

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

***IMAGENS AVHRR-NOAA PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL
DE INCÊNDIOS EM PASTAGENS***

AUTORA: MARGARETE MARIN LORDELO VOLPATO

**CAMPINAS - SP
JULHO DE 2002**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

***IMAGENS AVHRR-NOAA PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL
DE INCÊNDIOS EM PASTAGENS***

AUTORA: MARGARETE MARIN LORDELO VOLPATO

ORIENTADOR: Prof. Dr. HILTON SILVEIRA PINTO

CO-ORIENTADOR: Dr. JOÃO BATISTA ANDRADE

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Água de Solo.

**CAMPINAS - SP
JULHO DE 2002**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

V888i Volpato, Margarete Marin Lordelo
Imagens AVHRR-NOAA para determinação do
potencial de incêndios em pastagens / Margarete Marin
Lordelo Volpato. --Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Hilton Silveira Pinto e João Batista
Andrade.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Pastagens. 2. Incêndios. 3. Meteorologia por
satélites. 4. Sensoriamento remoto. I. Pinto, Hilton
Silveira. II. Andrade, João Batista. III. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola.
IV. Título.

*Ao meus pais, Achimenides e Therezinha,
Ao meu esposo Carlos Eduardo,
Ao meu filho Eduardo,
E ao Ademar, Cássia, Linda, Lia e Monique*

Dedico essa Tese

AGRADECIMENTOS

A minha família e a família de meu esposo pelo estímulo e apoio.

Ao Professor Dr. Hilton Silveira Pinto pelos ensinamentos propiciados, pela confiança depositada e pela amizade gerada.

Aos Pesquisadores Dr. Jurandir Zullo Júnior, Dr^a. Emília Hamada e Dr. Giam Paolo Pellegrino pelos ensinamentos, sugestões, colaboração e amizade.

Ao Pesquisador Dr. João Batista Andrade pelas sugestões e colaboração junto ao Instituto de Zootecnia.

Ao Pesquisador Dr. Eduardo Assad pelos conselhos e estímulo.

Ao Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura (CEPAGRI-UNICAMP), pela infra-estrutura e recursos para realizar o trabalho. Agradeço ao Carlos Alberto, Adriana, Gustavo, Edilene, Ana, Bernadete, Claudir, Evandro Dalben, Joaquim e Rubens pela ajuda e amizade.

Ao Instituto de Zootecnia (Nova Odessa - SP), pela infra-estrutura para realizar o trabalho de campo. Agradeço à Daina, André e Sr. Flávio pela ajuda no campo.

Ao Pesquisador Dr. Orivaldo Brunini colaboração recebida no Centro de Ecofisiologia e Biofísica - IAC.

À Universidade Estadual de Campinas e à Faculdade de Engenharia Agrícola pela realização desse trabalho. E Professores, Funcionários e Colegas pela colaboração e amizade.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa.

Aos membros da Banca de Qualificação e Defesa de Tese: Dr. Jurandir Zullo Jr., Dr. Álvaro Penteadó Crósta, Dr. Jansle Vieira Rocha, Dr. Orivaldo Brunini, Dr. Eduardo Assad, Dra. Maria Ângela Fagnani, Dr. Antônio Carlos Cavalli pelas críticas e sugestões.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram possível a realização desse trabalho,

Os mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Definição de índices de perigo de incêndios	2
2.2. Índices de perigo de incêndios baseados em parâmetros meteorológicos	4
2.2.1. Índices de perigo de incêndios utilizados no Brasil	5
2.2.2. Índices de perigo de incêndios em alguns países	9
2.3. Características do material combustível	10
2.3.1. Características gerais do material combustível	10
2.3.2. Características do Capim-braquiária	11
2.4. Os satélites da série AVHRR-NOAA	11
2.5. O índice de vegetação utilizado para estimar o potencial de incêndios	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Local de estudos	17
3.2. Coleta de variáveis de campo	17
3.3. Dados de radiometria de campo	22
3.4. Dados AVHRR-NOAA	26
3.5. Experimento em casa-de-vegetação	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios	33
4.2. Umidade do material combustível e do solo	37
4.3. Modelagem das variáveis estudadas	39
4.3.1. Umidade do material combustível e a fórmula de Monte Alegre	39
4.3.2. Umidade do material combustível e a água disponível no solo	43
4.4. Umidade do material combustível em casa-de-vegetação	47
4.5. Umidade do material combustível e dados espectrais de campo	49
4.6. As imagens AVHRR-NOAA estudadas	53
4.6.1. Comparação espectral entre as áreas de estudo e uma área-teste	53
4.6.2. Comportamento espectral das imagens nos locais estudados	54
4.7. Imagens AVHRR-NOAA e as variáveis de campo estudadas	59
4.8. Comparação entre NDVI das imagens AVHRR-NOAA e NDVI de campo	69
5. CONCLUSÕES	71
6. ANEXO	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de perigo do índice de Telecyn	6
Tabela 2: Restrição à somatória do índice de Nesterov, de acordo com a quantidade de chuva do dia	7
Tabela 3: Escala de perigo do índice de Nesterov	7
Tabela 4: Restrição à somatória do índice de Monte Alegre, de acordo com a quantidade de chuva do dia	8
Tabela 5: Escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre	8
Tabela 6: Características do AVHRR/NOAA (TUNGALAGSAIKHAN E KRAMER, 1997)	12
Tabela 7: Reflectância espectral de folhas verdes (Fonte: Adaptado de GATES, 1970 e BARRETT e CURTIS, 1992)	13
Tabela 8: Valores do coeficiente de correlação (r) entre variáveis meteorológicas (precipitação, em mm = P, umidade relativa do ar, em %= UR, temperatura do ar, em °C = T, temperatura de ponto de orvalho, em °C = TPO e velocidade do vento a 2m, em m/s= VV) e número de focos de fogo (FF) em vegetação para região de Campinas, nos meses de maio a outubro de 1998 e 1999	36
Tabela 9: Valores do coeficiente de correlação (r) entre focos de fogo em vegetação na região (FF) e os índices de perigo de incêndios: fórmula de Monte Alegre (FMA), Telecyn (TE) e Nesterow (N), nos meses de maio a outubro de 1998	36
Tabela 10: Valores do coeficiente de correlação (r) entre focos de fogo em vegetação na região (FF) e os índices de perigo de incêndios: fórmula de Monte Alegre (FMA), Telecyn (TE) e Nesterow (N), nos meses de maio a outubro de 1999	36
Tabela 11: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade média do material combustível, em % (UMC), umidade média do solo a profundidade de 0-20cm, em % (US), fórmula de Monte Alegre (FMA), focos de fogo em vegetação na região (FF), dias sem chuva (DSC) e dias sem chuva maior que 10mm (DSC10), nos meses de junho a outubro de 1998	39
Tabela 12: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade média do material combustível, em % (UMC), umidade média do solo a profundidade de 0-20cm, em % (US), fórmula de Monte Alegre (FMA), focos de fogo em vegetação na região (FF), dias sem chuva (DSC) e dias sem chuva maior que 10mm (DSC10), nos meses de junho a outubro de 1999	40

Tabela 13: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade do material combustível (UMC) e a água disponível no solo para 40mm (H40), 75mm (H75), 100mm (H100), 125mm (H125) e 150mm (H150) de capacidade de retenção de água, nos meses de junho a outubro de 1998	43
Tabela 14: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade do material combustível (UMC) e a água disponível no solo para 40mm (H40), 75mm (H75), 100mm (H100), 125mm (H125) e 150mm (H150) de capacidade de retenção de água, nos meses de maio a novembro de 1999	44
Tabela 15: Umidade média do solo (US) e do material combustível (UMC), valores médios de fatores de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 e 2 (F1 e F2) em áreas sem pastejo e NDVI obtidos em 1998	50
Tabela 16: Umidade média do solo (US) e do material combustível (UMC), valores médios de fatores de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 e 2 (F1 e F2) em áreas sem e com pastejo e NDVI coletados em 1999	51
Tabela 17: Valores do coeficiente de correlação (r) entre os fatores de reflectância nos canais 1 e 2 (satélite AVHRR-NOAA) e o NDVI obtidos na Fazenda Chapadão em Campinas e nas áreas de estudo de campo em Nova Odessa nos anos de 1998 e 1999	54
Tabela 18: Fatores de reflectância nos canais 1 e 2 obtidos nas áreas experimentais em Nova Odessa a partir das imagens AVHRR-NOAA, com correção radiométrica (CR) e com correção radiométrica e atmosférica (CRA), nos anos de 1998 e 1999	55
Tabela 19: Valores de NDVI obtidos nas áreas experimentais em Nova Odessa calculados a partir das imagens AVHRR-NOAA com correção radiométrica (CR) e com correção radiométrica e atmosférica (CRA), nos anos de 1998 e 1999	58
Tabela 20: Valores do coeficiente de correlação (r) entre as variáveis fatores de reflectância no canal 1 (C1), NDVI (ambos obtidos a partir do AVHRR-NOAA), umidade do material combustível (UMC), umidade do solo (US), dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e fórmula de Monte Alegre (FMA) para os anos de 1998 e 1999	61
Tabela 21: Fatores de reflectância no infravermelho e vermelho obtidos no campo (radiômetro) e nas imagens de satélite e valores de NDVI (%) de campo (NDVIC) e satélite (NDVIS)	69
Tabela 1A. Dados de datas, focos de fogo, variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios para o ano de 1998	74
Tabela 1B. Dados de datas, focos de fogo, variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios para o ano de 1999	78

Tabela 2A. Balanço hídrico á cada 5 dias para os anos de 1998 e 1999	83
Tabela 3A. Dados médios da umidade do material vegetal combustível e umidade do solo na profundidade de 0-20cm para todas as datas de coletas de campo nos anos de 1998 e 1999	86
Tabela 4A. Experimento em casa de vegetação para determinar umidade da vegetação (UMC) e do solo (US)	88
Tabela 5A . Resumo dos parâmetros utilizados para a correção radiométrica e atmosférica das imagens NOAA14	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Local de estudo no ano de 1998, vista geral	18
Figura 2: Local de estudo no ano de 1999, área sem pastejo	18
Figura 3: Local de estudo no ano de 1999, área com pastejo	19
Figura 4: Material combustível coletado	20
Figura 5: Secagem do material	21
Figura 6: Estação Meteorológica Automática	21
Figura 7: Radiômetro Cimel Electronique modelo CE 313-22	23
Figura 8: Espectro-radiômetro Licor modelo LICOR-1800	24
Figura 9: Posicionamento dos equipamentos LICOR1800 e Cimel no campo	26
Figura 10: <i>Brachiaria decumbens</i> em vasos na casa de vegetação	29
Figura 11: Esquema dos blocos localizados na casa de vegetação, em cada bloco haviam 50 vasos distribuídos ao acaso	31
Figura 12: Umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C) nas datas de coleta de dados no campo, e precipitação (mm) durante o período de estudos nos anos de 1998 (A) e 1999 (B)	34
Figura 13: Umidade do material combustível (UMC) e umidade do solo nos períodos estudados nos anos de 1998 (A) e 1999 (B)	38
Figuras 14: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e fórmula de Monte Alegre (FMA) nos períodos sem chuva maior que 10mm para os anos de 1998 (A) e 1999 (B)	41
Figura 15: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), fórmula de Monte Alegre (FMA) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC = -0.3407FMA + 47.409$ (UMCest) no período de seca no ano de 1998	42
Figura 16: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), fórmula de Monte Alegre (FMA) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC = -0.1273FMA + 53.384$ (UMCest) no período de seca no ano de 1999	42

Figura 17: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e disponibilidade de água no solo a 125mm (H125), para 1998 (A) e 1999 (B)	45
Figura 18: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), disponibilidade de água no solo a 125mm (H125) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC=0.3312(H125) + 18.739$ (UMCest) no período de seca no ano de 1998	46
Figura 19: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), disponibilidade de água no solo a 125m (H125) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC=0.2788(H125) + 25.479$ (UMCest) no período de seca no ano de 1999	47
Figura 20: Variação da umidade média da <i>Brachiaria decumbens</i> em casa de vegetação submetida a diferentes restrições da irrigação e após 45 dias com irrigação normal	48
Figura 21: Comportamento da umidade média do material combustível (UMC), NDVI e valores médios de fatores de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e filtro 2 (622-675nm) (F1 e F2) no período estudado no ano de 1998	50
Figura 22: Comportamento da umidade média do material combustível (UMC), NDVI e valores médios de fatores de reflectância do material combustível medidas pelos filtros 1 (792-883nm) e filtro 2 (622-675nm) (F1 e F2) no período estudado no ano de 1999	51
Figura 23: Imagem canal 2 dia 24/06/99 sem correção atmosférica	57
Figura 24: Imagem canal 2 dia 24/06/99 com correção atmosférica	57
Figura 25: Fatores de reflectância no canal 1 (C1) e canal 2 (C2), NDVI e umidade média do material combustível (UMC), em percentagem, no ano de 1998	59
Figura 26: Reflectância no canal 1 (C1) e canal 2 (C2), NDVI e umidade média do material combustível (UMC), em percentagem, no ano de 1999	60
Figura 27: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1998	61
Figura 28: Regressão linear para as variáveis umidade média do material combustível e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1998	62
Figura 29: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e NDVI em 1998	62
Figura 30: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1999	63

- Figura 31: Regressão linear para as variáveis dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e NDVI em 1999 63
- Figura 32: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e NDVI em 1999 64
- Figura 33: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e NDVI em 1999 64
- Figura 34: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA = 858.42(C1) - 25.486$, onde C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para o ano de 1998 65
- Figura 35: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC = -328.58(C1) + 58.678$, onde C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para 1998 66
- Figura 36: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível (UMCest) estimada pelo modelo $UMC = 44.963(NDVI) + 11.884$ para o ano de 1998 66
- Figura 37: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA = 2508.2(C1) - 94.067$, onde C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para o ano de 1999 67
- Figura 38: Comportamento de dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e dias sem chuva maior que 10mm estimada (DSC10est) pelo modelo $DSC10 = -216.41(NDVI) + 143.62$ para o ano de 1999 67
- Figura 39: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA = -457.49(NDVI) + 303.83$ para o ano de 1999 68
- Figura 40: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível (UMCest) estimada pelo modelo $UMC = 48.821(NDVI) + 16.196$ para o ano de 1999 68

RESUMO

O problema das queimadas no Brasil e no mundo é complexo e de difícil compreensão, tendo em vista sua interface com a dinâmica climática, raízes culturais, condicionantes econômicos e fenômenos ecológicos. Com o presente estudo, objetiva-se contribuir para o desenvolvimento de sistemas de prevenção de incêndio em áreas vegetadas. Este trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, localizada no município de Nova Odessa - SP, nos períodos de seca (junho a setembro) dos anos de 1998 e 1999. O objetivo geral foi testar índices de perigo de incêndios em vegetação do tipo pastagem e relacioná-los às imagens AVHRR/NOAA. Para tanto, foram realizadas medidas de umidade da vegetação (pastagem de *Brachiaria* sp.) e do solo, estudo diário das variáveis meteorológicas, cálculo diário dos índices de perigo de incêndio e coleta de dados radiométricos de campo e do satélite AVHRR-NOAA. A umidade da vegetação foi correlacionada com os índices de perigo de incêndio, o balanço hídrico climatológico, as respostas espectrais do campo e as imagens AVHRR/NOAA. Nos períodos de seca de 1998 e 1999, a umidade do material combustível decresceu em média de 50 a 45% para 35 a 30%. No início do período de maior número de focos de fogo em vegetação a umidade do material combustível foi menor que 40%. Déficit de 60% de água disponível no solo, para CAD de 125mm, pode representar perigo de incêndio em pastagens. Fatores de reflectância no Canal 1 AVHRR-NOAA maiores que 0,07 e NDVIs menores que 0,5 podem representar perigo de incêndios em pastagens, com 80% de probabilidade de acerto. O emprego das imagens do satélite AVHRR-NOAA demonstrou grande potencial para estimativa do grau de perigo de incêndios em pastagens, pela sua frequência de imageamento e pelos bons resultados obtidos por este trabalho.

ABSTRACT

The burning problem in Brazil and world is complex and of difficult understanding, according to its climate dynamics interface, cultural roots, economical conditions and ecological phenomena. This work has objectified to contribute to the development of fire prevention systems in vegetated areas. This study was accomplished at the Zootecnik Institute Experimental Farm, in São Paulo State, located in Nova Odessa district, during the dry spell periods (June to September) in 1998 and 1999. The general goal was test fire danger indices of pasture type vegetation (*Brachiaria* sp. pasture) and associate then to AVHRR/NOAA images. Therefore, it was collected water content data of the vegetation and soil moisture, daily study of the meteorological variables, daily calculation of the fire danger indices, field radiometric data and the AVHRR-NOAA satellite data. The vegetation water content was related to the fire danger indices, the climatological water balance, the field radiometric and the AVHRR/NOAA images. The vegetation water content decreased from so to 50-45% for 35-30%, during dry spell periods of 1998 and 1999. In the beginning of the greatest fire period, the vegetation water content decreased to less than 40%. Deficit in 60% of soil water according water balance considering 125mm of available might indicated fire danger in pastures. Reflectance factors greater than 0,07 and NDVIs lower than 0,5 may represent fire danger in vegetation, with 80% probability. The AVHRR-NOAA satellite image usage has shown great potential, because of its image frequency and of its results.

1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo como manejo agrícola, embora ecologicamente controverso, é um instrumento barato, acessível e eficaz para os fins destinados. Entretanto, a intensidade e o uso indiscriminado das queimadas vêm provocando destruição de benfeitorias, desligamento de linhas de transmissão de energia elétrica, comprometimento do transporte aéreo e rodoviário, e começam a ameaçar a saúde e a própria vida das populações atingidas.

Do ponto de vista ambiental, os danos referem-se à destruição de extensos ecossistemas, causando a perda da biodiversidade, erosão e o empobrecimento dos solos e dos recursos hídricos, além da emissão de gases para atmosfera, contribuindo para intensificação do efeito estufa e perda da qualidade atmosférica local.

Uma das principais dificuldades para se propor um manejo adequado do fogo é a falta de dados apropriados sobre risco e incidência de queimadas, mesmo em países com tecnologia mais desenvolvida. A partir de 1991, a utilização de sensores remotos para detecção de queimadas possibilitou a estimativa do número de incêndios na vegetação brasileira. Nos anos de 1998 e 1999, ocorreram, respectivamente, 101.258 e 131.234 queimadas detectadas pelos satélites da série NOAA (EMBRAPA-CNPM, 1999).

No Brasil, os órgãos envolvidos em sistemas de prevenção, monitoramento e combate aos incêndios em áreas vegetadas são: o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), que utiliza imagens de satélite na detecção de queimadas, o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) e órgãos estaduais e municipais responsáveis pela proteção ambiental e, conseqüentemente, pelo monitoramento dos incêndios na vegetação.

A princípio, um sistema de avaliação do perigo de incêndios em áreas vegetadas consiste em integrar as variáveis meteorológicas e por meio delas prever o comportamento dos incêndios (CHENEY, 1968). Entretanto, vários países, como

Austrália, Canadá, Espanha, Estados Unidos e Itália, vêm se destacando no desenvolvimento de sistemas de prevenção cada vez mais eficientes, que integram também mapas geográficos e informações de sensoriamento remoto.

O índice de perigo de incêndio em vegetação mais utilizado no Brasil, baseado em variáveis meteorológicas, é a fórmula de Monte Alegre, desenvolvida por SOARES (1972) para região central do Estado do Paraná, cuja eficiência é pouco estudada.

O fato é que o problema das queimadas no Brasil e no mundo é complexo e de difícil compreensão, tendo em vista sua interface com a dinâmica climática, raízes culturais, condicionantes econômicos e fenômenos ecológicos.

Visando a contribuir para o desenvolvimento de sistemas de prevenção de incêndio em áreas vegetadas, foram consideradas as seguintes hipóteses:

a) variáveis meteorológicas em formulações matemáticas podem estimar a umidade da vegetação, condicionante direto das queimadas e

b) os dados de sensoriamento remoto podem estimar a umidade da vegetação

A área selecionada para testar essas hipóteses foi a Fazenda Experimental do Instituto de Zootecnia da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, localizada no município de Nova Odessa - SP. Esta área foi escolhida por três razões: primeiro, porque havia disponibilidade de informações meteorológicas de boa qualidade; segundo, pela presença de laboratório próximo às áreas de coleta e, terceiro, por causa da grande extensão e uniformidade da vegetação do tipo pastagem, possibilitando o uso de imagens AVHRR/NOAA.

O objetivo geral com o presente trabalho foi testar índices de perigo de incêndio em vegetação de pastagem e relacioná-los às imagens AVHRR/NOAA.

Os objetivos específicos foram:

a) relacionar a umidade da vegetação aos índices de perigo de incêndios mais utilizados no Brasil;

b) relacionar a umidade da vegetação e os índices de perigo de incêndios com as respostas espectrais de campo e imagens AVHRR/NOAA, e

c) estimar potencial de incêndios em pastagens através de imagens do satélite AVHRR-NOAA.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Definição de índices de perigo de incêndios

SOARES (1972) definiu índices de perigo de incêndios como sendo números que refletem, antecipadamente, a possibilidade de ocorrer um incêndio na vegetação, assim como a sua facilidade de se propagar, de acordo com as condições atmosféricas de um dia ou uma seqüência de dias. Por meio desse índices, objetiva-se orientar os responsáveis pela prevenção e combate aos incêndios na vegetação, fornecendo conhecimento do grau de perigo, ou seja, da probabilidade da ocorrência e propagação de fogo. Com esses índices, pode-se também planejar, de forma mais racional e econômica, os meios de combate nas diversas épocas do ano.

Perigo de incêndio pode ser definido como um termo geral que expressa o resultado dos fatores constantes e variáveis, os quais afetam as chances de um incêndio iniciar e se propagar. Os fatores constantes que influenciam a ocorrência e a propagação dos incêndios são constituídos pela característica do material combustível, topografia, organização de controle dos incêndios, risco e valor dos recursos. Os fatores variáveis são constituídos pela umidade do material combustível, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, precipitação, instabilidade atmosférica, mudanças da velocidade e direção do vento e radiação solar (MUTCH, 1970).

A propagação do fogo é determinada pelo material combustível, topografia e condições meteorológicas. Observa-se que quanto maior o conhecimento das condições meteorológicas nas diferentes áreas vegetadas, mais fácil é a determinação do perigo existente. As condições do tempo podem exercer influência sobre os incêndios de três formas diferentes: na distribuição do conteúdo de umidade na vegetação morta, que

constitui o principal combustível dos incêndios, sobre a forma de descargas elétricas, e das mudanças de direção dos ventos (CIANCIULLI, 1978)

Os cálculos dos índices de previsão de incêndios baseiam-se nos fatores meteorológicos, porém, existem muitas variações nos sistemas de cálculos utilizados nos diversos países, diferindo bastante o grau de importância ou o peso atribuído a determinados fatores, podendo existir, inclusive, dentro de um país, vários sistemas diferentes nas diversas regiões que o compõem (SOARES 1985).

Segundo CHENEY (1968), os índices de perigo de incêndios na vegetação fornecem uma resposta prática em 80% dos casos. Isso é suficiente para o planejamento eficiente do controle de incêndios, pois há pouca necessidade de um sistema altamente complicado de avaliação, fornecendo talvez uma resposta, no máximo, 90% correta.

2.2. Índices de perigo de incêndios baseados em parâmetros meteorológicos

Os fenômenos meteorológicos contribuem para o risco, ocorrência e propagação das queimadas. SAGLAM e ASLAN (citado por SAMPAIO, 1999) analisaram variáveis meteorológicas de 1937 a 1995 na Turquia e selecionaram, pela análise da correlação com a área queimada e número de incêndios, as variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e insolação.

Em trabalho desenvolvido em Longyan, na China, no período de 1977 a 1980, Xu (1985) observou que ocorreram severas queimadas quando a umidade relativa do ar era menor que 65% e não ocorreram quando era maior que 75%. Houve poucos incêndios quando a temperatura média diária do ar era menor que 25°C e não ocorreram queimadas quando era menor de 7°C.

HAINES e SANDO (1969) realizaram estudos relativos à história dos grandes incêndios em vegetação nos Estados Unidos e observaram que o fator climático mais importante foi a ausência de precipitação durante os períodos de três a oito meses antes dos incêndios.

No Brasil o primeiro trabalho que avaliou as variáveis meteorológicas para previsão de perigo de incêndio na vegetação foi SOARES (1972) que desenvolveu a fórmula de Monte Alegre (nome da fazenda onde foi realizada a coleta de dados) em

Telêmaco Borba, no Paraná. Foram utilizadas sete variáveis meteorológicas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, déficit de saturação do ar, diferença entre a temperatura do ar e o ponto de orvalho e número de dias sem precipitação maior que 10mm (medidas de cinco a trinta dias antes de cada ocorrência de fogo). Foram determinadas as correlações entre as variáveis meteorológicas, a ocorrência de incêndios e as áreas queimadas. Pela análise dos resultados, verificou-se que alguns fatores, como umidade relativa, déficit de saturação do ar e diferença entre a temperatura do ar e o ponto de orvalho, foram mais fortemente correlacionados, enquanto a temperatura do ar mostrou uma correlação muito baixa com a ocorrência de incêndios.

2.2.1. Índices de perigo de incêndios utilizados no Brasil

Índices de perigo de incêndios têm sido elaborados em diversos países. No Brasil, entretanto, são conhecidos poucos desses índices e apenas alguns são utilizados na prevenção dos incêndios florestais e queimadas (SOARES, 1985).

a) Índice de Angstron (B)

$$B = (0.05 * h_i) + 0.1 * (t_i - 27) \quad (2.1)$$

Foi desenvolvido na Suécia e baseia-se na temperatura do ar (t_i), em °C, e na umidade relativa do ar (h_i), em %, ambas observadas às 13 horas. Este modelo não é acumulativo, pois determina o grau de perigo de incêndios apenas para um dia, sem considerar as condições meteorológicas dos dias anteriores. Quando o valor do índice é menor do que 2,5, haverá risco de incêndios.

b) Índice logarítmico de Telecyn (I)

$$I = \sum_{i=1}^n \log(t_i - tpo_i) \quad (2.2)$$

Desenvolvido na URSS, é um modelo acumulativo, sendo t_i a temperatura do ar, e tpo_i a temperatura do ponto de orvalho, ambas em °C e observadas às 13 horas. Sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandona-se o somatório e recomeça-se novo cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

A interpretação do grau de perigo é feita por uma escala (Tabela 1).

Tabela 1: Escala de perigo do índice de Telecyn.

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

c) Índice de Nesterov (G)

$$G = \sum_{i=1}^n (d_i * t_i) \quad (2.3)$$

$$\text{Onde: } d_i = e_i * \left(1 - \left(\frac{h_i}{100} \right) \right)$$

Desenvolvido na Rússia e aperfeiçoado na Polônia, é um modelo acumulativo e o somatório é modificado de acordo com a quantidade de chuva incidente (Tabela 2), sendo t_i a temperatura do ar, em °C, e_i a pressão real de vapor da água, em milibar, e h_i a umidade relativa do ar, em %; variáveis observadas às 13 horas.

Tabela 2: Restrição à somatória do índice de Nesterov, de acordo com a quantidade de chuva do dia.

Chuvas do dia (mm)	Modificações no Cálculo
< 2,0	Nenhum
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 no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

A interpretação do grau de risco estimado é feita por de uma escala de perigo (Tabela 3).

Tabela 3: Escala de perigo do índice de Nesterov

Valor de G	Grau de Perigo
< 300	Nenhum
301 a 500	Pequeno
501 a 1000	Médio
1001 a 4000	Alto
> 4000	Altíssimo

d) Fórmula de Monte Alegre (FMA)

$$FMA = \sum_{i=1}^n \frac{100}{h_i} \quad (2.4)$$

Desenvolvido para a região central do Paraná, é um modelo acumulativo (Tabela 4), sendo corrigido em função da precipitação, onde h_i é a umidade relativa do ar, em %, observada às 13 horas.

Tabela 4: Restrição à somatória do índice de Monte Alegre, de acordo com a quantidade de chuva do dia.

Chuvas do dia (mm)	Modificações no Cálculo
< 2,4	Nenhum
2,5 a 4,9	Abater 30% no valor de FMA calculado na véspera e somar (100/h) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% no valor de FMA calculado na véspera e somar (100/h) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% no valor de FMA calculado na véspera e somar (100/h) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA=0), recomeçando no dia seguinte.

A interpretação do grau de risco estimado é feita por uma escala de perigo (Tabela 5).

Tabela 5: Escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre

Valor de FMA	Grau de Perigo
< 1,0	Nenhum
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Altíssimo

Segundo SOARES (1985), os índices de perigo de incêndios foram introduzidos pela primeira vez no Brasil em 1963, depois do incêndio que atingiu cerca de 2 milhões de hectares no norte do Paraná. Em razão da dificuldade de obtenção de informações básicas, inclusive algumas variáveis meteorológicas, os índices sugeridos foram os de Angstron e Nesterov, que apenas requerem temperatura, umidade relativa do ar e precipitação para seus cálculos. Segundo esse autor, a fórmula de Monte Alegre, desenvolvida em 1972, tem sido usada por inúmeras empresas e instituições públicas por causa de sua eficiência e estrutura muito simples.

2.2.2. Índices de perigo de incêndios em alguns países

Nos Estados Unidos existiam diversos sistemas de índices até 1972, quando foi estabelecido um índice nacional. Em 1978, foi introduzida uma nova versão, com uma estrutura hierarquizada de índices. As variáveis observadas diariamente são: umidade relativa do ar, temperatura do ar, nebulosidade, precipitação e velocidade do vento. Determinam-se o teor de umidade e a temperatura do material combustível e as causas do fogo e o tipo de relevo (DEEMING et al., 1977).

O sistema canadense é formado por um conjunto de programas que permitem estimar o perigo de incêndio correspondente a cada um dos principais tipos de combustíveis, com base nas observações de pluviosidade, umidade relativa do ar, velocidade do vento, insolação e tendência de secura do solo (MACEDO e SARDINHA, 1985).

Atualmente, os Estados Unidos e Canadá vêm se destacando conjuntamente no desenvolvimento de sistemas de prevenção cada vez mais eficientes, que integram mapas de vegetação (tipos, tamanho e estresse hídrico), mapas climáticos atualizados diariamente, mapas geográficos (rios, represas, estradas, cidades, relevo) e informações de sensoriamento remoto (CARLSON et al., 1997; CANADIAN FOREST SERVICE, 2000; FLORIDA DIVISION OF FORESTRY, 2000).

Na Espanha e Austrália, os sistemas nacionais de perigo de incêndios na vegetação são semelhantes ao sistema canadense, sendo adaptados às características fitoclimáticas de cada país (MACEDO e SARDINHA, 1985; NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE, 2000; INFOCARTO, 2000).

Segundo CARREGA (1991), as regiões francesas mais sujeitas a incêndios são as regiões mediterrâneas, onde as condições meteorológicas de estiagem predominam nos verões quentes e secos. Dessa forma, o sistema nacional de prevenção de incêndios observa o estado de secura do solo e o vento. O estado de secura refere-se ao déficit de água no solo. Estudos relativos à evapotranspiração determinaram o nível de saturação de água no solo em torno de 150mm para estimar o perigo de incêndios em florestas e 125mm para vegetação de pequeno porte.

Na Rússia, o índice de perigo de incêndios mais utilizado é o de Nesterov, ao passo que em Portugal e na Suécia o mais utilizado é o de Angstron (MACEDO e SARDINHA, 1985; INFOCARTO, 2000).

2.3. Características do material combustível

2.3.1. Características gerais do material combustível

O combustível vegetal pode ser definido como qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima desse, capaz de entrar em ignição e queimar (SCHROEDER e BUCK, 1970, citado por BATISTA, 1993).

Segundo SOARES (1985), os materiais combustíveis vegetais ocorrem em inúmeras combinações de tipo, quantidade, arranjo, teor de umidade. A quantidade depende do espaçamento e idade da vegetação e pode ser estimada pela carga de peso seco por unidade de área e quanto maior a quantidade, maior será o perigo de fogo. Em estudos realizados por KAUFFMAN et al. (1988) e UHL et al. (1988) em diferentes comunidades vegetais, a quantidade de material combustível na região amazônica variou de 13 a 253t/ha.

O material combustível pode ser classificado de acordo com o tempo necessário para alcançar a umidade de equilíbrio com o ambiente local que, por sua vez, é proporcional a seu diâmetro (DEEMING et al., 1977).

O conteúdo de umidade dos materiais vegetais de pequeno diâmetro varia muito em função da temperatura, umidade do ar e precipitação. A vegetação de uma pastagem, por exemplo, pode variar o conteúdo de umidade em poucas horas depois de uma chuva (LIMA e FENNER, 1992).

A umidade do material combustível determina a quantidade requerida de calor para a ignição da matéria vegetal, já que a vaporização da água contida no vegetal representa uma redução na quantidade de calor disponível para combustão propriamente dita. A porcentagem de umidade no combustível vegetal pode variar de zero até 300% (TROLLEPE et al., 1996). SOARES (1985) afirma que a probabilidade de ignição é

praticamente nula quando o teor de umidade do material combustível vegetal está acima de 25-30%.

Recentemente, além da determinação do conteúdo de umidade nos materiais vegetais por métodos de campo, o uso das técnicas de sensoriamento remoto, mais precisamente as imagens dos satélites meteorológicos AVHRR/NOAA ou GOES, têm sido usadas para acompanhar a umidade da vegetação em grande áreas de difícil acesso.

2.3.2. Características do Capim-braquiária

O gênero *Brachiaria* é considerado o principal capim para cultivo no Brasil, graças a sua adaptação em solos anteriormente considerados inaptos até mesmo para o cultivo de pasto e disponibilidade de sementes no mercado (SOUZA, 1995).

Segundo MITIDIERI (1983), as espécies do gênero *Brachiaria* têm sua distribuição nas regiões tropicais, ocorrendo principalmente no nordeste da África. Suas características de crescimento são as de planta perene, prostrada, com formação de touceiras compactas de até 50cm de diâmetro por 60-70cm de altura, emitindo raízes dos nós inferiores.

2.4. Os satélites da série AVHRR-NOAA

A utilização dos sensores AVHRR/NOAA para detecção de pontos de queimadas e estimativa do tamanho da área afetada pelo fogo teve seu início no final dos anos 80 (KAUFMAN et al., 1989; CRUTZEN e ANDREAE, 1990; SETZER e PEREIRA et al., 1991; GREGOIRE et al., 1993; BELWARD et al., 1994; GONZALEZ-ALONSO et al., 1996; JUSTICE et al., 1996; VALOR e CASELLES, 1996; BELDA e MELIÁ, 2000; DÍAZ-DELGADO e PONS, 2001; REMMEL e PERERA, 2001) e com base nesses trabalhos, surgiu a perspectiva de utilizar esses sensores para estimar potencial de incêndios na vegetação.

Os satélites meteorológicos da série NOAA em órbita estão programados para realizar duas passagens diárias (uma diurna e outra noturna) sobre um mesmo alvo terrestre, o que garante uma alta frequência de aquisição de imagens. Além disso, os

satélites possuem o sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), que oferece produtos com baixa resolução espacial, mas com baixo custo e facilidade operacional (KIDWELL, 1998). Essas características somadas fazem do sistema AVHRR-NOAA uma boa alternativa para a estimativa dos índices de previsão de potencial de incêndios por diferentes usuários dessa informação.

Tabela 6: Características do AVHRR/NOAA (TUNGALAGSAIKHAN E KRAMER, 1997)

AVHRR/NOAA	
Ciclo de cobertura	12 horas
Cobertura terrestre	3.000km
Altura orbital média	833km
Inclinação	98 - 99 ⁰
Período orbital	102 minutos
Resolução espacial	1,1km ² (2,4km na linha de varredura x 6,9km na direção de deslocamento)
Campo de visada instantâneo (IFOV)	1,4 mrad
Canais espectrais (µm)	1- 0,580 a 0,680 2- 0,725 a 1,100 3- 3,550 a 3,930 4- 10,30 a 11,30 5- 11,50 a 12,50
Ângulo de visada	± 55,4 ⁰

2.5. O índice de vegetação utilizado para estimar o potencial de incêndios

A determinação da natureza dos alvos pelos métodos de sensoriamento remoto é baseada no fato de que diferentes materiais são caracterizados por reflectâncias próprias em cada banda do espectro eletromagnético. A reflectância ou fator de reflexão é proporcional à razão da radiação refletida pela radiação incidente.

As propriedades de reflexão das plantas podem ser descritas da seguinte forma (BARRETT e CURTIS, 1992):

- a) No visível, o comportamento da reflexão é determinada pela clorofila, cuja absorção encontra-se no intervalo da luz azul (400-500nm) e da luz vermelha (600-700nm), enquanto reflete no intervalo da luz verde (500-600nm). A radiação incidente atravessa, quase sem perda, a cutícula e a epiderme, onde as radiações correspondentes ao vermelho e ao azul são absorvidas pelos pigmentos do mesófilo (clorofilas), que causam uma reflexão baixa nesses comprimentos de onda.
- b) No infravermelho próximo (700-1300nm), a radiação é refletida em uma proporção de 30 a 70% dos raios incidentes. Os sistemas pigmentais das plantas perdem a capacidade de absorver fótons nesse espectro, que é caracterizado por uma subida acentuada da curva de reflexão.
- c) Nos comprimentos de onda acima de 1300nm, o conteúdo de água das folhas influencia a interação com a radiação. A água dentro da folha absorve nas bandas de 1450 e 1960nm. Essa influência aumenta com o conteúdo de água.

Tabela 7: Reflectância espectral de folhas verdes (Fonte: Adaptado de GATES, 1970 e BARRETT e CURTIS, 1992).

Comprimento de Onda	Resposta da Folha	Reflectância
400-500nm (Azul)	Absorção pelas clorofilas	5 %
500-600nm (Verde)	Pequena absorção	15%
600-700nm (Vermelho)	Absorção pelas clorofilas	10%
700-1300nm (IVP)	Pouquíssima absorção	40%
1400nm (IVP)	Absorção pela água	15%
1500-1800nm (IVM)	Pouquíssima absorção	30%
1900nm (IVM)	Absorção pela água	5%
2000-2600nm (IVM)	Pouquíssima absorção	20%

(IVP = Infravermelho próximo; IVM = Infravermelho médio).

NETO et al. (1983), estudando a reflectância em folhas de soja, consideraram três regiões de características bem distintas: visível (400-700nm), com uma grande

absorção pelos pigmentos (principalmente clorofila e carotenos) e baixa reflectância; o infravermelho próximo (700-1300nm), com pouca absorção, apresentando níveis de reflectância superiores a 50%, relacionado às características da estrutura do mesófilo das folhas, e o infravermelho distante (1350-2600nm), com absorção moderada a alta, dependendo do teor de água das folhas. Resultado semelhante foi descrito por CASANOVA et al. (1998) quando estudaram a reflectância de arroz.

O índice de vegetação é uma técnica de realce da vegetação, por meio de operações matemáticas simples usadas em processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, no sentido de analisar diferentes bandas espectrais, simultaneamente, de uma mesma cena (CRÓSTA, 1992).

O índice de vegetação tem sido utilizado basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (TUCKER et al., 1983; TUCKER E GATLIN, 1984; KENNEDY 1989; MILLINGTON et al., 1992; BATISTA et al. 1993; COOPS et al, 1998; HILL et al. 1999; FRASER et al, 2000). Mais recentemente, tem sido utilizado por diversos centros de pesquisa para o monitoramento de áreas queimadas e como indicativo de risco de fogo na vegetação (LÓPEZ et al., 1991; CHUVIECO e MARTÍN, 1994; MASELLI, et al., 1996; ILLERA et al.,1996; SENAY e ELLIOTT, 2000; REMMEL e PERERA, 2001).

JACKSON et al. (1983) observaram que apesar de os índices serem muito sensíveis à vegetação, são sensíveis também à mudança de fundo (solo), acarretando variações na quantidade de radiação refletida em função de diferentes tipos de solo, textura, umidade, manejo e práticas agrícolas. Na primeira fase dos cultivos agrícolas (semeadura e brotação), a resposta espectral é quase totalmente influenciada pelo solo (fundo).

O índice de vegetação mais utilizado tem sido o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), definido por Rouse et al (1974) e citado por ZULLO JR. (1994), sendo originalmente desenvolvido para os sensores da série Landsat e posteriormente utilizado em sensor AVHRR da série NOAA. No segundo caso, o NDVI é calculado da seguinte forma:

$$NDVI = \frac{\rho_{\text{Infravermelho}} - \rho_{\text{vermelho}}}{\rho_{\text{Infravermelho}} + \rho_{\text{vermelho}}} \quad (2.5)$$

Onde: ρ_{vermelho} = Banda 1 (580 nm a 680 nm) e

$\rho_{\text{Infravermelho}}$ = Banda 2 (725 nm a 1100 nm).

A variação numérica do NDVI é de -1 a +1 e quanto maior a diferença entre a reflectância no infravermelho e o vermelho, maior é o valor do índice. O NDVI negativo representa nuvens, água e neve. Solos, rochas, asfalto e concreto possuem valores de NDVI próximos de zero. E a vegetação apresenta valores entre 0,1 e 0,6, variando conforme o tipo, densidade e umidade (NOVO, 1988).

O NDVI é afetado por efeitos atmosféricos, como o espalhamento por poeiras, aerossóis, gases atmosféricos e nuvens; por isso, é necessário realizar correção das imagens antes de se calcular o índice (CRÓSTA, 1992; ZULLO JR., 1994; HAMADA, 2000, PELLEGRINO, 2000).

Os dados de NDVI obtidos com base em imagens AVHRR/NOAA são usados extensamente em pesquisas que visam a conhecer mudanças globais da vegetação. Bons resultados têm sido alcançados em pesquisas que utilizam as imagens NOAA e dados NDVI em áreas com vegetação homogênea. Em Nebraska, Dakota do Norte, Dakota do Sul e Kansas foram obtidas boas correlações entre o NDVI e a porcentagem de cobertura verde, com r^2 variando de 0,86 a 0,60 (CHUVIECO e MARTÍN, 1994).

LÓPEZ et al. (1991) utilizaram imagens AVHRR/NOAA para associar a variação do NDVI com as condições fenológicas da vegetação nas províncias espanholas de Valência, Castellón e Teruel, durante o ano de 1987. Segundo esses autores, da associação de dados climáticos, mapas de relevo, vegetação e NDVI em um sistema de informações geográficas, resultou um modelo de previsão do risco de incêndio.

Segundo CHUVIECO e MARTÍN (1994), um projeto desenvolvido na costa mediterrânea espanhola vem testando um método para estimar perigo de fogo, o qual se baseia no decréscimo dos valores do NDVI diários, para cada pixel durante o período de seca.

Visando a utilização dos dados AVHRR/NOAA para acompanhar a variação da umidade da vegetação, PALTRIDGE e BARBER (1988) realizaram um estudo em cinco áreas próximas a Victoria, Austrália, onde foi encontrada significativa correlação linear entre o NDVI e a umidade da vegetação.

ILLERA et al. (1996) estimaram o perigo de incêndio em áreas florestais, acompanhando a evolução temporal do NDVI e o estresse hídrico da vegetação nas regiões espanholas de Valência e sudeste de Andalusia.

ESPLUGUES (1997) encontrou uma boa relação entre a precipitação e a umidade do solo com o NDVI, em zonas com grande incidência de incêndios, na província de Alicante, Espanha.

BURGAN et al. (1998) desenvolveram um índice de potencial de fogo (FPI) integrando mapas com tipos e umidade da vegetação derivados de AVHRR-NDVI e obtiveram alta correlação com ocorrência de fogo. COLIN et al. (1999), buscando validar o FPI, utilizaram a aeronave Airborne Data Acquisition and Registration - ADAR - 5000 System e encontraram coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,815 para NDVI e umidade da vegetação de pastagem.

LEBLON et al. (2001) encontraram uma boa correlação entre índices de potencial de fogo utilizados pelo governo canadense e valores do NDVI acumulados diariamente.

Trabalhos em fase experimental utilizando imagens AVHRR-NOAA/NDVI podem ser acompanhados na internet (IBAMA, 2002; NRC 2002; DOLA, 2002).

Ao contrário do grande número de trabalhos que utilizam imagens de satélite, os que utilizam radiometria de campo, associada a estresse hídrico em pastagens, são poucos. ASSAD et al. (1991) encontraram boa correlação entre reflectância e teor hídrico para três espécies de *Brachiaria* e uma de *Andropogon*. Segundo MILTON (1987), a radiometria de campo é de fundamental importância nos estudos envolvendo sensoriamento remoto, pois visa a relacionar as características espectrais às biológicas, sendo importante também na calibração de sensores remotos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de estudos

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental do Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, localizada no município de Nova Odessa - SP, situada nas coordenadas geográficas de 22°46'38" latitude sul e 47°17'49" longitude oeste e altitude média de 560m acima do nível do mar, com área de 816ha.

A temperatura média anual da região é de 20,7°C e a precipitação total média anual é de 1381,2mm. A vegetação é do tipo pastagem formada em sua maior parte por *Brachiaria* sp..

O período de estudo foi de junho a outubro de 1998 e de maio a outubro de 1999, períodos correspondentes ao maior número de focos de fogo na vegetação, aos menores índices de chuva e menores índices de umidade relativa do ar.

3.2. Coleta de variáveis de campo

As variáveis de campo foram coletadas em áreas com predominância de *Brachiaria* sp. com aproximadamente 7ha localizadas no interior da fazenda.

A área utilizada no ano de 1998 tinha sido plantada havia muitos anos e não recebia animais para o pastejo, acumulando, por isso, material combustível formado por grande quantidade de vegetação morta (macega) que cobria o solo (Figura 1).

A área utilizada em 1999 tinha sido plantada no ano anterior ao início do experimento, sendo dividida em duas partes: uma sem e outra com a presença de animais para o pastejo. A área sem pastejo era formada por grande quantidade de vegetação viva

e o solo estava totalmente coberto (Figura 2), ao passo que a área com pastejo era formada por vegetação mais baixa e o solo estava muito exposto (Figuras 3).



Figura 1: Local de estudo no ano de 1998, vista geral.



Figura 2: Local de estudo no ano de 1999, área sem pastejo.



Figura 3: Local de estudo no ano de 1999, área com pastejo.

Foram estabelecidos três pontos de referência, escolhidos ao acaso no interior das áreas de estudos, que receberam visitas a cada 4-5 dias ou logo após a ocorrência de chuva. Os horários das visitas ocorreram entre 13 e 15 horas.

Nas proximidades de cada um dos três pontos de referência pré-estabelecidos, foram coletadas quatro amostras do material combustível (totalizando 12 amostras), para determinação do teor de umidade.

O material recolhido (parte aérea), com ajuda de facão, era imediatamente acondicionado em saco plástico com volume de 20 litros e enviado ao laboratório. No laboratório, foi realizada a pesagem do material úmido e após secagem em estufa regulada para 70°C, durante 48 horas, determinou-se o peso seco e posteriormente o conteúdo de umidade (método gravimétrico), utilizando-se a expressão:

$$UMC = \frac{(PU - PS)}{PS} * 100 \quad (3.1)$$

Onde: UMC é a umidade do material combustível, em %,

PU é o peso úmido, e PS é o peso seco, em g.

Após a retirada do material combustível, foram coletadas amostras de solo utilizando-se um trado, na profundidade de 0-20cm, as quais foram imediatamente acondicionadas em latas de alumínio para determinação do conteúdo de umidade do solo, com procedimento semelhante ao utilizado com o material combustível vegetal (método gravimétrico), utilizando-se a expressão:

$$US = \frac{(PU - PS)}{PS} * 100 \quad (3.2)$$

Onde: US é a umidade do solo, em %,

PU é o peso úmido, e PS é o peso seco, em g.

Pelas Figuras 4 e 5 verificam-se os procedimentos de coleta.



Figura 4: Material combustível coletado.

As variáveis meteorológicas foram adquiridas pela estação meteorológica automática (EMA) da marca Campbell Scientific, localizada no interior da fazenda e próxima das áreas de coleta (Figura 6).

A EMA forneceu as seguintes informações: dia e horário das medidas, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos a 2m e 5m

acima do solo, radiação solar direta e indireta, fluxo de calor no solo, temperatura do solo, pressão atmosférica e precipitação.



Figura 5: Secagem do material.



Figura 6: Estação Meteorológica.

Foi realizado o balanço hídrico climatológico para previsão da condição hídrica dos locais estudados nos anos de 1998 e 1999. Para tanto, foi utilizado o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), que se baseia em dados médios de chuva e temperatura do ar. O balanço hídrico foi calculado pelo programa desenvolvido pelo Laboratório de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo de Campinas - SP, a cada cinco dias em média.

Utilizando-se os dados fornecidos pelo balanço hídrico, foram calculados os valores de água disponível no solo, por meio da seguinte expressão:

$$ADS = \frac{ARM * 100}{CAD} \quad (3.3)$$

Onde: *ADS* é a água disponível no solo, em %;

ARM é o armazenamento de água no solo e

CAD é a capacidade de armazenamento de água no solo fixa.

Foram calculados os seguintes índices de perigo de incêndios: Angstron, Telecyn, Nesterov e Monte Alegre, descritos na revisão de literatura. Os valores dos índices de perigo de incêndios foram correlacionados entre si e com a umidade da vegetação nos anos de 1998 e 1999.

Foi realizado um levantamento dos focos de fogo ocorridos na região de Campinas, em vegetação do tipo gramíneas, no período de maio a outubro dos anos de 1998 e 1999, junto ao Corpo de Bombeiros de Campinas, que durante o período de seca registra diariamente as seguintes informações: tipos, número, área queimada e os locais de ocorrência dos focos de fogo em vegetação. Essas informações podem ser fornecidas ao público interessado (Imprensa, Defesa Civil, ONGs, Universidades).

As variáveis umidade do material combustível e do solo, informações meteorológicas fornecidas pela EMA, valores de água disponível no solo, número diário de focos de fogo na vegetação e índices de perigo de incêndios foram correlacionadas entre si e apenas os valores de coeficiente de correlação superiores a 0,89 foram considerados como bons resultados.

3.3. Dados de radiometria de campo

As medições da radiação eletromagnética refletida pelo material combustível foram realizadas com um radiômetro portátil fabricado pela Cimel Electronique, modelo CE 313-22 (Figura 7), posicionado dois metros acima da superfície vegetada. Este equipamento é composto de uma unidade de controle e armazenamento de dados e de uma cabeça ótica com campo de visada de 10°, responsável pela detecção e filtragem da radiação refletida pelo alvo, permitindo observações nas seguintes faixas espectrais:

- a) 791,5 a 882,5nm (F1);
- b) 621,5 a 674,5nm (F2);
- c) 505,5 a 590,5nm (F3);
- d) 430,0 a 470,0nm (F4) e
- e) 1557,5 a 1722,5nm (F5).

O valor medido é a radiação total refletida pela superfície visada em cada faixa espectral.



Figura 7: Radiômetro Cimel Electronique modelo CE 313-22

No ano de 1998, em cada visita de campo, foram realizadas quatro medidas nas proximidades dos três pontos de referência (totalizando 12 leituras por dia de coleta).

No ano de 1999, em cada visita, foram realizadas seis medidas nas proximidades dos três pontos de referência (totalizando 18 leituras por dia de coleta).

Simultaneamente, os dados de radiação total e difusa foram obtidos por um espectro-radiômetro LICOR-1800 (Figura 8), que proporciona espectros contínuos de 400nm a 1100nm, em intervalos de 2nm.

Nos dias de coleta, as medidas foram realizadas no intervalo de uma hora antes e uma hora depois da passagem do satélite.

Uma vez que foram utilizados dois equipamentos diferentes (Figura 9), foi necessário intercalibrá-los estimando-se as curvas de regressão seguintes para cada faixa espectral utilizada, segundo a metodologia sugerida por DUGGIN e CUNIA (1983):

$$C_{F1} = 1487,70 * L + 4408,6 \quad (r^2=0,99) \quad e \quad (3.4)$$

$$C_{F2} = 852,45 * L + 1283,1 \quad (r^2=0,99) \quad (3.5)$$

Onde:

C é o valor da radiação total medida com o aparelho Cimel Electronique utilizando um painel de referência de sulfato de bário ($BaSO_4$) com reflectância de 90% (HAMADA, 2000) nas bandas F1 e F2 e

L é o valor da radiação total medida com o aparelho LICOR-1800 nas bandas F1 e F2.



Figura 8: Espectro-radiômetro Licor modelo LICOR-1800.

Os passos descritos a seguir detalham a metodologia utilizada para a estimativa do fator de reflectância :

Passo 1: Medida das radiações total (RT) com o aparelho LICOR-1800 e radiação refletida (RF) pela vegetação com o aparelho Cimel Electronique.

Passo 2: Integração da radiação total (aparelho LICOR-1800) em faixas espectrais correspondentes às faixas F1 e F2 do aparelho Cimel Electronique.

Passo 3: Aplicação das equações de intercalibração (3.4 e 3.5) a partir dos dados do LICOR-1800 para estimativa da radiação total C medida pelo Cimel Electronique.

Passo 4: Cálculo dos valores do fator de reflectância da vegetação estudada. O valor de fator de reflectância é definido como sendo a razão entre o fluxo radiante

refletido pela superfície e o fluxo refletido por uma superfície de referência (BOWKER et al., 1985), calculado pela seguinte expressão:

$$\rho = \left(\frac{RF}{C} \right) * R_{\text{painel}} \quad (3.6)$$

Onde:

ρ é o valor do fator de reflectância do alvo (vegetação);

C é a radiação total incidente no alvo estimada a partir das equações 3.4 e 3.5 utilizando os dados do LICOR-1800 e

RF é a resposta do aparelho de medida ao visar o alvo de interesse.

O painel de referência utilizado foi um painel de celulose pintada com sulfato de bário (BaSO_4), cuja eficiência de reflectância média foi de 90%, segundo HAMADA (2000) .

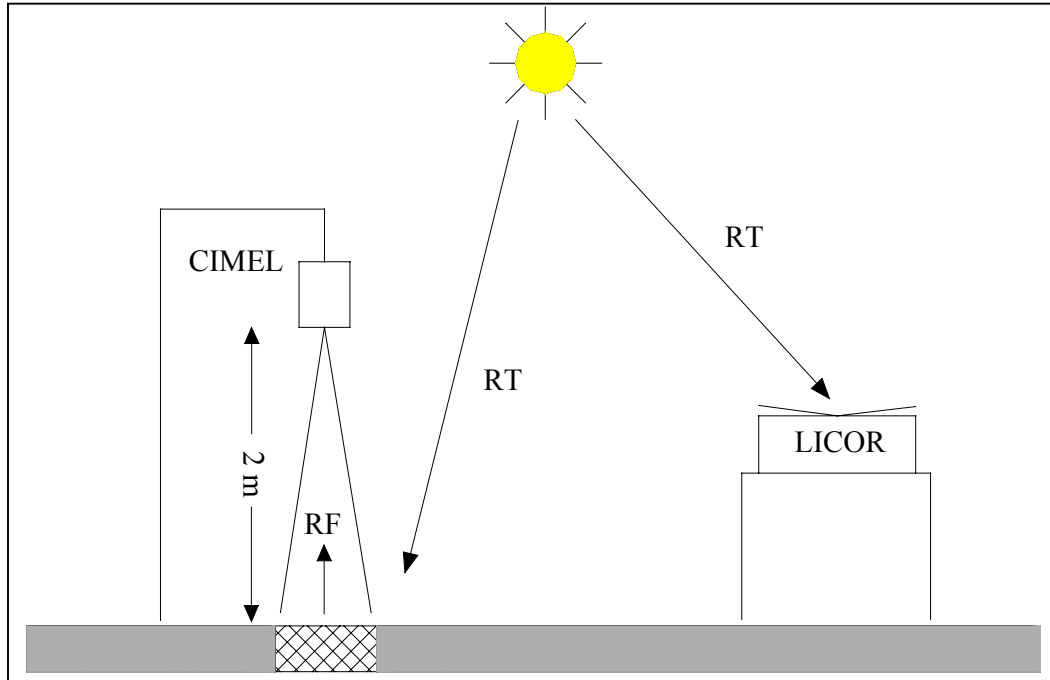
Foram realizadas 5 coletas em 1998 (2/7, 11/7, 21/7, 24/8 e 3/9) e 3 em 1999 (19/5, 24/6 e 30/9).

Tomando-se por base os valores de reflectância, foi calculado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) a partir dos dados das bandas espectrais do Cimel Electronique:

$$NDVI = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (3.7)$$

Onde: ρ_1 é a reflectância no infravermelho e

ρ_2 é a reflectância no vermelho



RT = Radiação Total, RF = Radiação Refletida

Figura 9: Posicionamento dos equipamentos LICOR-1800 e CIMEL no campo.

3.4. Dados AVHRR-NOAA

As imagens NOAA são recebidas desde 1994 pelo Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura da Universidade Estadual de Campinas (CEPAGRI - UNICAMP), utilizando uma antena marca Telonics, modelo THRPT-6 tirisTM, série HRPT Earth Stations e são gravadas em disco rígido conectado a uma estação de trabalho da marca Silicon Graphics onde recebem processamento digital no programa METPRO da General Sciences Corporation.

Foram utilizadas imagens obtidas no período da tarde pelo satélite NOAA-14, com o sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), nas bandas espectrais 580nm a 680nm (Banda 1) e de 725nm a 1100nm (Banda 2), do tipo LAC (Local Area Coverage) com resolução de 1,1 x 1,1 km, visando ao cálculo da reflectância e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). As imagens foram selecionadas seguindo os critérios citados por ALMEIDA (1996), ou seja:

a) passagem com o centro posicionado sobre a estação terrestre de recepção das imagens do AVHRR/NOAA, no CEPAGRI/UNICAMP (22^o49'22" de latitude Sul e 47^o03'59" de longitude Oeste);

b) antena posicionada num ângulo de elevação mínimo de 65^o em relação ao maior eixo da passagem do satélite e

c) ausência de nuvens próximas às áreas de estudos.

Por causa desses critérios, foi possível coletar 14 imagens nos períodos estudados de 1998 (2/7, 12/7, 21/7, 31/7, 17/8, 25/8 e 3/9) e 1999 (20/5, 24/6, 9/8, 26/8, 3/9, 30/9 e 9/10).

As imagens foram processadas e corrigidas geometricamente pelo programa METPRO. As imagens AVHRR foram recebidas com resolução radiométrica de 10 bits/pixel, sendo reduzida para 8 bits/pixel após setorização, calibração e armazenamento.

Para realizar a correção geométrica, foram definidas as marcas terrestres visíveis nas imagens e observadas nas cartas topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O número de pontos terrestres variou de 12 a 20, dependendo da presença de nuvens ou ruído nas imagens e foram utilizados pontos como encontro de rios. As posições geográficas desses pontos foram obtidas das cartas de Andradina, Araraquara, Bauru, Campinas, Franca, Iguapé, Ilha Grande, Ribeirão Preto, Santos, São José do Rio Preto, São Paulo e Varginha, na escala de 1:250.000.

As bandas selecionadas passaram por processos de correção radiométrica e atmosférica utilizando-se o sistema computacional SCORADIS, baseado no Modelo 5S (Simulation du Signal Satellitaire dans le Spectre Solaire), desenvolvido por TANRÉ et al. (1990) e descritos em ZULLO JR (1994) e ZULLO JR et al. (1996).

O processamento feito pelo modelo 5S foi esquematizado por ZULLO JR. (1994) por meio dos seguintes passos:

Passo 1: Leitura dos dados de entrada;

Passo 2: Cálculo das funções atmosféricas;

Passo 3: Cálculo das funções de absorção gasosa;

Passo 4: Cálculo das funções de espalhamento atmosférico;

Passo 5: Cálculo da reflectância da superfície terrestre ou imagem com correção radiométrica e atmosférica (CRA);

Passo 6: Cálculo da reflectância aparente ou imagem com correção radiométrica (CR);

Passo 7: Gravação dos resultados obtidos.

Os dados de entrada do sistema SCORADIS podem ser observados na Tabela 5A-Anexo. Utilizaram-se dados de horário de passagem do satélite, ângulo de elevação do satélite, ângulo zenital solar, pressão atmosférica, radiação direta em 550 nm, transmitância gasosa em 948nm e ozônio. E calcularam-se a massa ótica do ar, vapor d'água e espessura ótica. Nas imagens dos dias 12/07/98, 25/08/98 e 20/05/99, foram utilizados dados radiométricos de campo (radiação direta em 550nm e transmitância gasosa em 948nm) obtidos no dia anterior à passagem do satélite, e nas imagens dos dias 31/07/98, 17/8/98, 09/08/99, 26/08/99, 03/09/99 e 09/10/99, foram utilizados dados radiométricos médios.

As medidas radiométricas de campo foram obtidas com o aparelho LICOR-1800, que realizou medidas das radiações total (RT) e difusa (RD) e calculou-se a radiação direta (RT-RD). Foi necessário determinar um fator de calibração do aparelho conforme método da Curva de Langley descrito por ZULLO JR. (1994) para estimar a espessura ótica.

Dados sobre a passagem do satélite foram obtidos utilizando o programa WINORBIT 3.6 (WINORBIT, 2000).

Foi utilizado o programa ENVI 3.2. (ENVI, 1999) para observar os valores de nível de cinza usados para calcular os valores do fator de reflectância dos canais 1 e 2 das imagens AVHRR/NOAA. Após a aquisição dos valores do fator de reflectância, foi calculado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

3.5. Experimento em casa-de-vegetação

No ano de 1999 foi realizado um experimento em casa-de-vegetação com temperatura do ar controlada. Esse experimento foi realizado com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de modelo para estimativa do grau de perigo de incêndio em

vegetação de pastagens no campo, uma vez que pode-se testar um maior número de variações no teor de umidade das plantas e solo.

Foram utilizados 100 vasos com 30cm de diâmetro e 90cm de profundidade, em que a espécie *Brachiaria decumbens* foi semeada, e após 90 dias, esses vasos foram submetidos aos diferentes tratamentos (Figura 10).



Figura 10: *Brachiaria decumbens* em vasos na casa de vegetação.

O experimento ao acaso foi em 2 blocos, 10 tratamentos (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias sem irrigação) e 5 repetições (Figura 11). Ao final dos tratamentos, foram avaliados o teor de umidade das plantas e do solo pelo método gravimétrico com apenas metade das plantas contidas nos vasos.

A outra metade foi novamente irrigada diariamente por mais 45 dias; após esse período, foi avaliado o teor de umidade das plantas pelo método gravimétrico.

Foi realizada a análise de variância para comparar os tratamentos e o teste de Tukey para diferenciar as médias dos tratamentos entre si, ambos a 5% de significância.

Os passos descritos a seguir explicam detalhadamente o experimento:

Passo 1: Enchimento dos vasos, adubação e semeadura.

Passo 2: Germinação e crescimento das plantas por 90 dias.

Passo 3: Início dos tratamentos, com a suspensão de irrigação do primeiro grupo com cinco plantas de cada bloco. Esse grupo ficou 45 dias sem irrigação.

Passo 4: Após 5 dias, o segundo grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 40 dias sem irrigação.

Passo 5: Após 10 dias, o terceiro grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 35 dias sem irrigação.

Passo 6: Após 15 dias, o quarto grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 30 dias sem irrigação.

Passo 7: Após 20 dias, o quinto grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 25 dias sem irrigação.

Passo 8: Após 25 dias, o sexto grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 20 dias sem irrigação.

Passo 9: Após 30 dias, o sétimo grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 15 dias sem irrigação.

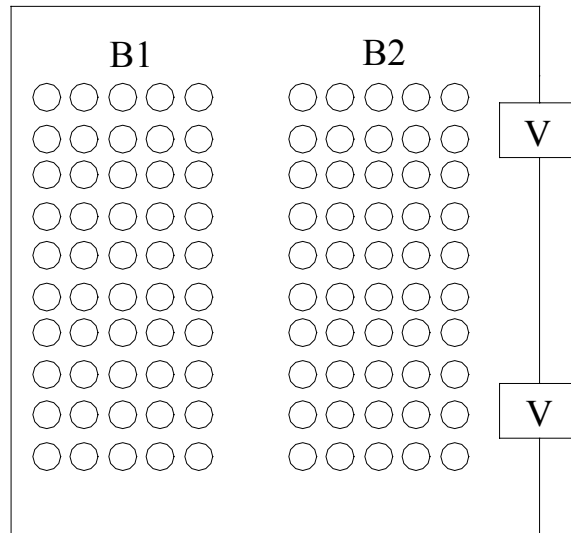
Passo 10: Após 35 dias, o oitavo grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 10 dias sem irrigação.

Passo 11: Após 40 dias, o nono grupo de cinco plantas de cada bloco deixou de ser irrigado também. Esse grupo ficou 5 dias sem irrigação.

Passo 12: Após 45 dias, a metade da parte aérea das plantas contidas nos vasos foi cortada (parte aérea), com o objetivo de determinar o teor de umidade das plantas. Também foram retiradas amostras de solo de 0-20 cm de profundidade.

Passo 13: Todos os vasos foram irrigados normalmente por mais 45 dias para observar a recuperação dessas plantas.

Passo 14: Após esses 45 dias, a metade restante das plantas mais as rebrotas contidas nos vasos foram cortadas (parte aérea), com o objetivo de determinar o teor de umidade das plantas.



V = Ventilação controlada por sensores de temperatura.

B1 e B2 = Blocos 1 e 2

Figura 11: Esquema dos blocos localizados na casa-de-vegetação. Em cada bloco havia 50 vasos distribuídos ao acaso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios

Os índices de perigo de incêndio têm como principais variáveis a umidade relativa, a temperatura do ar e a precipitação. Pela Figura 12, verificam-se a variação da umidade relativa e da temperatura, medidas às 13 horas, nos dias de coleta de dados no campo e o comportamento da precipitação durante todo o período estudado nos anos de 1998 e 1999. Observa-se que nos dias de coleta de campo os valores de umidade relativa variaram de 30 a 70% e a temperatura de 20 a 35°C em ambos os anos (exceto dia 5/7/99, quando UR=86%). Observa-se também que nos anos de 1998 e 1999 o período de ausência de chuvas maiores de 10mm estendeu-se de junho a setembro.

Na Figura 12 e Tabela 1A (Anexo), observa-se que no ano de 1998 o período de ausência de chuvas maiores de 10mm foi de 80 dias (de 21 de junho a 8 de setembro), mas durante esse período, ocorreram oito chuvas com volume variando de 0,6 a 6,5mm.

Na Figura 12 e Tabela 1B (Anexo) observa-se que para o ano de 1999 o período de ausência de chuvas maiores de 10mm foi de 79 dias (de 22 de junho a 8 de setembro), com apenas 1,2mm em 30/6/99.

Com esses resultados, verifica-se que os anos de 1998 e 1999 tiveram características meteorológicas típicas da região estudada, ou seja, com período de seca (ausência de chuva maior que 10mm) bem definido em julho e agosto.

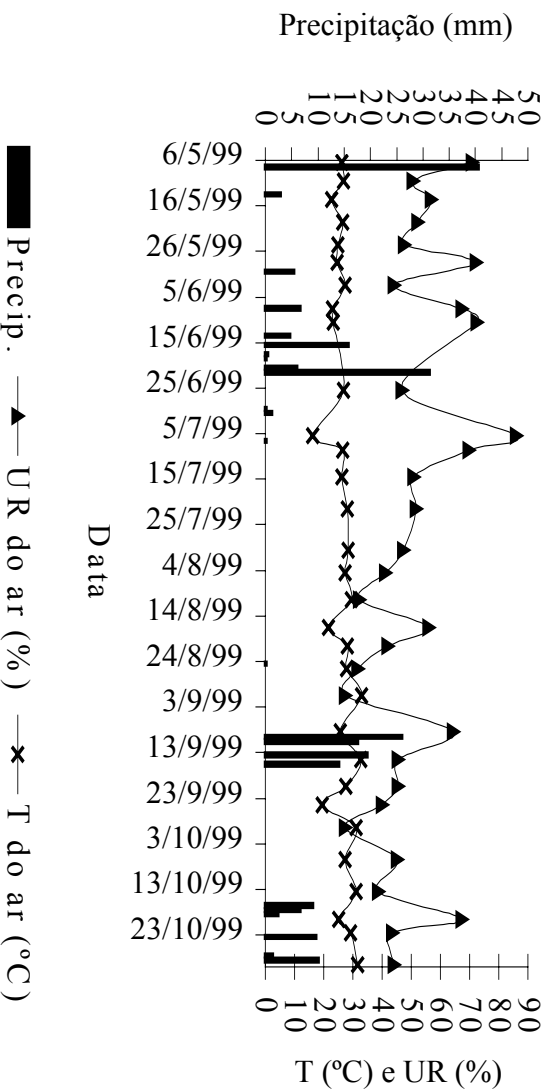
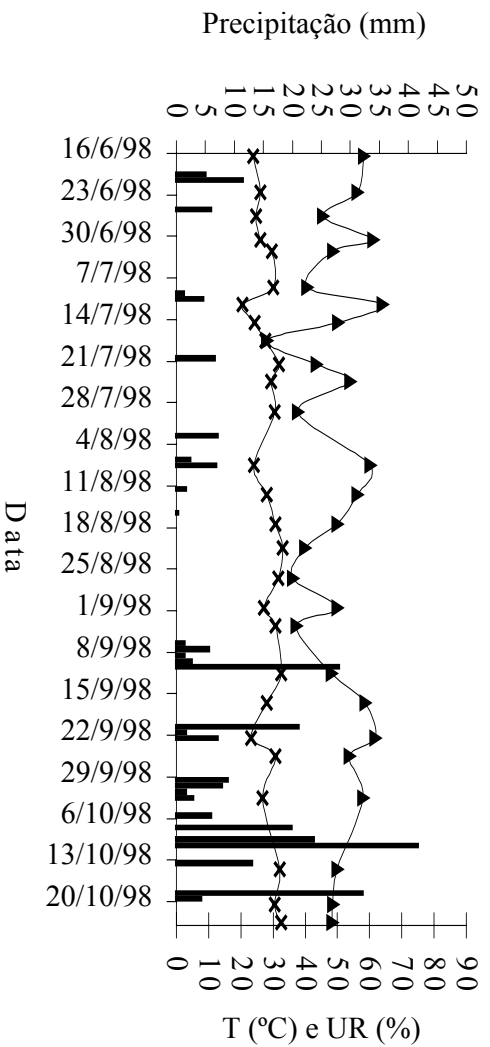


Figura 12. Umidade relativa do ar (%), e temperatura do ar (°C), às 13h, nas datas de coleta de dados no campo e precipitação (mm) durante o período de estudos nos anos de 1998 (A) e 1999 (B).

Nas Tabelas 1A e 1B (Anexo) constatam-se também a variação diária do número de focos de fogo em vegetação para a região de Campinas, conforme dados fornecidos pelo Corpo de Bombeiros e os índices de perigo de incêndios calculados neste trabalho. Na Tabela 1A (Anexo) observa-se que de maio a outubro de 1998 ocorreram 532 focos de fogo em vegetação (91 em maio, 70 em junho, 125 em julho, 152 em agosto, 80 em setembro e 14 em outubro) e na Tabela 1B (Anexo) verifica-se que de maio a outubro de 1999 ocorreram 988 focos de fogo em vegetação (23 em maio, 121 em junho, 230 em julho, 509 em agosto, 57 em setembro e 48 em outubro). Observa-se que no ano de 1999, por causa da ausência de chuva entre junho e setembro, ocorreu aumento de 86% no número de focos de fogo em vegetação.

Nas Tabelas 1A e 1B (Anexo) observa-se também que o grau de perigo de incêndios, calculado diariamente pelos índices Angstron, Telecyn, Nesterow e fórmula de Monte Alegre, indica graus semelhantes para uma mesma data. Na Tabela 1A (Anexo) detecta-se que de maio a outubro de 1998, 70% dos dias foram classificados como alto ou altíssimo grau de perigo de incêndios (55% em maio, 25% em junho, 100% em julho, 100% em agosto, 57% em setembro e 23% em outubro) e na Tabela 1B (Anexo) visualiza-se que de maio a novembro de 1999, 80% dos dias foram classificados com alto ou altíssimo grau de perigo de incêndios (81% em maio, 63% em junho, 100% em julho, 100% em agosto, 63% em setembro, 100% em outubro e 50% em novembro). A ausência de chuvas fez com que o ano de 1999 fosse marcado por índices de perigo de incêndios muito superiores ao ano de 1998, uma vez que esses índices são corrigidos pela precipitação.

As análises de correlação simples entre as variáveis meteorológicas fornecidas pela estação meteorológica automática (EMA) e o número de focos de fogo em vegetação para a região de Campinas mostram baixa correlação (Tabela 8). Baixa correlação também entre os índices de perigo de incêndio calculados e o número de focos de fogo em vegetação para região de Campinas (Tabelas 9 e 10). Por esses resultados, nota-se que mesmo que os índices indiquem perigo de incêndios, eles só ocorrerão se houver ignição causada por fatores externos; portanto, o número de focos de fogo está mais relacionado aos fatores culturais e econômicos da região do que propriamente à dinâmica climática.

Tabela 8: Valores do coeficiente de correlação (r) entre variáveis meteorológicas (precipitação, P em mm, umidade relativa do ar, UR em %, temperatura do ar, T em °C, temperatura de ponto de orvalho, TPO em °C e velocidade do vento a 2 m, VV em m/s) e número de focos de fogo (FF) em vegetação para a região de Campinas, nos meses de maio a outubro de 1998 e 1999.

Variáveis	P	UR	T	TPO	VV
FF1998	-0,30*	-0,50*	0,40*	-0,30*	0,06
FF1999	-0,21*	-0,45*	0,33*	-0,32*	0,08

(n=184, *=correlações significativas a 5%)

Tabela 9: Valores do coeficiente de correlação (r) entre focos de fogo em vegetação na região (FF) e os índices de perigo de incêndios: fórmula de Monte Alegre (FMA), Telecyn (TE) e Nesterow (N), nos meses de maio a outubro de 1998.

Variáveis	FF	FMA	TE	N
FF	1	0,65*	0,66*	0,66*
FMA		1	0,90*	0,98*
TE			1	0,90*
N				1

(n=184, *=correlações significativas a 5%)

Tabela 10: Valores do coeficiente de correlação (r) entre focos de fogo em vegetação na região (FF) e os índices de perigo de incêndios: fórmula de Monte Alegre (FMA), Telecyn (TE) e Nesterow (N), nos meses de maio a outubro de 1999.

Variáveis	FF	FMA	TE	N
FF	1	0,76*	0,74*	0,72*
FMA		1	0,98*	0,99*
TE			1	0,97*
N				1

(n=184, *=correlações significativas a 5%)

Pelas análises de correlação simples entre os índices de perigo de incêndios, percebe-se alta correlação entre os índices calculados (Tabelas 9 e 10). Em virtude dessa alta correlação, escolheu-se a fórmula de Monte Alegre (FMA) para modelar os dados de umidade do solo e material combustível, uma vez que a FMA é um índice de menor complexidade.

4.2. Umidade do material combustível e do solo

Na Figura 13 registra-se a variação da umidade média da vegetação ou material combustível (UMC) e do solo à profundidade de 0-20cm (US) nos anos de 1998 e 1999.

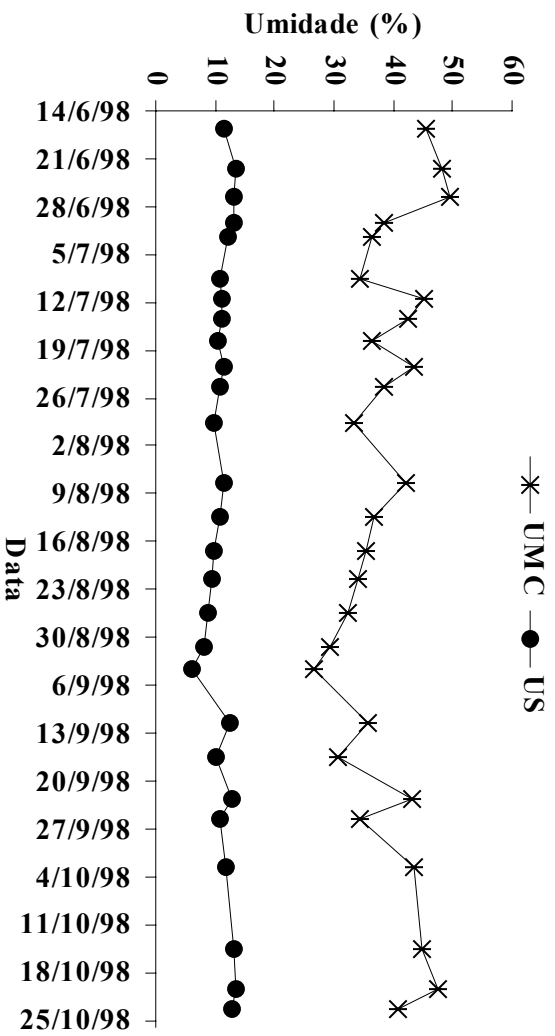
No ano de 1998, a umidade média do material combustível variou de 50% antes do período de seca a 27% antes do início das chuvas de primavera, e o solo de 13 a 6%. Em 1999, a variação da umidade média do material combustível foi de 56 a 33% e do solo de 16 a 9% (Tabela 2A - Anexo).

Com esse resultado, pode-se observar que ocorreu perda de aproximadamente 23% da umidade média do material combustível e de 7% da umidade média do solo do início ao fim do período de seca nos anos de 1998 e 1999. Observa-se também que nos meses com maior número de focos de fogo (Tabela 1A e 1B) a umidade do material combustível foi menor que 40%.

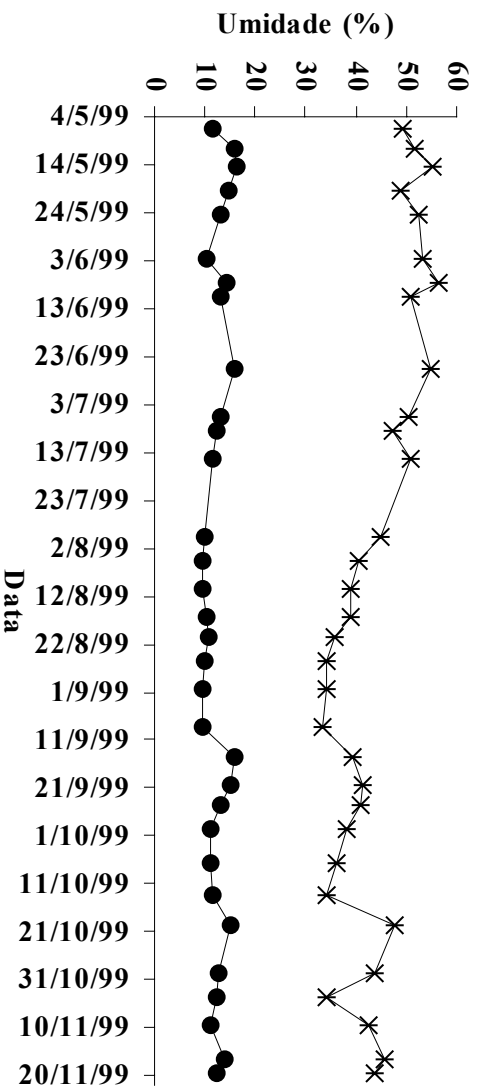
Observa-se ainda que no ano de 1998 a umidade média do material combustível só voltou ao valor médio do início do período de seca após aproximadamente um mês de chuvas regulares superiores a 20mm (26mm em 09/09, 26,6mm em 19/09, 21,2mm em 06/10, 23,4mm em 08/10 e 39,6mm em 10/10).

Em 1999 não se observa a mesma recuperação, e a umidade média do material combustível após o fim da seca foi aproximadamente 10% abaixo do valor encontrado no início da mesma, uma vez que não ocorreram chuvas regulares superiores a 20mm (exceto 20mm em 09/09).

Mediante esses resultados, constata-se que chuvas regulares inferiores a 20mm recuperam a umidade da vegetação mais lentamente e nesse período pode ocorrer perigo de incêndio, uma vez que, segundo LIMA e FENNER (1992), a vegetação de pequeno porte perde umidade poucas horas depois da chuva.



(A)



(B)

Figura 13: Umidade média do material combustível (UMC) e umidade média do solo à profundidade de 0-20cm (US), nos anos de 1998 (A) e 1999 (B).

4.3. Modelagem das variáveis estudadas

4.3.1. Umidade do material combustível e a fórmula de Monte Alegre

Os valores do coeficiente de correlação simples entre umidade média do material combustível, umidade média do solo à profundidade de 0-20cm, fórmula de Monte Alegre, focos de fogo em vegetação na região e dias sem chuva nos anos de 1998 e 1999 estão nas Tabelas 11 e 12. Foram consideradas boas correlações os coeficientes maiores que 0,85. Observa-se que as variáveis mais bem correlacionadas com a umidade do solo foram a fórmula de Monte Alegre e dias sem chuva; já a umidade do material combustível não possui boa correlação com as variáveis estudadas.

Tabela 11: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade média do material combustível em % (UMC), umidade média do solo à profundidade de 0-20cm em % (US), fórmula de Monte Alegre (FMA), focos de fogo em vegetação na região (FF), dias sem chuva (DSC) e dias sem chuva maior que 10mm (DSC10), nos meses de junho a outubro de 1998.

Variáveis	FMA	FF	DSC	DSC10	UMC	US
FMA	1	0,81*	0,86*	0,83*	-0,70*	-0,90*
FF		1	0,77*	0,57*	-0,56*	-0,71*
DSC			1	0,48*	-0,59*	-0,68*
DSC10				1	-0,60*	-0,85*
UMC					1	0,82*
US						1

(n=27, *=correlações significativas a 5%)

Tabela 12: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade média do material combustível em % (UMC), umidade média do solo à profundidade de 0-20cm em % (US), fórmula de Monte Alegre (FMA), focos de fogo em vegetação na região (FF), dias sem chuva (DSC) e dias sem chuva maior que 10mm (DSC10), nos meses de junho a outubro de 1999.

Variáveis	FMA	FF	DSC	DSC10	UMC	US
FMA	1	0,76*	0,98*	0,99*	-0,64*	-0,76*
FF		1	0,76*	0,76*	-0,48*	-0,65*
DSC			1	0,99*	-0,66*	-0,75*
DSC10				1	-0,62*	-0,75*
UMC					1	0,59*
US						1

(n=32, *=correlações significativas a 5%)

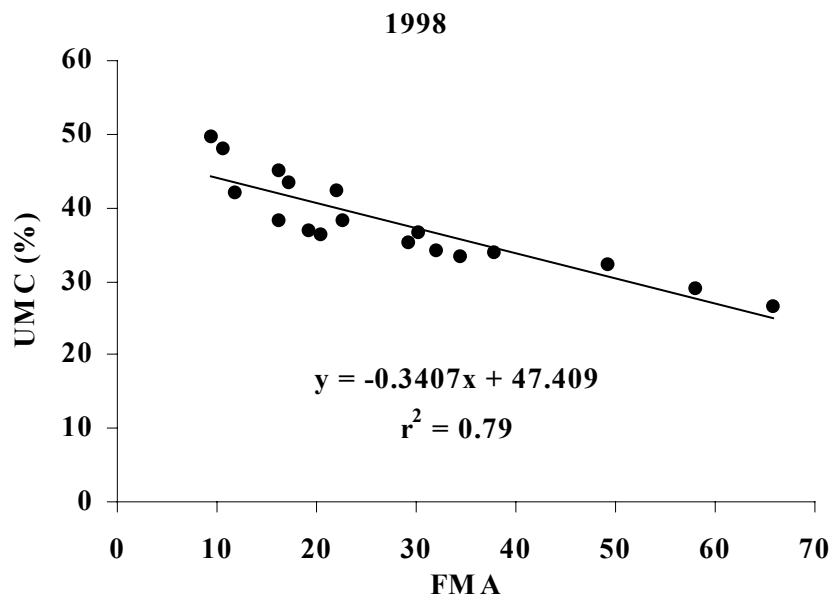
A ausência de boa correlação ($r > 0,85$) entre a fórmula de Monte Alegre e a umidade do material combustível direcionou os estudos para o período de seca (ausência de chuvas maiores que 10mm).

No período de seca no ano de 1998, a correlação entre a fórmula de Monte Alegre e a umidade do material combustível foi de 89% (n=18), e para o ano de 1999 foi de 96% (n=12), ambos com correlações significativas a 5%.

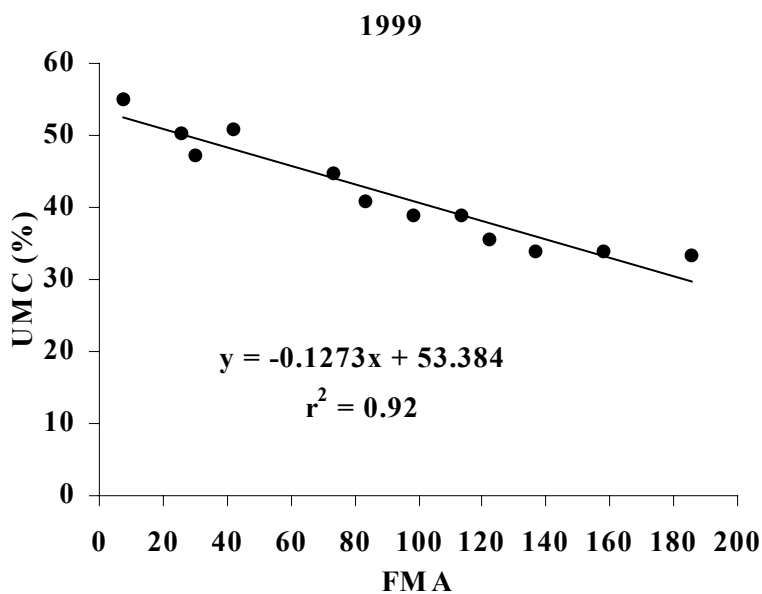
Pela Figura 14 averigua-se as análises de regressão linear realizadas com os dados coletados no período de seca nos anos de 1998 e 1999.

Observa-se que no ano de 1998 quando o perigo de fogo é nulo (FMA=0, Tabela 5), a umidade do material combustível é próxima de 50%, e quando o perigo de fogo é altíssimo (FMA>20), a umidade do material combustível é menor que 40%, ou seja, umidade encontrada no início do período de maior número de focos de fogo na vegetação

Observa-se que no ano de 1999 quando o perigo de fogo é nulo (FMA=0, Tabela 5), a umidade do material combustível é próxima de 55%, e quando o perigo de fogo é altíssimo (FMA>20, Tabela 5), a umidade do material combustível é próxima de 50% e a umidade do material combustível próxima de 40% ocorre quando a é FMA>80. Esse resultado ruim no ano de 1999 mostra que a escala de perigo da fórmula de Monte Alegre (Tabela 5) deverá ser modificada para locais com estiagem prolongada.



(A)



(B)

Figura 14: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC), em %, e fórmula de Monte Alegre (FMA) nos períodos sem chuva maior que 10mm para os anos de 1998 (A) e 1999 (B) .

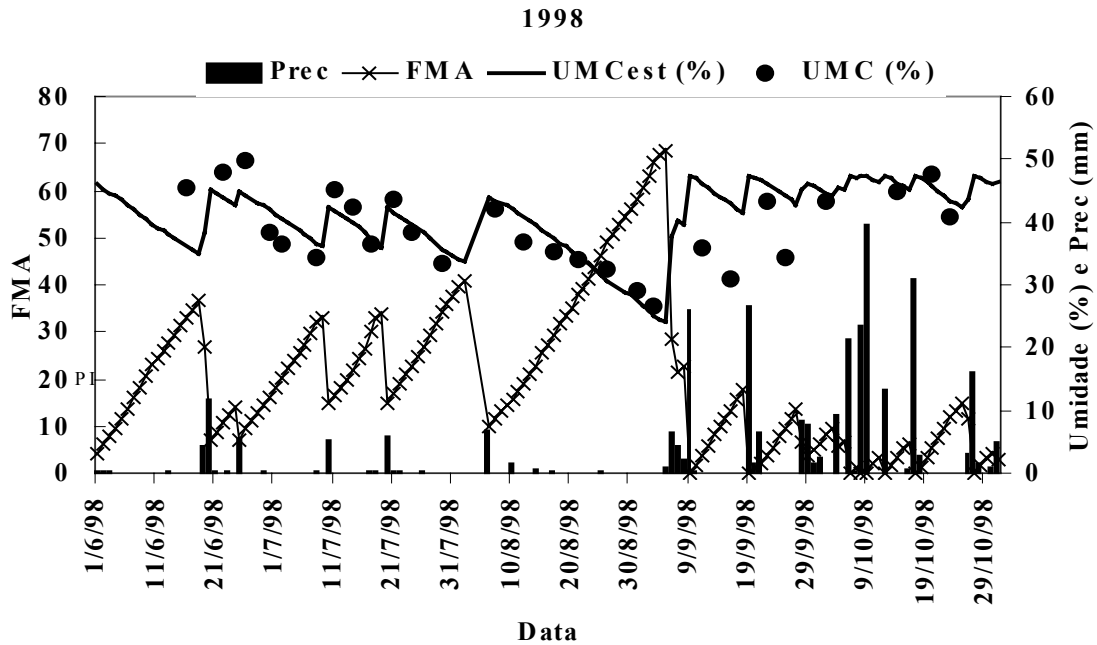


Figura 15: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), umidade do material combustível estimada pelo modelo, $UMC = -0,3407FMA + 47,409$ (UMCest), em %, fórmula de Monte Alegre (FMA) e precipitação, em mm, no período de seca no ano de 1998.

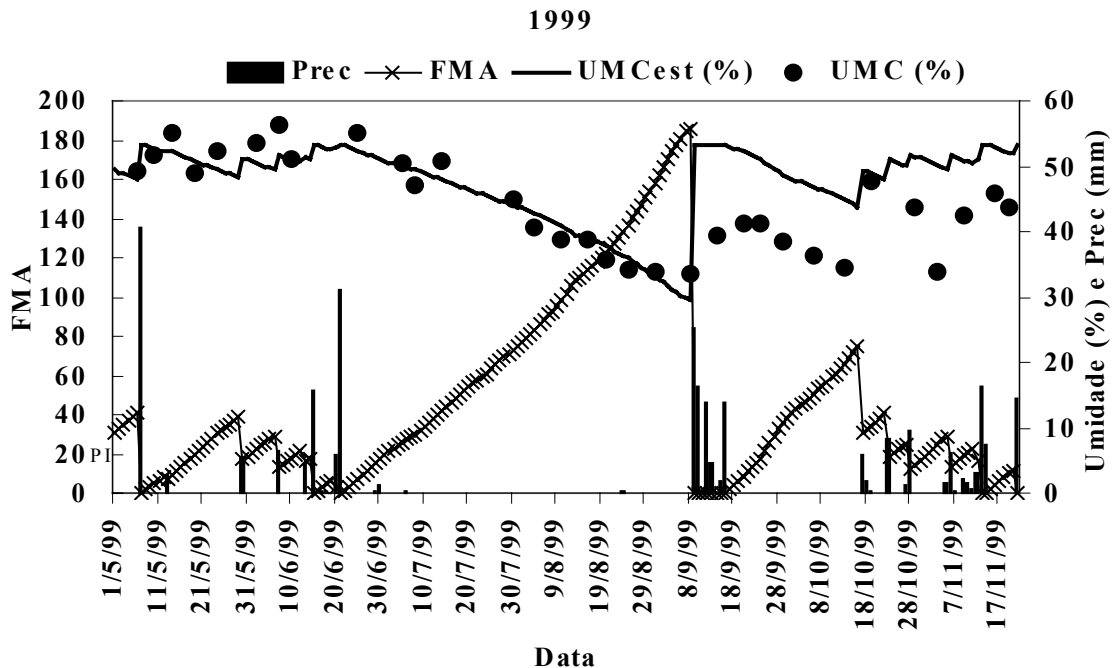


Figura 16: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), umidade do material combustível estimada pelo modelo, $UMC = -0,1273FMA + 53,384$ (UMCest), em %, fórmula de Monte Alegre (FMA) e precipitação, em mm, no período de seca no ano de 1999.

Utilizando os modelos lineares propostos na análise de regressão, foi realizada uma simulação para estimar os valores da umidade do material combustível com base nos valores diários da fórmula de Monte Alegre, nos períodos estudados nos anos de 1998 e 1999 (Figuras 15 e 16).

Pela Figura 15 constata-se que nos períodos de seca de 1998 e 1999, a umidade do material combustível decresce, em média, de 50-45% para 35-30%, mas observa-se que, no ano de 1998, o valor máximo calculado pela fórmula de Monte Alegre (FMA) foi próximo de 70 e, no ano de 1999, o valor máximo calculado pela FMA foi próximo de 185. A ausência de chuvas causou essa diferença, uma vez que os índices são corrigidos pela precipitação (Tabela 4).

Pelas Figuras 15 e 16, verifica-se também que os valores de umidade média do material combustível estimados pelos modelos acompanham os valores adquiridos no campo, principalmente nos períodos de seca.

A fórmula de Monte Alegre pode ser utilizada para indicar a umidade do material combustível no campo; porém, em locais com período seco bem definido, a escala de perigo de incêndios deve ser modificada.

4.3.2. Umidade do material combustível e a água disponível no solo

Foi realizado o balanço hídrico pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), com dados médios de chuva e de temperatura do ar a cada cinco dias nos anos de 1998 e 1999 (Tabela 2A-Anexo). Com base nesses dados, foram calculados os valores de água disponível no solo para 40mm, 75mm, 100mm, 125mm e 150mm, em porcentagem, que foram correlacionados com a umidade média do material combustível (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade do material combustível (UMC) e a água disponível no solo para 40mm (H40), 75mm (H75), 100mm (H100), 125mm (H125) e 150mm (H150) de capacidade de água disponível nos meses de junho a outubro de 1998.

Variáveis	H40	H75	H100	H1125	H150
UMC	0,41*	0,77*	0,84*	0,87*	0,79*

(n=8, *=correlações significativas a 5%)

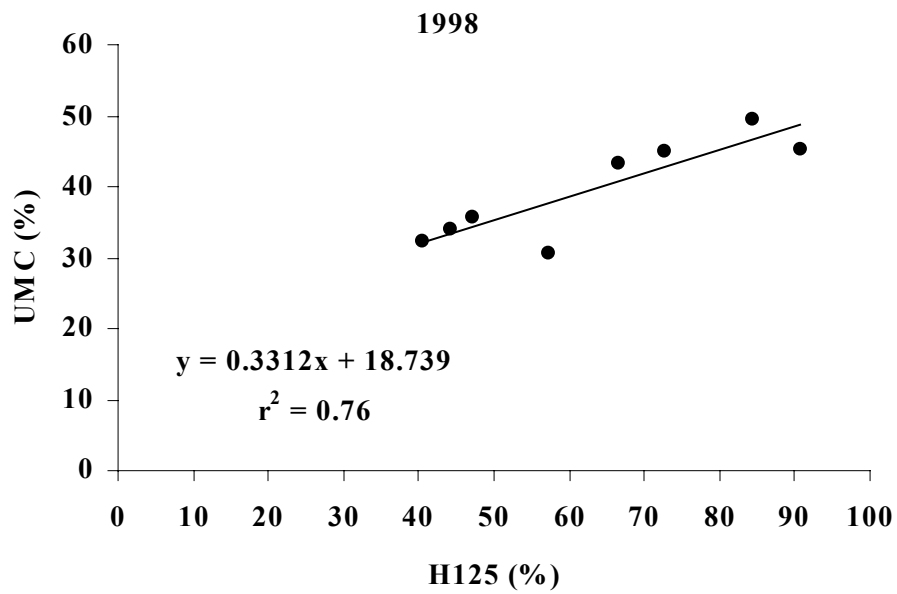
Tabela 14: Valores do coeficiente de correlação (r) entre a umidade do material combustível (UMC) e a água disponível no solo para 40mm (H40), 75mm (H75), 100mm (H100), 125mm (H125) e 150mm (H150) de capacidade de água disponível nos meses de maio a novembro de 1999.

Variáveis	H40	H75	H100	H125	H150
UMC	0,68*	0,81*	0,86*	0,88*	0,83*

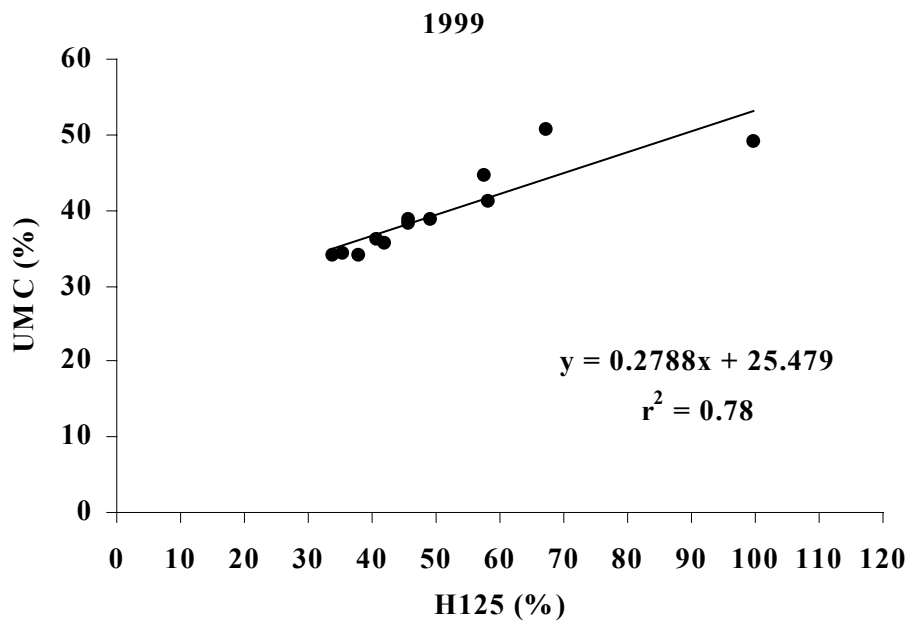
(n=12, *=correlações significativas a 5%)

Nas Tabelas 13 e 14 encontram-se maiores correlações entre a umidade média do material combustível e água disponível no solo nas capacidades de 100mm e 125mm de água disponível no solo nos anos de 1998 e 1999. Esse resultado está associado à profundidade do sistema radicular da vegetação estudada que variou de 80cm a 130cm e aos tipos de solos estudados (Latosolo Vermelho-Amarelo no ano de 1998 e Podzólico Vermelho-Amarelo no ano de 1999).

Na Figura 17 observa-se a análise de regressão simples realizada com os valores de umidade do material combustível e água disponível no solo para 125mm de capacidade de retenção, nos períodos estudados nos anos de 1998 e 1999. Observa-se que no ano de 1998, quando os valores de disponibilidade de água no solo na capacidade de 125mm foram de 100%, 60% e 40%, os valores de umidade do material combustível estimados foram de 52%, 39% e 32%, respectivamente. No ano de 1999, quando os valores de disponibilidade de água no solo na capacidade de 125mm foram de 100%, 60% e 40%, os valores de umidade do material combustível estimados foram de 53%, 42% e 37%, respectivamente. Portanto valores de H125 menores que 60% podem estimar perigo de incêndios em pastagem uma vez que a umidade do material combustível foi menor que 40%, ou seja, umidade encontrada no início do período de maior número de focos de fogo na vegetação.



(A)



(B)

Figura 17: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível em % (UMC) e água disponível no solo considerando 125mm de capacidade de água disponível em % (H125), nos anos de 1998 (A) e 1999 (B).

Utilizando-se os modelos lineares propostos nas análises de regressão anteriores, foram realizadas simulações para estimar os valores de umidade do material combustível considerando-se os valores de água disponível a 125mm de capacidade de retenção, nos períodos estudados nos anos de 1998 e 1999 (Figuras 18 e 19).

Pelas Figuras 18 e 19 verifica-se que os valores de umidade do material combustível estimados acompanham os valores adquiridos no campo nos anos de 1998 e 1999.

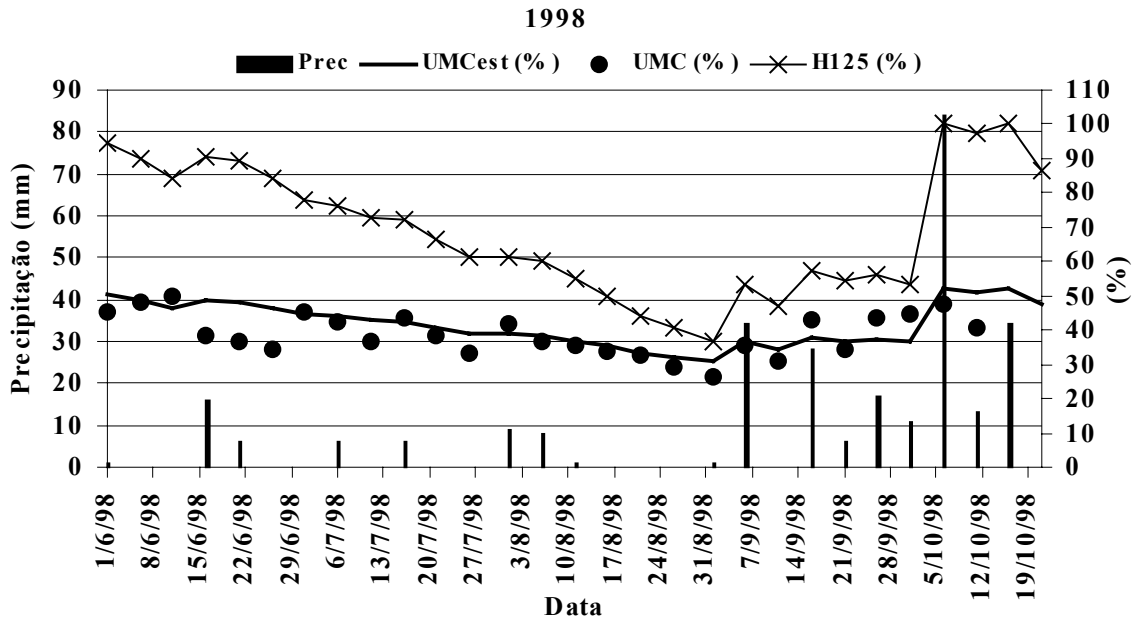


Figura 18: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), disponibilidade de água no solo a 125mm (H125) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC=0,3312(H125) + 18,739$ (UMCest), no período de seca no ano de 1998.

A correlação entre a umidade do material combustível e a disponibilidade de água no solo a 125mm está de acordo com CARREGA (1991), que utilizou essa variável para estimar perigo de incêndio em vegetação de pequeno porte na França (Sistema Nacional Francês).

A variável disponibilidade de água no solo a 125mm, calculada com base no balanço hídrico (3.3) pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), com dados médios de chuva e de temperatura do ar a cada cinco dias, pode ser utilizada para indicar a umidade do material combustível no campo e estimar grau de perigo de incêndio na vegetação de pastagem.

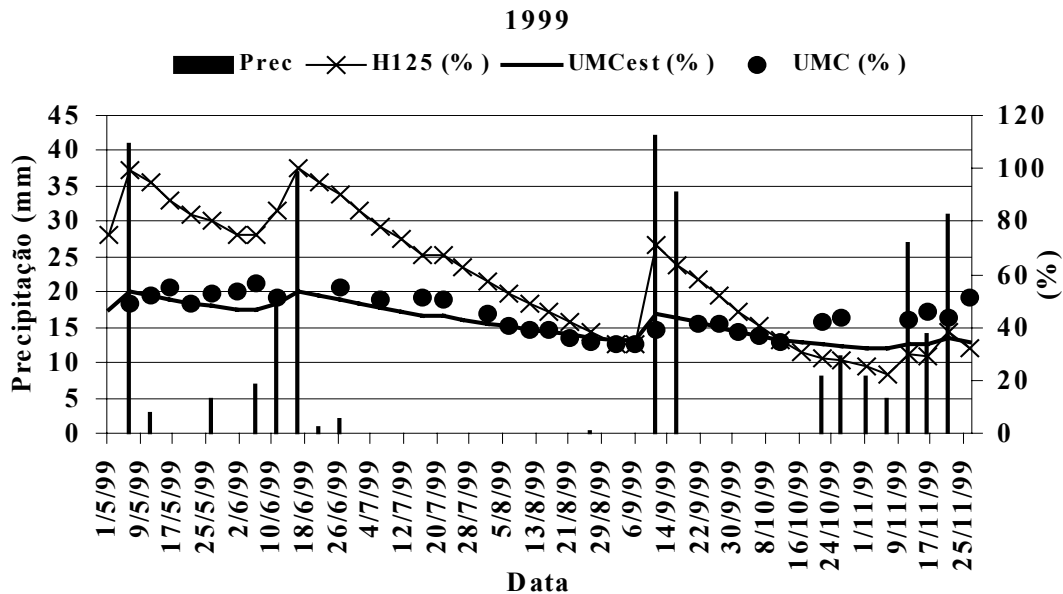


Figura 19: Comportamento da umidade do material combustível (UMC), disponibilidade de água no solo a 125mm (H125) e umidade do material combustível estimada pelo modelo $UMC=0,2788(H125) + 25,479$ (UMCest), no período de seca no ano de 1999.

4.4. Umidade do material combustível em casa-de-vegetação

Na Figura 20 encontram-se os valores de umidade média da *Brachiaria decumbens* em casa-de-vegetação submetida a diferentes tratamentos de restrições à irrigação (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias sem irrigação). Observa-se que após 5 dias sem receber água, as plantas começam a perder rapidamente a umidade, passando de 65% para 25% após 20 dias sem água, e a partir de então, mais lentamente.

Na Figura 20 encontra-se também a variação média da umidade dessas plantas após receberem irrigação normal por 45 dias. Observa-se que as plantas que ficaram até 25 dias sem irrigação apresentaram recuperação da umidade acima de 50%, e as plantas que ficaram até 45 dias sem irrigação apresentaram recuperação da umidade acima de 40%. Essa recuperação ocorreu por causa da brotação intensa das gemas dormentes.

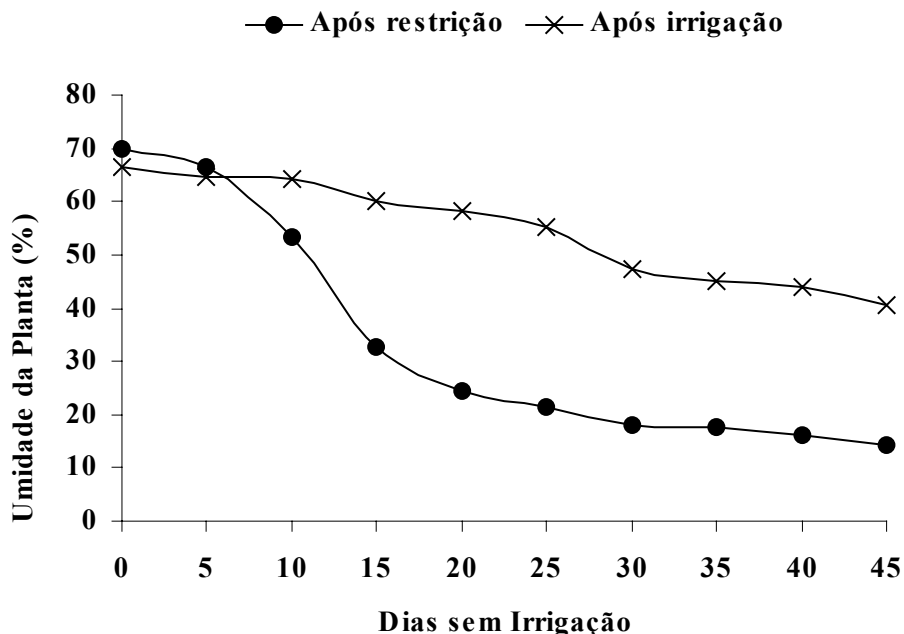


Figura 20: Variação da umidade média da *Brachiaria decumbens* em casa-de-vegetação submetida a diferentes restrições da irrigação e após 45 dias com irrigação normal.

Na Tabela 4A (Anexo) verificam-se a análise de variância e teste de Tukey para os valores médios de umidade da *Brachiaria decumbens* submetida a diferentes tratamentos, umidade do solo e umidade da *Brachiaria decumbens* após irrigação dos vasos. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pode-se observar que os tratamentos com cinco e dez dias sem irrigação obtiveram recuperação dos valores de umidade das plantas semelhante ao tratamento que não sofreu restrição de irrigação. Os tratamentos com 15, 20 e 25 dias sem irrigação obtiveram uma recuperação intermediária, e os tratamentos com 30, 35, 40 e 45 dias sem irrigação obtiveram recuperação apenas graças à brotação de gemas dormentes.

Comparando-se os resultados de campo com os encontrados no experimento em casa-de-vegetação, observa-se que apesar das diferentes condições existentes, a umidade média do material combustível no campo antes do período de seca (aproximadamente 55-50 % de umidade, Tabela 3A - Anexo) é semelhante ao tratamento de 10 dias sem irrigação em casa-de-vegetação. E a umidade média encontrada no campo após o período de seca (aproximadamente 33-27 % de umidade, Tabela 3A - Anexo) é semelhante aos valores encontrados nos tratamentos de 15 e 20 dias sem irrigação. E também que todos os vasos, quando irrigados (após

tratamentos), ficaram com os valores de umidade da vegetação semelhantes aos encontrados no campo fora do período de seca (Tabela 3A - Anexo).

A partir do ajuste do modelo da umidade da *Brachiaria decumbens* em função dos dias sem irrigação (5, 10, 15 e 20 dias sem irrigação, médias diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade):

$$y = - 2,93x + 80,8 \quad (n = 40, \text{ significativa a } 5\%, r^2 = 0,95) \quad (3.8)$$

onde x é o número de dias sem irrigação e y é a umidade da *Brachiaria decumbens*.

Constata-se que após 15 dias sem irrigação dos vasos a umidade da *Brachiaria decumbens* foi menor que 40%. No campo a umidade da vegetação decresceu para 40% após aproximadamente 50 dias sem chuva maior que 10mm. Portanto o número de dias sem irrigação não está associado ao número de dias sem chuva no campo. Apesar deste resultado o experimento em casa-de-vegetação foi importante para mostrar a variação de umidade da vegetação estudada.

4.5. Umidade do material combustível e dados espectrais de campo

Na Tabela 15 encontram-se os valores de umidade média do solo à profundidade de 0-20cm e do material combustível e os valores médios do fator de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e 2 (622-675nm) com o radiômetro Cimel, em áreas sem pastejo, bem como os valores do NDVI calculados a partir de dados coletados no campo em 1998.

Observa-se que existe relação entre a redução da umidade média do material combustível e do solo com os valores de reflectância nos filtros 1 e 2 (F1 e F2). O fator de reflectância no infravermelho (F1) passou de 0,258 no início do período de seca para 0,172. O fator de reflectância no vermelho (F2) passou de 0,052 no início do período de seca para 0,069.

E observa-se também que existe relação entre a redução da umidade média do material combustível e do solo com o NDVI, que passou de 0,662 no início do período de seca para 0,431, ocorrendo redução de 0,231 ou 54%.

Pela Figura 21 verificam-se a variação da umidade média do material combustível, o NDVI e os valores do fator de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e 2 (622-675nm) no ano de 1998.

Tabela 15: Umidade média do solo (US) e do material combustível (UMC), fatores médios de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 e 2 (F1 e F2) em áreas sem pastejo e NDVI obtidos em 1998.

Datas	US (%)	UMC (%)	F1 (792-883nm)	F2 (622-675nm)	NDVI
2/7/98	12	36	0,258 (0,058)	0,052 (0,013)	0,662
11/7/98	11	45	0,244 (0,061)	0,063 (0,015)	0,587
21/7/98	11	43	0,262 (0,049)	0,064 (0,015)	0,543
26/8/98	8	32	0,180 (0,032)	0,068 (0,009)	0,471
3/9/98	5	26	0,172 (0,024)	0,069 (0,008)	0,431

[(Desvio padrão), n=12]

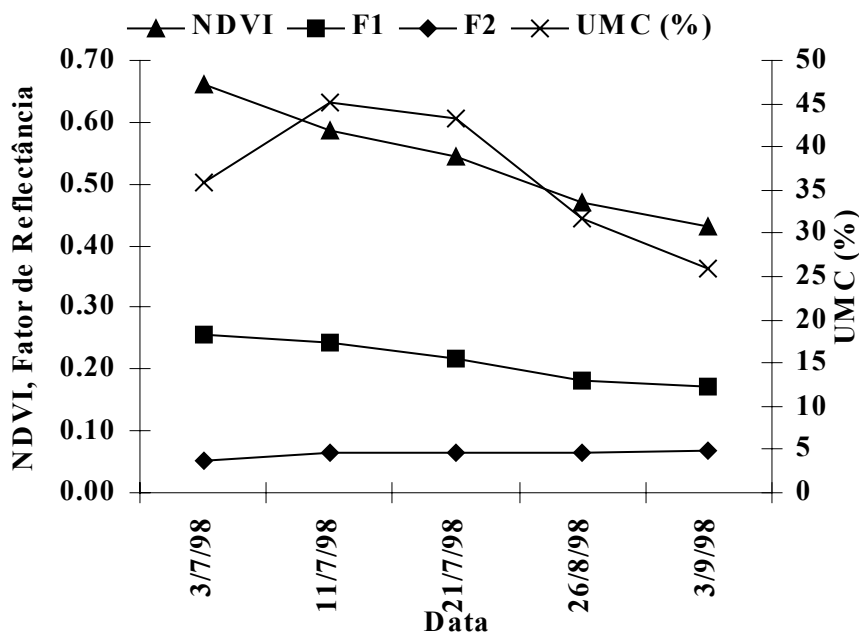


Figura 21: Comportamento médio da umidade do material combustível (UMC), em %, NDVI e fatores de reflectância medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e filtro 2 (622-675nm) (F1 e F2) no ano de 1998.

Tabela 16: Umidade média do solo (US) e do material combustível (UMC), fatores médios de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 e 2 (F1 e F2) em áreas sem e com pastejo e NDVI coletados em 1999.

Datas	US (%)	UMC (%)	F1 (792-883nm)	F2 (622-675nm)	NDVI
Sem Pastejo					
21/5/99	16	53	0,238 (0,066)	0,045 (0,011)	0,681
24/6/99	14	54	0,195 (0,045)	0,033 (0,007)	0,710
30/9/99	13	39	0,179 (0,030)	0,076 (0,144)	0,403
Com Pastejo					
21/5/99	13	46	0,186 (0,064)	0,088 (0,025)	0,357
24/6/99	12	50	0,222 (0,093)	0,079 (0,034)	0,475
30/9/99	9	38	0,165 (0,082)	0,068 (0,038)	0,416

[(Desvio padrão), n=18]

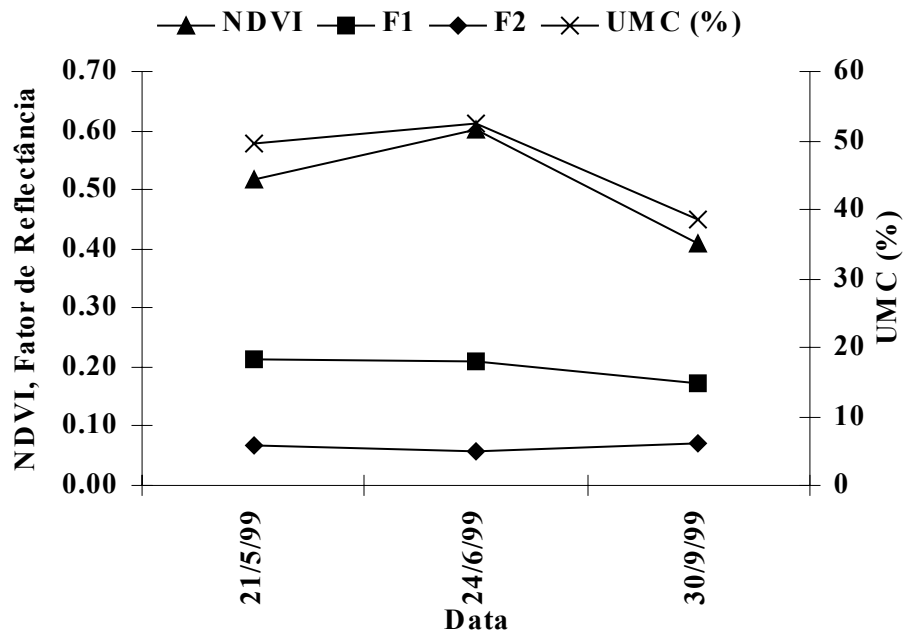


Figura 22: Comportamento médio com e sem pastejo da umidade do material combustível (UMC), em %, NDVI e fatores de reflectância medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e filtro 2 (622-675nm) (F1 e F2) no ano de 1999.

Na Tabela 16 observam-se os valores de umidade média do solo à profundidade de 0-20cm e do material combustível e os valores médios de reflectância do material combustível

medidos pelos filtros 1 e 2 com o radiômetro Cimel, em áreas com e sem pastejo, bem como os valores do NDVI coletados no campo em 1999. Em razão de problemas técnicos, o número de coletas no ano de 1999 foi inferior ao ano de 1998, o que dificulta a análise detalhada dessas variáveis no tempo.

Na área sem pastejo, observa-se que existe relação entre a redução da umidade média do material combustível e do solo com os fatores de reflectância medidos pelos filtros 1 e 2. E observa-se que existe relação entre a redução da umidade média do material combustível e do solo com o NDVI; porém, na área com pastejo, não se observa o mesmo comportamento. Isso pode ser explicado pela grande quantidade de solo exposto influenciando na resposta espectral (Foto 2b - Anexo).

Na Figura 22 visualiza-se a variação da umidade média (com e sem pastejo) do material combustível, NDVI e os fatores médios de reflectância do material combustível medidos pelos filtros 1 (792-883nm) e filtro 2 (622-675nm) no período estudado no ano de 1999.

Segundo BARRETT e CURTIS (1992), o decréscimo do conteúdo de clorofila nas folhas ocasiona o decréscimo do fator de reflectância no infravermelho próximo, observado nos fatores de reflectância do material combustível (filtro 1 - F1) em 1998 e 1999.

Comparando os resultados de fatores de reflectância de campo do material combustível encontrados neste trabalho e o citado por ASSAD et al. (1991), pode-se dizer que estão dentro do esperado para superfície de *Brachiaria*.

Pelos resultados encontrados neste trabalho, verifica-se que os fatores de reflectância do material combustível e o NDVI podem ser utilizados para indicar a umidade do material combustível no campo e, conseqüentemente, para estimar o grau de perigo de incêndio em áreas sem pastejo.

4.6. As imagens AVHRR-NOAA estudadas

4.6.1. Comparação espectral entre as áreas de estudo e uma área-teste

Imagens de satélite são sujeitas a uma série de distorções espaciais e não possuem precisão cartográfica; portanto, faz-se necessário a correção geométrica executada num sistema de processamento digital das imagens (CRÓSTA, 1992). Durante esse processamento, podem ocorrer erros inerentes ao próprio sistema, e áreas pequenas, como as estudadas neste trabalho, podem ser localizadas em um pixel vizinho. Por isso, uma grande área-teste, com vegetação semelhante ao local de estudo, foi localizada nas imagens AVHRR-NOAA e seu fator de reflectância foi comparado às duas áreas de estudo em 1998 e 1999.

O local-teste foi a área militar denominada Fazenda Chapadão, pertencente ao Exército Brasileiro, localizada no município de Campinas - SP, situada nas coordenadas geográficas 22°52'21"S e 47°05'39"W, com área aproximada de 900 ha e vegetação predominante de pastagem com capim *Brachiaria*.

Os fatores de reflectância nos canais 1 (580-680nm) e 2 (725-1100nm) dos pixels localizados na área-teste e nas duas áreas de estudo em 1998 e 1999 foram comparados pela análise de correlação simples.

Na Tabela 17 observam-se a correlação entre os fatores de reflectância nos canais 1 (580-680nm), 2 (725-1100nm) e NDVI nas duas áreas de estudo nos anos de 1998 e 1999 e a área-teste. Registra-se que existe alta correlação entre a área-teste e as de estudo. Portanto, pode-se afirmar que os pixels localizados nas imagens AVHRR-NOAA de 1998 e 1999 representam bem a vegetação estudada em campo.

Tabela 17: Valores do coeficiente de correlação (r) entre os fatores de reflectância nos canais 1 e 2 (satélite AVHRR-NOAA) e o NDVI obtidos na Fazenda Chapadão em Campinas e nas áreas de estudo de campo em Nova Odessa nos anos de 1998 e 1999.

1998	Nova Odessa canal 1	Nova Odessa canal 2	Nova Odessa NDVI
Campinas canal 1	0,94*	-	-
Campinas canal 2	-	0,93*	-
Campinas NDVI	-	-	0,98*
1999	Nova Odessa canal 1	Nova Odessa Canal 2	Nova Odessa NDVI
Campinas canal 1	0,94*	-	-
Campinas canal 2	-	0,92*	-
Campinas NDVI	-	-	0,96*

(n=7, *=correlações significativas a 5%)

4.6.2. Comportamento espectral das imagens nos locais estudados

Durante os anos de 1998 e 1999, foram selecionadas 14 imagens AVHRR-NOAA, sem a presença de nuvens e com ângulo de elevação do satélite maior que 65°.

A Tabela 5A (Anexo) apresenta os parâmetros utilizados para a correção radiométrica e atmosférica das imagens selecionadas. Observa-se que seis das 14 imagens foram corrigidas pelas médias do período, uma vez que não possuíam dados radiométricos de campo.

Os fatores de reflectância nos canais 1 (580-680nm) e 2 (725-1100nm) obtidos das imagens AVHRR-NOAA, com correção radiométrica (CR) e com correção radiométrica e atmosférica (CRA), nos anos de 1998 e 1999, constam da Tabela 18.

Tabela 18: Fatores de reflectância nos canais 1 e 2 obtidos nas áreas experimentais em Nova Odessa pelas imagens AVHRR-NOAA, com correção radiométrica (CR) e com correção radiométrica e atmosférica (CRA), nos anos de 1998 e 1999.

Datas	CR canal 1	CR canal 2	CRA canal 1	CRA canal 2
02/07/98	0,094	0,184	0,055	0,262
12/07/98	0,074	0,180	0,043	0,227
21/07/98	0,082	0,164	0,055	0,219
31/07/98	0,105	0,156	0,086	0,207
17/08/98	0,094	0,156	0,074	0,203
25/08/98	0,105	0,172	0,082	0,230
03/09/98	0,105	0,191	0,086	0,246
20/05/99	0,102	0,156	0,063	0,207
24/06/99	0,102	0,195	0,043	0,223
09/08/99	0,098	0,125	0,059	0,160
26/08/99	0,105	0,137	0,082	0,180
03/09/99	0,125	0,160	0,105	0,215
30/09/99	0,098	0,152	0,070	0,207
09/10/99	0,082	0,160	0,051	0,211

Verifica-se também que os fatores de reflectância nos canais 1 e 2 após as correções radiométricas e atmosféricas foram bastante alterados, visto que diminuiu o fator de reflectância no canal 1 e aumentou bastante no canal 2. Essas alterações foram proporcionais aos parâmetros atmosféricos apresentados na Tabela 5A (Anexo).

Os fatores de reflectância corrigidos para o canal 1 aumentaram no decorrer do período de seca nos anos de 1998 e 1999 e o inverso ocorreu para o canal 2. Segundo BARRETT e CURTIS (1992), com o aumento do estresse hídrico da vegetação, o fator de reflectância do dossel aumenta no visível e decresce no infravermelho próximo.

No ano de 1998, o fator de reflectância corrigido no infravermelho (C2) passou de 0,262 no início do período de seca para 0,203 em 17 de agosto, no final da seca cresce para 0,246. O fator de reflectância no vermelho (C1) decresceu de 0,055 no início da seca para 0,086 no final da seca.

No ano de 1999, o fator de reflectância corrigido no infravermelho (C2) passou de 0,223 no início do período de seca para 0,180 em 26 de agosto, no final da seca cresce para 0,211. O fator de reflectância no vermelho (C1) decresceu de 0,043 no início da seca para 0,105 no final da seca.

Nas Figuras 23 e 24 vê-se o recorte da imagem AVHRR-NOAA centrado em Nova Odessa - SP, no dia 24/06/99, no infravermelho (C2), com e sem correção atmosférica, respectivamente. Observa-se nitidamente o aumento do brilho na imagem corrigida.

Os fatores de reflectância no infravermelho (C2) durante os períodos de seca estudados nos anos de 1998 e 1999 permaneceram praticamente constantes. Ao passo que os fatores de reflectância no vermelho (C1) variaram proporcionalmente com as mudanças na vegetação.

Comparando-se os resultados de valores corrigidos de fator de reflectância do material combustível encontrados na Tabela 18 e os trabalhos citados por BOWKER et al (1985), pode-se dizer que estão dentro do esperado para superfícies de gramíneas.

IMAGENS AVHRR-NOAA

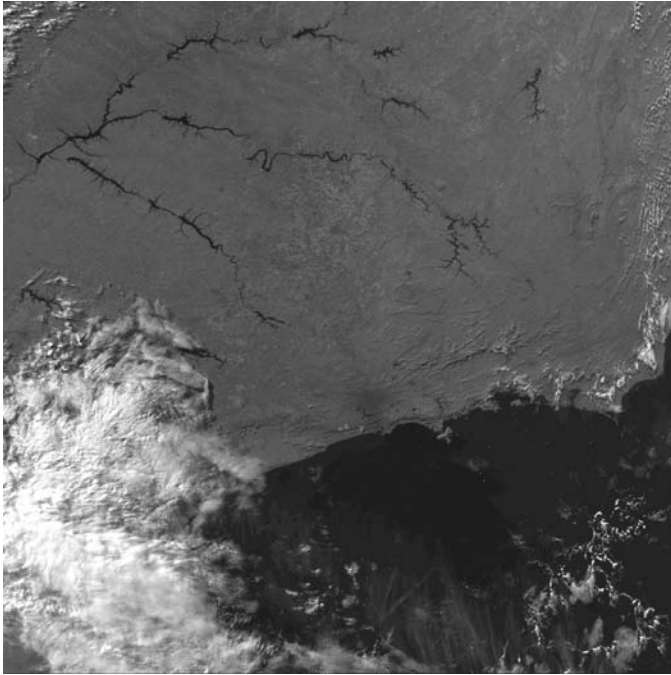


Figura 23: Imagem do canal 2, dia 24/06/99, sem correção atmosférica

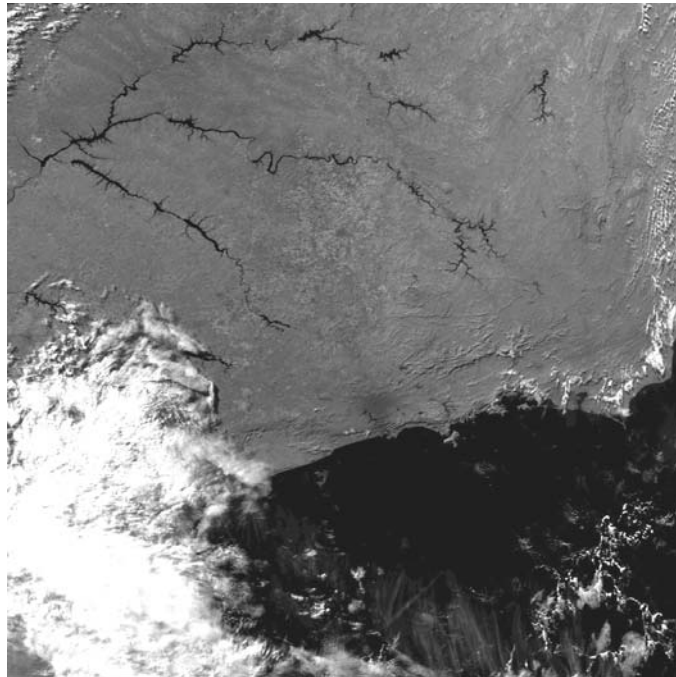


Figura 24: Imagem do canal 2, dia 24/06/99, após correção atmosférica

Pela Tabela 19 visualizam-se os valores do NDVI calculados por meio das imagens AVHRR-NOAA com correção radiométrica e com correção radiométrica e atmosférica, nos períodos de seca nos anos de 1998 e 1999. Observa-se que a presença da atmosfera faz com que o NDVI seja subestimado. Os valores de NDVI calculados após as correções radiométricas e atmosféricas são aproximadamente 0,2 a 0,3 maiores. Esse resultado é semelhante ao citado por ZULLO JR. (1994).

Tabela 19: Valores de NDVI obtidos nas áreas experimentais em Nova Odessa calculados pelas imagens AVHRR-NOAA com correção radiométrica (CR) e com correção radiométrica e atmosférica (CRA), nos anos de 1998 e 1999.

Datas	NDVI (CR)	NDVI (CRA)
02/07/98	0,324	0,654
12/07/98	0,415	0,681
21/07/98	0,333	0,600
31/07/98	0,194	0,413
17/08/98	0,250	0,465
25/08/98	0,239	0,475
03/09/98	0,289	0,482
20/05/99	0,212	0,536
24/06/99	0,313	0,676
09/08/99	0,123	0,464
26/08/99	0,129	0,373
03/09/99	0,123	0,341
30/09/99	0,219	0,493
09/10/99	0,323	0,612

Observa-se também que os valores de NDVI decresceram de uma data para outra no decorrer do período de seca, indicando a diminuição da atividade vegetal ocasionada pela menor umidade. E após o início das chuvas, os valores do NDVI voltaram a crescer.

No ano de 1998, o valor de NDVI corrigido passou de 0,654 para 0,482 no período de seca. E, no ano de 1999, o valor de NDVI corrigido passou de 0,676 para 0,341. O NDVI

decreceu diretamente com a umidade do material combustível e por isso pode ser utilizado para estimar o grau de perigo de incêndios em vegetação do tipo pastagem.

4.7. Imagens AVHRR-NOAA e as variáveis de campo estudadas

As imagens AVHRR-NOAA e as variáveis de campo estudadas foram analisadas em conjunto. Nas Figuras 25 e 26 percebe-se o comportamento dos fatores de reflectância medidos pelo sensor AVHRR canal 1 (580-680nm) e canal 2 (725-1100nm), NDVI com correção radiométrica e atmosférica e umidade média do material combustível no período estudado nos anos de 1998 e 1999.

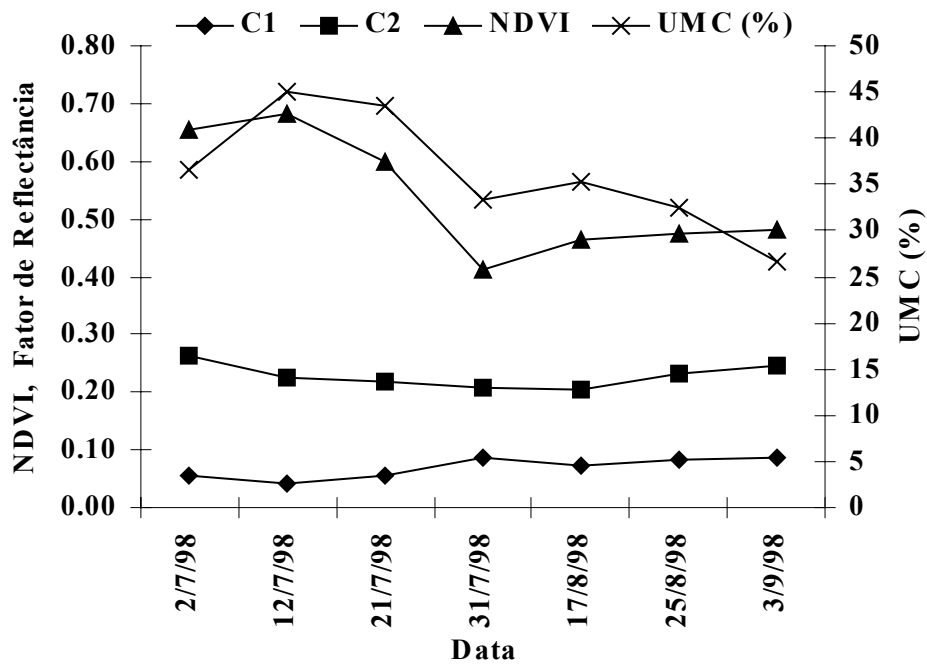


Figura 25: Fator de reflectância no Canal 1 (C1) e Canal 2 (C2), NDVI e umidade média do material combustível (UMC), em porcentagem no ano de 1998.

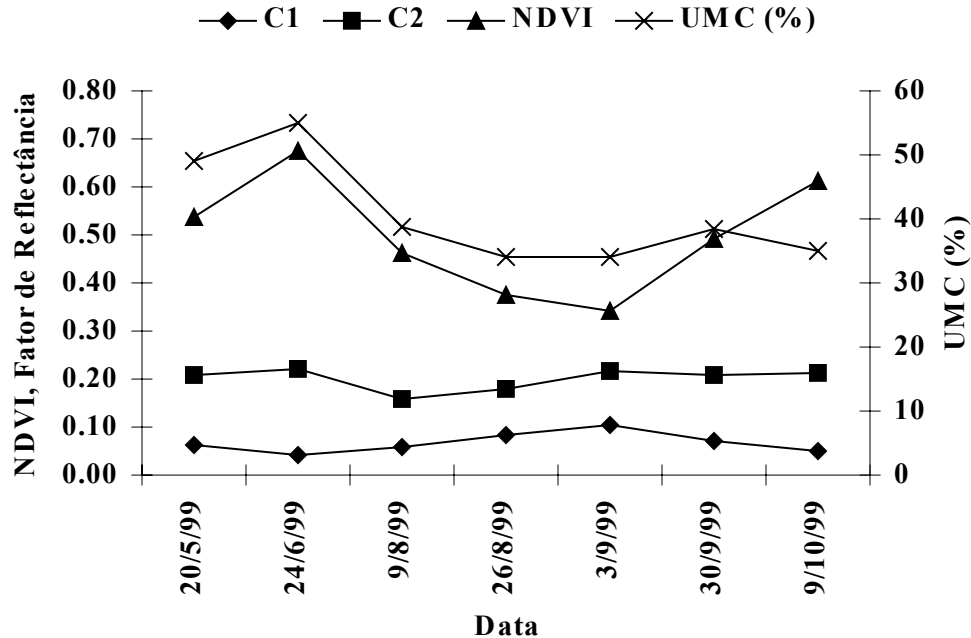


Figura 26: Fator de reflectância no Canal 1 (C1) e Canal 2 (C2), NDVI e umidade média do material combustível (UMC), em porcentagem no ano de 1999.

Observa-se que a umidade do material combustível, fator de reflectância no canal 2 e NDVI decresceram de uma data para outra no decorrer do período de seca, enquanto o fator de reflectância no canal 1 aumentou. Os fatores de reflectância nos canais vermelho (C1) e infravermelho próximo (C2) do satélite tiveram comportamento típico de vegetação (BARRETT e CURTIS, 1992).

Foi realizada a análise de correlação simples entre os fatores de reflectância do material combustível medida pelo sensor AVHRR canal 1 e 2, NDVI, umidade do material combustível, umidade do solo, dias sem chuva maior que 10mm e fórmula de Monte Alegre para cada ano estudado.

Os resultados dessa análise estão na Tabela 20. No ano de 1998, observa-se boa correlação entre o fator de reflectância do material combustível no canal 1 e a umidade do material combustível e a fórmula de Monte Alegre. No ano de 1999, observa-se boa correlação entre o fator de reflectância do material combustível no canal 1 e a fórmula de Monte Alegre e entre NDVI e dias sem chuva maior que 10mm e a fórmula de Monte Alegre. As demais variáveis selecionadas tiveram coeficientes de correlação (r) inferiores a 84%.

Tabela 20: Valores do coeficiente de correlação (r) entre as variáveis fator de reflectância no canal 1 (C1), NDVI (ambos obtidos a partir do AVHRR-NOAA), umidade do material combustível (UMC), umidade do solo (US), dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e fórmula de Monte Alegre (FMA) para os anos de 1998 e 1999.

Variáveis em 1998	C1	NDVI
UMC	-0,89*	0,73*
US	-0,78*	0,65*
DSC10	0,81*	-0,76*
FMA	0,84*	-0,67*
Variáveis em 1999	C1	NDVI
UMC	-0,64*	0,72*
US	-0,63*	0,79*
DSC10	0,82*	-0,89*
FMA	0,84*	-0,89*

(n=7, *=correlações significativas a 5%)

Pelas Figuras 27 a 33 constatam-se as análises de regressão realizadas com os dados de imagens AVHRR-NOAA e as variáveis de campo nos períodos de 1998 e 1999.

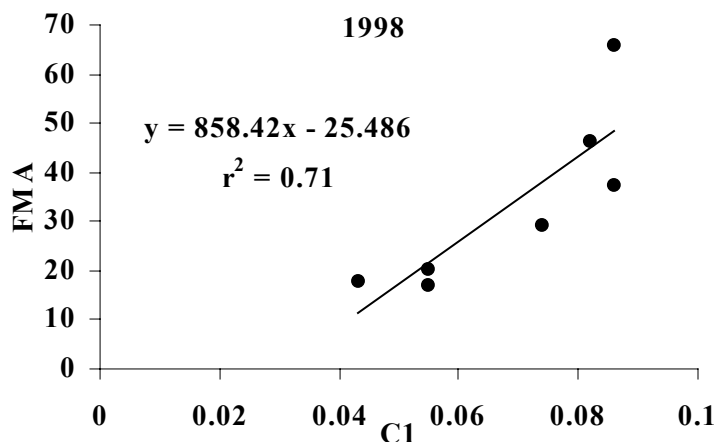


Figura 27: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1998.

Observa-se na Figura 27 que à medida que aumenta o perigo de incêndio (Tabela 5), aumentam também os fatores de reflectância no vermelho (canal 1 - AVHRR/NOAA) no ano de 1998. Fatores de reflectância acima de 0,07 estimam alto grau de perigo de incêndios.

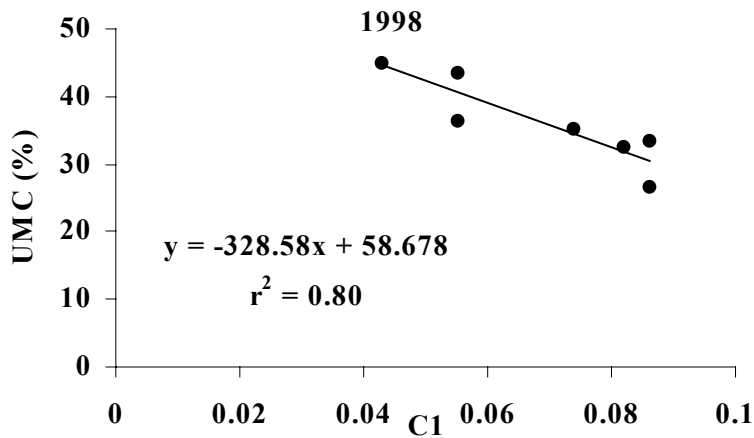


Figura 28: Regressão linear para as variáveis umidade média do material combustível (UMC) e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1998.

Observa-se na Figura 28 que à medida que decresce a umidade do material combustível no campo, aumenta o fator de reflectância no vermelho (Canal 1 - AVHRR/NOAA) no ano de 1998. Observa-se que quando a umidade do material é menor que 40%, os fatores de reflectância no vermelho de são maiores que 0,07.

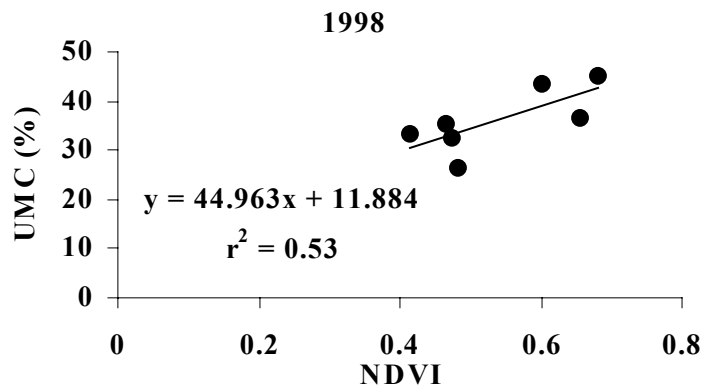


Figura 29: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e NDVI em 1998.

Observa-se na Figura 29 que à medida que decresce a umidade do material combustível no campo, decrescem os valores de NDVI no ano de 1998. Observa-se que quando a umidade do material é menor que 35%, os valores de NDVI são menores que 0,50.

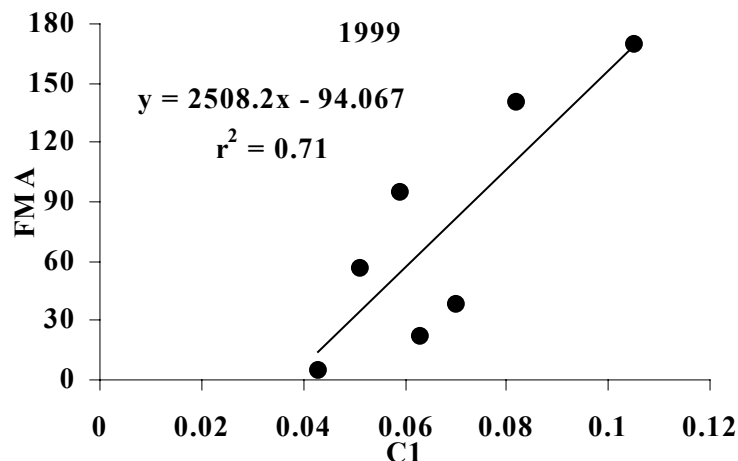


Figura 30: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e fator de reflectância no canal 1 (C1) em 1999.

Observa-se na Figura 30 que à medida que aumenta o perigo de incêndio (Tabela 5), aumentam também os fatores de reflectância no vermelho (canal 1 - AVHRR/NOAA) no ano de 1999.

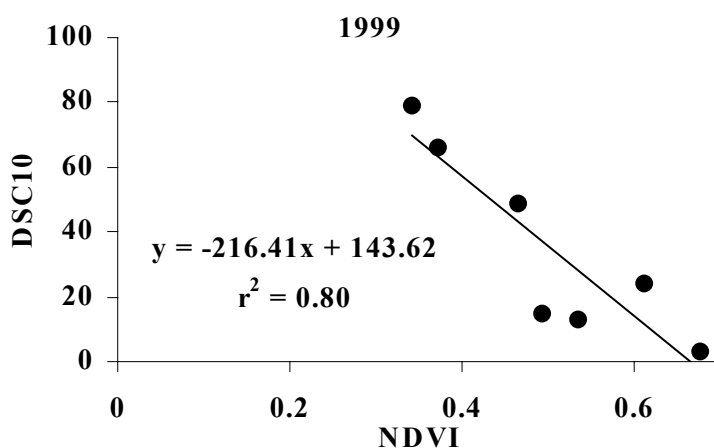


Figura 31: Regressão linear para as variáveis dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e NDVI em 1999.

Observa-se na Figura 31 que à medida que aumentam os dias sem chuva maior que 10mm, diminuem os valores de NDVI no ano de 1999. Quando não ocorrem chuvas maiores que 10mm por mais de 45-50 dias a umidade no material combustível no campo passa a ser menor que 40% (Tabela 3A- Anexo) e os valores de NDVI são menores que 0,5.

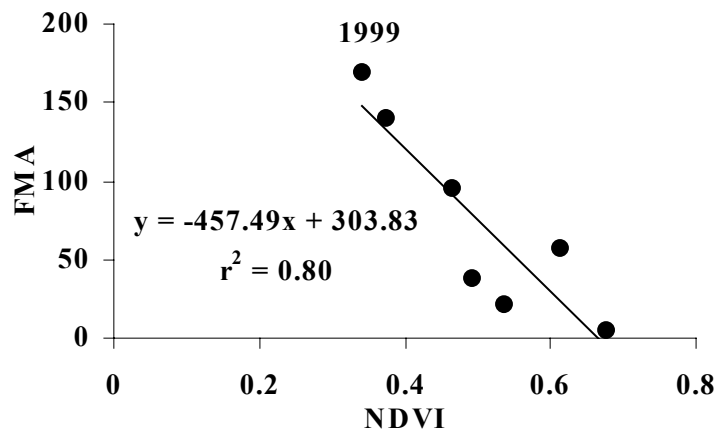


Figura 32: Regressão linear para as variáveis fórmula de Monte Alegre (FMA) e NDVI em 1999.

Observa-se na Figura 32 que à medida que aumenta a estimativa do grau de perigo de incêndios (Tabela 5), diminuem os valores de NDVI no ano de 1999. A estimativa é nula quando o NDVI é aproximadamente 0,660. E quando umidade no material combustível no campo passa a ser menor que 40% (Tabela 3A- Anexo), os valores de NDVI são menores que 0,5.

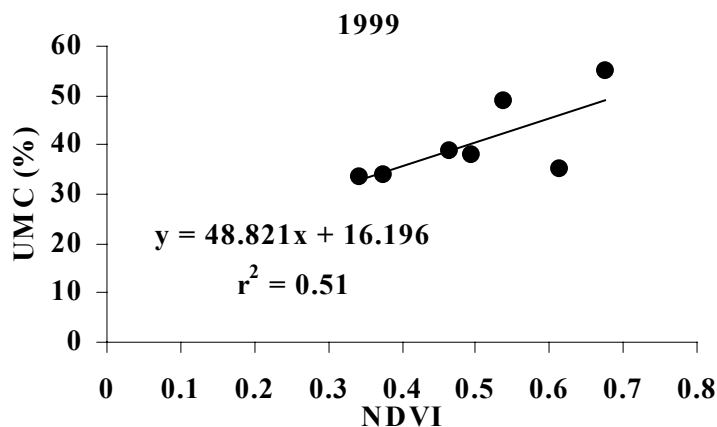


Figura 33: Regressão linear para as variáveis umidade do material combustível (UMC) e NDVI em 1999.

Observa-se na Figura 33 que à medida que decresce a umidade do material combustível no campo, decrescem os valores do NDVI no ano de 1999. Observa-se que quando a umidade do material é menor que 40%, os valores de NDVI são menores que 0,50. Quando a umidade do material é alta, ou seja, acima de 50%, os valores de NDVI são maiores que 0,700.

Baseado nas observações de campo em que a umidade do material combustível passa a ser menor que 40% (Tabela 3A- Anexo) no período de maior número de focos de fogo em vegetação e nos resultados mostrados nas Figuras 27 a 33 podemos afirmar que fatores de reflectância maiores que 0,07 e valores de NDVI menores que 0,5 podem ser utilizado para estimar perigo de incêndios em pastagem.

Para comparar os valores obtidos no campo nos anos de 1998 e 1999 e os valores estimados pelas imagens do satélite AVHRR-NOAA, foram preparadas as Figuras 34 a 40.

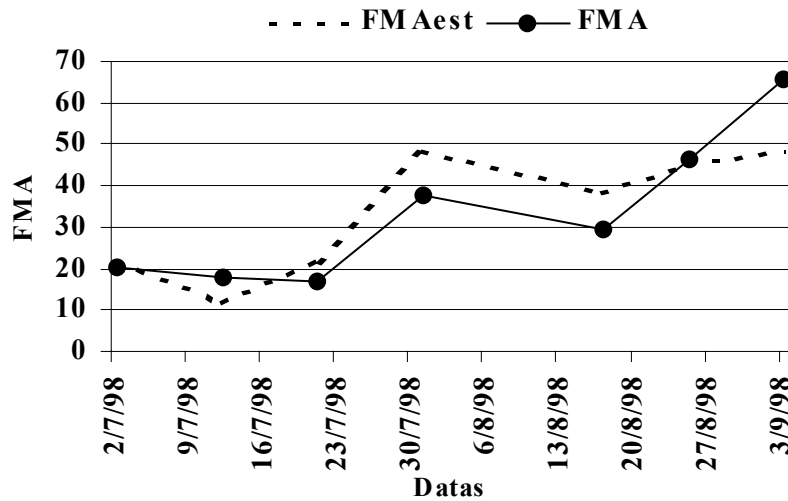


Figura 34: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA = 858,42(C1) - 25,486$, em que C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para o ano de 1998.

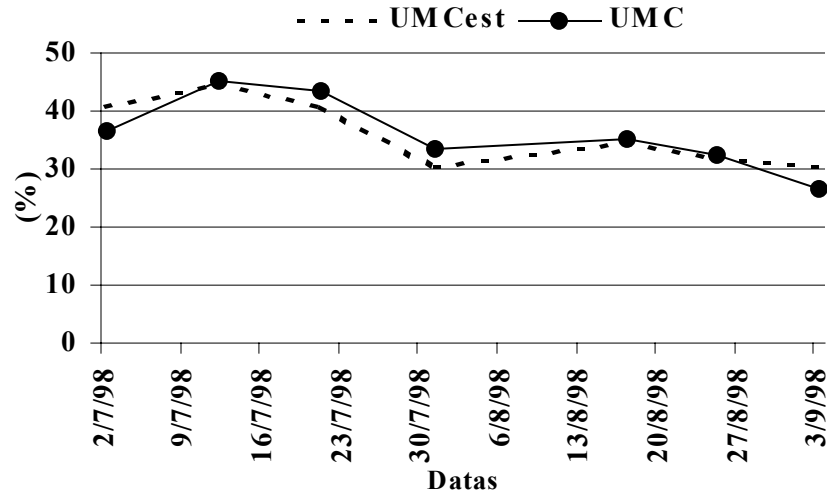


Figura 35: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível (UMCest) estimada pelo modelo $UMC = -328,58(C1) + 58,678$, em que C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para o ano de 1998.

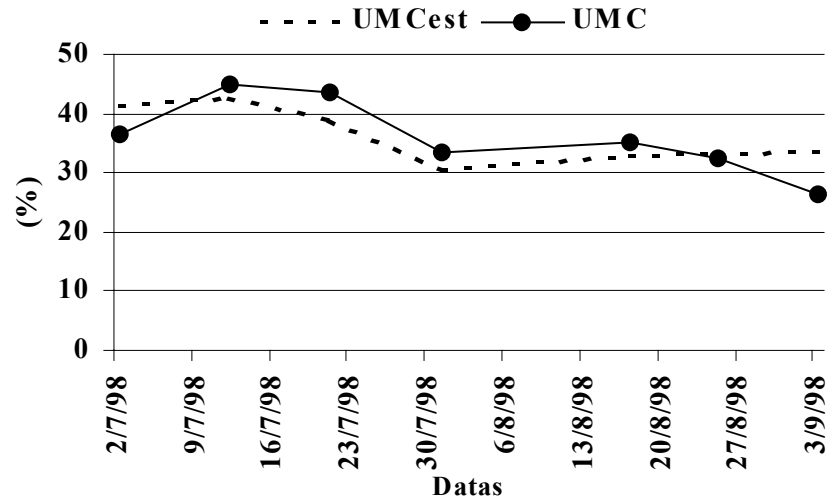


Figura 36: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível (UMCest) estimada pelo modelo $UMC = 44,963(NDVI) + 11,884$ para o ano de 1998.

Pelas simulações, constatou-se que os valores estimados pelos modelo $UMC = -328,58(C1) + 58,678$ e estimada pelo modelo $UMC = 44,963(NDVI) + 11,884$ para o ano de 1998, foram praticamente idênticos.

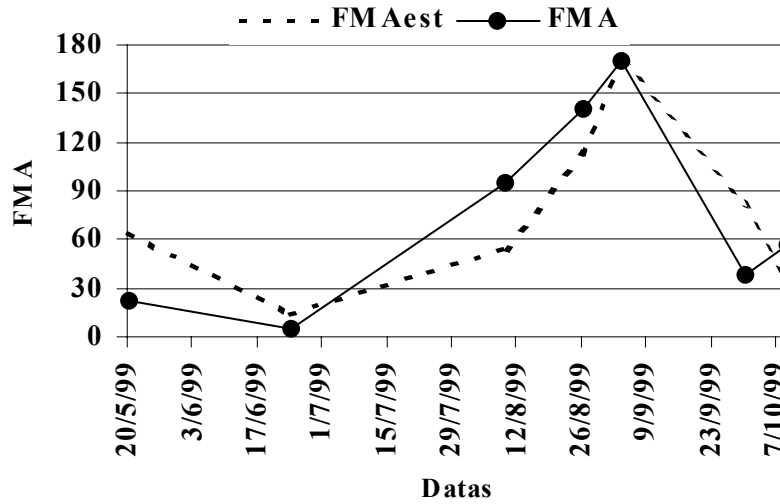


Figura 37: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA=2508,2(C1)-94,067$, em que C1 é o fator de reflectância no canal 1 AVHRR-NOAA (580-680nm), para o ano de 1999.

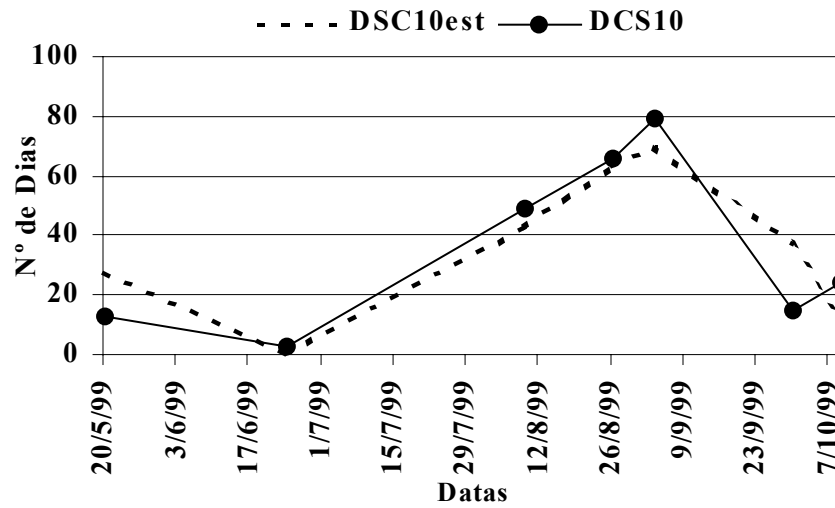


Figura 38: Comportamento de dias sem chuva maior que 10mm (DSC10) e dias sem chuva maior que 10mm estimada (DSC10est) pelo modelo $DSC10=-216,41(NDVI)+143,62$ para o ano de 1999.

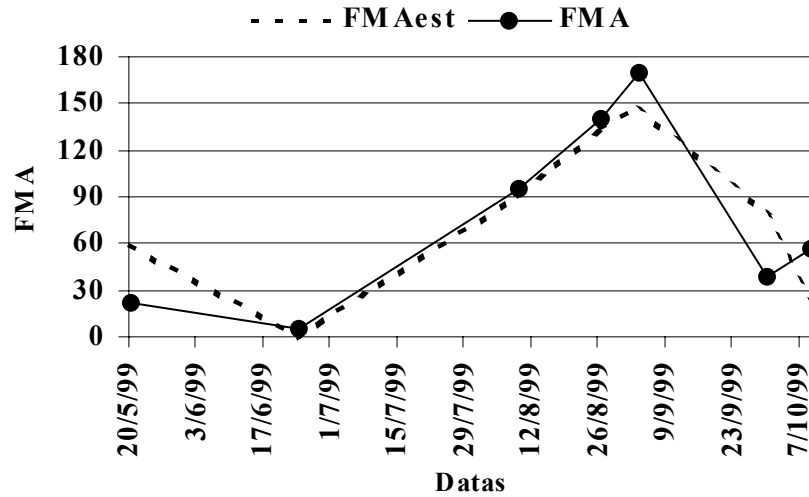


Figura 39: Comportamento da fórmula de Monte Alegre (FMA) e fórmula de Monte Alegre estimada (FMAest) pelo modelo $FMA = -457,49(NDVI) + 303,83$ para o ano de 1999.

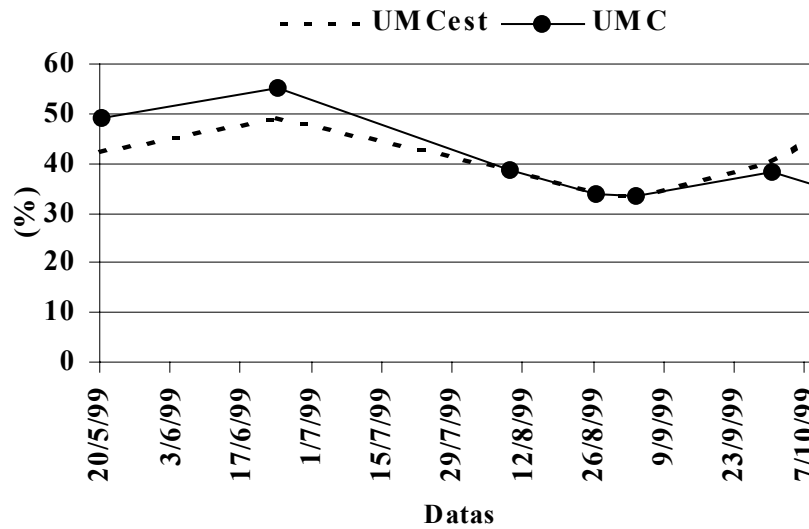


Figura 40: Comportamento da umidade do material combustível (UMC) e umidade do material combustível (UMCest) estimada pelo modelo $UMC = 48,821(NDVI) + 16,196$ para o ano de 1999.

Pelas simulações, constatou-se que os valores estimados, com base nos dados fornecidos pelo satélite AVHRR-NOAA representaram bem as variáveis de campo estudadas, mesmo no caso dos valores de umidade do material combustível estimados pelo NDVI para 1998 e 1999, quando os coeficientes de determinação são menores que 80%. Portanto, imagens do

satélite AVHRR-NOAA podem ser utilizadas para estimar o grau de perigo de incêndios em vegetação do tipo pastagem.

4.8. Comparação entre o NDVI das imagens AVHRR-NOAA e o NDVI de campo

As imagens AVHRR-NOAA e as variáveis radiométricas de campo estudadas foram analisadas em conjunto. Na Tabela 21 estão os fatores de reflectância no infravermelho e vermelho e os NDVIs obtidos no campo com radiômetro Cimel e nas imagens AVHRR-NOAA, nos períodos estudados nos anos de 1998 e 1999.

Tabela 21: Fatores de reflectância no infravermelho e vermelho obtidos no campo (radiômetro Cimel) e nas imagens de satélite e valores do NDVI de campo (NDVIC) e satélite (NDVIS).

Datas	Cimel F1 (792-883nm) Infravermelho	Cimel F2 (622-675nm) Vermelho	NDVIC	AVHRR 2 (725-1100nm) Infravermelho	AVHRR 1 (580-680nm) Vermelho	NDVIS
2/7/98	0,258	0,052	0,662	0,262	0,055	0,654
11/7/98	0,244	0,063	0,587	0,227	0,043	0,681
21/7/98	0,262	0,064	0,543	0,219	0,055	0,600
26/8/98	0,180	0,068	0,471	0,230	0,082	0,475
3/9/98	0,172	0,069	0,431	0,246	0,086	0,482
21/5/99	0,212	0,067	0,517	0,207	0,063	0,536
24/6/99	0,209	0,056	0,603	0,223	0,043	0,676
30/9/99	0,172	0,072	0,408	0,207	0,070	0,493

Observa-se que não existe boa relação entre os fatores de reflectância no infravermelho e vermelho obtidas no campo (radiômetro) e nas imagens AVHRR-NOAA. Os valores do NDVI de campo são semelhantes aos valores corrigidos de NDVI do satélite nos anos de 1998 e 1999 e possuem correlação de 91%. Esse resultado evidencia a importância da correção atmosférica no uso das imagens satelitárias para inferência de situações de periculosidade de incêndios.

5. CONCLUSÕES

1. Os anos de 1998 e 1999 tiveram características meteorológicas típicas da região estudada, com temperatura média anual de 20,7°C, precipitação total média anual de 1381,2mm e período de seca (ausência de chuvas maiores que 10mm) de junho a agosto, o que tornou relevante os resultados encontrados.

2. Nos períodos de seca de 1998 e 1999, a umidade do material combustível decresceu em média de 50-45% para 35-30%, proporcionando ótima condição para ocorrência dos incêndios na vegetação. No início do período de maior número de focos de fogo em vegetação a umidade do material combustível foi menor que 40%. A umidade do solo decresceu de 16-13% para 9-6%

3. Nos períodos de seca houve alta correlação entre a fórmula de Monte Alegre (FMA) e umidade do material combustível, umidade do solo, dias sem chuva e número de incêndios com 70%, 90%, 86% e 81% de probabilidade de acerto no ano de 1998 e 64%, 74%, 98% e 76% no ano de 1999. Utilizada em períodos de seca, a FMA pode estimar bem o perigo de incêndio em pastagens.

4. A variável água disponível no solo para CAD de 125mm (H125) obtida através do balanço hídrico climatológico, apresentou correlação de 87% e 88% nos anos de 1998 e 1999, respectivamente, com a umidade do material combustível. Valores de H125 menores que 60% podem estimar perigo de incêndios em pastagem uma vez que a umidade do material combustível foi menor que 40%, ou seja, umidade encontrada no início do período de maior número de focos de fogo na vegetação.

5. A fórmula de Monte Alegre (FMA) associada a valores menores de 60% de água disponível no solo, para armazenamento máximo de 125mm (H125), pode ser utilizada com maior confiabilidade.

6. Os fatores de reflectância e o NDVI encontrados no campo e no satélite AVHRR-NOAA podem ser utilizados como referência para estudos futuros, uma vez que existem poucos dados deste tipo disponíveis na literatura.

7. A correção atmosférica realizada no processamento das imagens AVHRR-NOAA foi importante para comparação dos NDVIs da série temporal utilizada neste trabalho, uma vez que houve diferença de 0,2 a 0,3 entre os NDVIs calculados antes e depois da correção.

8. Modelos estatísticos lineares de ajuste de curva das variáveis umidade do material combustível, número de dias sem chuva e fórmula de Monte Alegre com fatores de reflectância no Canal 1 AVHRR-NOAA e NDVI, apresentaram significativos valores de coeficiente de correlação. Os Modelos $UMC = -328,6*(C1) + 59$ e $FMA = -457,5*(NDVI) + 303,8$ podem ser utilizados com 80% de probabilidade de acerto.

9. Fatores de reflectância no Canal 1 AVHRR-NOAA maiores que 0,07 e NDVIs menores que 0,50 podem representar perigo de incêndios em pastagens.

10. O emprego das imagens do satélite AVHRR-NOAA demonstrou grande potencial para estimativa do grau de perigo de incêndios em pastagens, pela sua frequência de imageamento e pelos bons resultados obtidos por este trabalho.

6. ANEXO

Tabela 1A. Dados de datas, focos de fogo, variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios para o ano de 1998.

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
01/05/98	121	2	0.0	52.86	24.21	2.92	1.01	0	690.7	2	3.80	2
02/05/98	122	2	0.0	52.33	25.33	2.78	2.03	1	1080.9	3	5.71	2
03/05/98	123	0	0.0	97.10	16.99	5.86	1.70	0	1090.5	3	6.74	2
04/05/98	124	0	16.0	99.60	18.79	5.80	0.00	0	0.0	0	0.00	0
05/05/98	125	0	25.2	66.50	23.30	3.70	0.00	0	0.0	0	0.00	0
06/05/98	126	0	0.0	62.22	24.61	3.35	0.89	0	287.8	0	1.61	1
07/05/98	127	1	0.0	57.42	24.69	3.10	1.84	0	614.9	2	3.35	2
08/05/98	128	1	0.2	47.12	25.89	2.47	2.92	1	1072.2	3	5.47	2
09/05/98	129	3	0.0	44.02	27.76	2.13	4.05	2	1651.6	3	7.74	2
10/05/98	130	4	0.0	39.54	28.43	1.83	5.23	3	2317.9	3	10.27	3
11/05/98	131	9	0.0	46.91	28.56	2.19	6.32	3	2910.2	3	12.40	3
12/05/98	132	4	0.2	45.87	28.51	2.14	7.43	3	3511.2	3	14.58	3
13/05/98	133	4	0.0	37.40	30.90	1.48	8.64	3	4375.5	4	17.26	3
14/05/98	134	8	0.0	52.06	29.26	2.38	9.68	3	4946.1	4	19.18	3
15/05/98	135	0	0.0	71.80	26.04	3.69	10.42	3	5193.5	4	20.57	4
16/05/98	136	0	0.0	96.30	18.37	5.68	10.19	3	5207.9	4	21.61	4
17/05/98	137	0	5.2	56.30	22.53	3.26	0.00	0	2872.9	3	10.42	3
18/05/98	138	1	0.0	62.78	23.95	3.44	0.88	0	3138.1	3	12.01	3
19/05/98	139	2	0.0	55.01	27.44	2.71	1.87	0	3589.9	3	13.83	3
20/05/98	140	2	0.0	51.98	30.00	2.30	2.91	1	4201.3	4	15.75	3
21/05/98	141	5	0.0	43.36	29.82	1.89	4.05	2	4910.8	4	18.06	3
22/05/98	142	6	0.0	45.10	29.97	1.96	5.17	3	5607.9	4	20.28	4
23/05/98	143	3	0.2	49.53	30.14	2.16	6.24	3	6258.7	4	22.30	4
24/05/98	144	17	0.0	47.40	31.07	1.96	7.34	3	6996.0	4	24.41	4
25/05/98	145	11	0.0	43.22	29.46	1.92	8.48	3	7684.3	4	26.72	4
26/05/98	146	5	0.0	56.60	26.83	2.85	9.45	3	8095.4	4	28.49	4
27/05/98	147	0	25.6	87.50	24.04	4.67	0.00	0	0.0	0	0.00	0
28/05/98	148	0	8.4	57.64	26.38	2.94	0.00	0	384.2	1	1.73	1
29/05/98	149	0	0.2	99.00	18.00	5.85	0.00	0	388.0	1	2.75	1
30/05/98	150	1	29.4	81.60	21.05	4.68	0.00	0	0.0	0	0.00	0
31/05/98	151	0	0.2	54.61	24.04	3.03	0.99	0	326.5	1	1.83	1
01/06/98	152	0	0.2	42.49	25.53	2.27	2.12	1	806.6	2	4.18	2
02/06/98	153	0	0.2	48.52	26.51	2.48	3.19	1	1279.5	3	6.25	2
03/06/98	154	2	0.2	57.61	25.86	2.99	4.15	2	1645.0	3	7.98	2
04/06/98	155	2	0.0	61.40	23.66	3.40	5.04	3	1912.1	3	9.61	3
05/06/98	156	2	0.0	55.80	23.45	3.15	6.01	3	2211.4	3	11.40	3
06/06/98	157	3	0.0	47.92	27.15	2.38	7.09	3	2720.1	3	13.49	3
07/06/98	158	4	0.0	39.44	27.56	1.92	8.27	3	3335.2	3	16.02	3
08/06/98	159	1	0.0	45.03	25.11	2.44	9.37	3	3775.4	3	18.25	3
09/06/98	160	6	0.0	44.95	26.48	2.30	10.48	3	4279.6	4	20.47	4
10/06/98	161	10	0.0	40.03	28.46	1.86	11.66	3	4942.4	4	22.97	4
11/06/98	162	0	0.0	66.50	23.65	3.66	12.48	3	5174.0	4	24.47	4
12/06/98	163	5	0.0	64.65	21.22	3.81	13.32	3	5363.1	4	26.02	4
13/06/98	164	5	0.2	60.37	23.95	3.32	14.23	3	5645.6	4	27.68	4
14/06/98	165	6	0.0	56.69	27.23	2.81	15.20	3	6071.8	4	29.44	4
15/06/98	166	2	0.0	53.62	26.12	2.77	16.21	3	6482.1	4	31.30	4

Tabela 1A. continuação...

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
16/06/98	167	5	0.0	58.18	23.87	3.22	17.15	3	6777.7	4	33.02	4
17/06/98	168	5	0.0	56.92	26.49	2.90	18.11	3	7172.7	4	34.78	4
18/06/98	169	5	0.0	49.58	29.67	2.21	19.18	3	7795.7	4	36.80	4
19/06/98	170	0	4.4	93.50	20.35	5.34	0.00	0	5878.4	4	26.83	4
20/06/98	171	0	11.8	60.22	23.63	3.35	0.00	0	0.0	0	7.03	2
21/06/98	172	0	0.2	56.84	24.78	3.06	0.96	0	334.5	1	8.79	3
22/06/98	173	2	0.0	56.23	25.99	2.91	1.93	0	716.7	2	10.56	3
23/06/98	174	0	0.2	55.17	29.28	2.53	2.93	1	1251.2	3	12.38	3
24/06/98	175	1	0.0	66.12	23.46	3.66	3.76	2	1480.9	3	13.89	3
25/06/98	176	0	5.6	62.29	19.25	3.89	0.00	0	902.5	2	7.16	2
26/06/98	177	1	0.0	45.39	24.79	2.49	1.10	0	1326.1	3	9.36	3
27/06/98	178	0	0.0	58.36	26.73	2.95	2.05	1	1716.8	3	11.08	3
28/06/98	179	1	0.0	62.33	27.35	3.08	2.94	1	2091.9	3	12.68	3
29/06/98	180	0	0.2	61.06	26.08	3.15	3.85	2	2435.0	3	14.32	3
30/06/98	181	2	0.0	55.52	26.98	2.78	4.84	2	2862.4	3	16.12	3
01/07/98	182	1	0.0	47.05	28.70	2.18	5.93	3	3460.8	3	18.25	3
02/07/98	183	1	0.0	48.62	29.52	2.18	7.01	3	4087.1	4	20.30	4
03/07/98	184	3	0.0	54.25	27.61	2.65	8.01	3	4553.9	4	22.15	4
04/07/98	185	9	0.0	59.22	28.02	2.86	8.95	3	4986.4	4	23.83	4
05/07/98	186	6	0.0	55.58	27.54	2.73	9.94	3	5436.7	4	25.63	4
06/07/98	187	4	0.0	58.11	26.24	2.98	10.88	3	5811.6	4	27.35	4
07/07/98	188	4	0.0	45.32	30.27	1.94	12.00	3	6525.0	4	29.56	4
08/07/98	189	7	0.2	40.50	29.99	1.73	13.18	3	7281.9	4	32.03	4
09/07/98	190	0	0.0	90.50	19.56	5.27	13.38	3	7324.2	4	33.14	4
10/07/98	191	1	5.4	67.71	18.00	4.29	0.00	0	3782.1	3	14.73	3
11/07/98	192	4	0.0	63.93	20.42	3.85	0.85	0	3958.9	3	16.30	3
12/07/98	193	11	0.0	56.72	20.47	3.49	1.80	0	4172.2	4	18.06	3
13/07/98	194	2	0.0	53.95	20.96	3.30	2.78	1	4411.8	4	19.91	3
14/07/98	195	3	0.0	50.16	24.31	2.78	3.82	2	4780.2	4	21.91	4
15/07/98	196	3	0.0	43.41	26.66	2.20	4.95	2	5307.6	4	24.21	4
16/07/98	197	4	0.0	41.94	26.17	2.18	6.10	3	5823.6	4	26.59	4
17/07/98	198	6	0.2	28.04	27.57	1.35	7.40	3	6555.1	4	30.16	4
18/07/98	199	7	0.2	36.79	29.17	1.62	8.61	3	7301.2	4	32.88	4
19/07/98	200	2	0.0	90.90	17.42	5.50	8.79	3	7332.8	4	33.98	4
20/07/98	201	0	6.0	81.70	21.63	4.62	0.00	0	3768.7	3	14.82	3
21/07/98	202	3	0.2	70.40	24.47	1.70	1.14	0	4611.8	4	17.11	3
22/07/98	203	1	0.2	55.04	29.62	2.49	2.14	1	5164.8	4	18.93	3
23/07/98	204	3	0.0	52.74	29.96	2.34	3.17	1	5764.4	4	20.83	4
24/07/98	205	3	0.0	53.88	29.34	2.46	4.19	2	6317.3	4	22.68	4
25/07/98	206	3	0.0	50.55	29.24	2.30	5.24	3	6904.7	4	24.66	4
26/07/98	207	4	0.2	47.68	29.73	2.11	6.33	3	7554.8	4	26.76	4
27/07/98	208	6	0.0	40.00	30.79	1.62	7.51	3	8375.1	4	29.26	4
28/07/98	209	5	0.0	39.99	31.36	1.56	8.69	3	9238.2	4	31.76	4
29/07/98	210	9	0.0	37.58	30.62	1.52	9.90	3	10078.7	4	34.42	4
30/07/98	211	7	0.0	65.88	22.62	3.73	10.73	3	10290.7	4	35.94	4
31/07/98	212	3	0.0	60.22	24.63	3.25	11.64	3	10594.3	4	37.60	4
01/08/98	213	10	0.0	50.29	26.32	2.58	12.69	3	11042.6	4	39.59	4
02/08/98	214	1	0.0	94.50	16.97	5.73	12.64	3	11060.7	4	40.64	4

Tabela 1A. continuação...

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
06/08/98	218	0	6.8	78.80	19.72	4.67	0.00	0	2640.6	3	10.07	3
07/08/98	219	0	0.0	60.07	24.00	3.30	0.92	0	2926.6	3	11.73	3
08/08/98	220	1	0.0	64.22	25.60	3.35	1.78	0	3227.4	3	13.29	3
09/08/98	221	0	0.0	99.20	18.90	5.77	0.89	0	3230.7	3	14.30	3
10/08/98	222	1	1.6	72.30	23.11	4.00	1.61	0	3411.8	3	15.68	3
11/08/98	223	2	0.0	60.42	28.00	2.92	2.53	1	3830.8	3	17.33	3
12/08/98	224	3	0.0	56.20	28.17	2.69	3.51	2	4301.9	4	19.11	3
13/08/98	225	7	0.0	50.77	31.75	2.06	4.57	2	5034.9	4	21.08	4
14/08/98	226	3	0.6	57.26	30.38	2.53	5.54	3	5598.1	4	22.83	4
15/08/98	227	5	0.0	38.25	32.03	1.41	6.75	3	6540.3	4	25.44	4
16/08/98	228	4	0.0	54.37	29.29	2.49	7.75	3	7084.9	4	27.28	4
17/08/98	229	3	0.2	49.87	30.78	2.12	8.82	3	7769.6	4	29.29	4
18/08/98	230	10	0.0	41.15	30.21	1.74	9.99	3	8533.3	4	31.72	4
19/08/98	231	3	0.0	65.80	23.61	3.63	10.82	3	8768.7	4	33.24	4
20/08/98	232	1	0.0	49.76	30.86	2.10	11.89	3	9459.9	4	35.25	4
21/08/98	233	4	0.0	39.83	33.01	1.39	13.08	3	10459.8	4	37.76	4
22/08/98	234	9	0.0	64.68	27.80	3.15	13.94	3	10826.8	4	39.31	4
23/08/98	235	7	0.0	51.11	30.21	2.23	14.99	3	11461.2	4	41.26	4
24/08/98	236	11	0.0	43.60	30.87	1.79	16.13	3	12237.8	4	43.56	4
25/08/98	237	7	0.2	35.90	32.12	1.28	17.36	3	13223.7	4	46.34	4
26/08/98	238	4	0.0	36.01	31.71	1.33	18.59	3	14173.0	4	49.12	4
27/08/98	239	6	0.0	57.34	26.19	2.95	19.55	3	14552.9	4	50.86	4
28/08/98	240	6	0.0	48.47	26.76	2.45	20.62	3	15037.8	4	52.92	4
29/08/98	241	15	0.0	58.89	26.44	3.00	21.56	3	15412.9	4	54.62	4
30/08/98	242	9	0.0	71.80	19.20	4.37	22.27	3	15533.4	4	56.02	4
31/08/98	243	13	0.0	49.94	27.19	2.48	23.33	3	16024.3	4	58.02	4
01/09/98	244	5	0.0	36.78	27.67	1.77	24.53	3	16673.1	4	60.74	4
02/09/98	245	9	0.0	41.62	28.75	1.91	25.69	3	17335.9	4	63.14	4
03/09/98	246	11	0.0	37.14	30.79	1.48	26.90	3	18195.3	4	65.83	4
04/09/98	247	7	0.0	59.57	24.92	3.19	27.83	3	18513.0	4	67.51	4
05/09/98	248	2	1.0	100.00	18.66	5.83	13.38	3	18513.0	4	68.51	4
06/09/98	249	0	6.4	81.80	23.00	4.49	0.00	0	9374.1	4	28.63	4
07/09/98	250	2	4.4	76.30	25.11	4.00	0.00	0	7220.4	4	21.35	4
08/09/98	251	0	2.2	85.90	22.62	4.73	0.39	0	5502.9	4	22.51	4
09/09/98	252	0	26.0	80.50	21.46	4.58	0.00	0	0.0	0	0.00	0
10/09/98	253	0	0.2	68.60	24.94	3.64	0.79	0	247.3	0	1.46	1
11/09/98	254	1	0.0	48.20	32.63	1.85	1.88	0	1080.2	3	3.53	2
12/09/98	255	6	0.0	42.16	33.50	1.46	3.05	1	2082.8	3	5.90	2
13/09/98	256	7	0.0	41.66	33.54	1.43	4.22	2	3097.5	3	8.30	3
14/09/98	257	3	0.0	65.40	27.23	3.25	5.07	3	3438.1	3	9.83	3
15/09/98	258	2	0.0	62.72	28.88	2.95	5.96	3	3866.5	3	11.43	3
16/09/98	259	1	0.0	58.68	28.16	2.82	6.91	3	4310.5	4	13.13	3
17/09/98	260	3	0.0	36.79	36.13	0.93	8.14	3	5677.3	4	15.85	3
18/09/98	261	4	0.0	48.70	31.04	2.03	9.22	3	6394.5	4	17.90	3
19/09/98	262	0	26.6	72.50	26.02	3.72	0.00	0	0.0	0	0.00	0
20/09/98	263	0	1.4	78.60	23.02	4.33	0.59	0	138.6	0	1.27	1
21/09/98	264	0	6.4	71.00	23.47	3.90	0.00	0	266.1	0	1.92	1
22/09/98	265	5	0.0	61.71	23.20	3.47	0.89	0	518.8	2	3.54	2

Tabela 1A. continuação...

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
23/09/98	266	3	0.0	54.04	24.75	2.93	1.89	0	873.9	2	5.39	2
24/09/98	267	2	0.0	44.40	29.96	1.92	3.01	1	1579.2	3	7.64	2
25/09/98	268	2	0.0	53.79	30.79	2.31	4.03	2	2211.0	3	9.50	3
26/09/98	269	0	0.0	52.30	31.53	2.16	5.07	3	2907.5	3	11.41	3
27/09/98	270	5	0.0	44.46	30.70	1.85	6.20	3	3660.7	3	13.66	3
28/09/98	271	0	8.2	95.80	21.28	5.36	0.00	0	22.6	0	6.51	2
29/09/98	272	0	7.8	96.80	21.17	5.42	0.00	0	28.3	0	3.64	2
30/09/98	273	0	1.4	80.60	23.14	4.42	0.55	0	155.6	0	4.88	2
01/10/98	274	0	2.4	69.24	25.23	3.64	1.33	0	366.0	1	6.32	2
02/10/98	275	1	0.0	58.01	26.81	2.92	2.28	1	763.0	2	8.05	3
03/10/98	276	1	0.0	60.79	28.71	2.87	3.20	1	1206.5	3	9.69	3
04/10/98	277	0	9.2	55.59	31.95	2.28	0.00	0	672.9	2	5.67	2
05/10/98	278	0	0.0	99.00	19.00	5.75	0.00	0	677.1	2	6.69	2
06/10/98	279	0	21.2	58.77	29.68	2.67	0.00	0	0.0	0	0.00	0
07/10/98	280	0	0.2	96.50	21.09	5.42	0.00	0	18.5	0	1.04	1
08/10/98	281	0	23.4	75.80	25.41	3.95	0.00	0	0.0	0	0.00	0
09/10/98	282	0	39.6	82.70	23.28	4.51	0.00	0	0.0	0	0.00	0
10/10/98	283	0	0.0	47.24	28.52	2.21	1.09	0	586.4	2	2.12	1
11/10/98	284	0	0.0	99.00	18.00	5.85	0.29	0	590.1	2	3.13	2
12/10/98	285	0	13.2	71.00	27.03	3.55	0.00	0	0.0	0	0.00	0
13/10/98	286	1	0.0	68.75	27.88	3.35	0.80	0	327.1	1	1.45	1
14/10/98	287	1	0.0	49.79	32.11	1.98	1.87	0	1098.7	3	3.46	2
15/10/98	288	0	0.0	58.16	30.95	2.51	2.83	1	1678.9	3	5.18	2
16/10/98	289	0	0.6	88.90	23.12	4.83	3.12	1	1751.6	3	6.31	2
17/10/98	290	0	31.0	57.94	26.58	2.94	0.00	0	0.0	0	0.00	0
18/10/98	291	0	2.8	74.20	22.91	4.12	0.00	0	165.2	0	1.35	1
19/10/98	292	0	0.0	55.76	26.93	2.80	0.98	0	588.3	2	3.14	2
20/10/98	293	1	0.0	48.65	30.62	2.07	2.06	1	1279.8	3	5.20	2
21/10/98	294	1	0.0	48.07	30.03	2.10	3.15	1	1942.8	3	7.28	2
22/10/98	295	1	0.0	41.46	32.40	1.53	4.32	2	2865.4	3	9.69	3
23/10/98	296	4	0.0	48.42	32.62	1.86	5.41	3	3694.1	3	11.75	3
24/10/98	297	1	0.0	70.60	25.43	3.69	6.17	3	3937.1	3	13.17	3
25/10/98	298	2	0.0	62.96	28.42	3.01	7.06	3	4345.0	4	14.76	3
26/10/98	299	0	3.0	90.50	22.96	4.93	0.00	0	3319.9	3	11.44	3
27/10/98	300	0	16.0	93.20	22.29	5.13	0.00	0	0.0	0	0.00	0
28/10/98	301	0	1.6	64.42	28.91	3.03	0.87	0	410.0	1	1.55	1
29/10/98	302	0	0.0	58.71	29.71	2.66	1.82	0	922.0	2	3.26	2
30/10/98	303	0	1.0	97.10	17.79	5.78	1.49	0	932.6	2	4.29	2
31/10/98	304	0	5.0	83.70	21.79	4.71	0.00	0	559.0	2	2.91	1

(DJ=dia juliano; FF=número de focos de fogo; Prec=precipitação 7h em mm; UR=umidade relativa do ar 15h em %; T=temperatura 15h em °C; Ang=índice de Angstrom; Tel=índice de Telecyn; Nest=índice de Nesterow; FMA=fórmula de Monte Alegre; Grau=grau de perigo de incêndio para os respectivos índices)

Tabela 1B. Dados de datas, focos de fogo, variáveis meteorológicas e índices de perigo de incêndios para o ano de 1999.

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
01/05/99	121	1	0.0	44.61	29.25	2.69	14.24	3	7664.9	4	30.70	4
02/05/99	122	1	0.0	38.30	29.66	2.27	15.46	3	8426.6	4	33.31	4
03/05/99	123	1	0.0	49.14	28.75	2.01	16.51	3	9004.1	4	35.35	4
04/05/99	124	2	0.0	48.68	28.55	2.01	17.56	3	9576.0	4	37.40	4
05/05/99	125	4	0.0	53.16	28.67	1.65	18.54	3	10103.9	4	39.28	4
06/05/99	126	0	0.0	70.70	26.13	2.28	19.05	3	10363.3	4	40.70	4
07/05/99	127	0	40.6	67.51	25.17	2.28	0.00	0	0.0	0	0.00	0
08/05/99	128	0	0.0	61.58	25.51	2.49	0.69	0	320.1	1	1.62	1
09/05/99	129	0	0.0	60.36	25.18	3.62	1.56	0	639.8	2	3.28	2
10/05/99	130	0	0.0	50.50	26.66	3.56	2.66	1	1101.1	3	5.26	2
11/05/99	131	0	0.0	71.40	23.52	3.23	3.21	1	1296.2	3	6.66	2
12/05/99	132	0	0.0	65.77	25.73	3.20	4.08	2	1587.6	3	8.18	3
13/05/99	133	0	2.8	68.82	22.81	2.56	0.00	0	1388.3	3	7.18	2
14/05/99	134	0	0.0	56.72	22.69	3.92	0.92	0	1659.1	3	8.94	3
15/05/99	135	1	0.0	47.41	23.61	3.42	1.91	0	2021.1	3	11.05	3
16/05/99	136	0	0.0	45.26	24.84	3.86	3.07	1	2447.9	3	13.26	3
17/05/99	137	1	0.0	39.92	26.05	3.27	4.32	2	2975.7	3	15.77	3
18/05/99	138	0	0.0	52.49	25.53	2.71	5.41	3	3372.3	3	17.67	3
19/05/99	139	1	0.0	52.22	26.54	2.48	6.49	3	3812.5	3	19.59	3
20/05/99	140	0	0.0	45.77	20.54	2.09	7.34	3	4081.9	4	21.77	4
21/05/99	141	0	0.0	53.73	21.26	2.77	8.11	3	4330.5	4	23.63	4
22/05/99	142	1	0.0	45.28	22.99	2.66	9.07	3	4683.8	4	25.84	4
23/05/99	143	0	0.0	42.55	25.10	2.93	10.32	3	5143.5	4	28.19	4
24/05/99	144	0	0.0	47.57	24.89	3.26	11.50	3	5554.3	4	30.29	4
25/05/99	145	2	0.0	53.87	25.16	2.67	12.58	3	5925.6	4	32.15	4
26/05/99	146	2	0.0	59.85	25.50	2.32	13.52	3	6259.8	4	33.82	4
27/05/99	147	0	0.0	65.32	25.48	2.59	14.40	3	6547.9	4	35.35	4
28/05/99	148	4	0.0	72.10	24.64	2.88	15.09	3	6761.1	4	36.74	4
29/05/99	149	2	0.0	50.84	28.71	3.14	16.24	3	7317.2	4	38.71	4
30/05/99	150	0	5.4	59.93	21.46	3.42	0.00	0	3878.6	3	17.15	3
31/05/99	151	0	0.0	70.30	17.49	3.84	0.00	0	3982.5	3	18.57	3
01/06/99	152	5	0.0	47.99	24.75	2.37	0.91	0	4384.3	4	20.66	4
02/06/99	153	11	0.0	44.12	27.31	3.55	2.18	1	4938.5	4	22.92	4
03/06/99	154	20	0.0	58.21	27.09	4.47	3.43	1	5344.4	4	24.64	4
04/06/99	155	10	0.0	67.20	23.89	2.62	4.18	2	5576.8	4	26.13	4
05/06/99	156	1	0.0	60.02	26.42	2.18	5.06	3	5940.8	4	27.80	4
06/06/99	157	3	0.0	93.70	17.49	2.90	3.06	1	5962.8	4	28.86	4
07/06/99	158	0	6.6	67.33	23.01	3.67	0.00	0	3192.8	3	13.03	3
08/06/99	159	4	0.0	62.00	25.66	3.06	0.85	0	3514.1	3	14.64	3
09/06/99	160	5	0.0	53.14	26.18	5.64	2.11	1	3931.0	3	16.53	3
10/06/99	161	3	0.0	72.40	23.25	3.77	2.85	1	4114.1	4	17.91	3
11/06/99	162	7	0.0	60.12	26.21	3.23	3.80	2	4469.9	4	19.57	3
12/06/99	163	6	0.0	67.96	25.56	2.74	4.56	2	4738.2	4	21.04	4
13/06/99	164	0	4.6	70.70	23.77	4.00	0.00	0	3758.7	3	16.14	3
14/06/99	165	0	0.0	99.00	15.47	3.09	0.00	0	3761.4	3	17.15	3
15/06/99	166	0	15.8	72.60	21.54	3.54	0.00	0	0.0	0	0.00	0

Tabela 1B. continuação....

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
16/06/99	167	0	0.0	83.50	20.29	3.86	0.00	0	79.7	0	1.20	1
17/06/99	168	0	0.4	55.43	25.89	103+Gz	1.29	0	465.2	1	3.00	2
18/06/99	169	5	0.2	52.08	26.43	4.18	2.47	1	902.0	2	4.92	2
19/06/99	170	5	0.0	74.50	20.50	4.85	3.15	1	1028.1	3	6.26	2
20/06/99	171	0	6.0	99.00	15.92	2.88	0.00	0	516.9	2	3.52	2
21/06/99	172	0	31.2	66.84	22.29	2.66	0.00	0	0.0	0	0.00	0
22/06/99	173	0	0.0	69.94	20.93	4.38	0.79	0	155.8	0	1.43	1
23/06/99	174	0	0.0	58.37	23.90	6.06	1.99	0	451.0	1	3.14	2
24/06/99	175	2	0.0	41.71	25.01	3.81	3.21	1	913.2	2	5.54	2
25/06/99	176	2	0.0	46.80	26.85	4.10	4.45	2	1418.2	3	7.68	2
26/06/99	177	1	0.0	59.89	25.66	3.23	5.46	3	1757.4	3	9.35	3
27/06/99	178	11	0.0	46.73	27.42	2.28	6.62	3	2291.2	3	11.49	3
28/06/99	179	7	0.0	46.40	27.25	2.36	7.73	3	2819.8	3	13.64	3
29/06/99	180	12	0.2	48.38	27.99	3.13	8.88	3	3365.8	3	15.71	3
30/06/99	181	1	1.2	54.87	25.22	2.29	9.76	3	3731.2	3	17.53	3
01/07/99	182	3	0.0	51.43	24.77	2.30	10.69	3	4107.2	4	19.48	3
02/07/99	183	5	0.0	62.17	26.38	2.32	11.49	3	4450.4	4	21.08	4
03/07/99	184	6	0.0	56.66	28.15	2.92	12.57	3	4915.7	4	22.85	4
04/07/99	185	8	0.0	57.15	27.30	2.79	13.63	3	5340.3	4	24.60	4
05/07/99	186	2	0.0	85.90	16.11	3.17	11.63	3	5381.9	4	25.76	4
06/07/99	187	4	0.2	59.75	25.64	2.72	12.42	3	5721.6	4	27.44	4
07/07/99	188	4	0.0	76.10	23.02	2.83	11.90	3	5876.4	4	28.75	4
08/07/99	189	3	0.0	69.82	26.46	5.38	13.10	3	6152.3	4	30.18	4
09/07/99	190	5	0.0	67.20	23.53	3.12	13.75	3	6376.2	4	31.67	4
10/07/99	191	4	0.0	47.03	25.89	4.20	14.92	3	6834.3	4	33.80	4
11/07/99	192	10	0.0	54.10	25.14	3.55	15.86	3	7203.0	4	35.65	4
12/07/99	193	7	0.0	39.84	26.13	3.71	17.09	3	7735.6	4	38.16	4
13/07/99	194	7	0.0	53.40	24.22	2.46	18.02	3	8077.0	4	40.03	4
14/07/99	195	10	0.0	50.92	26.23	2.89	19.10	3	8515.8	4	41.99	4
15/07/99	196	20	0.0	43.82	28.06	2.08	20.28	3	9113.9	4	44.27	4
16/07/99	197	9	0.0	52.71	28.17	2.95	21.43	3	9622.6	4	46.17	4
17/07/99	198	13	0.0	46.24	29.33	2.62	22.62	3	10266.5	4	48.33	4
18/07/99	199	13	0.0	55.36	28.67	2.09	23.64	3	10769.6	4	50.14	4
19/07/99	200	7	0.0	52.02	28.12	2.52	24.67	3	11283.3	4	52.06	4
20/07/99	201	8	0.0	45.59	29.08	2.08	25.78	3	11920.2	4	54.26	4
21/07/99	202	9	0.0	51.67	28.04	2.60	26.79	3	12433.7	4	56.19	4
22/07/99	203	8	0.0	64.13	24.15	2.49	27.33	3	12694.6	4	57.75	4
23/07/99	204	8	0.0	58.58	25.12	2.07	28.03	3	13026.7	4	59.46	4
24/07/99	205	2	0.0	65.77	25.64	2.48	28.69	3	13315.6	4	60.98	4
25/07/99	206	5	0.0	46.86	29.16	3.49	29.92	3	13942.2	4	63.11	4
26/07/99	207	7	0.0	42.99	28.79	3.12	31.15	3	14591.9	4	65.44	4
27/07/99	208	12	0.0	44.97	29.21	3.42	32.37	3	15243.8	4	67.66	4
28/07/99	209	8	0.0	61.35	25.68	2.13	33.04	3	15571.3	4	69.29	4
29/07/99	210	10	0.0	52.55	28.25	1.97	34.05	3	16085.5	4	71.20	4
30/07/99	211	3	0.0	47.17	28.46	2.03	35.12	3	16669.4	4	73.32	4
31/07/99	212	10	0.0	71.80	21.02	3.20	35.03	3	16817.0	4	74.71	4
01/08/99	213	9	0.0	51.61	26.23	2.50	35.98	3	17249.6	4	76.65	4
02/08/99	214	12	0.0	52.01	27.50	2.21	36.97	3	17734.3	4	78.57	4

Tabela 1B. continuação....

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
03/08/99	215	17	0.0	42.63	25.66	4.19	38.22	3	18219.4	4	80.91	4
04/08/99	216	9	0.0	40.97	27.27	2.66	39.41	3	18802.6	4	83.36	4
05/08/99	217	23	0.0	41.28	26.98	2.55	40.55	3	19366.9	4	85.78	4
06/08/99	218	8	0.0	40.74	27.44	2.27	41.75	3	19962.0	4	88.23	4
07/08/99	219	31	0.0	35.70	29.62	2.02	43.03	3	20752.9	4	91.03	4
08/08/99	220	7	0.0	61.06	24.79	2.07	43.80	3	21054.9	4	92.67	4
09/08/99	221	9	0.0	40.32	27.66	1.99	44.98	3	21666.8	4	95.15	4
10/08/99	222	19	0.0	32.28	29.54	1.52	46.24	3	22493.7	4	98.25	4
11/08/99	223	12	0.0	30.72	31.64	3.27	47.64	3	23515.2	4	101.50	4
12/08/99	224	7	0.0	26.99	31.17	1.95	49.02	3	24547.8	4	105.21	4
13/08/99	225	23	0.0	28.58	31.49	1.36	50.37	3	25587.0	4	108.71	4
14/08/99	226	15	0.0	72.50	26.78	1.07	50.21	3	25846.3	4	110.09	4
15/08/99	227	13	0.0	66.01	24.60	0.93	49.95	3	26105.0	4	111.60	4
16/08/99	228	13	0.0	56.02	21.73	0.98	48.86	3	26353.6	4	113.39	4
17/08/99	229	21	0.0	44.84	21.47	3.65	49.74	3	26656.8	4	115.62	4
18/08/99	230	14	0.0	47.20	25.64	3.54	50.86	3	27102.4	4	117.74	4
19/08/99	231	11	0.0	42.70	27.23	3.33	52.13	3	27666.4	4	120.08	4
20/08/99	232	10	0.0	41.91	28.00	2.80	53.43	3	28281.4	4	122.46	4
21/08/99	233	25	0.0	42.05	28.79	2.50	54.66	3	28941.8	4	124.84	4
22/08/99	234	27	0.0	36.52	29.65	2.11	55.93	3	29724.7	4	127.58	4
23/08/99	235	19	0.0	34.56	29.28	2.00	57.19	3	30504.9	4	130.47	4
24/08/99	236	17	0.2	33.90	29.57	1.92	58.46	3	31314.2	4	133.42	4
25/08/99	237	32	0.0	31.74	27.84	1.56	59.68	3	32026.1	4	136.57	4
26/08/99	238	20	0.0	26.04	30.89	1.50	61.04	3	33046.3	4	140.42	4
27/08/99	239	15	0.0	30.98	31.37	1.44	62.36	3	34040.0	4	143.64	4
28/08/99	240	25	0.0	30.63	32.44	1.50	63.73	3	35137.1	4	146.91	4
29/08/99	241	20	0.0	29.53	33.32	0.91	65.08	3	36339.9	4	150.29	4
30/08/99	242	15	0.0	25.88	34.33	1.11	66.47	3	37718.8	4	154.16	4
31/08/99	243	11	0.0	27.42	32.89	0.99	67.81	3	38912.5	4	157.81	4
01/09/99	244	14	0.0	25.51	33.74	0.84	69.16	3	40230.5	4	161.73	4
02/09/99	245	10	0.0	25.34	32.39	0.56	70.48	3	41406.2	4	165.67	4
03/09/99	246	12	0.0	23.36	33.99	0.78	71.87	3	42791.4	4	169.95	4
04/09/99	247	19	0.0	23.56	34.01	0.60	73.25	3	44175.4	4	174.20	4
05/09/99	248	18	0.0	27.34	33.14	0.73	74.59	3	45396.5	4	177.85	4
06/09/99	249	16	0.0	31.61	34.37	0.47	75.89	3	46673.2	4	181.02	4
07/09/99	250	11	0.0	31.69	34.89	0.48	77.19	3	48005.4	4	184.17	4
08/09/99	251	15	0.0	64.87	27.25	0.75	77.40	3	48351.9	4	185.72	4
09/09/99	252	0	25.2	83.60	32.00	0.84	0.00	0	0.0	0	0.00	0
10/09/99	253	0	16.2	81.00	32.00	0.80	0.00	0	0.0	0	0.00	0
11/09/99	254	1	0.2	72.40	23.00	3.22	0.06	0	0.0	0	0.00	0
12/09/99	255	0	14.0	97.90	32.00	3.68	0.00	0	0.0	0	0.00	0
13/09/99	256	0	4.6	60.49	28.46	3.55	0.00	0	0.0	0	0.00	0
14/09/99	257	1	0.0	45.39	32.57	4.02	1.34	0	0.0	0	0.00	0
15/09/99	258	0	1.8	99.30	32.00	4.40	0.44	0	0.0	0	0.00	0
16/09/99	259	0	14.0	56.14	20.10	2.88	0.00	0	0.0	0	0.00	0
17/09/99	260	2	0.0	56.86	24.83	1.71	0.29	0	336.0	1	1.76	1
18/09/99	261	0	0.0	38.35	30.13	4.47	1.44	0	1130.2	3	4.37	2
19/09/99	262	1	0.0	49.01	29.15	3.50	2.74	1	1731.0	3	6.41	2

Tabela 1B. continuação....

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
20/09/99	263	2	0.0	45.54	29.31	3.06	3.97	2	2382.1	3	8.60	3
21/09/99	264	2	0.0	43.18	29.73	1.60	5.10	3	3088.0	3	10.92	3
22/09/99	265	2	0.0	47.27	24.25	2.24	5.97	3	3475.4	3	13.03	3
23/09/99	266	4	0.0	43.61	21.93	2.05	6.77	3	3801.1	3	15.33	3
24/09/99	267	4	0.0	40.04	20.85	1.89	7.56	3	4109.2	4	17.82	3
25/09/99	268	5	0.0	29.03	25.20	2.64	8.86	3	4682.7	4	21.27	4
26/09/99	269	4	0.0	24.76	29.23	2.69	10.32	3	5575.7	4	25.31	4
27/09/99	270	4	0.0	27.30	29.78	2.62	11.77	3	6483.0	4	28.97	4
28/09/99	271	2	0.0	29.74	31.11	1.63	13.16	3	7471.4	4	32.33	4
29/09/99	272	5	0.0	27.39	32.53	1.02	14.54	3	8628.9	4	35.98	4
30/09/99	273	3	0.0	43.17	29.60	1.09	15.68	3	9326.6	4	38.30	4
01/10/99	274	1	0.0	33.74	29.60	1.08	16.89	3	10140.1	4	41.26	4
02/10/99	275	0	0.0	52.95	34.19	0.82	17.99	3	11005.1	4	43.15	4
03/10/99	276	4	0.0	62.98	31.41	1.90	18.97	3	11539.9	4	44.74	4
04/10/99	277	1	0.0	73.10	25.00	1.43	18.84	3	11753.0	4	46.11	4
05/10/99	278	2	0.0	51.15	23.00	1.93	18.39	3	12068.7	4	48.06	4
06/10/99	279	2	0.0	45.22	23.79	2.71	19.15	3	12452.8	4	50.28	4
07/10/99	280	4	0.0	38.16	28.68	3.86	20.42	3	13150.4	4	52.90	4
08/10/99	281	0	0.0	74.70	30.42	2.96	21.51	3	13485.0	4	54.23	4
09/10/99	282	0	0.0	38.81	23.46	2.58	22.67	3	13899.8	4	56.81	4
10/10/99	283	3	0.0	46.23	27.92	1.74	23.75	3	14464.8	4	58.97	4
11/10/99	284	1	0.0	49.86	25.02	3.39	24.54	3	14862.8	4	60.98	4
12/10/99	285	4	0.0	43.29	28.57	2.29	25.80	3	15496.0	4	63.29	4
13/10/99	286	3	0.0	38.69	29.17	2.22	27.02	3	16219.6	4	65.87	4
14/10/99	287	5	0.0	32.09	32.21	2.69	28.42	3	17272.3	4	68.99	4
15/10/99	288	4	0.0	38.84	34.05	2.01	29.74	3	18383.4	4	71.57	4
16/10/99	289	2	0.0	30.06	32.41	1.72	31.09	3	19486.7	4	74.89	4
17/10/99	290	0	5.8	98.00	32.70	1.08	0.00	0	9775.7	4	30.98	4
18/10/99	291	1	1.8	56.42	26.00	1.24	0.27	0	10156.7	4	32.75	4
19/10/99	292	0	0.2	67.26	27.00	0.96	0.43	0	10471.9	4	34.24	4
20/10/99	293	0	0.0	60.53	28.17	4.33	1.05	0	10896.5	4	35.89	4
21/10/99	294	4	0.0	43.10	30.16	2.92	2.29	1	11631.6	4	38.21	4
22/10/99	295	0	0.0	43.38	29.06	3.36	3.48	1	12293.1	4	40.51	4
23/10/99	296	0	8.4	46.71	28.05	2.91	0.00	0	566.8	2	18.35	3
24/10/99	297	2	0.0	43.22	29.04	1.84	1.11	0	1229.0	3	20.66	4
25/10/99	298	1	0.0	60.05	24.44	1.96	1.70	0	1528.2	3	22.33	4
26/10/99	299	0	0.0	82.40	25.00	2.23	1.07	0	1667.6	3	23.54	4
27/10/99	300	0	1.2	67.80	26.02	1.96	1.62	0	1949.7	3	25.01	4
28/10/99	301	0	9.6	50.72	30.12	3.26	0.00	0	634.3	2	11.98	3
29/10/99	302	0	0.0	44.00	31.59	4.32	1.29	0	1456.4	3	14.25	3
30/10/99	303	3	0.0	57.72	27.13	3.49	2.30	1	1868.6	3	15.98	3
31/10/99	304	1	0.0	48.30	27.27	2.22	3.27	1	2379.4	3	18.05	3
01/11/99	305		0.0	40.56	30.12	1.74	4.40	2	3144.5	3	20.52	4
02/11/99	306		0.0	44.21	29.54	2.87	5.59	3	3825.7	3	22.78	4
03/11/99	307		0.0	42.71	30.53	2.39	6.82	3	4590.9	4	25.12	4
04/11/99	308		0.0	40.24	32.37	1.72	8.06	3	5530.3	4	27.61	4
05/11/99	309		1.4	98.00	30.00	1.96	7.97	3	5555.8	4	28.63	4
06/11/99	310		6.2	48.37	28.82	1.78	0.00	0	3367.9	3	13.52	3

Tabela 1B. continuação....

Data	DJ	FF	Prec	UR	T	Ang	Tel	Grau	Nest	Grau	FMA	Grau
07/11/99	311		0.2	46.01	30.32	1.48	1.04	0	4075.5	4	15.69	3
08/11/99	312		0.0	45.43	32.95	4.60	2.25	1	4977.7	4	17.89	3
09/11/99	313		2.2	81.20	26.00	2.24	2.11	1	3897.6	3	19.12	3
10/11/99	314		1.6	80.00	26.58	1.97	1.13	0	4082.6	4	20.37	4
11/11/99	315		0.6	54.34	27.01	1.68	1.78	0	4522.6	4	22.21	4
12/11/99	316		3.0	91.40	25.58	4.16	0.00	0	3464.1	3	16.64	3
13/11/99	317		16.2	88.30	25.93	4.04	0.00	0	0.0	0	0.00	0
14/11/99	318		7.4	60.83	26.77	2.72	0.00	0	0.0	0	0.00	0
15/11/99	319		0.0	62.28	24.47	4.71	0.82	0	283.4	0	1.61	1
16/11/99	320		0.0	50.20	26.85	4.52	1.90	0	756.0	2	3.60	2
17/11/99	321		0.0	44.75	29.12	3.06	3.09	1	1405.2	3	5.83	2
18/11/99	322		0.0	45.60	30.79	3.37	4.37	2	2148.9	3	8.03	3
19/11/99	323		0.0	54.69	30.03	2.53	5.48	3	2727.4	3	9.85	3
20/11/99	324		0.0	99.20	29.22	2.03	4.86	2	2736.9	3	10.86	3
21/11/99	325		14.4	60.66	27.51	1.90	0.00	0	0.0	0	0.00	0

(DJ=dia juliano; FF=número de focos de fogo; Prec=precipitação 7h em mm; UR=umidade relativa do ar 15h em %; T=temperatura 15h em °C; Ang=índice de Angstron; Tel=índice de Telecyn; Nest=índice de Nesterow; FMA=fórmula de Monte Alegre; Grau=grau de perigo de incêndio para os respectivos índices)

Tabela 2A. Balanço hídrico a cada 5 dias para os anos de 1998 e 1999.

Data	T	P	Evap	ER	H20	H50	H75	H100	H125	H150
01/02/98	28.7	42.0	23.0	23.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/02/98	28.2	13.0	22.6	21.5	62.0	82.6	88.0	90.9	92.6	100.0
11/02/98	23.6	72.0	18.9	18.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16/02/98	25.3	68.0	20.2	20.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
21/02/98	27.1	38.0	21.7	21.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
26/02/98	26.5	87.0	21.2	21.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
01/03/98	26.5	81.0	18.8	18.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/03/98	27.3	16.0	19.4	19.2	84.5	93.4	95.6	96.7	97.4	100.0
11/03/98	27.4	7.0	19.5	16.8	45.5	72.8	80.9	85.4	88.1	94.4
16/03/98	24.8	7.0	17.6	13.3	26.5	59.0	70.3	76.8	81.0	93.0
21/03/98	26.2	34.0	18.6	18.6	100.0	89.8	90.8	92.2	93.3	97.6
26/03/98	24.5	32.0	17.4	17.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
01/04/98	22.8	14.0	13.5	13.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/04/98	22.6	11.0	13.3	13.3	89.0	95.4	96.9	97.7	98.2	100.0
11/04/98	25.6	0.0	15.1	11.9	42.0	70.6	79.2	84.0	87.0	91.3
16/04/98	23.5	20.0	13.9	13.9	72.5	82.8	87.5	90.1	91.9	96.9
21/04/98	24.1	0.0	14.2	9.6	35.5	62.4	72.4	78.2	82.0	88.0
26/04/98	23.1	35.0	13.6	13.6	100.0	100.0	100.0	99.6	99.1	100.0
01/05/98	17.9	41.0	8.9	8.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/05/98	18.2	0.0	9.1	8.1	63.5	83.4	88.5	91.3	93.0	96.0
11/05/98	19.9	0.0	9.9	7.0	38.5	68.4	77.6	82.7	85.8	88.8
16/05/98	19.3	5.0	9.6	7.7	30.5	62.2	72.9	78.9	82.7	89.7
21/05/98	22.0	0.0	11.0	5.3	17.5	50.0	62.9	70.7	75.8	80.8
26/05/98	19.7	64.0	9.9	9.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
01/06/98	17.2	1.0	7.7	7.1	71.5	87.6	91.5	93.6	94.8	100.0
06/06/98	14.9	0.0	6.6	5.2	51.5	76.6	83.7	87.6	89.9	97.8
11/06/98	17.9	0.0	8.0	5.2	34.5	65.4	75.3	80.9	84.4	92.0
16/06/98	18.3	16.0	8.1	8.1	74.0	81.0	85.9	88.7	90.6	86.4
21/06/98	18.3	6.0	8.1	7.6	66.5	77.6	83.3	86.8	89.1	94.6
26/06/98	15.8	0.0	7.0	4.8	46.5	67.4	75.9	80.9	84.2	93.2
01/07/98	19.8	0.0	9.3	5.2	29.5	56.0	67.1	73.7	78.2	85.7
06/07/98	18.6	6.0	8.7	7.3	25.5	53.0	64.7	71.7	76.5	83.2
11/07/98	13.9	0.0	6.5	2.8	18.5	46.6	59.2	67.2	72.6	82.0
16/07/98	15.1	6.0	7.1	6.4	17.5	45.6	58.4	66.5	72.0	76.0
21/07/98	20.7	0.0	9.7	3.3	10.5	37.4	51.3	60.3	66.6	74.8
26/07/98	21.3	0.0	10.0	2.6	6.5	30.6	44.9	54.6	61.4	68.7
01/08/98	17.8	9.0	9.7	9.2	6.5	30.2	44.5	54.2	61.1	63.2
06/08/98	18.8	8.0	10.2	8.5	5.5	29.0	43.2	53.0	60.0	63.0
11/08/98	22.0	1.0	12.0	3.1	3.0	23.2	37.3	47.5	55.0	62.8
16/08/98	22.6	0.0	12.3	1.7	1.5	18.2	31.6	42.0	49.8	57.8
21/08/98	27.4	0.0	14.9	1.5	1.0	13.4	25.9	36.1	44.2	55.7
26/08/98	20.7	0.0	11.3	0.8	0.5	10.8	22.3	32.3	40.4	52.9
01/09/98	20.7	1.0	13.4	1.7	0.5	8.4	18.9	28.5	36.6	50.8
06/09/98	20.4	34.0	13.2	13.2	100.0	50.0	46.7	49.4	53.3	40.1
11/09/98	23.8	0.0	15.4	7.2	46.5	36.8	38.0	42.4	47.1	57.3
16/09/98	23.7	28.0	15.3	15.3	100.0	62.2	55.1	55.1	57.3	60.1

Tabela 2A. continuação...

Data	T	P	Evap	ER	H20	H50	H75	H100	H125	H150
21/09/98	19.8	6.0	12.8	10.4	71.5	54.4	50.3	51.5	54.2	56.2
26/09/98	22.6	17.0	14.6	14.6	83.5	59.2	53.5	53.9	56.2	57.2
01/10/98	22.5	11.0	17.1	14.7	61.5	52.4	49.3	50.7	53.5	55.5
06/10/98	20.9	84.0	15.9	15.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11/10/98	21.9	13.0	16.6	16.5	83.5	93.0	95.2	96.4	97.1	100.0
16/10/98	21.6	34.0	16.4	16.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
21/10/98	24.1	0.0	18.3	14.7	40.0	69.4	78.3	83.3	86.4	88.3
26/10/98	22.4	27.0	17.0	17.0	90.0	89.2	91.6	93.2	94.3	98.5
01/11/98	20.9	0.0	17.2	12.4	38.0	63.2	72.8	78.5	82.2	86.3
06/11/98	25.3	0.0	20.9	9.3	13.5	41.6	55.1	63.7	69.5	74.2
11/11/98	18.5	21.0	15.3	15.3	42.0	53.2	62.8	69.4	74.2	75.3
16/11/98	21.0	10.0	17.3	13.2	29.0	45.8	56.9	64.5	69.9	71.9
21/11/98	23.4	0.0	19.3	6.2	11.0	31.2	44.0	53.2	59.9	63.5
26/11/98	25.9	19.0	21.4	19.6	10.0	29.8	42.7	52.0	58.8	61.3
01/12/98	26.5	71.0	22.7	22.7	100.0	100.0	100.0	100.0	97.4	100.0
06/12/98	25.3	72.0	21.6	21.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11/12/98	25.7	55.0	22.0	22.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16/12/98	23.9	16.0	20.4	20.2	80.0	91.6	94.3	95.7	96.5	100.0
21/12/98	24.8	62.0	21.2	21.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
26/12/98	24.3	11.0	20.8	19.7	61.5	82.2	87.7	90.7	92.5	96.3
01/01/99	25.3	90.0	21.5	21.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/01/99	24.0	120.0	20.4	20.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11/01/99	25.3	111.0	21.5	21.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16/01/99	27.0	10.0	23.0	21.1	52.5	77.2	84.1	87.9	90.2	93.2
21/01/99	28.0	71.0	23.8	23.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
26/01/99	25.7	60.0	21.8	21.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
01/02/99	29.1	31.0	23.3	23.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/02/99	25.1	17.0	20.1	20.0	85.5	94.0	96.0	97.0	97.6	100.0
11/02/99	26.4	4.0	21.1	16.9	36.5	66.8	76.4	81.7	85.0	91.2
16/02/99	26.4	5.0	21.1	13.0	16.5	48.4	61.6	69.5	74.8	88.3
21/02/99	24.7	72.0	19.8	19.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
26/02/99	25.0	16.0	20.0	19.8	82.0	92.4	94.8	96.1	96.9	100.0
01/03/99	25.9	130.0	18.4	18.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/03/99	26.4	6.0	18.7	16.9	53.0	77.6	84.4	88.0	90.3	93.2
11/03/99	23.3	88.0	16.5	16.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16/03/99	25.7	0.0	18.2	14.7	40.0	69.4	78.4	83.3	86.4	91.5
21/03/99	25.4	32.0	18.0	18.0	100.0	97.4	97.1	97.3	97.6	100.0
26/03/99	26.6	6.0	18.9	16.8	52.5	75.2	81.7	85.5	88.0	96.4
01/04/99	26.1	31.0	15.4	15.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/04/99	24.2	0.0	14.3	12.0	49.0	75.2	82.7	86.7	89.2	93.2
11/04/99	23.0	27.0	13.6	13.6	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	100.0
16/04/99	16.9	29.0	10.0	10.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
21/04/99	21.5	0.0	12.7	10.9	53.0	77.6	84.4	88.1	90.3	92.3
26/04/99	21.4	0.0	12.6	7.9	28.0	60.2	71.3	77.6	81.7	82.3
01/05/99	21.4	0.0	10.7	5.0	16.5	48.6	61.9	69.8	75.0	78.9
06/05/99	20.5	41.0	10.3	10.3	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	100.0
11/05/99	18.2	3.0	9.1	8.7	73.5	88.6	92.1	94.1	94.8	98.5
16/05/99	18.1	0.0	9.1	7.0	47.0	73.8	81.7	85.9	88.2	92.5

Tabela 2A. Continuação...

Data	T	P	Evap	ER	H20	H50	H75	H100	H125	H150
21/05/99	15.5	0.0	7.8	4.8	32.0	63.2	73.7	79.5	82.9	86.8
26/05/99	18.5	5.0	9.3	7.3	25.5	58.2	69.6	76.2	80.2	84.3
01/06/99	17.7	0.0	7.9	3.6	17.5	49.6	62.7	70.5	75.2	78.2
06/06/99	18.4	7.0	8.2	7.5	16.5	48.4	61.7	69.6	74.6	77.3
11/06/99	18.0	20.0	8.0	8.0	76.5	72.4	77.7	81.6	84.1	90.3
16/06/99	17.1	37.0	7.6	7.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
21/06/99	16.9	1.0	7.5	7.0	72.0	87.8	91.7	93.7	94.9	97.5
26/06/99	19.4	2.0	8.6	7.2	52.0	76.8	83.9	87.7	90.0	93.1
01/07/99	18.9	0.0	8.9	5.7	33.0	64.4	74.5	80.2	83.8	86.4
06/07/99	18.9	0.0	8.9	4.6	21.5	53.8	66.3	73.4	78.1	82.3
11/07/99	17.9	0.0	8.4	3.5	14.0	45.6	59.2	67.5	73.0	75.8
16/07/99	21.0	0.0	9.9	3.3	8.5	37.4	51.9	61.1	67.4	72.9
21/07/99	22.6	0.0	10.6	10.2	8.5	37.0	51.5	60.8	67.1	72.0
26/07/99	19.7	0.0	9.3	2.4	5.0	30.6	45.5	55.4	62.3	65.2
01/08/99	18.2	0.0	9.9	2.0	3.0	25.2	39.9	50.2	57.6	61.3
06/08/99	18.5	0.0	10.1	1.6	2.0	20.6	34.8	45.3	53.1	56.8
11/08/99	17.8	0.0	9.7	1.2	1.0	17.0	30.7	41.2	49.1	54.9
16/08/99	17.3	0.0	9.4	0.9	0.5	14.0	26.9	37.5	45.6	51.8
21/08/99	20.2	0.0	11.0	0.8	0.5	11.2	23.3	33.5	41.8	50.1
26/08/99	22.6	0.0	12.3	0.7	0.0	8.8	19.7	29.7	37.8	48.7
01/09/99	22.9	0.0	14.8	0.6	0.0	6.6	16.3	25.6	33.6	45.9
06/09/99	22.8	42.0	14.7	14.7	100.0	61.2	52.7	52.9	55.4	59.3
11/09/99	19.6	32.0	12.6	12.6	100.0	99.8	78.4	72.2	71.0	74.9
16/09/99	20.6	0.0	13.3	11.3	51.5	76.6	65.7	63.3	63.8	67.5
21/09/99	18.0	0.0	11.6	7.2	29.0	60.6	56.3	56.3	58.1	61.1
26/09/99	21.8	0.0	14.1	6.4	14.5	45.8	46.7	48.9	51.9	56.2
01/10/99	20.7	0.0	15.7	4.9	6.5	33.4	37.9	41.8	45.8	47.9
06/10/99	20.4	0.0	15.5	3.3	3.0	24.6	30.8	35.8	40.5	43.2
11/10/99	22.0	0.0	16.7	2.4	1.5	17.6	24.7	30.3	35.4	40.3
16/10/99	23.4	0.0	17.8	1.6	0.5	12.4	19.5	25.4	30.7	39.7
21/10/99	21.7	8.0	16.5	8.6	0.5	10.4	17.3	23.3	28.6	35.1
26/10/99	22.7	11.0	17.3	11.3	0.5	9.2	16.0	21.9	27.3	33.6
01/11/99	23.6	8.0	19.5	8.5	0.0	7.2	13.7	19.5	24.9	28.6
06/11/99	21.8	5.0	18.0	5.4	0.0	5.6	11.5	17.1	22.4	25.4
11/11/99	21.1	27.0	17.4	17.4	48.0	24.8	24.3	26.7	30.1	35.9
16/11/99	21.9	14.0	18.1	15.0	39.0	22.8	23.1	25.7	29.1	34.1
21/11/99	23.9	31.0	19.7	19.7	95.5	45.4	38.1	36.9	38.2	41.3
26/11/99	25.0	0.0	20.6	8.4	34.0	30.0	28.9	30.1	32.4	38.5
01/12/99	22.2	125.0	19.0	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
06/12/99	25.0	67.0	21.4	21.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11/12/99	23.2	35.0	19.8	19.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
16/12/99	26.2	0.0	22.4	17.2	32.5	63.8	74.1	79.9	83.6	96.8
21/12/99	25.4	4.0	21.7	12.2	13.5	44.8	58.5	67.0	72.6	88.6
26/12/99	26.8	19.0	22.9	20.4	11.0	41.4	55.6	64.4	70.3	75.6

(T=temperatura em °C; P=precipitação em mm; Evap=evapotranspiração potencial em mm;
ER=evapotranspiração real em mm; H=disponibilidade de água para 20,50,75,100,125 e 150mm
de capacidade de armazenamento de água no solo, em %)

(h=Armazenamento*100/capacidade de armazenamento de água fixa)

Tabela 3A. Dados médios da umidade do material vegetal combustível e umidade do solo a profundidade de 0-20cm para todas as datas de coletas de campo nos anos de 1998 e 1999.

Data	UMC	DP n=12	US	DP n=12
16/6/98	45.35	5.63	11.60	1.74
22/6/98	48.05	6.39	13.33	1.59
26/6/98	50.10	6.15	13.18	1.36
30/6/98	38.32	5.06	13.13	1.23
2/7/98	36.48	4.60	11.98	1.55
8/7/98	34.31	6.07	10.73	1.07
11/7/98	45.10	6.13	11.22	1.35
14/7/98	42.40	5.63	11.29	1.26
17/7/98	36.53	4.32	10.34	1.02
21/7/98	43.48	4.06	11.45	1.1
24/7/98	38.28	5.46	10.63	0.93
29/7/98	33.39	3.68	9.93	0.85
7/8/98	42.01	6.03	11.58	1.02
12/8/98	36.90	4.03	10.79	0.93
17/8/98	35.33	3.95	9.72	0.69
21/8/98	34.07	2.93	9.46	0.78
26/8/98	32.37	3.02	8.78	0.86
31/8/98	29.18	2.23	8.00	0.67
3/9/98	26.54	3.09	5.98	0.53
11/9/98	35.76	6.49	12.46	1.82
16/9/98	30.78	5.67	10.26	1.56
22/9/98	43.24	5.74	12.70	1.49
25/9/98	34.30	6.08	10.78	0.98
2/10/98	43.32	7.04	11.80	0.99
14/10/98	44.80	6.98	12.99	1.03
20/10/98	47.67	6.43	13.33	1.53
23/10/98	40.70	8.09	12.85	1.65

Tabela 3A. Continuação...

Data	UMC	DP n=12	US	DP n=12
6/5/99	49.18	6.83	11.51	1.06
10/5/99	51.79	6.51	15.92	1.49
14/5/99	55.22	6.50	16.33	1.93
19/5/99	48.99	5.07	14.50	1.63
24/5/99	52.38	5.23	13.13	1.53
2/6/99	53.42	7.06	10.48	1.42
7/6/99	56.27	6.95	14.18	1.36
10/6/99	51.00	6.37	13.02	1.03
25/6/99	55.00	8.32	15.71	1.32
5/7/99	50.34	6.98	12.99	1.09
8/7/99	47.16	6.05	12.49	1.03
14/7/99	50.83	6.54	11.63	1.01
30/7/99	44.80	4.89	10.10	0.63
4/8/99	40.73	4.63	9.59	0.53
10/8/99	38.79	4.62	9.54	0.74
16/8/99	38.86	3.93	10.22	0.98
20/8/99	35.58	5.30	10.56	0.96
25/8/99	34.03	3.26	9.74	0.53
31/8/99	34.00	2.32	9.58	0.43
8/9/99	33.44	8.93	9.38	0.38
14/9/99	39.28	7.86	15.81	1.96
20/9/99	41.33	7.36	15.13	1.63
24/9/99	41.10	5.96	13.06	0.96
29/9/99	38.33	5.06	10.99	0.98
6/10/99	36.33	6.09	11.08	1.12
13/10/99	34.33	2.03	11.44	1.06
19/10/99	47.62	3.64	14.99	0.93
29/10/99	43.75	4.53	12.56	1.63
3/11/99	33.99	4.09	12.18	1.78
9/11/99	42.60	6.73	11.21	1.93
16/11/99	45.89	5.69	13.74	2.05
19/11/99	43.68	5.03	12.50	1.98

(UMC=Umidade média do material combustível, em %; US=Umidade média do solo, em %;
DP=Desvio padrão)

Tabela 4A. Experimento em casa de vegetação para determinar umidade da vegetação (UMCm) e do solo (Usm).

Bloco 1		UMCm		Bloco 2		UMCm	
Dias sem Irr.	% de água MC	Dias sem Irr.	% de água MC	Dias sem Irr.	% de água MC	Dias sem Irr.	% de água MC
0	69.2 a	0	70.8 a	5	66.1 a	5	66.1 a
5	66.7 a	10	51.0 b	10	51.0 b	15	28.0 c
10	55.7 b	15	28.0 c	20	23.7 d	20	23.7 d
15	37.7 c	25	21.0 d	25	21.0 d	30	19.0 e
20	25.3 d	30	19.0 e	35	18.3 e	35	18.3 e
25	22.0 d	40	16.9 e	40	16.9 e	45	15.4 e
30	17.3 e	45	15.4 e	45	15.4 e		
35	16.8 e						
40	15.0 e						
45	13.4 e						

ANOVA					
CV	GL	SQ	QM	F	
TRAT	9	41966.4	4662.9	549.0	**
BLO	1	20.3	20.3	2.4	
ERRO	89	755.9	8.5		
TOTAL	99	42742.6			
OS TRAT FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=1,95
OS BLOCOS FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=6,9

Bloco 1		Usm		Bloco 2		Usm	
Dias sem Irr.	% de água S	Dias sem Irr.	% de água S	Dias sem Irr.	% de água S	Dias sem Irr.	% de água S
0	18.2 a	0	18.8 a	5	12.2 b	5	12.2 b
5	10.2 b	10	7.5 c	10	7.5 c	15	4.8 d
10	9.2 b	15	4.8 d	15	4.8 d	20	4.9 d
15	7.2 c	20	4.9 d	25	3.3 e	25	3.3 e
20	5.8 d	30	2.1 ef	30	2.1 ef	35	2.0 f
25	4.8 de	35	2.0 f	35	2.0 f	40	1.9 f
30	4.0 ef	40	1.9 f	40	1.9 f	45	1.8 f
35	3.2 f	45	1.8 f	45	1.8 f		
40	3.4 f						
45	3.0 f						

Tabela 4A. Continuação

ANAVA					
CV	GL	SQ	QM	F	
TRAT	9	2358.7	262.1	327.0	**
BLO	1	22.8	22.8	28.5	**
ERRO	89	71.3	0.8		
TOTAL	99	2452.9			
OS TRAT FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=1,95
OS BLO FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=6,9

Bloco 1-CORTE2 -UMCm		Bloco 2-CORTE2-UMCm	
Dias sem Irr.	% de água MC	Dias sem Irr.	% de água MC
0	66.8 a	0	65.9 a
5	66.3 a	5	63.1 a
10	65.9 a	10	62.3 a
15	64.8 ab	15	55.7 b
20	61.7 ab	20	54.9 b
25	60.0 b	25	50.4 b
30	51.7 c	30	43.4 c
35	47.0 cd	35	43.4 c
40	45.1 d	40	42.8 c
45	39.4 e	45	42.1 c

ANAVA					
CV	GL	SQ	QM	F	
TRAT	9	8200.3	911.1	62.8	**
BLO	1	498.6	498.6	34.3	**
ERRO	89	1292.3	14.5		
TOTAL	99	9991.2			
OS TRAT FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=1,95
OS BLOCOS FORAM ESTAT. DIFERENTES (P<O,01)					FT=6,9

Em negrito teste de Tukey

Tabela 5A . Resumo dos parâmetros utilizados para a correção radiométrica e atmosférica das imagens NOAA14.

Data	DJ	Hor Sat. (GMT)	Fonte dos dados para correção atmosférica	Ângulo de elevação do satélite (°)	Ângulo zenital solar (°)	Pressão (mb)	Massa Ótica do ar	Transmitância gasosa em 948nm	Radiação solar em 550nm (W.m ²)	Vapor H ₂ O (g/cm ²)	Ozônio (cm.atm)	Esp. Ótica
02/07/98	183	18:11h	Campo	71.8	64.30	959	2.17	0.20		2.52	0.30	0.44
12/07/98	193	18:00h	Campo**	87.4	61.96	965	2.02	0.36	0.47	1.11	0.30	0.31
21/07/98	202	18:02h	Campo	87.2	62.24	955	2.02	0.22	0.43	2.46	0.30	0.37
31/07/98	212	17:52h	-	67.4	-	-	-	-	-	2.00*	0.30	0.37*
17/08/98	229	18:04h	-	87.9	-	-	-	-	-	2.00*	0.31	0.37*
25/08/98	237	18:17h	Campo**	70.9	56.30	950	1.68	0.26	0.43	2.27	0.31	0.42
03/09/98	246	18:18h	Campo	70.8	57.45	955	1.75	0.30	0.56	1.81	0.32	0.29

Data	DJ	H Sat. (GMT)	Fonte dos dados para correção atmosférica	Ângulo de elevação do satélite (°)	Ângulo zenital solar (°)	Pressão (mb)	Massa Ótica do ar	Transmitância gasosa em 948nm	Radiação solar em 550nm (W.m ²)	Vapor H ₂ O (g/cm ²)	Ozônio (cm.atm)	Esp. Ótica
20/05/99	140	18:43h	Campo**	79.5	68.05	954	2.50	0.28	0.32	1.36	0.29	0.40
24/06/99	175	18:50h	Campo	71.0	70.40	953	2.80	0.22	0.28	1.67	0.30	0.42
09/08/99	221	18:35h	-	69.9	-	-	-	-	-	1.9*	0.31	0.42*
26/08/99	238	18:44h	-	83.7	-	-	-	-	-	1.9*	0.31	0.42*
03/09/99	246	18:55h	-	78.2	-	-	-	-	-	1.9*	0.32	0.42*
30/09/99	273	18:50h	Campo	88.5	63.27	949	2.07	0.20	0.38	2.70	0.32	0.43
09/10/99	282	18:49h	-	87.1	-	-	-	-	-	1.9*	0.34	0.42*

(* média dos valores obtidos pelas medidas radiométricas de campo para um mesmo ano).

(** dados radiométricos obtidos no dia anterior)

DJ = Dia do ano

H Sat. = Horário de passagem do satélite

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. A. S. de **Estimativa da temperatura de superfície cultivada com trigo (*Triticum aestivum* L.), usando dados NOAA-14/AVHRR**. UNICAMP, Campinas, 1996. 101p. (Dissertação de mestrado).
- ASSAD, E. D.; MADEIRA NETO, J. DA S. e MOREIRA L. Uso de padrões radiométricos para separação de quatro espécies de gramíneas em condições de cerrado. **Pesq. Agrop. Bras.**, 26(10):1625-1633, 1991.
- BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. 3.ed. London, Chapman & Hall. 1992. 412 p.
- BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais**, Univ. Fed. Rural de Pernambuco, Recife. 115p., 1990.
- BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAWRENCE, W. T. Monitoramento da Cobertura Florestal Através de Índice de Vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRAS. DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. 1993, Curitiba, PR. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1993, p.30-37.
- BELDA F. e MELIÁ J. Relationships between climatic parameters and forest vegetation: application to burned area in Alicante (Spain), **Forest Ecology and Management** 135(3):195-204, 2000.
- BELWARD, A. S.; KENNEDY, P. J.; GRÉGOIRE, J. M. The limitations and potential of AVHRR GAC data for continental scale fire studies. **Int. J. Remote Sensing**, 15(11):2215-2234, 1994.
- BURGAN, R. E., KLAVER R. W. e KLAVER J. M. Fuel models and fire potential from satellite and surface observations. **Int. Journal of Wildland Fire**, 8(3):159-170, 1998.
- CARLSON, J. D.; BURGAN, R. E.; ENGEL, D. M. **Using the Oklahoma mesonet in developing a near-real-time, next-generation fire rating system**. Capturado em 20 de janeiro de 1997. Online. Disponível na Internet <http://www.fs.fed.us/land/wfas/welcome.htm>.

- CANADIAN FOREST SERVICE, **Fire Weather Indices**, Capturado em 5 de fevereiro de 2000. Online. Disponível na Internet <http://fire.ak.blm.gov/docs/fwiinfo.asp>.
- CARREGA, P. A meteorological index of forest fire hazard in mediterranean France. **Int. J. Wildland Fire**, 20(2):79-86, 1991.
- CASANOVA, D.; EPEMA, G. F.; GOUDRIAAN, J. Monitoring rice reflectance at field level for estimating biomass and LAI, **Field Crop Research**, 55(2):83-92, 1998.
- CAVALLI, A. C., LOMBARDI NETO, F. GARCIA, G. J., ZULLO JUNIOR, J., Use of AVHRR/NOAA-14 multi-temporal data to evaluate soil degradation. **Acta Scientiarum**, 22(4):1037-1043, 2000.
- CHENEY, N. P. Predicting fire behaviour with fire danger tables. **Australian Forestry**, 32(2):71-79, 1968.
- CHUVIECO E. e MARTÍN M. P., Global Fire Mapping and Fire Danger Estimation Using AVHRR Imagens. **Phot. Eng. e Rem. Sensing**, 60(5):563-570, 1994.
- CIANCIULLI, P. L. Serviço de meteorologia e estações de previsão e medição do perigo do incêndio florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, 1978. **Anais...** São Paulo, Silvicultura, 1978, p. 252-255.
- COLIN C. H. e BURGAN R. E. Evaluation of NDVI for monitoring live moisture in three vegetation types of the western U.S.. **Phot. Eng. e Rem. Sensing**, 65(5):603-601, 1999.
- COOPS, N. C.; WARING, R. H.; LANDSBERG, J. J. Assessing forest productivity in Australia and New Zealand using a physiologically-based model driven with averaged monthly weather data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity, **Forest Ecology and Management** 104(3):113-127, 1998.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992. 170p.
- CRUTZEN, P.J. e ANDREAE, M.O. Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, 250(9):1669-1678, 1990.
- DEEMING, J. E.; BURGAN, R. E.; COHEN, J. D. **The National Fire Danger Rating System**. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 63 p., 1977.

- DÍAZ-DELGADO, R. e PONS, X. Spatial patterns of forest fires Catalonia (NE of Spain) along the period 1975-1995; Analysis of vegetation recovery after fire, **Forest Ecology and Management**, 147(1):67-74, 2001.
- DOLA, **Australia in forecasting fire risk**. Capturado em 5 de fevereiro de 2002. Online. Disponível na Internet <http://www.rss.dola.wa.gov.au>.
- EMBRAPA-CNPM, Projeto queimadas Capturado em 14 de fevereiro de 1999. Online. Disponível na Internet <http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br>.
- ENVI 3.2 The Environment for visualising images ©copyright 1992-1999 better solutions consulting L L C. Trademark of BSC.
- ESPLUGUES, F. B. **Climatología y teledetección en zonas forestales de la provincia de Alicante. Aplicación a zonas incendiadas**. Universitat de València. València, Espanha. 1997. 373p. (Tese doutorado).
- FLORIDA DIVISION OF FORESTRY, **Florida Fire Management Information System**, Capturado em 6 de fevereiro de 2000. Online. Disponível na Internet <http://flame.doacs.state.fl.us/weather/maps/des/nfdrs1.html>.
- FRASER, R. H.; LI, Z.; CIHLAR, J. Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS); A new technique for burned area mapping over boreal forest, **Remote Sensing Environment**, 74:327-640, 2000.
- GATES, D.M. **Physical and Physiological Properties of Plants, in Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry**. National Academy of Sciences, Washington (DC), p. 224-252. 1970.
- GONZALEZ-AFONSO, F.; CASANOVA, J. L.; CALLE, A. et al. Application of the NOAA-AVHRR images to the study of the large forest fire in Spain in the summer of 1994. **Int. J. Remote Sensing**, 17(6):1089-1091, 1996.
- GRÉGOIRE, J. M.; BELWARD, A. S.; KENNEDY, P. J. Dynamiques de saturation du signal dans la bande 3 du senseur AVHRR: Handicap majeur ou source d'information pour la surveillance de l'environnement en milieu soudano-guinéen d'Afrique de l'Ouest? **Int. J. of Remote Sensing**, 14(11):2079-2095, 1993.
- HAINES, D. A. e SANDO, R. W. **Climatic conditions preceding historically great fires in the North Center region**. United States. Forest Service, 1969. 19p. (Research Paper NC-34).

- HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. Campinas, UNICAMP, 2000. 140p. (Tese Doutorado).
- HILL, M. J.; VICKERY, P. J.; FURNIVAL, E. P.; DONALD G.E. Pasture land cover in eastern Australia from NOAA-AVHRR NDVI and classifield Landsat TM, **Remote Sensing Environment**, 67:32-50, 1999.
- IBAMA, **Mapas de Risco de Fogo em Vegetação**, Capturado em 3 de março de 2002. Online. Disponível na Internet <http://www2.ibama.gov.br/proarco>
- INFOCARTO, **Fire risk mapping**, Capturado em 13 de fevereiro de 2000. Online. Disponível na Internet <http://www.infocarto.es.html>.
- ILLERA, P.; FERNÁNDEZ, A.; DELGADO, J. A. Temporal evolution of the NDVI as an indicator of forest fire danger. **Int. J. Remote Sensing**, 17(6):1093-1105, 1996.
- JACKSON, R. D.; SLATER, P. N.; PINTER, P. J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmosphere. **Remote Sensing Environment**, 20:187-193, 1983.
- JUSTICE, C. O.; KENDALL, J. D.; DOWTY, P. R.; SCHOLLES, R. J. Satellite remote sensing of fires during the SAFARI campaign using NOAA advanced very high resolution radiometer data. **J. of Geophysical Research**, 101(19):23.851-23.861, 1996.
- KAUFFMAN, J. B.; UHL, C.; CUMMINGS, D. L. Fire in the Venezuelan Amazon 1: Fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. **Oikos**, 53(2): 167-175, 1988.
- KAUFMAN, Y.; TUCKER, C. J.; FUNG, I. Remote sensing of biomass burning in the tropics. **Advanced Space Research**, 9(2): 265-268, 1989.
- KENNEDY, P. J. Monitoring the vegetation of Tunisian grazing land using the normalised difference vegetation index. **Ambio**, 18(2):119-123, 1989.
- KIDWELL, K. B. **NOAA polar orbiter data. User's guide**. NOAA-NESDIS, 1998. Capturado em 10 novembro de 1999. Online. Disponível na Internet <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/podug/index.htm>.
- LEBLON, B; ALEXANDER, M.; CHEN, J.; WHITE, S. Monitoring fire danger of northern boreal forest with NOAA-AVHRR NDVI images. **Int. J. Remote Sensing**, 22(14):2839-2846, 2001.

- LIMA, G.S. E FENNER, P. T. Características e Modelagem de Materiais Combustíveis Florestais, In: I Encontro sobre Incêndio Florestais, 1992, Botucatu, SP. UNESP, FEPAF, **Anais...**, 1992, p. 87-96.
- LÓPEZ, S.; GONZÁLEZ, F.; LLOP, R.; CUEVAS, J. M. An evaluation of the utility of NOAA AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain. **Int. J. Remote Sensing**, 12(9):1841-1851, 1991.
- MACEDO, W. de e SARDINHA, A. M. **Fogos florestais**. Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, 1985, 430p.
- MASELLI, F.; RODOLFI, A.; BOTTAI, L.; CONESE, C. Evaluation of forest fire risk by the analysis of environmental data and TM images. **Int. J. Remote Sensing**, 17(7):1417-1423, 1996.
- MILLINGTON, A. C.; STYLES, P. J.; CRITCHLEY, R. W. Mapping forests and savannas in sub-Saharan Africa from advanced very high resolution radiometer (AVHRR) imagery. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Ed. by P.A. Furley, J. Proctor and J.A. Ratter. London: Chapman and Hall. 1992, 616p. il.
- MILTON, E. J. Principles of field spectroscopy. **Int. J. Remote Sensing**, 8(12):1807-1827, 1987.
- MITIDIERI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. ed. USP, São Paulo, 1983, 198p.
- MUTCH, R. W. Wildland Fires and Ecosystems-A Hypothesis. **Ecology**, 51(6):1046-1051, 1970.
- NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE, **The New Zealand Fire Danger Rating System**, Capturado em 9 de fevereiro de 2000. Online. Disponível na Internet <http://life.csu.edu.au/bushfire.html>.
- NETO, O. O. DE B.; SOARES, J. V.; BRITO, J. L. DA S. Estimativa da evapotranspiração utilizando dados obtidos por sensoriamento remoto. In: Simpósio Bras. de Sens. Remoto, 7, Curitiba, maio 10-14, **Anais...**, 1993 São José dos Campos: INPE, (3):20-27, 1993.
- NOVO, E.M.de M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações**. ed. Edgar Blücher Ltda., S. José dos Campos, 1988. 308p.
- NRC, **Fire monitoring, mapping and modelling**, Capturado em 18 de fevereiro de 2002. Online. Disponível na Internet <http://www.fms.nofc.cfs.nrcan.gc.ca/fire>.

- PALTRIDGE, G.W. & BARBER, J. Monitoring grassland dryness and fire potential in Australia with NOAA/AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, 25:381-394, 1988.
- PELLEGRINO, G. P. Comunicação pessoal, 2000.
- SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices, na previsão de incêndios florestais para região de Agudos, São Paulo**. Curitiba, PR, UFPR, 1999. 157p. (Tese Doutorado).
- SENAY, G. B. e ELLIOTT, R. L. Combining AVHRR-NDVI and landuse data to describe temporal and spatial dynamics of vegetation, **Forest Ecology and Management**, 128(2):83-91, 2000.
- SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndios. **Floresta**, 3(3):19-40, 1972.
- SOARES, R.V. **Curso sobre prevenção e controle de incêndios florestais**. Brasília. ABEAS, 1985. 148p.
- SOUZA, M. A. de **Fenologia e morfologia reprodutivas de ecótipos de *Brachiaria ssp.*** Piracicaba, ESALQ, 1995. 85p. (Tese Mestrado).
- REMMEL, T. K. e PERERA, A. H. Fire mapping in a northern boreal forest: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection, **Forest Ecology and Management**, 152(3):119-129, 2001.
- THORNTHWAITE, C. W. e MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in climatology, vol. 8, nº1. Centerton, New Jersey, 1955, 104p.
- TROLLEPE, W. S. W.; TROLLOPE, L. A.; POTGIETER, A. L. F.; ZAMBATIS, N. SAFARI-92 characterisation of biomass and fire behaviour in small experimental burns in Kruger National Park. **Journal of Geophysical Research**, 101(D19):23531-23539, 1996.
- TUCKER, C. J.; VANPRAET, C.; BOERWINKEL, E.; GASTON, A. Satellite remote sensing of total dry matter production in the Senegalese Sahel. **Remote Sensing of Environment**, 20:461-474, 1983.
- TUCKER, C.J.; GATLIN, J.A. Monitoring vegetation in the Adile Delta with NOAA-6 and NOAA-7 AVHRR imagery. **Phot. Eng. and Remote Sensing**, 50(1):53-61, 1984.
- TUNGALAGSAIKHAN, P. E KRAMER, H. J. **NOAA-AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)**. Capturado em 9 dezembro de 1997. Online. Disponível na Internet <http://isis.dlr.de/guide/NOAA-AVHRR>

- UHL, C.; KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L. Fire in the Venezuelan Amazon 2: Environmental conditions necessary for forest fire in the evergreen rainforest of Venezuela. **Oikos**, 53(2):176-184, 1988.
- UHL, C. E KAUFFMAN, J. B. Deforestation effects on fire susceptibility and the potential response of tree species to fire in the rain forest of the eastern Amazon. **Ecology**, 71:437-449, 1990.
- VALOR E. e CASELLES V. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African and South American Areas. **Remote Sensing of Environment**, 57:167-184, 1996.
- XU, Y. J. Correlation of forest fire and meteorological factors in Longyan. **Forestry Abstracts**, 46(8):530-535, 1985.
- WINORBIT 3.6 Satellite Orbital Prediction And Display ©Copyright 1994-2000, D.C. Gregory, K8CG.
- ZULLO, J. JR. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Campinas, UNICAMP, 1994. 191p. (Tese Doutorado).
- ZULLO, J. JR. Estimativa do conteúdo de vapor d'água a partir da radiação solar direta. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador, BA. **Anais...** São Paulo: INPE e SELPER, 1996. (CD-ROM).