZA, 2000).

Morozov (1926), observou em pesquisas desenvolvidas em florestas na Ucrânia reservas totais de manta morta variando de 4,0 a 8,0 ton. /ha.

Segundo Sozykin e Molchanov (1965), em seus estudos desenvolvidos em Moscou observou uma variação de 16,5 a 66,5 ton./ha de manta morta em florestas de coníferas.

4.2.3 Correlação da Umidade do Material Combustível em Função das Variáveis Meteorológicas.

A determinação das correlações entre as variáveis meteorológicas precipitação, vento e umidade relativa, com a umidade das classes de material combustível foi a técnica utilizada para descrever os relacionamentos entre as variáveis (Tabela 4.8).

A velocidade do vento apresentou associação muito baixa com todas as classes de material combustível. Os registros do vento foram feitos na Estação Meteorológica da Lapa - PR a 10 metros de altura e em condições muito diferentes das observadas no interior do povoamento e, provavelmente, por esse motivo essa associação foi baixa.

Os coeficientes de correlação obtidos quando se comparou as classes de material combustível entre si, apresentaram associação moderada entre as variáveis. Foi observado que a classe AA apresentou coeficientes de correlação de 0,67; 0,57 e 0,61, com as classes AB; AC e B respectivamente. A classe AB apresentou correlação de 0,59 com a classe AC e correlação de 0,68 com a classe B. A classe AC apresentou coeficiente de correlação de 0,65 com a classe B. Essa interação moderada entre as classes de material combustível revela a existência de uma dinâmica de troca e transição da umidade entre as classes que compõe a manta de combustível (Tabela 4.8). O Quadro 4.1 descreve as variáveis da Tabela 4.8.

TABELA 4.8 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.

	U_{AA}	U_{AB}	U_{AC}	U_B	U_{Lp}	U_{Fz}	W_{Lp}	P_{Lp}	P_{Fz}
U_{AA}									
U_{AB}	0,67**								
U_{AC}	0,57**	0,59**							
U_B	0,61**	0,68**	0,65**						
U_{Lp}	0,44**	0,32*	0,36*	0,32*					
U_{Fz}	0,42**	0,36*	0,32*	0,41*	0,87**				
W_{Lp}	0,04	0,16	-0,19	-0,06	-0,15	-0,17			
P_{Lp}	0,20	0,12	0,11	0,19	0,13	0,17	-0,08		
P_{Fz}	0,57**	0,38*	0,34*	0,15	0,18	0,19	0,28*	0,21	

*Significativo a 5% de probabilidade

**Significativo a 1% de probabilidade

FONTE: O autor / 2009

QUADRO 4.1 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL COM AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.

Nome das Variáveis dos modelos matemáticos	DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	UNIDADE
U_{AA}	Umidade do material combustível Superficial (AA)	%
U_{AB}	Umidade do material combustível intermediário (AB)	%
U_{AC}	Umidade do material combustível Inferior (AC)	%
U_B	Umidade do material combustível da classe (B)	%
U_{Lp}	Umidade Relativa do Ar da Lapa	%
W_{Lp}	Velocidade do Vento da Lapa	M/s
P_{Lp}	Precipitação da Lapa	mm
P_{FZ}	Precipitação da Fazenda	mm

FONTE: O autor / 2007

Os coeficientes de correlação das classes de combustível em função da precipitação, mostraram haver diferença entre os dados obtidos na Fazenda Experimental de Rio Negro e os dados registrados na Estação Meteorológica da Lapa-PR. Os coeficientes obtidos através de análise com os dados da Estação Meteorológica da Lapa apresentaram associação baixa entre as variáveis, com valores entre 0,12 a 0,20. Os coeficientes de correlação obtidos através de análise com os dados da Fazenda Experimental de Rio Negro indicaram associação moderada, variando entre 0,34 a 0,57. Dessa forma, verificou-se que os registros da precipitação no local do experimento foram fundamentais, retratando com maior fidelidade a dinâmica da água na manta de combustível. Verificou-se ainda que a classe de material combustível AA apresentou a melhor correlação com a precipitação (0,57), indicando ser a classe que responde mais rapidamente à chuva. O coeficiente de correlação da precipitação em função da classe de combustível B apresentou baixa associação, variando entre 0,19 a 0,15. Essa baixa correlação possivelmente está associada à relação superfície volume e outras características dessa classe de combustíveis (Tabela 4.8).

Os coeficientes de correlação das classes de material combustível em função da umidade relativa do ar foram moderados e variaram entre 0,32 a 0,41. Para a classe de material combustível AA verificaram-se valores entre 0,32 e 0,42. Batista (1984) encontrou coeficientes altos entre 0,63 a 0,84. Alves *et al* (2007), verificaram uma correlação de 0,809.

Para a classe B foi verificada uma associação entre a variável umidade relativa do ar e a umidade do material combustível de (0,32 a 0,36). Batista (1984), obteve correlações entre (0,52 e 0,72) para esta mesma classe (Tabela 4.8).

Os resultados das análises de correlação da umidade relativa em função das classes de material combustível demonstraram existir uma melhor correlação da umidade relativa do ar com combustíveis finos, em conformidade com resultados obtidos por Harrington (1982), em *Pinus ponderosa* e Batista (1984) em *Pinus Taeda*, ou seja, as melhores correlações são observadas para os materiais combustíveis de menores valores de *timelag* (Tabela 4.8).

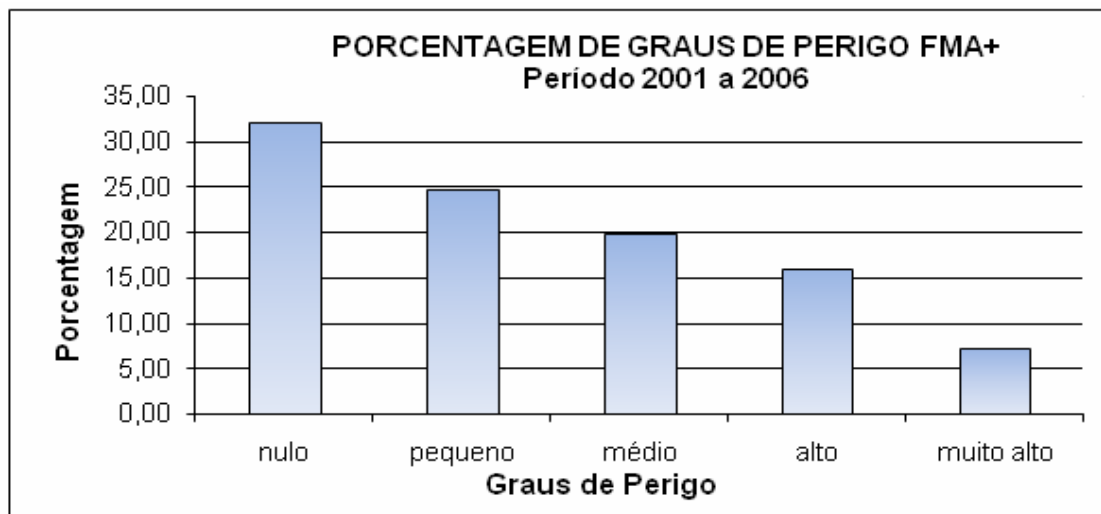
4.3 FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA

4.3.1 Comportamento Histórico da FMA⁺

O gráfico apresentado na Figura 4.9 reproduz a ocorrência dos graus de perigo de incêndios (Fórmula de Monte Alegre Alterada FMA⁺), para o período compreendido entre 2001 a 2006, mostrando a distribuição percentual dos graus de perigo de incêndio diários, onde se observa a predominância do grau nulo, com ocorrência em mais de 30% dos dias do ano. A soma dos percentuais nulo, pequeno e médio, com mais de 70% dos dias, indicam condições de chuvas regulares durante a maior parte do ano. Os graus alto e muito alto, que representam os períodos mais secos, com maiores riscos de ocorrência de incêndios ocupam juntos pouco mais de 20% dos dias do ano.

Os cálculos foram também efetuados para o FMA, mas optou-se por apresentar os resultados obtidos com o FMA⁺ porque, de acordo com Nunes (2005), permitem avaliar também o potencial de propagação do incêndio, sendo um fator de grande importância para a prevenção e combate aos incêndios que possam ocorrer.

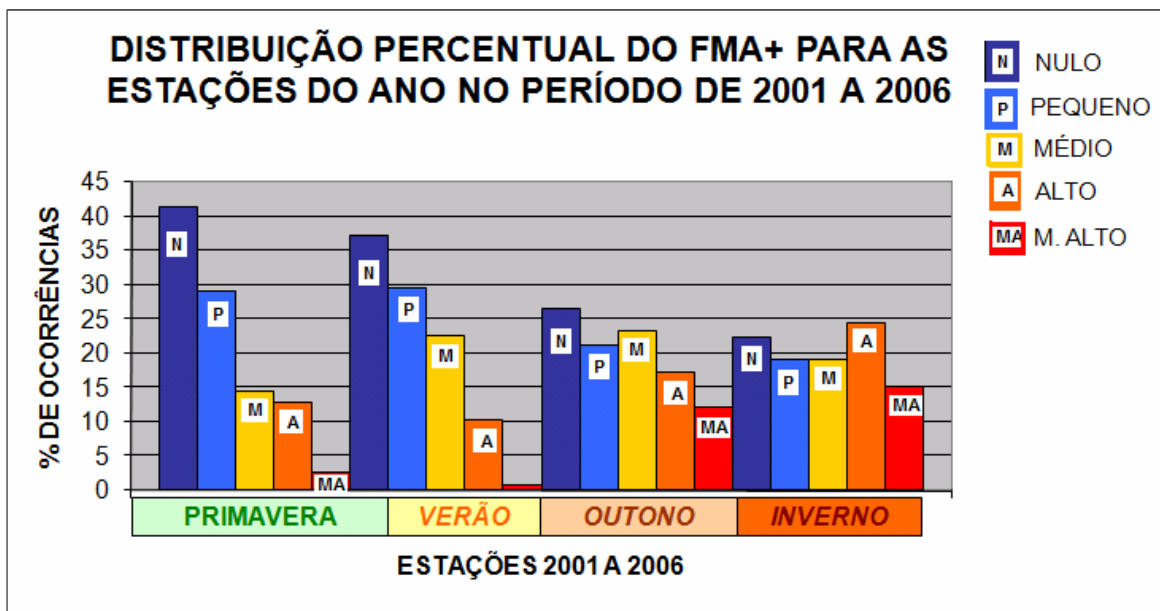
FIGURA 4.9 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ PARA O PERÍODO 2001 A 2006.



FONTE: O autor / 2007

A Figura 4.10 ilustra os graus de perigo de incêndio (FMA⁺) distribuídos percentualmente por estação do ano. Verifica-se no gráfico, que existem pequenas variações climáticas entre as estações que compreendem o período primavera-verão do período outono-inverno. A estação da primavera apresentou 13 e 2,5 % dos dias com risco de incêndio alto e muito alto, respectivamente. Para o verão, foram observados valores de 10 e pouco mais de 1% dos dias com risco de incêndio alto e muito alto, respectivamente. Esses baixos valores dos índices, se devem à maior frequência de chuvas, que mantém o material combustível com umidade elevada. As estações de outono e inverno apresentam os graus alto e muito alto bastante representativos, indicando chuvas irregulares e até mesmo a ausência de chuvas, ou seja, são estações mais secas (Figura 4.10), corroborando os resultados obtidos por Vosgerau (2005).

FIGURA 4.10 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ PARA O PERÍODO 2001 A 2006, POR ESTAÇÃO DO ANO.



FONTE: O autor / 2007

Os resultados apresentados na Figura 4.10 são compatíveis com várias pesquisas desenvolvidas no estado do Paraná, que indicam os períodos de outono, inverno e início da primavera como sendo os que concentram os maiores problemas com incêndios. SOARES e BATISTA (1985), baseados em dados obtidos em áreas restritas no estado do Paraná, confirmam a maior incidência das ocorrências de incêndios para os meses de julho, agosto e setembro, período de final de inverno e início da primavera.

De acordo com Soares e Santos (2002) a ocorrência de incêndios no Paraná estendem-se de julho a setembro. Soares (1989), observou no período de 1983 a 1987 que, os incêndios florestais no Brasil se concentra no inverno e início de primavera.

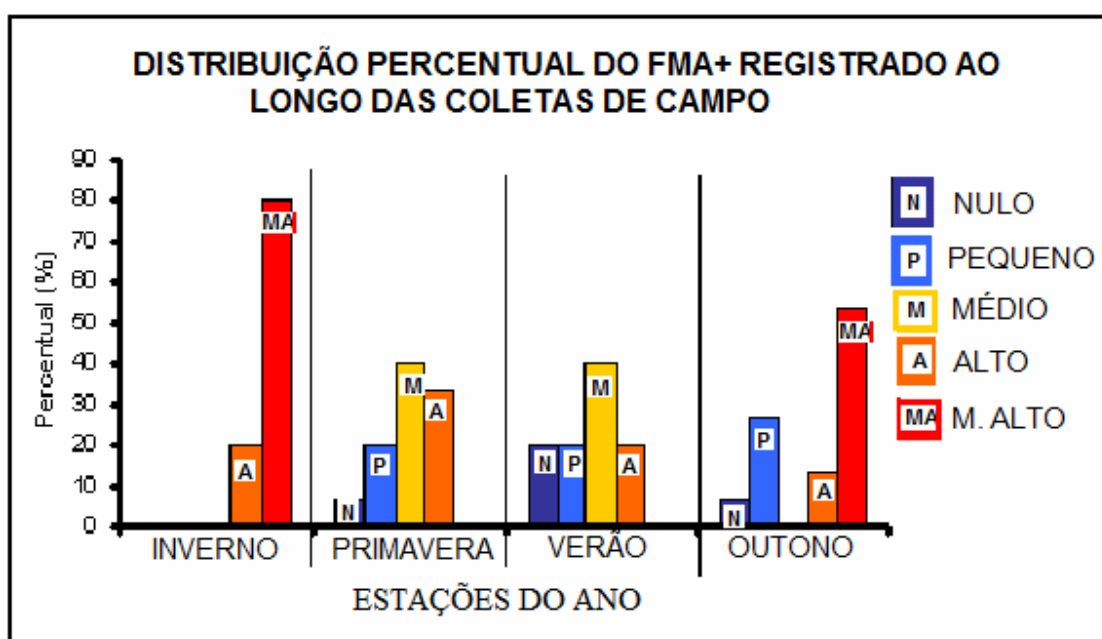
4.3.2 Comportamento do FMA⁺ Durante os Dias de Coleta

As amostragens de campo foram executadas ao longo das quatro estações. Dessa forma, o gráfico apresentado na Figura 4.11 revela um quadro geral da distribuição dos graus

de perigo FMA⁺ para os dias de coleta por estação. Durante a fase de coleta foram priorizadas as coletas nos períodos mais secos de cada estação do ano.

Para o período do inverno foram coletadas amostras somente nos graus de perigo de incêndios alto e muito alto, com mais de 80% das coletas no grau muito alto. Nas estações da primavera e verão o grau de perigo de incêndios médio foi mais representativo.

FIGURA 4.11 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GRAUS DE PERIGO FMA⁺ PARA OS DIAS DE COLETA DE CAMPO.



FONTE: O autor / 2009

4.5 VARIAÇÃO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL NAS ESTAÇÕES DO ANO EM FUNÇÃO DA FMA⁺

Os estudos das relações existentes entre um índice de perigo de incêndios (FMA⁺), com a umidade dos materiais combustíveis é inédito no Brasil. Dessa forma foram produzidos resultados importantes sobre a dinâmica de comportamento da umidade nos materiais combustíveis em função do nível de perigo de incêndios estimado através da FMA⁺.

4.4.1 Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Inverno

Nessa estação as coletas ocorreram nos graus de perigo alto e muito alto. De acordo com a Tabela 4.9 pode ser verificado que no inverno foram registrados os menores valores de umidade para as classes AB, AC e B.

A umidade do material superficial variou de 20 a 59%, em um mesmo grau de perigo. As classes de material AA, AB, AC e B, apresentaram valores de umidade distintos entre si, sendo provavelmente ocasionados pela posição ocupada por cada classe em relação ao solo da floresta e ainda por características relacionadas aos diferentes estágios de decomposição dos materiais. No período do inverno foram registrados os maiores períodos sem chuva e os menores valores de umidade da camada AC, o que pode estar indicando que o material dessa classe perde umidade mais lentamente.

De maneira geral a floresta apresentou poucos dias com possibilidades para a propagação de um incêndio, onde somente a classe AA ficou propícia a ação do fogo. Isso significa que a quantidade total de combustível do povoamento é alta, porém, a quantidade disponível é bastante reduzida (Tabela 4.9).

TABELA 4.9 – VARIAÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ (INVERNO).

CLASSES	INVERNO			
	FMA+	% Umidade Material Combustível		
	Grau	Mínimo	Médio	Máximo
(AA)	Muito alto	20,02	35,56	59,12
	Alto	29,43	59,93	90,44
	Médio	-	-	-
	Pequeno	-	-	-
	Nulo	-	-	-
(AB)	Muito alto	70,23	158,91	222,04
	Alto	196,21	217,36	238,5
	Médio	-	-	-
	Pequeno	-	-	-
	Nulo	-	-	-
(AC)	Muito alto	108,57	159,21	184,16
	Alto	162,24	168,95	175,66
	Médio	-	-	-
	Pequeno	-	-	-
	Nulo	-	-	-
(B)	Muito alto	62,03	153,68	214,74
	Alto	171,95	197,02	222,1
	Médio	-	-	-
	Pequeno	-	-	-
	Nulo	-	-	-

FONTE: O autor / 2009

4.4.2 Variação da Umidade dos Combustíveis no Período da Primavera

Nessa estação a maior parte das coletas foi executada com grau de perigo médio. Não ocorreu o índice muito alto, porém foi registrado o menor valor de umidade para a classe AA para todo o período da pesquisa, verificando-se que o processo de perda e ganho de umidade por parte de um mesmo tipo de material combustível é bastante complexo. Possivelmente, as temperaturas mais elevadas e ventos com maior frequência e intensidade aceleraram o processo de perda de umidade da classe AA na primavera (Tabela 4.10).

Dentro de um mesmo grau de perigo a umidade da classe AA sempre foi menor do que as classes AB e AC. A classe AB apresentou menores valores de umidade do que a classe AC.

TABELA 4.10 – VARIAÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ (PRIMAVERA).

CLASSES	PRIMAVERA			
	FMA+	% Umidade Material Combustível		
	Grau	Mínimo	Médio	Máximo
(AA)	Muito alto	-	-	-
	Alto	18,41	37,97	91,36
	Médio	17,94	23,15	27,53
	Pequeno	27,93	60,75	120,08
	Nulo	112,70	112,70	112,70
(AB)	Muito alto	-	-	-
	Alto	91,40	113,49	147,46
	Médio	117,79	165,67	208,54
	Pequeno	173,42	200,31	217,08
	Nulo	269,99	269,99	269,99
(AC)	Muito alto	-	-	-
	Alto	194,63	218,47	229,60
	Médio	191,46	233,24	260,39
	Pequeno	268,62	274,73	285,37
	Nulo	301,44	301,44	301,44
(B)	Muito alto	-	-	-
	Alto	115,25	157,91	174,95
	Médio	146,05	161,71	179,91
	Pequeno	190,70	211,58	234,79
	Nulo	193,11	193,11	193,11

FONTE: O autor / 2009

4.4.3 Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Verão

Foram efetuadas coletas que abrangeram os graus alto, médio, pequeno e nulo. De maneira geral a umidade do material combustível aumentou à medida que o grau de perigo diminuía. O material da classe AA apresentou grande diferença de umidade quando comparado com as outras classes. Possivelmente as características físicas dessa classe, juntamente com a maior exposição com o ambiente favoreceu tanto o ganho de umidade quanto a perda de maneira mais rápida. Nessa estação, semelhante ao que ocorreu no inverno, o combustível da classe AA apresentou possibilidade de propagar o fogo nos graus alto e médio.(Tabela 4.11).

TABELA 4.11 – VARIAÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ (VERÃO).

CLASSES	VERÃO			
	FMA+	% Umidade Material Combustível		
	Grau	Mínimo	Médio	Máximo
(AA)	Muito alto	-	-	-
	Alto	34,71	36,52	38,40
	Médio	36,84	61,01	98,48
	Pequeno	73,68	105,93	142,77
	Nulo	108,08	127,81	147,53
(AB)	Muito alto	-	-	-
	Alto	117,90	153,41	183,61
	Médio	182,20	212,49	232,04
	Pequeno	230,42	236,55	247,06
	Nulo	228,49	238,07	247,66
(AC)	Muito alto	-	-	-
	Alto	187,78	203,02	219,25
	Médio	200,69	227,58	251,90
	Pequeno	245,48	275,53	298,43
	Nulo	305,78	312,90	320,02
(B)	Muito alto	-	-	-
	Alto	140,59	161,58	175,18
	Médio	147,56	212,03	251,31
	Pequeno	207,54	223,76	243,86
	Nulo	219,15	239,41	259,67

FONTE: O autor / 2009

4.4.4 Variação da Umidade dos Combustíveis no Período do Outono

Na Tabela 4.12 pode ser observado que nessa estação foram registrados os maiores valores de umidade para todas as classes dentro de cada grau de perigo, provavelmente devido à regularidade das chuvas. O povoamento era bastante fechado, conseqüentemente a manta orgânica encontrou maiores dificuldades para perder umidade. Dessa forma, chuvas menos espaçadas, (comum nessa época do ano) mantém o material combustível muito úmido mesmo com a evolução dos graus de perigo. Possivelmente, povoamentos de *Pinus* sp. com regimes de manejo mais adequados apresentem melhores relações de perda e ganho de umidade por parte dos combustíveis em função da evolução dos graus de perigo de incêndios. Para essa estação, mesmo no grau de perigo alto, o valor mínimo de umidade não permitiria a propagação do fogo (Tabela 4.12).

TABELA 4.12 – VARIAÇÃO DA UMIDADE DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS EM FUNÇÃO DOS GRAUS DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA⁺ (OUTONO).

CLASSES	OUTONO			
	FMA+	% Umidade Material Combustível		
	Grau	Mínimo	Médio	Máximo
(AA)	Muito alto	42,30	44,73	48,39
	Alto	86,46	96,35	106,25
	Médio	-	-	-
	Pequeno	66,98	81,64	98,84
	Nulo	116,92	116,92	116,92
(AB)	Muito alto	137,71	148,03	158,48
	Alto	210,87	222,89	234,90
	Médio	-	-	-
	Pequeno	185,40	250,65	288,51
	Nulo	251,79	251,79	251,79
(AC)	Muito alto	170,59	188,83	200,25
	Alto	199,04	215,24	231,45
	Médio	-	-	-
	Pequeno	288,24	304,45	330,50
	Nulo	241,00	241,00	241,00
(B)	Muito alto	131,97	151,18	169,11
	Alto	222,20	224,04	225,89
	Médio	-	-	-
	Pequeno	216,15	248,49	316,38
	Nulo	193,01	193,01	193,01

FONTE: O autor / 2009

De maneira geral, o material combustível manteve-se com um percentual de umidade superior à umidade de extinção para todas as estações do ano, indicando que os povoamentos de *Pinus elliottii* (Engelm.) com as características estudadas, mantêm-se bastante úmidos até mesmo nos períodos mais secos. Possivelmente isso também ocorra para povoamentos com as mesmas características de densidade e idade em toda a área de abrangência do clima Cfb.

De acordo com Brown e Davis (1973), só a precipitação pode elevar o conteúdo de umidade acima de 35%, e o processo de perda de umidade ocorre muito lentamente.

Os altos valores de umidade do material combustível registrado em todas as classes podem ser atribuídos às características da floresta, que por sua idade, associada à ausência de tratamentos silviculturais, cria condições particulares que dificultam a perda da umidade do

material combustível para o ar, até mesmo da camada mais superficial. De maneira geral a classe AB apresentou maiores valores de umidade, possivelmente por características físicas do combustível, ou mesmo pela absorção de água da camada AC por parte das raízes das árvores, uma vez que a densidade indica existir grande competição entre as árvores.

Dentro de uma mesma escala de perigo de incêndios, os valores médios de umidade da classe B foram bastante próximos para todas as estações, mostrando que a variação da umidade dentro dessa classe ocorre de maneira mais estável ao longo do ano.

Na primavera, verão e outono o material da classe AC apresentou maiores valores de umidade quando comparado dentro de um mesmo grau de perigo, indicando que o material AC tem maior dificuldade de perder umidade.

4.4.5 Variações da Umidade do Material Combustível em Função dos Graus de Perigo Agrupados

Esse estudo foi feito agrupando os dados dos 60 dias de coleta em função dos graus de perigo de incêndios ocorridos durante as coletas. Dessa maneira, foram formados cinco grupos de dados, o que permitiu verificar o comportamento da umidade dos combustíveis dentro de cada grau de perigo. Foram registrados nos 60 dias de amostragem: 21 dias com grau muito alto; 12 dias com grau alto; 13 dias com grau médio; 10 dias com grau pequeno e 4 dias com grau nulo.

A maioria das amostras apresentou umidade superior a 30 %. Esse valor, segundo Soares (1979), é caracterizado como “Umidade de Extinção”, ou seja, o valor do conteúdo de umidade dos materiais combustíveis que impede a combustão e a propagação dos incêndios. De acordo com Green (1981), em materiais combustíveis com conteúdo de umidade de 15% o fogo se propaga muito lentamente.

A alta umidade dos materiais combustíveis pode estar relacionada com a área basal e densidade do povoamento, dificuldade de penetração da luz solar no interior da floresta e ainda, com a própria espessura da manta, que atua como uma esponja, retendo grande parte da precipitação e liberando muito lentamente essa água absorvida. A umidade observada se torna um impedimento para a prática de queimas controladas em povoamento com essas

características. Wade e Lundsford (1989) recomendam conteúdos de umidade entre 10 e 20% para a realização de queimas controladas.

Batista (1995), ao realizar queimas controladas em povoamentos de *Pinus taeda* com 15 anos, encontrou ao longo dos anos de 1991 a 1994 médias de umidade dos materiais combustíveis entre 11,66 e 35,35% estando a grande maioria das parcelas queimadas entre 13 e 15%. A seguir são apresentados os resultados obtidos dentro de cada grau de perigo.

4.4.5.1 Grau de Perigo de Incêndios Muito Alto

A Tabela 4.13 apresenta um quadro geral do que foi observado no grau de perigo muito alto. Verificou-se que a média de umidade para a classe AA esteve acima de 30%. O material combustível das classes AA; AB e AC; apresentaram uma escala progressiva do teor de umidade. Pode-se dizer que as classes de material combustível analisadas apresentaram condições distintas de absorção e perda de umidade, possivelmente em função da posição dos combustíveis em relação ao solo e dos diferentes estágios de decomposição.

De acordo com a Tabela 4.13 pode se observar que a classe AA apresentou um percentual de umidade bastante inferior quando comparado com as classes AB; AC e B que apresentaram maiores valores e com relativa proximidade entre as classes. Provavelmente isso ocorra pela maior exposição ao ar, que por sua vez acelera a perda da umidade dessa classe de material. A maior variância foi observada para a classe AB (2309). Esperava-se encontrar a maior variância para a classe B em função do tempo de resposta. As características do material combustível da classe AB, (semi-decomposto) apresentou condições distintas de perda e ganho de umidade (Tabela 4.13).

TABELA 4.13 – SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 21 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA⁺ MUITO ALTO.

GRAU DE PERIGO MUITO ALTO	CLASSES DE COMBUSTÍVEL			
	AA	AB	AC	B
DIAS DE OCORRÊNCIA	21	21	21	21
VARIÂNCIA	124,53	2308,78	741,96	1587,98
DESVIO PADRÃO	11,16	48,05	27,24	39,85
MÍNIMO	20,02	70,23	108,57	62,03
MÁXIMO	59,12	239,75	209,33	214,74
MÉDIAS	37,88	151,23	166,67	149,38

FONTE: O autor / 2009

4.4.5.2 Grau de Perigo de Incêndios Alto

A Tabela 4.14 apresenta um quadro geral para os 12 dias de ocorrência do grau de perigo alto. Semelhante às ocorrências no grau de perigo muito alto, no grau alto a umidade da classe AA foi bem inferior às demais, possivelmente pelas facilidades de troca de umidade com o ar atmosférico e ainda, a maior variância também foi observada para a classe AB.

A menor variância foi observada na classe AA e provavelmente esta relacionada diretamente com as características do material combustível. O material dessa classe mantém um brilho mais intenso, com uma serosidade acentuada e essas características atuam de modo a manter o material mais homogêneo e com certa dificuldade para reter a água que precipita sobre o solo. Após a chuva essa classe de material foi a primeira a responder, ficando saturada rapidamente, porém essa saturação foi momentânea, uma vez que a característica desse material combustível, aliada ao maior contato com o ar atmosférico e à força da gravidade, fazem com que essa saturação não permaneça por muito tempo (Tabela 4.14).

TABELA 4.14 – SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 12 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA⁺ ALTO.

GRAU DE PERIGO ALTO	CLASSES DE COMBUSTÍVEL			
	AA	AB	AC	B
DIAS DE OCORRÊNCIA	12	12	12	12
VARIÂNCIA	1041,74	2799,58	516,41	1182,96
DESVIO PADRÃO	32,28	52,91	22,73	34,40
MÍNIMO	18,41	91,40	162,24	115,25
MÁXIMO	106,25	238,50	231,45	225,89
MÉDIAS	51,00	129,05	205,81	176,37

FONTE: O autor

4.4.5.3 Grau de Perigo de Incêndios Médio

A Tabela 4.15 apresenta um quadro geral para os 13 dias de ocorrência do grau de perigo médio. A classe AB apresentou a maior variância, semelhante aos observados nos graus muito alto e alto. Para o grau de perigo médio ocorreu uma grande variância para a classe AA, devido à ocorrência de leve precipitação antes da coleta em alguns dias. Essa garoa não foi suficiente para alterar o grau de perigo do dia, porém o material AA ganhou muita umidade e a perda dessa umidade, muito embora rápida, não ocorreu homogeneamente.

TABELA 4.15 – SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 13 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA⁺ MÉDIO.

GRAU DE PERIGO MÉDIO	CLASSES DE COMBUSTÍVEL			
	AA	AB	AC	B
DIAS DE OCORRÊNCIA	13	13	13	13
VARIÂNCIA	662,24	1533,93	472,11	1393,80
DESVIO PADRÃO	25,74	39,17	21,73	37,33
MÍNIMO	17,94	117,79	191,46	146,05
MÁXIMO	98,48	232,04	260,39	251,31
MÉDIAS	43,54	190,882	230,19	188,80

FONTE: O autor / 2009

4.4.5.4 Grau de Perigo de Incêndios Pequeno.

A Tabela 4.16 apresenta um quadro geral para os 10 dias de ocorrência do grau de perigo pequeno. A classe AB apresentou a maior variância, semelhante aos observados nos graus muito alto, alto e médio.

Outro fator que pode explicar a maior variância da classe AB pode estar relacionado com a espessura dessa camada, muito embora não tenha sido efetuada a medida da espessura de cada classe. As camadas AA e AB sofreram pequenas alterações durante as coletas, enquanto a classe AC manteve um mesmo padrão.

Nesse grau ocorreu a segunda maior variância para a classe AA, possivelmente pelos mesmos motivos descritos para o grau de perigo Médio.

TABELA 4.16 – SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 10 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA⁺ PEQUENO.

GRAU DE PERIGO PEQUENO	CLASSES DE COMBUSTÍVEL			
	AA	AB	AC	B
DIAS DE OCORRÊNCIA	10	10	10	10
VARIÂNCIA	1259,25	1315,49	524,56	1182,23
DESVIO PADRÃO	35,49	36,27	22,90	34,38
MÍNIMO	27,93	173,42	245,48	190,70
MÁXIMO	142,77	288,51	330,50	316,38
MÉDIAS	82,66	231,32	286,86	230,00

FONTE: O autor / 2009

4.4.5.5 Grau de Perigo de Incêndios Nulo.

A Tabela 4.17 apresenta um quadro geral para os 4 dias de ocorrência do grau de perigo nulo. Muito embora tenham sido poucos os dias de coleta para esse grau pode-se observar que a maior variância foi para a classe AC. A maior variância para essa classe deve estar associada com a precipitação que em alguns momentos zerou o índice de perigo, mas a água não foi suficiente para atingir totalmente a última camada que é bastante espessa. Dessa forma a chuva saturou as camadas AA e AB, mas atingiu de maneira descontínua a classe AC. Foram coletadas amostras com teor de umidade bastante elevado juntamente com

amostras onde a precipitação não atingiu algumas camadas com a mesma intensidade (Tabela 4.17).

Verificou-se ainda que a amplitude de variação dos valores máximo e mínimo foi bastante reduzida, em função do material atingir seu máximo de ganho de umidade (saturação) em um quadro onde a liberação dessa água ocorre de maneira lenta e gradual.

TABELA 4.17 – SUMÁRIO ESTATÍSTICO DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA OS 4 DIAS DE OCORRÊNCIA DO GRAU DE PERIGO FMA⁺ NULO.

GRAU DE PERIGO NULO	CLASSES DE COMBUSTÍVEL			
	AA	AB	AC	B
DIAS DE OCORRÊNCIA	4	4	4	4
VARIÂNCIA	318,64	289,96	1221,70	989,75
DESVIO PADRÃO	17,85	17,03	34,95	31,46
MÍNIMO	108,08	228,49	241,00	193,01
MÁXIMO	147,53	269,99	320,02	259,67
MÉDIAS	121,31	249,48	292,06	216,23

FONTE: O autor

4.5 ANÁLISES DE CORRELAÇÕES ENTRE A UMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS E OS ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS

A matriz de correlação apresentada no Quadro 4.2 mostra as correlações existentes entre os índices de perigo de incêndios FMA e FMA⁺ e os combustíveis finos.

Em todas as análises desenvolvidas o “Grupo de Dados da Fazenda” apresentou melhores resultados do que os da Estação Meteorológica da Lapa-PR . Isso se deve à grande variação da precipitação observada entre os dois locais, pois a chuva é capaz de alterar rapidamente as condições do material combustível. Assim serão discutidos somente os resultados obtidos com o Grupo de Dados da Fazenda.

O uso da escala de 1 a 5 (Graus de perigo do índice), para os cálculos de correlação apresentaram melhores resultados se comparados com os valores diários do índice. Quando foram usados os graus de perigo, os coeficientes de correlação obtidos entre as classes de material combustível AA; AB; AC e B e o índice FMA⁺ indicaram

melhor associação do que com a FMA. Esses resultados demonstram que a inclusão da variável velocidade do vento na composição do FMA melhorou a correlação com o material combustível. Dessa forma, para o Grau-FMA⁺_{FAZ} os coeficientes de correlação (R^2) indicaram uma associação de -0,63; -0,56; -0,81; -0,53 para as classes AA; AB; AC; e B respectivamente. Já para o FMA_{FAZ} foram obtidos os coeficientes R de -0,60; -0,47; -0,71; -0,36. As correlações negativas indicam que quanto maior o grau de perigo menor a umidade do combustível. A classe AC apresentou alta associação (-81), provavelmente por sofrer alterações menos bruscas de perda ou ganho de umidade, em decorrência de sua posição em relação à manta de combustível.

De maneira geral, a classe B apresentou a menor associação com o FMA⁺. Essa fraca associação pode ser decorrente do tempo de resposta, depende da espessura da manta ou do diâmetro da partícula de combustível. De acordo com a classificação proposta por Forberg e Deeming (1971), combustíveis com diâmetro entre 0,7 e 2,5cm têm tempo de resposta médio de 10 horas, caso da classe B, enquanto combustíveis com diâmetro inferior a 0,7cm, caso das acículas, têm tempo de resposta médio de 1 hora (Quadro 4.2).

QUADRO 4.2 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DOS ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FMA E FMA⁺

	U _{AA}	U _{AB}	U _{AC}	U _B	U _{Lp}	U _{Fz}	W _{Lp}	P _{Lp}	P _{Fz}	F _{Lp}	F _{Fz}	GF _{LP}	GF _{FZ}	F _{+Lp}	F _{+Fz}	GF _{+LP}	GF _{+FZ}
U _{AA}																	
U _{AB}	0,67**																
U _{AC}	0,57**	0,59**															
U _B	0,61**	0,68**	0,65**														
U _{Lp}	0,44**	0,32*	0,36*	0,32*													
U _{Fz}	0,42*	0,36*	0,32*	0,41*	0,87**												
W _{Lp}	0,04	0,16	-0,19	-0,06	-0,15	-0,17											
P _{Lp}	0,20	0,12	0,11	0,19	0,13	0,17	-0,08										
P _{Fz}	0,57**	0,38*	0,34*	0,15	0,18	0,19	0,28	0,21									
F _{Lp}	-0,29	-0,10	-0,44**	-0,13	-0,38*	-0,26	0,37*	-0,23	-0,18								
F _{Fz}	-0,46**	-0,46**	-0,80**	-0,49**	-0,27	-0,34**	0,28	-0,17	-0,34*	0,36*							
GF _{LP}	-0,53**	-0,43**	-0,45**	-0,34*	-0,41*	-0,37*	-0,03	-0,45**	-0,41*	0,68**	0,45**						
GF _{FZ}	-0,60**	-0,47**	-0,71**	-0,36*	-0,19	-0,25	0,05	-0,20	-0,71**	0,36*	0,74**	0,47**					
F _{+LP}	-0,27	-0,08	-0,43**	-0,11	-0,38*	-0,26	0,42*	-0,22	-0,17	1,00	0,58**	0,59**	0,36*				
F _{+FZ}	-0,46**	-0,46**	-0,80**	-0,49**	-0,27	-0,34*	0,28	-0,17	-0,34*	0,58**	1,00	0,45**	0,74**	0,58**			
GF _{+LP}	-0,56**	-0,50**	-0,54**	-0,40**	-0,41*	-0,31*	0,02	-0,45**	-0,32*	0,68**	0,49**	0,93**	0,48**	0,65**	0,49**		
GF _{+FZ}	-0,63**	-0,56**	-0,81**	-0,53**	-0,27	-0,32*	0,12	-0,22	-0,57**	0,44**	0,74**	0,53**	0,93**	0,43**	0,86**	0,54**	

Variáveis	Descrição	Unidade
U _{AA}	Umidade do material combustível Superficial (AA)	%
U _{AB}	Umidade do material combustível intermediário (AB)	%
U _{AC}	Umidade do material combustível Inferior (AC)	%
U _B	Umidade do material combustível da classe (B)	%
U _{Lp}	Umidade Relativa do Ar da Lapa	%
W _{Lp}	Velocidade do Vento da Lapa	M/s
P _{Lp}	Precipitação da Lapa	mm
P _{Fz}	Precipitação da Fazenda	mm
F _{Lp}	Formula de Monte Alegre (dados Lapa)	Valor

Variáveis	Descrição	Unidade
GF _{LP}	Grau da Formula de Monte Alegre (dados Lapa)	1 a 5
F _{+Lp}	Formula de Monte Alegre Alterada (dados Lapa)	Valor
GF _{+LP}	Grau da Formula de Monte Alegre Alterada(dados Lapa)	1 a 5
U _{Fz}	Umidade Relativa do Ar da Fazenda	%
P _{Fz}	Precipitação da Fazenda	mm
F _{Fz}	Formula de Monte Alegre (dados Fazenda)	Valor
GF _{Fz}	Grau da Formula de Monte Alegre (dados Fazenda)	1 a 5
F _{+Fz}	Formula de Monte Alegre Alterada (dados Fazenda)	Valor
GF _{+Fz}	Grau da Formula de Monte Alegre Alt (dados Fazenda)	1 a 5

4.6 ESTIMATIVAS DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.

Foram desenvolvidos modelos matemáticos para estimar a umidade dos combustíveis em função das variáveis meteorológicas (umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento) e dos índices de perigo de incêndios (FMA e FMA⁺).

Os modelos foram elaborados para dois grupos de dados meteorológicos, denominados:

- Dados da Fazenda (FZ), com umidade relativa das 13:00 horas, precipitação pluviométrica diária e número de dias sem chuvas, registrados na Fazenda Experimental de Rio Negro e velocidade do vento das 13 horas, registrados na Estação Meteorológica da Lapa – PR;
- Dados da Lapa (LP), com umidade relativa das 13:00 horas, precipitação pluviométrica diária, número de dias sem chuvas, e velocidade do vento das 13 horas registrados na Estação Meteorológica da Lapa – PR.

Foram desenvolvidos modelos por estação do ano e modelos genéricos, incluindo todas as quatro estações do ano. Nos Anexos 5, 6, 7 e 8 são apresentados todos os modelos desenvolvidos para cada estação do ano.

4.6.1 Estimativas da Umidade do Material Combustível por Estação do Ano Utilizando-se Dados Meteorológicos da Fazenda Experimental

No Quadro 4.3 estão apresentados os melhores modelos obtidos por estação do ano para esse grupo de dados.

Para o inverno a melhor estimativa foi obtida para a classe AA ($R^2 = 0,59$), através de uma única variável (GF^+_{FZ}). Para a classe de material B obteve-se uma fraca estimativa ($R^2= 0,28$), através da variável U. Para as classes de combustível AB e AC nenhum dos modelos testados forneceu estimativas confiáveis de umidade do combustível (Quadro 4.3).

Para a primavera as melhores estimativas ocorreram para as classes de material AB e AC, com R^2 de 0,76 e 0,79 respectivamente, sendo selecionadas as variáveis U e F⁺ para compor os modelos das duas classes. As melhores estimativas de umidade para a classe AA foi obtida com as variáveis U e P. Para a classe B a melhor estimativa foi obtida com a variável GF, também com um fraco desempenho ($R^2 = 0,33$), como no modelo do inverno.

Para o verão, os modelos para a estimativa de umidade de todas as classes de material apresentaram bom desempenho, com coeficientes de determinação entre 0,6 e 0,85 (Quadro 4.3). É interessante observar que a variável GF^+ foi selecionada para compor o modelo de todas as classes.

Para o outono foram obtidos modelos com altos coeficientes de determinação, de 0,82; 0,83; 0,85 e 0,82 para as classes AA, AB, AC e B, respectivamente.

De maneira geral o índice de perigo de incêndios FMA^+ produziu melhores resultados no desenvolvimento das equações para estimar a umidade dos materiais combustíveis, principalmente para o período do outono.

QUADRO 4.3 – MELHORES MODELOS MATEMÁTICOS PARA OS DADOS DA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR

MELHORES MODELOS COM DADOS DA FAZENDA					
Estação	Material	R²	S_{yx}	F	Modelo
Inverno	AA	0,59	11,70	20,85	$U_A = 311,672 - 55,309 GF_{+Fz}$
	B	0,28	39,21	6,44	$U_B = 88,875 + 1,609 U_{Fz}$
Primavera	AA	0,64	20,95	13,69	$U_A = - 41,0643 + 1,5111 U_{Fz} + 1,7216 P_{Fz}$
	AB	0,76	26,16	23,18	$U_{AB} = 184,5024 + 1,4545 U_{Fz} - 8,0303 F_{+Fz}$
	AC	0,79	14,67	27,54	$U_{AC} = 250,5632 + 0,9582 U_{Fz} - 4,8418 F_{+Fz}$
	B	0,33	23,66	7,97	$U_B = 230,3618 - 19,2836 GF_{+Fz}$
Verão	AA	0,85	14,79	27,89	$U_A = 97,79 + 0,69 U_{Fz} + 2,83 P_{Fz} - 25,55 GF_{+Fz}$
	AB	0,73	18,78	19,93	$U_{AB} = 227,14 - 10,41 P_{Fz} + 33,54 GF_{+Fz}$
	AC	0,66	23,82	28,56	$U_{AC} = 335,64 - 32,10 GF_{+Fz}$
	B	0,60	23,39	11,68	$U_B = 311,871 - 3,155 P_{Lp} - 34,019 GF_{+Fz}$
Outono	AA	0,82	13,00	11,71	$U_A = 87,94 + 0,04 U_{Fz} + 1,40 P_{Fz} - 1,25 F_{+Fz} + 2,04 GF_{+Fz}$
	AB	0,85	23,68	20,15	$U_{AB} = 293,11 + -0,30 U_{Fz} - 0,59 P_{Fz} - 3,03 F_{+Fz}$
	AC	0,83	23,73	28,87	$U_{AC} = 424,66 - 5,85 P_{Fz} - 46,86 GF_{+Fz}$
	B	0,82	25,29	11,10	$U_B = 185,62 + 1,18 U_{Fz} - 3,66 P_{Fz} - 3,31 F_{+Fz} + 10,57 GF_{+Fz}$

FONTE: O. autor / 2009

4.6.2 Estimativas da Umidade do Material Combustível por Estação do Ano Utilizando-se Dados Meteorológicos da Lapa

Para o inverno a melhor estimativa foi obtida para a classe AB ($R^2 = 0,74$), através das variáveis (P_{LP} , $F+_{LP}$ e GF^+_{LP}). Para a classe de material B obteve-se uma estimativa moderada ($R^2 = 0,41$), através da combinação das variáveis (U_{LP} , $F+_{LP}$ e GF^+_{LP}). Para a classe de combustível AC os parâmetros estatísticos demonstraram fraca associação ($R^2 = 0,29$) (Quadro 4.4).

Para a primavera foi verificada a melhor estimativa para a classe AB ($R^2 = 0,63$), através de uma única variável (GF^+_{Fz}). Para as classes de material AA e AC foram obtidas fracas estimativas. Os resultados com menor significância para esse grupo de dados já era esperado, principalmente pelas diferenças de precipitação observadas.

Observou-se no verão coeficientes de determinação de 0,40; 0,33; 0,41 para as classes AA, AC, e B, respectivamente, sendo as melhores equações obtidas em função do índice de perigo de incêndios FMA^+ .

Para o outono foram observados coeficientes de 0,40; 0,38; 0,46; 0,46 para as classes AA, AB, AC e B, respectivamente. Para todas as classes pode-se observar que os melhores modelos foram obtidos combinando a FMA^+ com as variáveis meteorológicas.

QUADRO 4.4 – MELHORES MODELOS MATEMÁTICOS PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA LAPA - PR

MELHORES MODELOS COM DADOS DA LAPA					
Estação	Material	R2	S _{yx}	F	Modelo
Inverno	AA	0,45	13,47	4,85	$U_A = -7,810 + 0,712 U_{Lp} + 3,226 W_{Lp} - 2,123 P_{Lp}$
	AB	0,74	29,40	14,01	$U_{AB} = 622,621 - 3,396 P_{Lp} + 1,517 F_{+Lp} - 114,192 GF_{+Lp}$
	AC	0,29	17,98	3,88	$U_{AC} = 251,363 + 0,425 F_{+Lp} - 24,234 GF_{+Lp}$
	B	0,41	35,45	4,27	$U_B = 265,090 + 0,785 U_{Lp} + 0,897 F_{+Lp} - 41,372 GF_{+Lp}$
Primavera	AA	0,21	31,28	4,66	$U_A = -15,781 + 0,926 U_{Lp}$
	AB	0,63	32,54	24,71	$U_{AB} = 268,632 - 30,713 GF_{+Lp}$
	AC	0,23	28,10	5,28	$U_{AC} = 268,258 - 1,725 F_{+Lp}$
Verão	AA	0,40	29,85	10,22	$U_A = 121,942 - 23,196 GF_{+Lp}$
	AC	0,33	33,52	4,50	$U_{AC} = 337,126 + 14,417 F_{+Lp} - 91,406 GF_{+Lp}$
	B	0,41	28,48	5,93	$U_B = 330,560 - 1,139 U_{Lp} - 17,055 GF_{+Lp}$
Outono	AA	0,40	21,8 9	4,03	$U_A = 26,62 + 0,90 U_{Lp} - 4,53 F_{+Lp}$
	AB	0,38	47,6 1	2,23	$U_{AB} = 171,10 + 1,48 U_{Lp} - 11,94 W_{Lp} - 8,70 F_{+Lp}$
	AC	0,46	45,9 6	2,15	$U_{AC} = 224,68 + 2,01 U_{Lp} - 23,71 W_{Lp} - 0,85 P_{Lp} - 32,02 GF_{+Lp}$
	B	0,46	41,1 4	5,93	$U_B = 141,82 + 2,34 U_{Lp} - 16,83 W_{Lp} - 33,20 GF_{+Lp}$

FONTE: O autor

De maneira geral os resultados obtidos com o grupo de dados da Fazenda (FZ) apresentaram os melhores modelos para estimar a umidade dos materiais combustíveis. O processo de “backward” demonstrou que o índice de perigo de incêndios FMA⁺ melhorou muito os modelos desenvolvidos.

Batista (1984) obteve bons modelos para estimar a umidade da classe de acículas, por meio da umidade relativa do ar, com coeficientes de determinação entre 0,66 e 0,87. Incluindo a temperatura nos modelos ele obteve coeficientes entre 0,70 e 0,91. Para materiais da classe B, os coeficientes de determinação variaram de 0,52 e 0,74.

Alves *et al.* (2007), obtiveram coeficientes de determinação entre 0,32 e 0,86, ajustando modelos de regressão para determinação da umidade do material combustível superficial em função das variáveis meteorológicas.

4.6.3 Modelos Matemáticos Anuais

Nos Quadros 4.5 e 4.6 estão apresentados os melhores modelos anuais obtidos por classe de material combustível. Para a classe AA, a melhor estimativa foi obtida com as variáveis E; F+_{LP}; U_{FZ}; P_{FZ}; GF+_{FZ}, com um coeficiente de determinação de 0,56.

Para a classe AB, a melhor estimativa apresentou coeficiente de 0,62, combinando as variáveis GF_{LP}; F+_{LP}; GF+_{LP}; U_{FZ}; P_{FZ}; F+_{FZ}. Para a classe AC a melhor estimativa ($R^2 = 0,78$), foi obtida através da combinação das variáveis E; U_{LP}; F+_{LP}; U_{FZ}; F+_{FZ}. GF⁺_{Fz} e para a classe de material B obteve-se um $R^2 = 0,55$, através das variáveis E; F_{LP}; U_{FZ}; GF_{Fz}; GF⁺_{Fz}.

Os modelos anuais apresentaram coeficientes de determinação menores quando comparados com os resultados obtidos por estação do ano. Esse resultado já era esperado uma vez que foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os climas das estações. A umidade do material combustível é reflexo das condições meteorológicas e apresentou comportamentos distintos para cada estação do ano.

QUADRO 4.5 – MODELOS MATEMÁTICOS ANUAIS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

CLASSES	MODELOS DESENVOLVIDOS PARA A CLASSE DE MATERIAL SUPERFICIAL (AA)	R ₂	S _{yx}	F
(AA)	$U_A = 52,859 + 7,644 E + 0,019 U_{Lp} - 6,287 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} - 2,405 F_{Lp} + 0,065 GF_{Lp} + 2,392 F_{+Lp} - 5,948 GF_{+Lp} + 0,354 U_{Fz} + 2,530 P_{Fz} + 12,001 GF_{Fz} + 0,397 F_{+Fz} - 18,817 GF_{+Fz}$	0,56	22,32	6,70
	$U_A = 52,951 + 7,649 E + 0,019 U_{Lp} - 6,289 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} - 2,406 F_{Lp} + 2,392 F_{+Lp} - 5,900 GF_{+Lp} + 0,354 U_{Fz} + 2,529 P_{Fz} + 12,007 GF_{Fz} + 0,397 F_{+Fz} - 18,821 GF_{+Fz}$	0,57	22,08	7,41
	$U_A = 53,046 + 7,681 E - 6,318 W_{Lp} - 0,201 P_{Lp} - 2,437 F_{Lp} + 2,415 F_{+Lp} - 5,901 GF_{+Lp} + 0,374 U_{Fz} + 2,535 P_{Fz} + 12,072 GF_{Fz} + 0,404 F_{+Fz} - 18,895 GF_{+Fz}$	0,58	21,85	8,26
	$U_A = 47,566 + 7,758 E - 6,258 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} - 2,247 F_{Lp} + 2,342 F_{+Lp} - 6,847 GF_{+Lp} + 0,353 U_{Fz} + 2,611 P_{Fz} + 11,563 GF_{Fz} - 13,896 GF_{+Fz}$	0,58	21,78	9,07
	$U_A = 42,001 + 8,457 E - 5,335 W_{Lp} - 1,951 F_{Lp} + 2,073 F_{+Lp} - 5,277 GF_{+Lp} + 0,347 U_{Fz} + 2,450 P_{Fz} + 10,466 GF_{Fz} - 13,705 GF_{+Fz}$	0,58	21,84	9,89
	$U_A = 41,698 + 8,777 E - 3,576 W_{Lp} + 0,503 F_{+Lp} - 6,248 GF_{+Lp} + 0,322 U_{Fz} + 2,286 P_{Fz} + 9,798 GF_{Fz} - 13,855 GF_{+Fz}$	0,58	21,84	10,99
	$U_A = 57,402 + 8,057 E - 2,782 W_{Lp} + 0,466 F_{+Lp} - 6,574 GF_{+Lp} + 0,369 U_{Fz} + 1,863 P_{Fz} - 7,237 GF_{+Fz}$	0,57	21,86	12,39
	$U_A = 49,798 + 7,828 E + 0,365 F_{+Lp} - 5,301 GF_{+Lp} + 0,411 U_{Fz} + 1,619 P_{Fz} - 8,160 GF_{+Fz}$	0,57	21,89	14,22
	$U_A = 30,900 + 11,325 E + 0,294 F_{+Lp} + 0,427 U_{Fz} + 1,726 P_{Fz} - 9,677 GF_{+Fz}$	0,56	22,16	16,20
	MODELOS DESENVOLVIDOS PARA A CLASSE DE MATERIAL INTERMEDIÁRIO (AB)	R ₂	S _{yx}	F
(AB)	$U_{AB} = 166,067 + 1,044E + 0,001U_{Lp} - 3,591 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} - 0,094 F_{Lp} + 25,925 GF_{Lp} + 1,579 F_{+Lp} - 46,857 GF_{+Lp} + 0,545 U_{Fz} + 2,753 P_{Fz} + 27,711 GF_{Fz} - 1,064 F_{+Fz} - 20,627 GF_{+Fz}$	0,60	33,78	7,67
	$U_{AB} = 166,072 + 1,045 E - 3,592 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} - 0,095 F_{Lp} + 25,923 GF_{Lp} + 1,580 F_{+Lp} - 46,856 GF_{+Lp} + 0,545 U_{Fz} + 2,753 P_{Fz} + 27,713 GF_{Fz} - 1,064 F_{+Fz} - 20,630 GF_{+Fz}$	0,60	33,42	8,49
	$U_{AB} = 165,981 + 1,064 E - 3,503 W_{Lp} - 0,197 P_{Lp} + 25,928 GF_{Lp} + 1,504 F_{+Lp} - 46,902 GF_{+Lp} + 0,544 U_{Fz} + 2,745 P_{Fz} + 27,671 GF_{Fz} - 1,067 F_{+Fz} - 20,601 GF_{+Fz}$	0,61	33,07	9,46
	$U_{AB} = 169,588 - 3,447 W_{Lp} - 0,198 P_{Lp} + 26,322 GF_{Lp} + 1,491 F_{+Lp} - 47,740 GF_{+Lp} + 0,554 U_{Fz} + 2,714 P_{Fz} + 27,265 GF_{Fz} - 1,064 F_{+Fz} - 20,201 GF_{+Fz}$	0,62	32,74	10,62
	$U_{AB} = 159,299 - 2,870 W_{Lp} + 31,174 GF_{Lp} + 1,457 F_{+Lp} - 50,238 GF_{+Lp} + 0,581 U_{Fz} + 2,678 P_{Fz} + 26,232 GF_{Fz} - 1,042 F_{+Fz} - 19,842 GF_{+Fz}$	0,62	32,54	11,90
	$U_{AB} = 156,284 + 30,611 GF_{Lp} + 1,349 F_{+Lp} - 48,406 GF_{+Lp} + 0,630 U_{Fz} + 2,317 P_{Fz} + 23,480 GF_{Fz} - 1,018 F_{+Fz} - 19,229 GF_{+Fz}$	0,63	32,39	13,45
	$U_{AB} = 161,148 + 30,344 GF_{Lp} + 1,455 F_{+Lp} - 50,559 GF_{+Lp} + 0,664 U_{Fz} + 2,121 P_{Fz} + 9,713 GF_{Fz} - 1,676 F_{+Fz}$	0,62	32,70	14,80
	$U_{AB} = 189,334 + 30,229 GF_{Lp} + 1,383 F_{+Lp} - 49,520 GF_{+Lp} + 0,698 U_{Fz} + 1,571 P_{Fz} - 1,238 F_{+Fz}$	0,62	32,72	17,06

QUADRO 4.6 – MODELOS MATEMÁTICOS ANUAIS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

CLASSES	MODELOS DESENVOLVIDOS PARA A CLASSE DE MATERIAL INFERIOR (AC)	R ₂	S _{yx}	F
AC	$U_{AC} = 279,662 + 12,042 E + 0,861 U_{Lp} - 3,898 W_{Lp} - 0,109 P_{Lp} + 0,248 F_{Lp} + 8,612 GF_{Lp} + 0,453 F_{+Lp} - 10,000 GF_{+Lp} - 0,936 U_{Fz} + 0,316 P_{Fz} + 0,333 GF_{Fz} - 1,286 F_{+Fz} - 19,619 GF_{+Fz}$	0,77	24,49	15,99
	$U_{AC} = 280,096 + 12,017 E + 0,863 U_{Lp} - 3,862 W_{Lp} - 0,108 P_{Lp} + 0,256 F_{Lp} + 8,637 GF_{Lp} + 0,445 F_{+Lp} - 10,030 GF_{+Lp} - 0,937 U_{Fz} + 0,301 P_{Fz} - 1,288 F_{+Fz} - 19,382 GF_{+Fz}$	0,77	24,23	17,69
	$U_{AC} = 280,669 + 11,985 E + 0,849 U_{Lp} - 4,090 W_{Lp} - 0,113 P_{Lp} + 8,590 GF_{Lp} + 0,649 F_{+Lp} - 9,893 GF_{+Lp} - 0,918 U_{Fz} + 0,319 P_{Fz} - 1,277 F_{+Fz} - 19,400 GF_{+Fz}$	0,78	23,98	19,71
	$U_{AC} = 273,554 + 11,996 E + 0,887 U_{Lp} - 3,827 W_{Lp} + 11,340 GF_{Lp} + 0,636 F_{+Lp} - 11,252 GF_{+Lp} - 0,946 U_{Fz} + 0,323 P_{Fz} - 1,275 F_{+Fz} - 19,552 GF_{+Fz}$	0,78	23,79	22,00
	$U_{AC} = 278,148 + 11,745 E + 0,889 U_{Lp} - 3,158 W_{Lp} + 9,996 GF_{Lp} + 0,605 F_{+Lp} - 9,925 GF_{+Lp} - 0,939 U_{Fz} - 1,213 F_{+Fz} - 21,142 GF_{+Fz}$	0,78	23,62	24,76
	$U_{AC} = 263,953 + 11,845 E + 0,853 U_{Lp} + 10,914 GF_{Lp} + 0,485 F_{+Lp} - 9,032 GF_{+Lp} - 0,853 U_{Fz} - 1,224 F_{+Fz} - 21,300 GF_{+Fz}$	0,78	23,75	27,35
	$U_{AC} = 263,648 + 14,323 E + 0,857 U_{Lp} + 3,020 GF_{Lp} + 0,458 F_{+Lp} - 0,903 U_{Fz} - 1,221 F_{+Fz} - 22,154 GF_{+Fz}$	0,78	23,82	30,88
	$U_{AC} = 272,486 + 13,230 E + 0,847 U_{Lp} + 0,513 F_{+Lp} - 0,926 U_{Fz} - 1,346 F_{+Fz} - 19,992 GF_{+Fz}$	0,78	23,73	36,21
B	MODELOS DESENVOLVIDOS PARA A CLASSE DE MATERIAL COM DIÂMETRO ENTRE 0,7 e 2,5cm (B)	R ₂	S _{yx}	F
	$U_B = 121,732 + 14,251 E - 0,602 U_{Lp} - 7,961 W_{Lp} + 0,063 P_{Lp} - 2,809 F_{Lp} + 10,149 GF_{Lp} + 3,307 F_{+Lp} - 13,163 GF_{+Lp} + 1,161 U_{Fz} + 1,584 P_{Fz} + 44,132 GF_{Fz} - 0,312 F_{+Fz} - 44,496 GF_{+Fz}$	0,54	30,08	6,32
	$U_B = 125,175 + 14,265 E - 0,630 U_{Lp} - 8,236 W_{Lp} - 2,920 F_{Lp} + 8,639 GF_{Lp} + 3,404 F_{+Lp} - 12,352 GF_{+Lp} + 1,184 U_{Fz} + 1,607 P_{Fz} + 44,557 GF_{Fz} - 0,307 F_{+Fz} - 44,724 GF_{+Fz}$	0,55	29,77	6,99
	$U_B = 128,672 + 14,287 E - 0,686 U_{Lp} - 8,339 W_{Lp} - 3,140 F_{Lp} + 9,043 GF_{Lp} + 3,517 F_{+Lp} - 11,966 GF_{+Lp} + 1,262 U_{Fz} + 1,574 P_{Fz} + 45,067 GF_{Fz} - 48,457 GF_{+Fz}$	0,56	29,53	7,73
	$U_B = 138,695 + 15,360 E - 0,686 U_{Lp} - 8,050 W_{Lp} - 3,009 F_{Lp} + 3,408 F_{+Lp} - 4,160 GF_{+Lp} + 1,208 U_{Fz} + 1,360 P_{Fz} + 45,070 GF_{Fz} - 49,176 GF_{+Fz}$	0,56	29,46	8,47
	$U_B = 122,627 + 17,553 E - 0,686 U_{Lp} - 7,720 W_{Lp} - 3,535 F_{Lp} + 3,756 F_{+Lp} + 1,234 U_{Fz} + 1,435 P_{Fz} + 46,120 GF_{Fz} - 51,008 GF_{+Fz}$	0,56	29,35	9,40
	$U_B = 115,692 + 18,731 E - 0,528 U_{Lp} - 4,226 W_{Lp} + 0,890 F_{Lp} + 1,032 U_{Fz} + 1,123 P_{Fz} + 44,970 GF_{Fz} - 52,139 GF_{+Fz}$	0,55	29,61	10,16
	$U_B = 118,744 + 17,274 E - 4,409 W_{Lp} - 0,930 F_{Lp} + 0,474 U_{Fz} + 1,024 P_{Fz} - 52,190 GF_{+Fz}$	0,55	29,70	11,36
	$U_B = 137,659 + 15,854 E - 2,201 W_{Lp} - 0,847 F_{Lp} + 0,553 U_{Fz} + 34,471 GF_{Fz}$	0,55	29,79	12,95
$U_B = 132,109 + 15,174 E - 0,780 F_{Lp} + 0,576 U_{Fz} + 34,679 GF_{Fz} - 47,645 GF_{+Fz}$	0,55	29,67	15,56	

5. CONCLUSÕES

Os índices de perigo de incêndios FMA e FMA⁺ apresentaram melhor correlação com o material combustível, do que com as variáveis meteorológicas soltas.

A FMA⁺, quando comparada com a FMA apresentou melhores resultados e foi a variável de maior importância nos modelos de estimativa da umidade dos materiais combustíveis.

Foram observadas diferenças climáticas estatisticamente significativas entre as estações do ano, dessa forma, os modelos desenvolvidos por estação do ano apresentaram os melhores resultados.

Verificou-se que mesmo nos momentos em que ocorreram os índices alto e muito alto, a umidade do material combustível no interior do povoamento manteve-se bastante elevada, indicando que povoados com essas características, desde que em condições climáticas semelhantes, não apresentam condições preocupantes nos aspectos relacionados aos incêndios.

O uso da FMA⁺ para estimativa da umidade dos materiais combustíveis demonstrou, que a aplicação do índice para esse fim produz informações de qualidade, com rapidez e eficiência.

6. RECOMENDAÇÕES

Ampliar os estudos que descrevem a composição dos materiais combustíveis, bem como, avaliar os padrões de comportamento da umidade dos diferentes materiais;

Incorporar o comportamento do fogo em pesquisas que relacionam o material combustível com um índice de perigo de incêndios;

Desenvolver um banco de dados padronizado, usando os métodos padrões de coleta de material combustível e das variáveis meteorológicas, possibilitando assim, correlacionar informações de várias pesquisas;

Devido ao pioneirismo dessa pesquisa esses resultados devem ser revestidos de caráter parcial, pesquisas dessa mesma natureza devem ser estendidas para diferentes tipologias florestais, como também para povoamentos com diferentes idades e espécies.

REFERÊNCIAS

AGEE, J. K. **Research natural areas and fire in the national park system.** Research Natural Areas: Baseline Monitoring and Management. Proceedings of a Symposium in Missoula. Montana: U. S. Department of Agriculture, 1984.

ALVES, M. V. G.; BATISTA, A. C. ; PEREIRA, J. F. **Modelagem de material combustível baseada em variáveis meteorológicas.** FUPEF. Revista científica eletrônica Floresta, V39 p 167 - 17 Curitiba, 2009. disponível em WWW.floresta.ufpr.br.

BATISTA, A. C. Determinação de umidade do material combustível sob povoamentos de ***Pinus taeda* L. no norte do Paraná.** Curitiba, 1984. 61p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1990. 115p.

BATISTA, A.C. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no Norte do Paraná.** Curitiba, 1995. 108f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BEUTLING, A. **Caracterização para Modelagem de Material Combustível Superficial em Reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert). Ktze.** Curitiba, 2005. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

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

BOTELHO, H ; FERNANDES, P. **Manual de uso do fogo na gestão de matos** UTAD 1999.

BRADSHAW, L. S. et al. The 1978 National Fire-Danger Rating System: technical documentation Utah: U.S.D.A. Forest Service, 1984. (**General Technical Report** INT – 169).

BROWN, A.A., DAVIS, K.P. **Forest fire: control and use.** 2.ed. New York: McGraw Hill Book, 1973. 686p.

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West.** Odgen, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. 48p. (General Technical Report INT-129).

BROWN, J.K. Handbook for inventorying downed woody material. Utah: U.S.D.A. Forest Sevice, 1974. (**General Technical Report** INT – 16).

BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West.** Odgen, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. 48p. (General Technical Report INT-129).

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

CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. **Fire Effects on Wildlife.** In: CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; TRABAUD, L.; WILLIAMS, D. **Fire in forestry.** New York: John Wiley & Sons, 1983. 253p.

COUNTRYMAN, C.M. **Mass fire and fire behavior.** Berkeley : Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1964. 51 p. (Research Paper, PSW-19).

COUNTRYMAN, C.M. **Rating fire danger by the multiple basic index system.** Journal of Forestry 1966.

COUNTRYMAN, C. M. **Heat conduction and wildland fire.** Berkeley: USDA, Forest, Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1977. 15p.

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

FOSBERG, M.A; DEEMING, J.E. **Derivation of the 1 and 10 – Hour timelag fuel moisture calculations for fire – danger rating .** U.S.D.A. For service; Research Note RM – 207, 1971. 8 p.

FREESE, F. **Elementary Statistical Methods For Foresters.** (Maintained by the Forest Service at Madison, Wis. In cooperation with the University of Wisconsin) Washington. 1967. 87p

GREEN, L.R. **Burning by prescription in Chaparral.** General Technical Report, Berkeley, U.S.D.A. Forest Service, (1981).

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

JOHNSON, E.A. **Fire and Vegetation Dynamics:** Studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992. 129 p.

KAUFFMAN, J. B; MARTIN, R. E. **Fire behavior, fuel consumption, and Forest-floor changes following prescribed understory fires in Sierra Nevada mixed conifer forests.** Canadá Journal of Forest Research. Ottawa, n. 9. 1989.

LEAL, Luciana ; BIONDI, D. ; MARTINI, A. . **Ocurrencia natural de Dicksonia sellowiana Hook en rodales de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze en el municipio de Río Negro, PR. Brasil.** In: V Simposio Internacional sobre Manejo

Sostenible de los Recursos Forestales, 2008, Pinar del Río. SIMFOR. Universidad e Pinar del Río, 2008. v. 1.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. – Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa 1965 419p 141-152.

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

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

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.

PYNE, S. J. Fire and Life. In: PYNE. S. J. **Introduction to wildland fire: Fire Management in the United States**. USA: Wiley - Interscience, 1984. p.177-200.

REGO, F.R.; BOTELHO,H.S. *et al* **Técnica do fogo controlado**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 1990. 124 p.

RIBEIRO, G. A. Estudo do comportamento do fogo e alguns efeitos da queima controlada em povoamentos de *Eucalyptus viminalis* Labill em Três Barras, Santa Catarina. Curitiba, 1997. 145p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias , Universidade Federal do Paraná.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo :HUCITEC, EDUSP, 1976. Fogo: p.87-111.

SACKETT, S.S. **Woody fuel particle size and specific gravity of southwestern tree species**. Fort Collins: U.S.D.A. Forest Service, 1980.

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

SCHNEIDER, B.H.; BELL, D.T. A simple, effective technique for rapid measurement of fuels in low shrub communities. **Australian Forest Research**, East Melbourne, v. 15, n. 1, 1985.

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

SOARES, R. V. **The use of prescribed fire in Forest management in the State of Paraná, Brazil.** Seattle, 1977. 203p. Dissertation (Ph. D) – University of Washington.

SOARES, R.V. **Queima controlada em plantações de Pinus sp. na região de Sacramento-MG.** Revista Floresta v. 10 n. 2 , 1979.

SOARES, R. V. **Prevenção e Controle de Incêndios Florestais.** Curitiba : FUFPEF, 1979. 72 p.

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 Vol. XVII p 31 – 35. Curitiba. 1987.

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

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo.** Curitiba: FUFPEF. 1985. 213p.

SOARES, R. V. **Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de Rio Branco do Sul – Pr.** Revista do centro de pesquisas florestais – Vol. XVII N° 1 e 2. 1987.

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais Controle Efeitos e uso do Fogo.** Curitiba, 2007. 250 p.

SOARES, R. V; BATISTA, A. C; NUNES, J. R. S. **Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais 2ª edição.** Curitiba. 60p. 2008.

SOUZA, L. J. B. **Secagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden.** Curitiba, 2000. 127 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias , Universidade Federal do Paraná.

SOHO, D. M. **What is a “fire hazard?”** Forestland Steward, Sacramento, n 424. 1999.

TREVISAN, E; REISSMANN, C. B; KOEHLER, C. W; LIMA, J. M .J. C. **Morfologia de horizontes orgânicos acumulados sob povoamentos de *Pinus taeda* L. em três sítios distintos.** Ver. Set. Ciências Agrárias. Curitiba volume 9, pg 59-62, 1987.

WADE, D.D; LUNSFORD, J.D. **A guide for prescribed fire in Southern forests.** Technical Publication, Atlanta, U.S.D.A. Forest Service, (1989).

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

VÉLEZ, R **La Defensa contra Incêndios Forestales: Fundamentos y Experiencias.** Madrid / España. Mc Graw Hill, 2000.

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

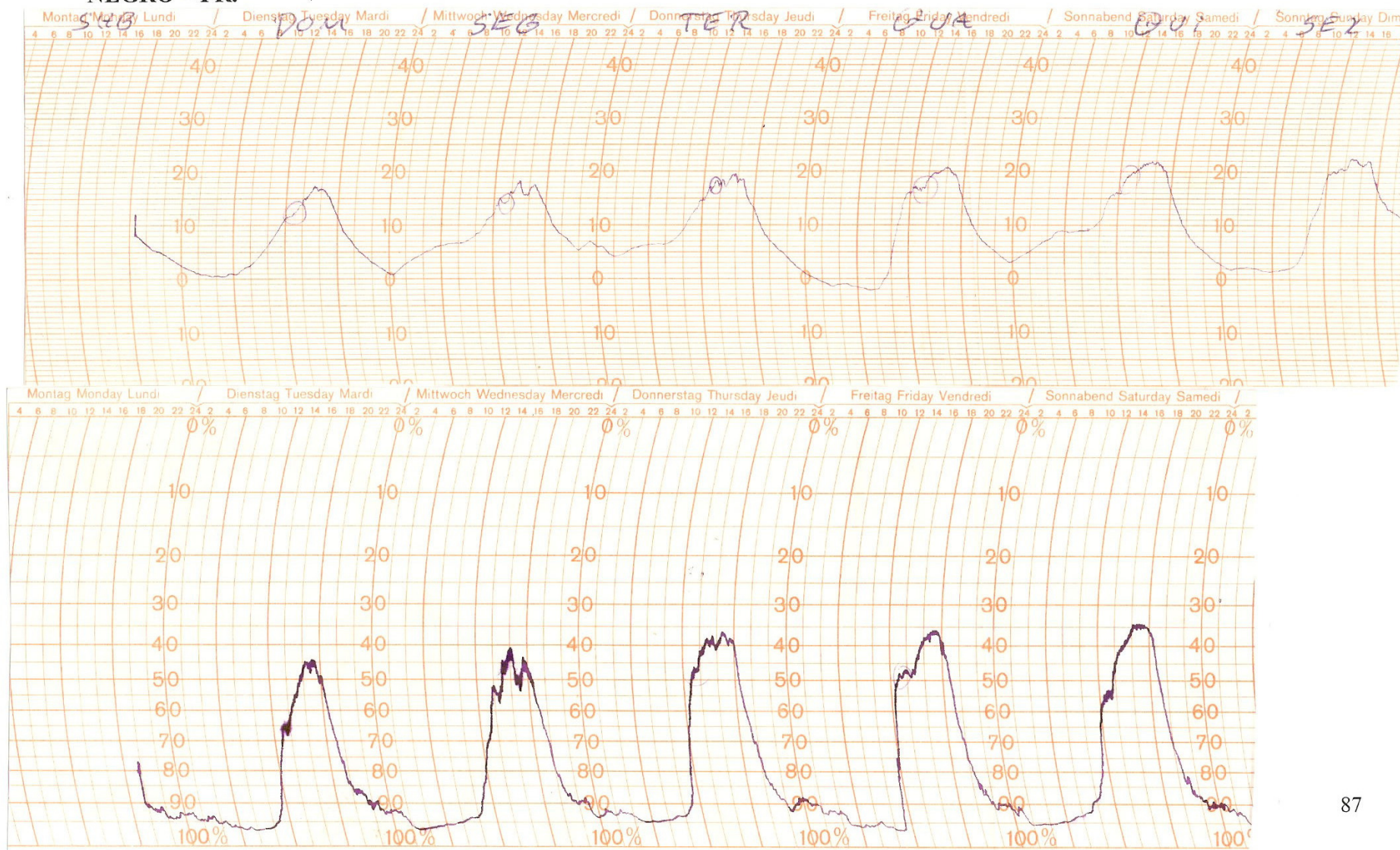
VOSGERAU, J. L. **Análise dos incêndios florestais registrados pelo corpo de bombeiros no estado do Paraná no período de 1991 a 2001.** Curitiba, 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

WHELAN, R.J. **The ecology of fire.** Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge (UK), 1995. 346 p.

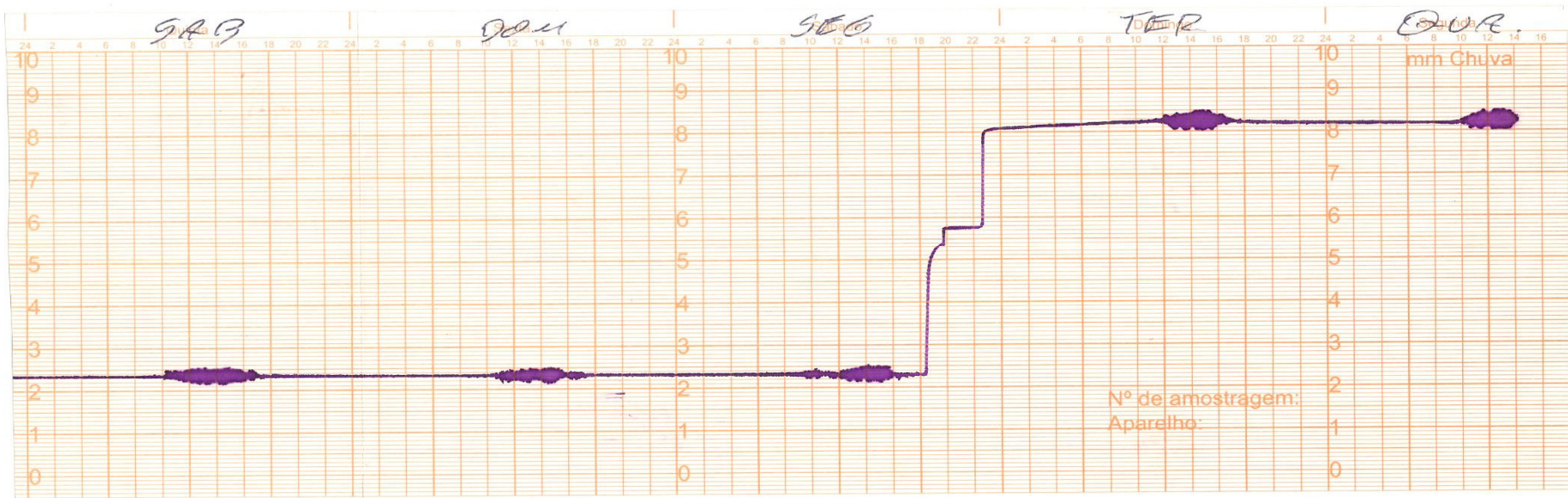
ANEXOS

ANEXO 1 –	MODELO DOS REGISTOS GRÁFICOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR OBTIDOS POR MEIO DO TERMOHIGRÓGRAFO modelo 8145 Lufft. INSTALADO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.....	87
ANEXO 2 –	MODELO DOS REGISTOS GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA OBTIDOS POR MEIO DO PLUVIÓGRAFO modelo Hellmann-Fuess. INSTALADO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.....	88
ANEXO 3 –	FORMULÁRIO DE CAMPO PARA PESAGEM DE AMOSTRAS.....	89
ANEXO 4 –	FORMULÁRIO DE CONTROLE DE SECAGEM.....	90
ANEXO 5 –	MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O INVERNO.....	91
ANEXO 6 –	MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA A PRIMAVERA.....	92
ANEXO 7 –	MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O VERÃO	93
ANEXO 8 –	MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O OUTONO.....	94

ANEXO 1 – MODELO DOS REGISTOS GRÁFICOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR OBTIDOS POR MEIO DO TERMOHIGRÓGRAFO modelo 8145 Lufft INSTALADO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.



ANEXO 2 – MODELO DOS REGISTOS GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA OBTIDOS POR MEIO DO PLUVIÓGRAFO modelo Hellmann-Fuess. INSTALADO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO – PR.



ANEXO 3 FORMULÁRIO DE CAMPO PARA PESAGEM DE AMOSTRAS

FORMULÁRIO DE PESAGEM; Inverno () Primavera () verão () Outono ()						
Nº AMOSTRA	CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL (Peso Úmido)				Esp. Manta	DATA
	AA	AB	AC	B		___ / ___ 200__
01						UR TEMP VENTO OBS:
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						___ / ___ 200__ UR TEMP VENTO OBS:
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						___ / ___ 200__ UR TEMP VENTO OBS:
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						___ / ___ 200__ UR TEMP VENTO OBS:
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						___ / ___ 200__ UR TEMP VENTO OBS:
34						
35						
36						
37						
38						

ANEXO 4 - FORMULÁRIO DE CONTROLE DE SECAGEM

PROJETO – JOSÉ FERNANDO PEREIRA

Regulagem da estufa a 75° C

Data de abastecimento da estufa: ___/___/_____

Data de pesagem: ___/___/_____

Estação do ano: () Primavera () Verão () Outono () Inverno

NÚMERO DAS AMOSTRAS	PESO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL – (gramas)								
	Esp. da manta	Material Superficial (AA)		Material Intermediário (AB)		Material Inferior (AC)		B	
		P. úmido	P. seco	P. úmido	P. seco	P. úmido	P. seco	P. úmido	P. seco

FONTE: O autor

ANEXO 5 - MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O INVERNO

MODELOS PARA O INVERNO USANDO DADOS DA FAZENDA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
FZ	AA	0,58	11,80	7,43	$U_A = 325,108 + 0,046 U_{Fz} + 0,470 F_{+Fz} - 62,406 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,61	11,31	12,13	$U_A = 339,927 + 0,505 F_{+Fz} - 65,289 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,59	11,70	20,85	$U_A = 311,672 - 55,309 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,00	57,25	1,00	$U_{AB} = 4,179 + 1,806 U_{Fz} - 0,741 F_{+Fz} + 23,125 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,08	54,90	1,61	$U_{AB} = 117,348 + 1,551 U_{Fz} - 0,449 F_{+Fz}$
FZ	AB	0,14	52,94	3,36	$U_{AB} = 97,886 + 1,569 U_{Fz}$
FZ	AC	0,02	21,15	1,09	$U_{AC} = -78,523 + 1,006 U_{Fz} - 0,722 F_{+Fz} + 45,593 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,04	20,96	1,27	$U_{AC} = 44,894 + 0,706 U_{Fz} + 17,157 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,09	20,37	2,38	$U_{AC} = 138,216 + 0,508 U_{Fz}$
FZ	B	0,16	42,45	1,86	$U_B = -33,548 + 1,873 U_{Fz} - 0,087 F_{+Fz} + 23,202 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,23	40,65	3,05	$U_B = -18,609 + 1,837 U_{Fz} + 19,760 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,28	39,21	6,44	$U_B = 88,875 + 1,609 U_{Fz}$

MODELOS PARA O INVERNO USANDO DADOS DA LAPA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
LP	AA	0,35	14,67	2,26	$U_A = 58,498 + 0,564 U_{Lp} + 6,460 W_{Lp} - 2,007 P_{Lp} + 1,170 F_{Lp} - 15,459 GF_{Lp} - 0,924 F_{+Lp}$
LP	AA	0,41	13,95	2,97	$U_A = 54,313 + 0,606 U_{Lp} + 3,357 W_{Lp} - 2,422 P_{Lp} + 0,094 F_{Lp} - 12,892 GF_{Lp}$
LP	AA	0,46	13,43	3,92	$U_A = 43,015 + 0,630 U_{Lp} + 4,181 W_{Lp} - 2,373 P_{Lp} - 10,516 GF_{Lp}$
LP	AA	0,45	13,47	4,85	$U_A = -7,810 + 0,712 U_{Lp} + 3,226 W_{Lp} - 2,123 P_{Lp}$
LP	AA	0,42	13,83	6,12	$U_A = -5,809 + 0,584 U_{Lp} + 4,109 W_{Lp} - 5,477 P_{Lp}$
LP	AB	0,72	30,53	8,04	$U_{AB} = 587,547 + 0,445 U_{Lp} - 3,902 W_{Lp} - 5,47 P_{Lp} + 1,606 F_{+Lp} - 109,323 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,73	29,47	10,70	$U_{AB} = 579,415 + 0,449 U_{Lp} - 4,945 P_{Lp} + 1,478 F_{+Lp} - 109,228 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,74	29,40	14,01	$U_{AB} = 622,621 - 3,396 P_{Lp} + 1,517 F_{+Lp} - 114,192 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,73	29,58	20,21	$U_{AB} = 586,989 + 1,519 F_{+Lp} - 107,095 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,19	19,16	1,68	$U_{AC} = 237,573 + 0,286 U_{Lp} + 1,302 W_{Lp} - 2,363 P_{Lp} + 0,357 F_{+Lp} - 24,307 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,27	18,27	2,28	$U_{AC} = 240,287 + 0,285 U_{Lp} - 2,540 P_{Lp} + 0,399 F_{+Lp} - 24,339 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,27	18,26	2,71	$U_{AC} = 267,706 - 1,558 U_{Lp} + 0,424 F_{+Lp} - 27,489 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,29	17,98	3,88	$U_{AC} = 251,363 + 0,425 F_{+Lp} - 24,234 GF_{+Lp}$
LP	B	0,31	38,48	2,24	$U_B = 264,417 + 0,909 U_{Lp} + 3,169 W_{Lp} - 1,656 P_{Lp} + 0,782 F_{+Lp} - 43,455 GF_{+Lp}$
LP	B	0,37	36,75	3,04	$U_B = 258,442 + 0,820 U_{Lp} + 3,918 W_{Lp} + 0,766 F_{+Lp} - 41,829 GF_{+Lp}$
LP	B	0,41	35,45	4,27	$U_B = 265,090 + 0,785 U_{Lp} + 0,897 F_{+Lp} - 41,372 GF_{+Lp}$
LP	B	0,34	37,61	4,57	$U_B = 369,071 + 0,963 F_{+Lp} - 55,714 GF_{+Lp}$

ANEXO 6 - MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA A PRIMAVERA

MODELOS PARA A PRIMAVERA USANDO DADOS DA FAZENDA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
FZ	AA	0,60	22,16	6,30	$U_A = -27,7676 + 1,4675 U_{Fz} + 1,8748 P_{Fz} + 3,4192 F_{+Fz} - 17,4281 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,62	21,76	8,50	$U_A = -48,0558 + 1,5129 U_{Fz} + 1,8763 P_{Fz} + 0,5298 F_{+Fz}$
FZ	AA	0,64	20,95	13,69	$U_A = -41,0643 + 1,5111 U_{Fz} + 1,7216 P_{Fz}$
FZ	AB	0,71	28,57	9,73	$U_{AB} = 192,8337 + 1,4393 U_{Fz} - 0,0195 P_{Fz} - 6,9131 F_{+Fz} - 6,9140 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,74	27,24	14,27	$U_{AB} = 192,5403 + 1,4364 U_{Fz} - 6,8834 F_{+Fz} - 6,9122 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,76	26,16	23,18	$U_{AB} = 184,5024 + 1,4545 U_{Fz} - 8,0303 F_{+Fz}$
FZ	AC	0,76	15,79	11,97	$U_{AC} = 241,0186 + 0,9931 U_{Fz} - 0,0753 P_{Fz} - 6,4806 F_{+Fz} + 9,1774 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,78	15,08	17,51	$U_{AC} = 239,8829 + 0,9822 U_{Fz} - 6,3657 F_{+Fz} + 9,1846 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,79	14,67	27,54	$U_{AC} = 250,5632 + 0,9582 U_{Fz} - 4,8418 F_{+Fz}$
FZ	B	0,16	26,54	1,67	$U_B = 228,7614 + 0,2607 U_{Fz} - 0,2608 P_{Fz} + 1,1148 F_{+Fz} - 27,1681 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,23	25,38	2,41	$U_B = 224,1695 + 0,2752 U_{Fz} - 0,3070 P_{Fz} - 21,4092 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,29	24,48	3,79	$U_B = 238,3376 + -0,2626 U_{Fz} - 21,5921 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,33	23,66	7,97	$U_B = 230,3618 - 19,2836 GF_{+Fz}$

MODELOS PARA A PRIMAVERA USANDO DADOS DA LAPA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
LP	AA	-0,13	37,29	0,69	$U_A = -38,846 + 1,047 U_{Lp} + 1,966 W_{Lp} - 0,557 P_{Lp} - 1,070 F_{+Lp} + 8,253 GF_{+Lp}$
LP	AA	-0,02	35,47	0,93	$U_A = -25,897 + 1,002 U_{Lp} - 0,357 P_{Lp} - 0,777 F_{+Lp} + 5,366 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,07	33,86	1,36	$U_A = -28,951 + 0,962 U_{Lp} - 0,940 F_{+Lp} + 7,415 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,14	32,53	2,16	$U_A = -21,563 + 0,964 U_{Lp} + 0,989 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,21	31,28	4,66	$U_A = -15,781 + 0,926 U_{Lp}$
LP	AB	0,50	37,70	3,82	$U_{AB} = 281,322 - 0,228 U_{Lp} + 3,824 W_{Lp} - 1,072 P_{Lp} - 0,543 F_{+Lp} - 29,96 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,55	35,80	5,29	$U_{AB} = 288,093 - 0,229 U_{Lp} + 3,429 W_{Lp} - 1,105 P_{Lp} - 34,041 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,59	34,34	7,62	$U_{AB} = 268,882 + 4,356 W_{Lp} - 1,465 P_{Lp} - 33,020 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,61	33,38	11,91	$U_{AB} = 284,050 - 1,060 P_{Lp} - 34,353 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,63	32,54	24,71	$U_{AB} = 268,632 - 30,713 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,01	31,93	1,03	$U_{AC} = 242,363 + 0,369 U_{Lp} + 5,505 W_{Lp} - 1,862 P_{Lp} - 1,167 F_{+Lp} - 4,469 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,11	30,33	1,42	$U_{AC} = 233,128 + 0,378 U_{Lp} + 6,012 W_{Lp} - 1,795 P_{Lp} - 1,698 F_{+Lp}$
LP	AC	0,15	29,59	1,83	$U_{AC} = 261,676 + 4,658 W_{Lp} - 1,166 P_{Lp} - 1,900 F_{+Lp}$
LP	AC	0,19	28,97	2,60	$U_{AC} = 258,320 + 2,629 W_{Lp} - 1,538 F_{+Lp}$
LP	AC	0,23	28,10	5,28	$U_{AC} = 268,258 - 1,725 F_{+Lp}$
LP	B	-0,34	33,49	0,29	$U_B = 240,899 - 0,019 U_{Lp} - 8,082 W_{Lp} - 0,296 P_{Lp} + 3,031 F_{+Lp} - 26,678 GF_{+Lp}$
LP	B	-0,20	31,78	0,41	$U_B = 239,283 - 8,004 W_{Lp} - 0,327 P_{Lp} + 3,031 F_{+Lp} - 26,590 GF_{+Lp}$
LP	B	-0,10	30,35	0,58	$U_B = 235,784 - 8,382 W_{Lp} + 2,959 F_{+Lp} - 25,215 GF_{+Lp}$
LP	B	-0,08	30,09	0,48	$U_B = 200,408 - 5,994 W_{Lp} - 3,437 GF_{+Lp}$
LP	B	-0,02	29,21	0,76	$U_B = 183,964 - 4,295 W_{Lp}$

ANEXO 7 - MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O VERÃO

MODELOS PARA O VERÃO USANDO DADOS DA FAZENDA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
FZ	AA	0,84	15,23	19,79	$U_A = 91,51 + 0,70 U_{Fz} + 2,75 P_{Fz} - 1,40 F_{+Fz} - 17,98 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,85	14,79	27,89	$U_A = 97,79 + 0,69 U_{Fz} + 2,83 P_{Fz} - 25,55 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,71	19,53	9,48	$U_{AB} = 202,53 + 0,49 U_{Fz} - 0,25 P_{Fz} - 10,57 F_{+Fz} + 32,21 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,73	18,67	13,82	$U_{AB} = 200,21 + 0,49 U_{Fz} - 10,47 P_{Fz} + 32,36 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,73	18,78	19,93	$U_{AB} = 227,14 - 10,41 P_{Fz} + 33,54 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,59	26,43	5,94	$U_{AC} = 320,20 - 0,01 U_{Fz} + 1,05 P_{Fz} - 1,06 F_{+Fz} - 23,26 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,62	25,20	8,72	$U_{AC} = 319,86 + 1,05 P_{Fz} - 1,06 F_{+Fz} - 23,27 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,65	24,21	14,13	$U_{AC} = 324,48 + 1,11 P_{Fz} - 28,99 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,66	23,82	28,56	$U_{AC} = 335,64 - 32,10 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,62	22,86	6,75	$U_B = 363,211 - 0,901 U_{Fz} - 3,250 P_{Fz} + 0,321 F_{+Fz} - 33,246 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,66	21,81	9,89	$U_B = 361,777 - 0,900 U_{Fz} - 3,269 P_{Fz} - 31,519 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,60	23,39	11,68	$U_B = 311,871 - 3,155 P_{Lp} - 34,019 GF_{+Fz}$

MODELOS PARA O VERÃO USANDO DADOS DA LAPA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
LP	AA	0,27	32,95	2,01	$U_A = 124,171 + 0,026 U_{Lp} + 1,573 W_{Lp} - 0,365 P_{Lp} - 1,469 F_{+Lp} - 20,027 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,34	31,26	2,80	$U_A = 126,649 + 1,379 W_{Lp} - 0,369 P_{Lp} - 1,484 F_{+Lp} - 19,962 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,40	29,83	4,09	$U_A = 128,720 - 0,399 P_{Lp} - 2,171 F_{+Lp} - 17,012 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,44	28,68	6,58	$U_A = 135,768 - 0,361 P_{Lp} - 27,614 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,40	29,85	10,22	$U_A = 121,942 - 23,196 GF_{+Lp}$
LP	AB	-0,09	37,74	0,77	$U_{AB} = 209,840 + 0,201 U_{Lp} + 16,054 W_{Lp} + 0,023 P_{Lp} + 9,431 F_{+Lp} - 56,445 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,02	35,81	1,06	$U_{AB} = 211,655 + 0,187 U_{Lp} + 15,588 W_{Lp} + 9,107 F_{+Lp} - 55,106 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,10	34,22	1,54	$U_{AB} = 228,686 + 14,692 U_{Lp} + 9,430 F_{+Lp} - 56,409 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,06	34,96	1,48	$U_{AB} = 201,622 + 10,913 U_{Lp} - 8,836 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,06	35,04	1,89	$U_{AB} = 180,402 + 12,177 W_{Lp}$
LP	AC	0,28	34,91	2,07	$U_{AC} = 457,253 - 1,259 U_{Lp} - 9,942 W_{Lp} - 0,195 P_{Lp} + 13,517 F_{+Lp} - 87,409 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,34	33,46	2,77	$U_{AC} = 441,986 - 1,145 U_{Lp} - 6,019 W_{Lp} + 16,241 F_{+Lp} - 98,671 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,37	32,50	3,78	$U_{AC} = 416,698 - 0,953 U_{Lp} + 17,308 F_{+Lp} - 103,787 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,33	33,52	4,50	$U_{AC} = 337,126 + 14,417 F_{+Lp} - 91,406 GF_{+Lp}$
LP	B	0,23	32,61	1,84	$U_B = 350,871 - 1,251 U_{Lp} - 0,998 W_{Lp} + 0,007 P_{Lp} + 2,540 F_{+Lp} - 29,771 GF_{+Lp}$
LP	B	0,31	30,94	2,55	$U_B = 351,420 - 1,255 U_{Lp} - 1,139 W_{Lp} + 2,442 F_{+Lp} - 29,366 GF_{+Lp}$
LP	B	0,37	29,52	3,73	$U_B = 346,633 - 1,218 U_{Lp} + 2,644 F_{+Lp} - 30,335 GF_{+Lp}$
LP	B	0,41	28,48	5,93	$U_B = 330,560 - 1,139 U_{Lp} - 17,055 GF_{+Lp}$

ANEXO 8 - MODELOS DE ESTIMATIVA DA UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL PARA O OUTONO

MODELOS PARA O OUTONO USANDO DADOS DA FAZENDA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
FZ	AA	0,82	13,00	11,71	$U_A = 87,94 + 0,04 U_{Fz} + 1,40 P_{Fz} - 1,25 F_{+Fz} + 2,04 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,82	12,42	17,11	$U_A = 90,01 + 1,45 P_{Fz} - 1,26 F_{+Fz} + 2,16 GF_{+Fz}$
FZ	AA	0,82	11,92	27,82	$U_A = 95,09 + 1,33 P_{Fz} - 1,13 F_{+Fz}$
FZ	AB	0,85	24,39	14,34	$U_{AB} = 317,70 + -0,28 U_{Fz} - 1,19 P_{Fz} - 2,33 F_{+Fz} - 10,86 GF_{+Fz}$
FZ	AB	0,85	23,68	20,15	$U_{AB} = 293,11 + -0,30 U_{Fz} - 0,59 P_{Fz} - 3,03 F_{+Fz}$
FZ	AB	0,84	22,89	32,25	$U_{AB} = 292,86 + -0,36 U_{Fz} - 2,95 F_{+Fz}$
FZ	AB	0,83	22,67	64,95	$U_{AB} = 272,34 - 2,87 F_{+Fz}$
FZ	AC	0,83	25,57	12,52	$U_{AC} = 400,59 + 0,20 U_{Fz} - 5,75 P_{Fz} - 0,47 F_{+Fz} - 40,18 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,83	24,55	18,07	$U_{AC} = 413,22 + 0,21 U_{Fz} - 6,04 P_{Fz} - 46,68 GF_{+Fz}$
FZ	AC	0,83	23,73	28,87	$U_{AC} = 424,66 - 5,85 P_{Fz} - 46,86 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,82	25,29	11,10	$U_B = 185,62 + 1,18 U_{Fz} - 3,66 P_{Fz} - 3,31 F_{+Fz} + 10,57 GF_{+Fz}$
FZ	B	0,81	24,50	15,65	$U_B = 209,57 + 1,20 U_{Fz} - 4,25 P_{Fz} - 2,64 F_{+Fz}$

MODELOS PARA O OUTONO USANDO DADOS DA LAPA

Local	Material	R2	S _{yx}	F	Modelos
LP	AA	0,46	24,10	1,51	$U_A = 28,48 + 0,89 U_{Lp} - 3,53 W_{Lp} + 0,56 P_{Lp} - 2,69 F_{+Lp} - 1,81 GF_{+Lp}$
LP	AA	0,46	22,87	2,09	$U_A = 27,77 + 0,87 U_{Lp} - 3,40 W_{Lp} + 0,56 P_{Lp} - 3,07 F_{+Lp}$
LP	AA	0,43	22,24	2,81	$U_A = 22,62 + 0,83 U_{Lp} + 0,45 P_{Lp} - 3,37 F_{+Lp}$
LP	AA	0,40	21,89	4,03	$U_A = 26,62 + 0,90 U_{Lp} - 4,53 F_{+Lp}$
LP	AB	0,38	52,37	1,12	$U_{AB} = 174,13 + 1,55 U_{Lp} - 11,12 W_{Lp} - 0,40 P_{Lp} - 9,08 F_{+Lp} - 3,30 GF_{+Lp}$
LP	AB	0,38	49,70	1,56	$U_{AB} = 172,82 + 1,52 U_{Lp} - 10,88 W_{Lp} - 0,41 P_{Lp} - 9,76 F_{+Lp}$
LP	AB	0,38	47,61	2,23	$U_{AB} = 171,10 + 1,48 U_{Lp} - 11,94 W_{Lp} - 8,70 F_{+Lp}$
LP	AB	0,31	48,09	2,66	$U_{AB} = 149,44 + 1,26 U_{Lp} - 8,75 F_{+Lp}$
LP	AB	0,20	49,56	3,32	$U_{AB} = 229,24 - 6,89 F_{+Lp}$
LP	AC	0,46	48,42	1,55	$U_{AC} = 223,19 + 1,99 U_{Lp} - 23,33 W_{Lp} - 0,89 P_{Lp} - 1,00 F_{+Lp} - 28,18 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,46	45,96	2,15	$U_{AC} = 224,68 + 2,01 U_{Lp} - 23,71 W_{Lp} - 0,85 P_{Lp} - 32,02 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,43	45,03	2,79	$U_{AC} = 217,05 + 1,86 U_{Lp} - 25,30 W_{Lp} - 22,98 GF_{+Lp}$
LP	AC	0,34	46,50	3,08	$U_{AC} = 211,72 + 1,25 U_{Lp} - 23,92 W_{Lp}$
LP	AC	0,23	48,36	3,80	$U_{AC} = 290,22 - 20,67 W_{Lp}$
LP	B	0,51	43,68	1,85	$U_B = 148,44 + 2,47 U_{Lp} - 14,63 W_{Lp} - 0,98 P_{Lp} - 1,18 F_{+Lp} - 38,59 GF_{+Lp}$
LP	B	0,51	41,47	2,55	$U_B = 150,19 + 2,50 U_{Lp} - 15,08 W_{Lp} - 0,93 P_{Lp} - 43,12 GF_{+Lp}$
LP	B	0,46	41,14	5,93	$U_B = 141,82 + 2,34 U_{Lp} - 16,83 W_{Lp} - 33,20 GF_{+Lp}$