



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-12920-TDI/1015

**SELEÇÃO DAS BANDAS DO SENSOR MODIS AIRBONE
SIMULATOR (MAS) NA DISCRIMINAÇÃO DE QUEIMADAS**

Ricardo José de Paula Souza e Guimarães

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Thelma Krug e Alberto Waingort Setzer, aprovada em
23 de outubro de 2000.

INPE
São José dos Campos
2005

528.711.7

GUIMARÃES, R. J. P. S.

Seleção das bandas do sensor *Modis Airbone Simulator*
(MAS) na discriminação de queimadas / R. J. P. S.

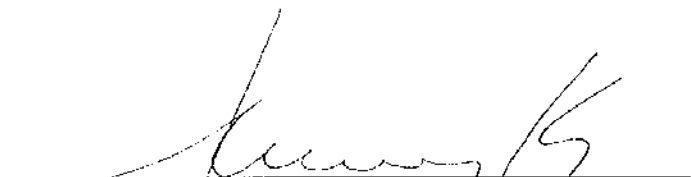
Guimarães. – São José dos Campos: INPE, 2000.

84p. – (INPE-12920-TDI/1015).

1. Queimadas. 2. Análise estatística. 3. Sensoriamento
remoto. 4. Detecção de queimadas. 5. MODIS. I. Título

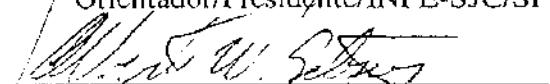
Aprovado pela Banca Examinadora em
cumprimento a requisito exigido para a
obtenção do Título de Mestre em
Sensoriamento Remoto.

Drª Thelma Krug



Orientador/Presidente/INPE-SJC/SP

Dr. Alberto Waingort Setzer



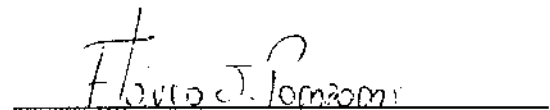
Orientador/INPE-SJC/SP

Dr. Dalton de Morisson Valeriano



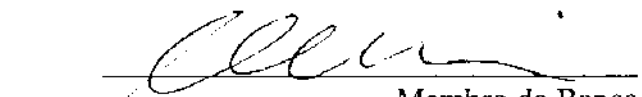
Membro da Banca/INPE-SJC/SP

Dr. Flávio Jorge Ponzoni



Membro da Banca/INPE-SJC/SP

Dr. Braulio Ferreira de Souza Dias



Membro da Banca
Ministério do Meio Ambiente
Dir. do Progr. Nac. de Cons. Biodiversidade
e de Recursos Genéticos

Candidato: Ricardo José de Paula Souza e Guimarães

São José dos Campos, 23 de outubro de 2000.

A Deus ofereço

*A meus pais, principalmente minha mãe,
pela educação e pelo amor,
que me prepararam para a vida,
e a Ana Carolina eu dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Dra. Thelma Krug pela orientação segura, pela paciência, pelos muitos incentivos e confiança, pelo tempo dispensado a este trabalho, por tudo que me ensinou no desenvolvimento desta Dissertação e pela carinhosa atenção;

Ao Dr. Alberto W. Setzer pela orientação, apoio e esclarecimentos constantes, pela demasiada atenção, mostrando-se sempre disposto a ajudar em tudo.

À Ana Carolina P. Rezende pelo amor, compreensão, paciência, incentivo, apoio e companheirismo em todos os momentos que compartilhamos durante a realização desta Dissertação;

Ao Manoel, Sidnei, Camilo, Roberto (P.S.), pela ajuda na confecção dos programas utilizados neste trabalho.

A todos os colegas da Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto e do SPG pelos momentos de descontração, pelas valiosas sugestões, contribuições, colaboração e opiniões no decorrer desta pesquisa.

Aos pesquisadores, Mestres e Doutores, da Divisão de Sensoriamento Remoto (SERE/INPE) em especial ao Dr. Dalton de M. Valeriano, Dr. Yosio E. Shimabukuro, Dra. Corina Freitas e Dr. Lenio S. Galvão, pelos esclarecimentos e pela incansável disposição de colaborar com este trabalho.

Aos pesquisadores, Mestres e Doutores, da Divisão de Processamento de Imagens (DPI/INPE) pelos esclarecimentos técnicos que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos do Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais (LTID/INPE) Vera G. S. Fontes, Júlio Ricardo Lisboa de Aragão e Valéria A. P. Esteves, Iris de Marcelhas e Souza, pelo suporte dado durante o processamento dos dados desta pesquisa.

À Maria Etelvina R. D. Arbex, *Etel*, secretária do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto pela cooperação e assistência em todos os momentos durante a realização desta pesquisa.

À Terezinha dos Santos, secretária da OBT pela cooperação, atenção, eficiência e presteza em me ajudar.

À Rosa, Marilene e Vera, pela atenção, eficiência e presteza em me ajudar.

Às Bibliotecárias Yolanda Ribeiro Souza, Silvia Castro Marcelino, Suelena C. B. Coelho, Marciana Leite Ribeiro, e a todo pessoal da Biblioteca do INPE, pela atenção, eficiência e presteza em me ajudar.

Às Bibliotecárias da USP e UNICAMP, pela atenção, eficiência e presteza em me ajudar.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela oportunidade de executar este trabalho, oferecendo-me sua infra-estrutura técnico-científica e produtos de sensoriamento remoto;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo, para o desenvolvimento da pesquisa que deu origem a esta Dissertação.

Aos amigos e funcionários do INPE, pelas muitas ajuda, cada um a seu modo, durante e após o curso de Mestrado, contribuindo para que este trabalho se completasse, e principalmente àqueles que acreditaram no meu trabalho e colaboraram para sua realização.

RESUMO

No experimento *Smoke/Sulfate, Clouds, and Radiation – Brazil* (SCAR-B), realizado no Brasil no período de 19/08/1995 à 14/09/1995, foram observados vários focos de queimadas. A partir dos dados coletados com o sensor *Modis Airborne Simulator* (MAS), o qual fez parte do experimento SCAR-B, foram identificadas, com o uso das bandas 31 (3,74 μ m), 45 (11,02 μ m) e 46 (11,96 μ m), regiões relacionadas aos vários estágios da queima da biomassa, denominadas neste trabalho de F1, F2 e F3, F4, F5 e FP (não queimada). Assim, com base nos valores das médias das 6 regiões (F1, F2, F3, F4, F5 e FP) foram analisados visualmente os dados de cada região, para cada banda, e, posteriormente, verificada a existência de diferença significativa entre as médias das radiâncias para as bandas que apresentaram a maior discriminação entre as fases. A análise estatística indicou que o intervalo compreendido pelas bandas 16 (1,932 μ m) a 28 (3,28 μ m) é o mais adequado à diferenciação das várias fases da queima da biomassa. Apesar das bandas 45 e 46 não terem sido utilizadas na análise estatística, elas demonstraram ser de grande valor para o estudo de discriminação dos estágios de uma queimada. Identificou-se, também, que a banda 31 é adequada para diferenciar áreas queimadas (fogo ativo, marcas de queimada) daquelas não queimadas, porém sem a capacidade de discriminar as diferentes fases da queima.

SELECTION OF THE BANDS OF THE MODIS AIRBORNE SIMULATOR (MAS) SENSOR IN THE DISCRIMINATION OF BURNT

ABSTRACT

During the *Smoke/Sulfate, Clouds, and Radiation – Brazil* experiment (SCAR-B), held in Brazil from 08/19/1995 to 09/14/1995, several (fire) hot spots were observed. The data from bands 31 (3,74 μ m), 45 (11,02 μ m) and 46 (11,96 μ m) of the *Modis Airborne Simulator* (MAS) sensor, which was one of the sensors of the experiment, were useful to help identify regions associated with different burning phases (stages). In this study, six burning phases were considered: F1, F2, F3, F4 and F5. A non-burnt area was also included in the analysis (FP). A visual analysis of the mean values generated from samples extracted from each of the six phases (F1, F2, F3, F4, F5 and FP) indicated a provisional “best” interval for the discrimination of the different phases of the burning. From this provisional interval, a statistical analysis based on hypothesis testing was conducted, to refine the interval visually characterized. The statistical analysis indicated that the interval between band 16 (1,932 μ m) and band 28 (3,28 μ m) is the best to differentiate biomass burning phases. Despite bands 45 and 46 have not been considered in the statistical analysis, they have show a great value to discriminate the phases of burning. It was also identified that band 31 is adequate to differentiate burnt areas (active fire, forest fire marks) from those non-burnt, but without the capability to discriminate the different phases of the burning.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	19
CAPITULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 Queimadas	23
2.2 Sensoriamento remoto das queimadas.....	25
2.3 SCAR-B.....	29
2.4 Sistema sensor MAS.....	31
CAPITULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 Materiais	37
3.2 Área de estudo	37
3.3 Metodologia.....	38
3.3.1 Escolha das imagens.....	38
3.3.2 Processamento dos dados	39
3.3.3 Transectos.....	41
3.3.4 Região de interesse (ROI).....	43
3.4 Análise estatística	45
3.4.1 Análise estatística preliminar.....	45
3.4.2 Análise estatística das bandas selecionadas.....	46
3.4.2.1 Teste para diferença entre as médias de temperatura de brilho das diferentes fases de queima.....	47
CAPITULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1 Processamento das imagens	49
4.2 Avaliação dos transectos e das ROIs.....	49
4.3 Avaliação dos dados estatísticos	51
4.3.1 Análise estatística preliminar.....	51
4.3.2 Análise estatística no intervalo selecionado.....	53
4.3.3 Teste de hipóteses para a diferença entre as médias das radiâncias nas bandas selecionadas.....	55
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE A – MISSÕES E LINHAS DE VÔO SELECIONADAS	65
APÊNDICE B – PROGRAMAS	67
APÊNDICE C – IMAGENS TEMPERATURA DE BRILHO	69
APÊNDICE D – MÉDIAS DAS ROIS	73

LISTA DE FIGURAS

2.1 – Linhas de vôo do experimento SCAR-B.	30
2.2 - Diagrama esquemático do sistema óptico do MAS.	34
3.1 – Área de estudo do experimento SCAR-B.....	37
3.2 – (A) Composição colorida da sub-imagem MAS 95163_17 em radiância, das bandas 3,74 (R), 11,02 (G) e 11,96 μm (B); (B) valores de radiância dos pixels sequenciais do transecto #1 nas bandas 3,74 (vermelho), 11,02 (verde) e 11,96 μm (azul).	40
3.3 – (A) Composição colorida da sub-imagem MAS 95163_17 das bandas 3,74 (R), 11,02 (G) e 11,96 μm (B); (B) valores de temperatura de brilho dos pixels sequenciais do transecto #1 nas bandas 3,74 (vermelho), 11,02 (verde) e 11,96 μm (azul).	41
3.4 – (A) Composição colorida das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB) da sub-imagem MAS 95163_17, com a identificação dos transectos seleccionados; (B) (C), (D) e (E): valores de temperatura de brilho dos pixels ao longo dos transectos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.	43
3.5 – Regiões de interesse: F1 (preto), F2 (vermelho), F3 (verde), F4 (azul), F5 (cian) e FP (magenta).	45
4.1 – Bandas 13,72 μm (A) e 14,17 μm (B) da sub-imagem MAS 95163_16c.....	49
4.2 – Médias amostrais das temperaturas de brilho (em Kelvin), para cada ROI, e cada banda do MAS.	52

LISTA DE TABELAS

2.1 - Bandas espectrais do MAS.....	32
2.2 - Especificações dos instrumentos e da plataforma	33
4.1 - Algumas estatísticas básicas das ROIs f1, f2, f3, f4, f5 e fp na sub-imagem mas 95168_16.....	50
4.2 - Médias das radiâncias das amostras, para cada ROI, para as bandas do mas compreendidas no intervalo 1,879 a 3,59 μ m.	53
4.3 - Desvios padrão das radiâncias das amostras, para cada ROI, para as bandas do mas compreendidas no intervalo de 1,879 a 3,59 μ m.	54
4.4 - Tamanho das amostras para cada ROI.	54
4.5 - Valores da estatística z, para os diferentes testes de hipótese para diferença entre as médias de radiância, no intervalo compreendido pelas bandas 1,87 a 3,59 μ m. 55	
D.1 - Médias da ROI F1	73
D.2 - Médias da ROI F2	74
D.3 - Médias da ROI F3.	75
D.4 - Médias da ROI F4.	76
D.5 - Médias da ROI F5	77
D.6 - Médias da ROI FP	78
D.7 - Desvios padrão da ROI F1.	79
D.8 - Desvios padrão da ROI F2.	80
D.9 - Desvios padrão da ROI F3	81
D.10 - Desvios padrão da ROI F4	82
D.11 - Desvios padrão da ROI F5.	83
D.12 - Desvios padrão da ROI FP.	84

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O fogo tem sido usado pelo homem há milênios com o objetivo de remover resíduos oriundos da derrubada de florestas, abrir novas áreas agrícolas, preparar caminhos, limpar terrenos e plantações, renovar áreas de pastagens e adubar a terra com a cinza resultante da queima da vegetação, entre outros. Assim, as queimadas têm sido fonte de grande interesse pois atuam como um importante agente modificador da estrutura da vegetação e transformador da paisagem, entre outras coisas. As queimadas produzem aumento da temperatura do ar e do solo, diminuição dos nutrientes e da matéria orgânica no solo (Coutinho, 1980).

A queima da biomassa é comum principalmente nos trópicos, durante a estação seca, sendo responsável por cerca de 20% das emissões de fumaça. Embora a combustão da biomassa seja dominada pela emissão de CO₂, muitos produtos de combustão incompleta também exercem importante papel no clima, na química da atmosfera e na ecologia regional e global, tais como CO, H₂, CH₄, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos, além de compostos contendo N e S, como por exemplo, NO, NH₃, HCN, CH₃CN, SO₂, COS. A fumaça também contém partículas constituídas por materiais orgânicos (carbono) e materiais inorgânicos (K₂CO₃ e SiO₂) (Crutzen e Andreae, 1990).

A composição dos gases resultantes da queima da biomassa depende de fatores como: a composição química, a estrutura, o tamanho e o teor de umidade da biomassa, a temperatura da queima e a taxa de aeração. Por isso, diferentes ecossistemas têm características físicas e químicas que afetam a combustão eficiente do fogo (Susott et al., 1991; Ward et al., 1992; Araujo, 1995).

A utilização das técnicas de sensoriamento remoto no monitoramento de queimadas no país tem sido realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através de um sistema operacional de queimadas que utilizam dados do sensor *Advanced Very*

High Resolution Radiometer/National Oceanic and Atmospheric Administration AVHRR/NOAA (Krug et al., 1997).

Vários estudos de cooperação internacional foram realizados no Brasil, envolvendo a questão de queimadas e suas implicações na atmosfera. Dentre eles, citam-se o *Global Tropospheric Experiment/Amazon Boundary Layer Experiment* (GTE/ABLE-2A) e o experimento *Smoke/Sulfate, Clouds, and Radiation - Brazil* (SCAR-B). O primeiro ocorreu no Brasil no período de 19/07/1985 a 09/08/1985, com o objetivo de coletar gases-traços e aerossóis na troposfera Amazônica (Pereira, 1987), enquanto o SCAR-B foi realizado no período de 16/08/1995 à 14/09/1995, como resultado de uma iniciativa conjunta entre o INPE e a NASA, e que objetivou medir as propriedades da fumaça, aerossóis urbano/industrial e avaliar seus efeitos nas nuvens e seu poder radiativo no clima (Kaufman et al., 1996).

Os produtos de sensoriamento remoto apresentam constantes aperfeiçoamentos, como melhoria nas resoluções espacial, temporal e radiométrica e inclusão de novas faixas do espectro eletromagnético. Um exemplo característico desta melhoria é o número de bandas espectrais (36) do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) do Programa *Earth Observing System* (EOS), comparado com a de outros sensores orbitais que apresentam, no máximo, dez bandas.

O desenvolvimento de novas tecnologias em sensores demonstram o reconhecimento da importância desta ferramenta para o monitoramento e o estudo das queimadas, garantindo a continuidade dos programas voltados para este fim.

O propósito do sistema de monitoramento global de incêndios é melhorar o acesso no papel da queima da biomassa como um potencial elemento significativo na grande cadeia de controle humano para o principal evento das mudanças de grande escala no sistema Terra. O problema da queima da biomassa é identificar corretamente e medir possíveis mudanças na magnitude e características das fontes de emissão. O requerimento básico são dados relacionados com a referência espacial e temporal nas condições de vegetação, ocorrência de fogo e quantidade de biomassa queimada. A estrutura de cenários de mudanças climáticas que poderão levar ao estresse na

vegetação, redução da reserva de água no solo e no acúmulo de combustíveis no ecossistema (Malingreau e Gregoire, 1996).

Brustet et al. (1991), recomenda analisar o sensoriamento remoto de queimadas em sensores aerotransportados para melhor entender a queimada. Um grande número de sistemas aerotransportados tem sido usados para detectar e mapear incêndios. A maioria desses sistemas são protótipos de sensores presentes nos satélites em operação para mapeamento geral do uso da terra/cobertura da terra. Geralmente, estes sistemas de varredura linear, adquirem dados em bandas largas usando um corpo negro de baixa temperatura como calibrador. Historicamente, estes sistemas tiveram numerosos problemas quando usados para medir radiância de fogo ativo. Segundo a Lei de Wien, o pico de radiação emitida para temperaturas de 900K ocorre entre 3,0 e 4,0 μm , e para ambiente terrestre entre 10,0 e 11,0 μm . Sistemas aerotransportados não são usualmente especificados para caracterizar queimadas porque faltam canais neste ponto do espectro electromagnético.

Frente a importância da detecção de queimadas e a relevância do tema para o país, surgiu a proposta do presente trabalho com o seguinte objetivo: utilizar os dados do sensor MAS (*Modis Airborne Simulator*), que possui 50 bandas espectrais compreendidas na faixa de 0,55 a 14,2 μm , do Experimento SCAR-B para identificar as bandas que permitem a melhor discriminação dos vários estágios da queima de biomassa.

Como objetivos específicos propõe-se:

- Determinar as melhores bandas espectrais para estudo das queimadas, utilizando o sensor MAS; e
- Identificar as bandas mais apropriadas para discriminar as diferentes fases de fogo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Queimadas

Segundo Soares (1982), o fogo é um processo de rápida decomposição. Três elementos são necessários e imprescindíveis ao processo de combustão: oxigênio, calor (de ignição) e material combustível.

Uma queimada envolve várias etapas. Primeiro, e talvez mais visivelmente, ele consome material lenhoso. Segundo, ele produz calor, que mata ou danifica a vegetação e os animais e pode alterar as características do solo. Terceiro, ele libera produtos residuais minerais, que podem causar efeitos químicos principalmente sobre o solo (Soares, 1982).

Vários efeitos podem resultar dessas várias ações de fogo. Alguns podem ser imediatos e claramente visíveis e outros podem ser posteriores e difíceis de se detectar. É evidente, entretanto, que o fogo sempre produz mudanças físicas, biológicas e químicas no ambiente. Os efeitos do fogo são geralmente classificados em quatro grupos: efeitos sobre o solo, sobre a vegetação, sobre a fauna e sobre o ar atmosférico (Soares, 1982).

O grau de aquecimento do solo durante uma queimada depende de uma série de fatores, além da massa vegetal combustível por unidade de área. O grau de umidade do solo é de extrema importância; os solos úmidos se aquecem bem menos durante uma queimada. Solos ricos em matéria orgânica tem seu teor reduzido após a ação do fogo. E a transferência de grandes quantidades de nutrientes minerais da fitomassa para o solo pode, a curto prazo, provocar a eutrofização do solo de alguns nutrientes (Coutinho, 1980).

O fogo tem sido apontado como o causador de modificações fitossociológicas, fisionômicas e estruturais de vegetação. A germinação de algumas sementes também

pode ser influenciada pelos efeitos das queimadas. O fogo, principalmente pela adição de cinzas ao solo, facilita a germinação de sementes no cerrado. Porém, a reincidência de queimadas, ano após ano, acaba destruindo quase cem por cento das plântulas (Coutinho, 1980).

As queimadas que ocorrem no cerrado, principalmente devido a curta periodicidade, são geralmente leves ou de baixa intensidade e por isto raramente provocam mortalidade significativa entre os animais (Soares, 1982).

Um dos efeitos mais imediatos resultantes da queimada é a elevação da temperatura local. É claro que a intensidade de tal efeito depende da quantidade de massa vegetal combustível que recobre o terreno. Por esta razão, os incêndios florestais desenvolvem temperaturas muito mais elevadas que aqueles ocorridos no cerrado (Coutinho, 1980)

Na região dos cerrados, as queimadas geralmente começam em maio, principalmente no final da tarde. Segundo Coutinho (1980), as queimadas neste tipo de ecossistema costumavam ocorrer em intervalos médios de três anos; entretanto, ultimamente, tem sido observada uma redução de até um ano na recorrência das queimadas.

Segundo Araujo (1995), o processo de queimada na Amazônia se inicia na estação seca, em torno do mês de julho. Várias etapas precedem a aplicação do fogo. No início do período da estiagem (a partir de julho), os agricultores realizam a brocagem (corte de pequenas árvores), seguido da derrubada (o abate completo da vegetação da área). Cerca de dois meses depois, quando o material (vegetação) já perdeu umidade suficiente, é realizada a queimada (aplicação do fogo). Dependendo da maior ou da menor eficiência da queimada, pode ocorrer outra etapa, a coivara, que é o empilhamento e a queima de galhos e de troncos remanescentes. A coivara costuma ser realizada aproximadamente um mês após a queimada principal.

Susott et al. (1991), em uma queimada na região de Chapleau, Ontário, mediu as emissões de gases CO e CO₂ em diferentes fases de fogo (fase de chamas, intermediária e diminuição das chamas). Os autores obtiveram, na fase de chamas, baixa produção de

CO e alta de CO₂; este quadro, entretanto, reverte à medida que as chamas vão diminuindo de intensidade (aumento na concentração de CO relativo à de CO₂).

2.2 Sensoriamento Remoto das Queimadas

Segundo Slater (1980), o sensoriamento remoto orbital pode ser definido como o conjunto de técnicas que permite a coleta de dados dos recursos naturais terrestres ou de seu meio ambiente, através de sensores a bordo de plataformas em altitude, que captam o fluxo de radiação eletromagnética emitida ou refletida pelos alvos, convertendo-os em um sinal passível de análise.

A técnica de obtenção de dados de sensoriamento remoto é relativamente recente, datando do início deste século, e apresentando um rápido desenvolvimento após a segunda guerra mundial, como resultado da utilização dos conhecimentos adquiridos durante este período, para desenvolvimentos científicos. Apesar de décadas de início promissor, a utilização operacional e sistemática de dados de sensoriamento remoto pela sociedade civil somente ocorreu a partir da década de 70. Resultou do êxito dos primeiros programas de sensoriamento remoto orbital que demonstraram a grande aplicabilidade das imagens em vários campos científicos. Uma rápida evolução dos sensores foi impulsionada principalmente na década de 80, com o lançamento de um grande número de satélites para fins específicos, voltados, principalmente, ao gerenciamento e monitoramento de recursos naturais. A evolução dos programas de sensoriamento remoto é consequência natural do somatório das melhorias técnicas de todos os segmentos que compõe o sistema, como sensores, plataformas espaciais, processamento de imagens e sistema de posicionamento global (Munn, 1997; Tullus, 1997).

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo das queimadas tem inúmeras vantagens como, por exemplo, repetitividade na obtenção das imagens, o registro multiespectral, a possibilidade de armazenamento dos registros. Já a análise espacial do fenômeno das queimadas torna-se cara e imprecisa com técnicas exclusivamente de campo (Adamoli et al., 1982).

A detecção de queimadas com o uso de técnicas de sensoriamento remoto iniciou-se nos Estados Unidos com o programa *Project Fire Scan* no início da década de 60 (1961-1962), utilizando sensores aerotransportados. Durante oito anos de pesquisa estudou-se as características espectrais das queimadas, dos sensores e alvos, até o desenvolvimento, em 1962, de um sistema de imageamento para detecção de queimadas aerotransportado biespectral (3 a 4 μm e 8,5 a 11 μm) (Hirsch, 1968; Hirsch, 1971).

A detecção de áreas queimadas utilizando dados orbitais do sensor MSS (*Multispectral Scanner*) do satélite Landsat-1 iniciou-se no começo da década de 70, com estudos em regiões de Nebraska e Califórnia, nos Estados Unidos, e também na África (Lauer e Krumpke, 1974; Wightman, 1973; Deshler, 1974; Seevers e Drew, 1974).

O uso potencial do satélite meteorológico da série NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) na detecção de queimadas e de plumas de fumaça foi demonstrado por Matson et al. (1984), utilizando o canal de comprimento de onda de 3,8 μm do AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*).

No Brasil, o primeiro uso do sensoriamento remoto para a detecção e o acompanhamento de queimadas foi realizado por Santos e Aoki (1981), utilizando imagens fotográficas dos canais 5 e 7 do MSS/Landsat do Parque Nacional de Brasília. Atualmente, o sistema de prevenção de incêndios florestais, desenvolvido no INPE/OBT/CPTEC, pode ser acessado pela internet no endereço: <http://www3.dsa.inpe.br>.

Métodos para detecção, monitoramento e mapeamento de queimadas e incêndios têm sido aplicados em diferentes regiões do mundo, utilizando principalmente os satélites das séries NOAA, Landsat e GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*) e com a combinação de dados de vários sensores, como pode ser observado abaixo.

A possibilidade do uso da banda 3 (3,55-3,93 μm) do sensor AVHRR/NOAA para a detecção de alvos com alta temperatura foi mostrada por Dozier (1980, 1981), Matson e Dozier (1981) e Muirhead e Cracknell, 1984); e, para a detecção de queimadas (Setzer

et al., 1987; Setzer e Pereira, 1991). Matson et al. (1984, 1987), demonstraram que a banda 3 também tem grande aplicação no monitoramento de queimadas em escala regional e possivelmente, global.

Diversos trabalhos utilizando dados do AVHRR/NOAA no mapeamento, detecção e monitoramento de queimadas (Chuvieco e Martin, 1994a; 1994b), em regiões como o Sudeste da Espanha (Pozo et al., 1997), Floresta Boreal (Rauste et al., 1997), florestas no Canadá (Flannigan, 1985) e Floresta Tropical Amazônica (Malingreau, 1984; Matson e Holben, 1987; Pereira e Setzer, 1993).

Setzer e Malingreau (1996), utilizaram as bandas 1 (0,55 – 0,68 μ m) e 3 (3,55 – 3,92 μ m) em 330 imagens AVHRR da América do Sul, Oeste da África e Sudoeste da Ásia, para a detecção de queimadas. E relataram que os principais problemas são a reflexão solar e reflectividade de solos expostos.

Pereira et al. (1990), estimaram a área total queimada do Parque Nacional da Emas, GO, em 1988, com imagens da banda 3 do AVHRR/NOAA, comparando com imagens TM/Landsat.

Kauffman et al. (1994), demonstraram que o canal (0,64 μ m) é indicado para estudar as emissões de fumaça e gases traços e, o canal (3,75 μ m) é indicado para detectar fogo ativo, através dos dados do sensor AVHRR/NOAA e dos Experimentos BASE-A e BASE-B ocorridos respectivamente em 1988 e 1990 na Amazônia.

Setzer e Malingreau (1996), utilizaram dados do AVHRR/NOAA para monitorar queimadas em regiões tropicais como uma fonte para o desenvolvimento de produtos globais.

Dowty (1996), usou dados simulados do AVHRR para testar três algoritmos de detecção de fogo e, conclui que a utilização de dados simulados do AVHRR é um caminho ideal para o desenvolvimento de futuros algoritmos.

Hlavka et al. (1996), desenvolveram e testaram métodos para mapear cicatrizes de queimadas com dados do AVHRR, bandas 1, 2 e 3, e com o satélite Landsat MSS (banda 4) em imagens do Cerrado Brasileiro.

Menzel et al. (1991) e Prins e Menzel (1994), compararam os dados do GOES com os dados do AVHRR e, mostraram que a reduzida resolução espacial do GOES não restringe sua capacidade de detectar subpixels de fogo. Adicionalmente, a alta resolução temporal do GOES comprovou ser extremamente útil na localização de plumas associadas com pequenos incêndios, oferecendo uma oportunidade única para determinar a variabilidade diurna na detecção de queimadas e no transporte de aerossóis.

Menzel e Prins (1996), demonstraram a grande capacidade do GOES-8 para detectar queimadas com dados da janela infravermelha na resolução de 4km. O GOES dá a impressão de ser bem situado para continuar a melhorar a capacidade dos satélites geostacionários de sensoriamento remoto que fornecem informações da assinatura diurna da queima da biomassa, pesquisas do transporte e direção dos aerossóis e a para monitorar a queima da biomassa para a próxima década no Hemisfério Oeste.

O GOES ABBA (*Automated Biomass Burning Algorithm*) foi desenvolvido para prover informações diurnas a respeito da localização, temperatura e tamanho do subpixel de fogo na América do Sul, e também para monitorar a queima da biomassa, a produção e o transporte de aerossóis na América do Sul e no Hemisfério Oeste (Menzel e Prins, 1996; Prins e Menzel, 1994).

Trabalhos utilizando dados do sensor MSS/Landsat para avaliar e mapear queimadas nas Savanas da África (Wightman, 1973; Deshler, 1974), estimar a área queimadas nos EUA (Lauer e Krumpke, 1974; Seevers e Drew, 1974), na floresta de pinheiros do Estado de São Paulo (Chen et al., 1979), nas regiões do cerrado brasileiro (Santos e Aoki, 1981) e, para definir limites de uma queimada (Hitchcock e Hoffer, 1974).

Adamoli et al. (1982), utilizaram imagens Landsat para a contagem de áreas queimadas ao longo de diferentes meses de vários anos na Região de Brasília.

Ponzoni et al. (1986), utilizaram as bandas 4 e 5 do TM/Landsat para monitorar e avaliar a área queimada do Parque Nacional de Brasília.

Pereira (1987), empregou uma composição das bandas 3, 4 e 5 do TM/Landsat para a detecção de queimadas no norte do Mato Grosso.

Pereira Jr. (1992), usou a regressão linear entre queimadas classificadas do AVHRR/NOAA e TM/Landsat para estimar a área queimada nas regiões do cerrado.

Setzer et al. (1994), utilizaram as bandas 3 (0,63-0,69 μm), 4 (0,76-0,90 μm) e 5 (1,55-1,75 μm) do TM/Landsat e as bandas 5 (0,6-0,7 μm), 6 (0,7-0,8 μm) e 7 (0,8-1,1 μm) do MSS/Landsat, associado com os dados da banda 3 (3,55-3,93 μm), 4 (10,3-11,3 μm) e 5 (11,5-12,5 μm) do AVHRR/NOAA no estudo de queimadas na região de Alta Floresta, MT.

Robinson (1991), avaliou o uso de dados do sensor AVHRR/NOAA, GOES/VAS e TM/Landsat como candidatos a monitoramento de queimadas em uma escala global.

Eva e Lamblin (1998), monitoraram queimadas na África Central com uma variedade de sensores, com o objetivo de detectar áreas queimadas com uma resolução espacial fina, resolução espacial larga e com alta frequência temporal.

2.3 SCAR-B

O experimento SCAR-B (*Smoke/Sulfate, Clouds, and Radiation - Brazil*) envolveu dezenas de horas de vôo, coletando dados em várias linhas de vôo no entorno de uma área de aproximadamente 1.500 x 1.500 km em áreas de floresta (principalmente secundária) e de cerrado do Brasil, como pode ser observado na Figura 2.1. (AEB; INPE e NASA, 1996)



FIGURA 2.1 – Linhas de vôo do experimento SCAR-B.
 FONTE: IBGE (1993).

A Figura 2.1 mostra também os grandes grupos de vegetação abrangidas pelas linhas de vôo. Entre eles pode-se destacar:

Região de Savana - Cerrado (em vermelho): inclui as várias formações campestres onde, com vegetação gramíneo-lenhosa baixa, alternam-se as vezes pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando, assim, uma grande variabilidade estrutural e, em consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica.

Região de Floresta Ombrófila Densa (em verde escuro): ocorre sob um clima ombrófilo sem período biologicamente seco durante o ano e, excepcionalmente, com 2 meses de umidade escassa. É constituída pôr grandes árvores nos terraços aluviais e nos tabuleiros terciários e árvores de porte médio nas encostas marítimas.

Região de Floresta Ombrófila Aberta (em verde claro): é uma área de transição entre a Amazônia e a o espaço extra-amazônico, tem uma fisionomia florestal composta pôr árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso e caracterizado ora pelas fanerófitas rosuladas, ora pelas lianas lenhosas.

Região de Floresta Estacional Semidecidual (em ocre): apresenta uma estrutura caracterizada pela estacionalidade da folhagem de suas árvores mais altas, embora na sua maioria elas apresentem folhagem sempre verde, juntamente com arbustos e

arvoretas da submata. A percentagem de árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20 e 50%.

Região de Floresta Estacional Decidual (em marrom): o conceito dessa Região Fitoecológica é semelhante ao do anterior, variando apenas a intensidade da decidualidade foliar que passa a ser de 50%, ou mais.

Áreas de Formações Pioneiras com Influências Fluvial ou Lacustre (em cinza escuro): são áreas ao longo dos cursos de água e mesmo ao redor de depressões fechadas que acumulam água (pântanos e lagoas), onde se observa uma vegetação campestre herbáceo lenhosa de terófitas, geófitas e às vezes hemicriptófitas, que são, por sucessão natural, substituídas por caméfitas e microfanerófitas.

Área de Tensão Ecológica (em cinza claro): nas áreas de transição climática (muitas vezes coincidentes com o contato de duas formações geológicas diferentes), existe uma faixa de tensão entre as classes de formação que se contactam, onde se constata uma mistura de espécies ou enclaves das regiões ecológicas que estão próximas e, não raras vezes, com endemismos que melhor identificam estas áreas (PROJETO RADAMBRASIL, 1980; IBGE, 1993).

Como resultado do experimento foram obtidos dados sobre milhares de focos de fogo, fumaça e poluentes (Kaufman et al., 1996). Neste mesmo ano de 1995, segundo Krug et al. (1997), foram registrados 39.778 focos de calor no país, no período de agosto a novembro, no horário de passagem noturna do satélite NOAA-12 (19:30h).

O SCAR-B utilizou vários sensores, entre eles o MAS (*Modis Airborne Simulator*) e o AVIRIS (*Airborne Visible InfraRed Imaging Spectrometer*) (Kaufman et al., 1996; MODIS Airborne Simulator, 1997).

2.4 Sistema Sensor MAS

Como suporte ao desenvolvimento do sistema MODIS, o MAS foi desenvolvido pela Daedalus Enterprises, Inc., para operar na aeronave ER-2 de altas altitudes da NASA. O sensor MAS é uma modificação do espectrômetro de imageamento infravermelho

“Wildfire”, originalmente projetado para estudar alvos terrestres com altas temperaturas tais como fogo em florestas (Gumley et al., 1994; Myers e Arvensen, 1994; King et al., 1996; Li et al., 1996; MODIS Airborne Simulator, 1997).

O MAS é um sistema de varredura linear multiespectral com 50 bandas espectrais na faixa de 0,55 a 14,2 μm , as quais, são apresentadas na Tabela 2.1 (King et al., 1992; Gumley et al., 1994; Myers e Arvensen, 1994; King et al., 1996; Li et al., 1996; MODIS Airborne Simulator, 1997).

TABELA 2.1 - Bandas espectrais do MAS.

Canais do MAS	Centro do canal (μm)	Resolução espectral (μm)	Canais do MAS	Centro do canal (μm)	Resolução espectral (μm)
01	0,547	0,044	26	2,96	0,16
02	0,657	0,053	27	3,11	0,16
03	0,704	0,042	28	3,28	0,16
04	0,745	0,041	29	3,42	0,17
05	0,786	0,041	30	3,59	0,16
06	0,827	0,042	31	3,74	0,15
07	0,869	0,042	32	3,90	0,17
08	0,909	0,033	33	4,05	0,16
09	0,947	0,046	34	4,21	0,16
10	1,609	0,052	35	4,36	0,15
11	1,663	0,052	36	4,52	0,16
12	1,723	0,050	37	4,67	0,16
13	1,775	0,049	38	4,82	0,16
14	1,825	0,046	39	4,97	0,15
15	1,879	0,045	40	5,12	0,16
16	1,932	0,045	41	5,28	0,16
17	1,979	0,048	42	8,60	0,44
18	2,030	0,048	43	9,79	0,62
19	2,080	0,047	44	10,55	0,49
20	2,129	0,047	45	11,02	0,54
21	2,178	0,047	46	11,96	0,45
22	2,227	0,047	47	12,88	0,46
23	2,276	0,046	48	13,23	0,47
24	2,327	0,047	49	13,72	0,60
25	2,375	0,047	50	14,17	0,42

Adaptada de King et al. (1996, p. 785).

O MAS imageia no nadir em um plano perpendicular ao vetor velocidade do avião (*cross-track*), com FOV (*Field of View*) de 42,96° lado a lado ao nadir (85,92° de abertura total). Em uma altitude de vôo de 20 km, perfaz uma faixa de imageamento de

37,2 km. Um total de 716 pixels são adquiridos por faixa, a uma taxa de 6,25Hz, para a velocidade de 206 ms^{-1} da aeronave. Como cada pixel tem 2,5 mrad ($0,14^\circ$) de IFOV (*Instantaneous Field of View*), a resolução espacial no nadir é de 50 m para a altitude de 20 km. Detalhes adicionais do sensor MAS são apresentados na Tabela 2.2 (King et al., 1992; Gumley et al., 1994; Myers e Arvensen, 1994; King et al., 1996; Li et al., 1996; MODIS Airborne Simulator, 1997).

TABELA 2.2 - Especificações dos instrumentos e da plataforma.

Plataforma	Avião NASA ER-2
Velocidade de vôo	206 m/s
Altitude	20000 m
Resolução espacial	50 m
Pixels por linha imageada	716
Velocidade de imageamento	6,25 linhas/segundo
Faixa imageada	37,25 km
FOV	$85,92^\circ$
IFOV	2,5 mrad ($0,14^\circ$)
Bandas espectrais (50)	Porta 1: 09 bandas de $0,529 - 0,969 \mu\text{m}$ Porta 2: 16 bandas de $1,595 - 2,405 \mu\text{m}$ Porta 3: 15 bandas de $2,925 - 5,325 \mu\text{m}$ Porta 4: 09 bandas de $8,342 - 14,521 \mu\text{m}$
Resolução radiométrica	12 bits
Tamanho dos dados	358 kbyte/s = 1,29 Gbyte/h
Calibração no visível	Esfera integradora no solo
Calibração no infravermelho	Corpo negro (2) à bordo

Adaptada de King et al. (1996, p. 780).

O sistema óptico do MAS é formado por uma configuração complexa de divisores de feixe dicróico, espelhos imageadores e cruzados, grade de difração, filtros, lentes e linhas de detectores, conforme a Figura 2.2. Calibrações pré e pós-laboratório são realizadas com uma esfera integradora para a obtenção do coeficiente de calibração antes e após cada missão de vôo. Utiliza-se também de corpo negro para calibração durante cada varredura. Um corpo negro serve como referência antes do imageamento terrestre, enquanto outro é utilizado após o imageamento. Normalmente, o primeiro é aquecido por volta de 30°C , enquanto o outro é controlado abaixo de -40°C ou em condições ambientais de vôo (-20°C a -40°C). Isto se faz necessário pois o MAS é utilizado em um ambiente muito mais frio do que o do laboratório onde foi calibrado. Mudanças nos contadores digitais são ajustadas de acordo com o coeficiente de

calibração radiométrica e observam as variações nas temperaturas do instrumento (King et al., 1992; King et al., 1996; Li et al., 1996).

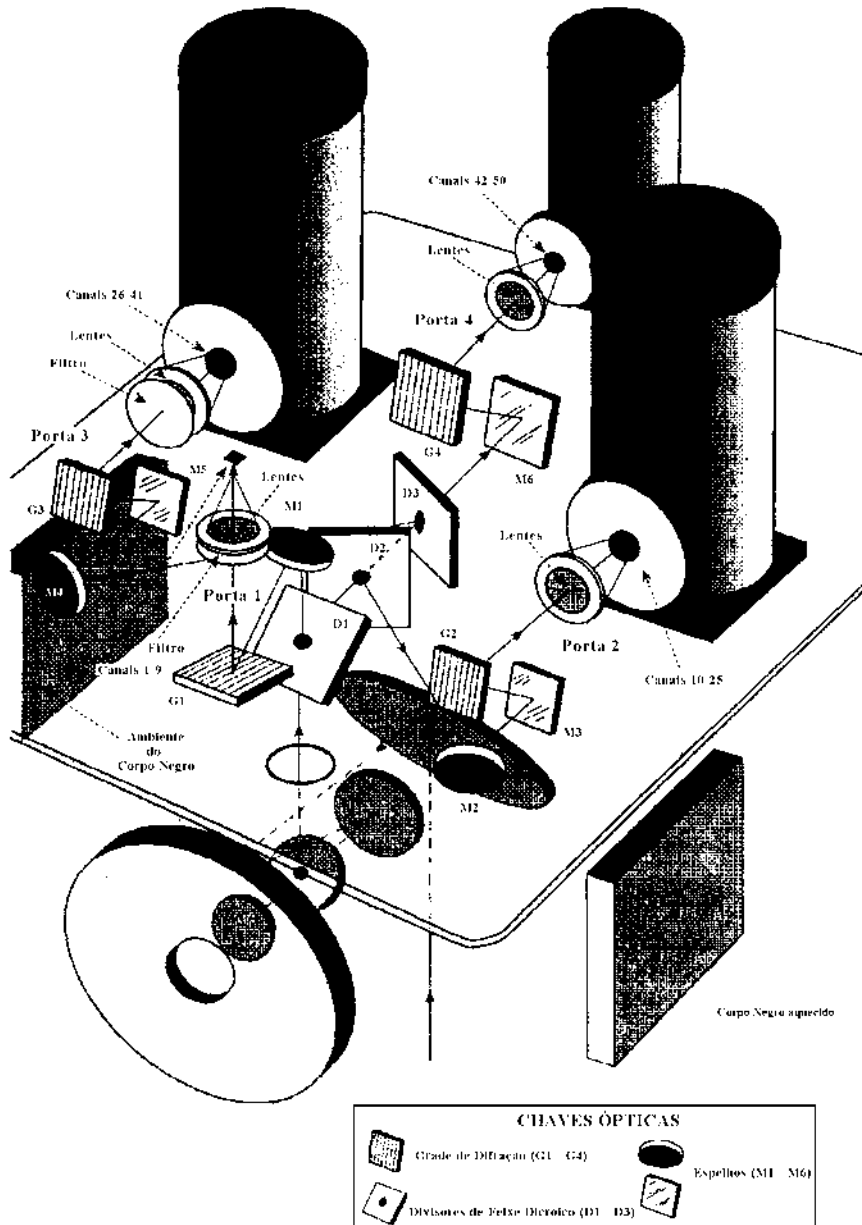


FIGURA. 2.2 - Diagrama esquemático do sistema óptico do MAS.
 FONTE: King et al. (1996, p.784).

Os sistemas de aquisição de dados eletrônicos (*Data Acquisition System - DAS*) estão instalados na seção pressurizada, que mantém uma temperatura de 0°C. Os componentes eletrônicos dentro da porção pressurizada do "wingpod" consiste de um motor Daedalus AB325, uma unidade controladora de corpo negro, o DAS (digitalizador), e duas gravadoras de fitas 8 mm (Exabyte), todos especificados para ser insensíveis às variações de temperatura encontradas no "wingpod". A unidade digitalizadora ou DAS é especificamente otimizada para a digitalização com baixo-ruído dos sinais análogos produzidas pelo resfriamento dos detectores infravermelhos, onde a precisão é muito importante. Uma característica única do digitalizador é o aparelho de pré-amplificador que alimenta os conversores analógico-digital (*Analog-to-Digital Converters - ADCs*). Os ADCs são responsáveis pela atividade de controle digital para adaptar as mudanças do nível da voltagem vindo da cabeça imageadora, que compensa os ruídos inerentes ao sistema de detector infravermelho. O sinal analógico condicionado é então passado para a digitalização com precisão de 16 bits. Uma série de processadores de sinal digital (*Digital Signal Processors - DSPs*) corrige o movimento de rotação da aeronave com informações do sistema de navegação inercial da aeronave (*Inertial Navigation System - INS*) (King et al., 1996).

Outros dados externos também são incorporados à fita, incluindo os dados codificados de tempo e de posição (GPS), altitude da aeronave pelo INS, temperaturas do corpo negro e da cabeça do imageador, e a velocidade exata de imageamento pelo controlador AB325. Os dados são então transformados para dados SCSI, por um processador 486, e para uma unidade gravadora de fita. A unidade gravadora consiste de 2 drivers de fita 8 mm (5 Gbyte), que, juntas, podem gravar dados durante até 7h e 45'. Devido à limitação da largura das bandas destes gravadores, somente são armazenados dados em 12 bits, do original 16 bits (King et al., 1996).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Foram adquiridas, junto à NASA, 43 fitas de imagens do sensor MAS na forma digital (fitas Exabyte 8500 de 8 mm), referentes ao ano de 1995. Cada fita Exabyte contém várias linhas de vôo, em formato HDF (*Hierarchical Data Format*), correspondentes a um dia de sobrevôo com o MAS. O número de linhas de vôo varia, mas está geralmente compreendido entre 10 e 30 (Gumley et al., 1994). No SCAR-B foram efetuadas 169 linhas de vôo.

Para o processamento das imagens foi utilizada uma estação SUN com leitora de fitas 8 mm, os aplicativos SHARP 1.10, IDL 5.0, ENVI 3.0 e suas versões superiores.

3.2 Área de Estudo

A área de estudo compreende parte dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Rondônia e Tocantins, onde foi realizado o experimento SCAR-B. A Figura 3.1 mostra a área abrangida por este experimento.

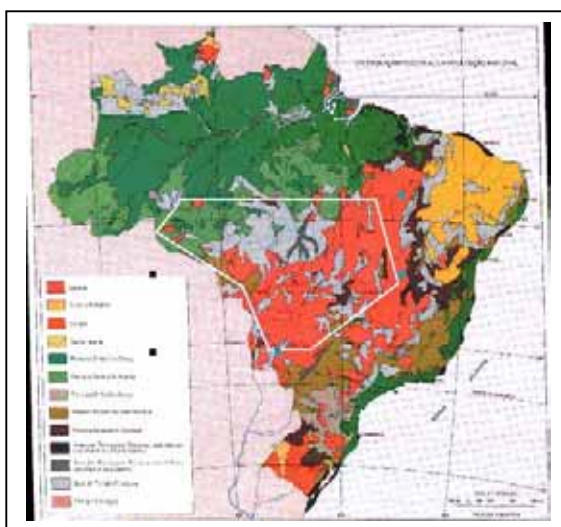


FIGURA 3.1 – Área de estudo do experimento SCAR-B.
FONTE: IBGE (1993).

3.3 Metodologia

3.3.1 Escolha das Imagens

A escolha das imagens (linhas de vôo) foi feita a partir da visualização dos resultados das missões do SCAR-B disponíveis na Internet, no endereço:

<http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/MAS/scarbhome.html> .

O Experimento SCAR-B compreendeu 16 missões (uma missão por dia), 12 das quais efetuadas com a aeronave NASA ER-2, cobrindo uma área de cerrado e de florestas no Brasil.

A seleção das imagens baseou-se nas seguintes condições:

- Presença de marcas de queimadas, fogo ativo e/ou de fumaça;
- Ausência de nuvens;
- Qualidade da imagem (ausência de ruído nos dados).

Foram selecionadas 39 imagens. Nelas, foram identificadas as áreas que continham regiões de queimadas (marcas da queima, fogo ativo e fumaça). O tamanho de cada sub-imagem, nome dado as áreas que foram recortadas da imagem original com o intuito de facilitar o processamento e a análise dos resultados das imagens, foi definida pela área que apresentava queimada e uma área adicional, no entorno da mesma (área “buffer”), úteis para caracterizar o comportamento espectral de áreas não submetidas à ação do fogo. As sub-imagens variaram de no mínimo 101x101 pixels a até no máximo 401x401 pixels. Essa variação está relacionada ao tamanho da área queimada de imagem para imagem.

Para este estudo, foram selecionadas algumas missões e linhas de vôo, as quais são listadas no APÊNDICE I, juntamente com os seguintes dados: número da linha de vôo, tempo de vôo (em HORAS : MINUTO), latitude, longitude, número de linhas imageadas, ângulo solar zenital e azimutal.

3.3.2 Processamento dos Dados

Em suporte ao programa MODIS, um sistema de processamento (MAS LEVEL-1B) foi desenvolvido e implementado pelo SDST (*MODIS Science Data Support Team*). O propósito deste sistema de processamento foi produzir radiâncias calibradas e geolocalizadas, em formato HDF (*Hierarchical Data Format*) (Gumley et al., 1994).

O início e fim de cada linha de vôo foram geolocalizadas através do uso de um sistema automático que utiliza os parâmetros: altitude, distância percorrida e posicionamento da aeronave. Para cada trajetória de vôo são estimados, através de regressão linear, a altitude, latitude, longitude e direção de vôo, em função do tempo (Gumley et al., 1994).

Para a visualização dos dados no formato MAS HDF, foi utilizado o aplicativo SHARP. Este aplicativo é um visualizador das imagens MAS, que usa como plataforma o IDL 5.0 (ou versões superiores) e oferece algumas possibilidades de interface, tais como:

- Seleção de qualquer cena (linha de vôo) em uma janela de 716x716 pixels, do arquivo MAS HDF;
- Visualização de qualquer banda para uma dada cena, com padrões monocromático e RGB;
- Projeção para uma base cartográfica; e
- Formato de saídas GIF e PS.

Foi identificada a presença de pixels saturados nas áreas queimadas, conforme pode ser observado na Figura 3.2.; exigindo o desenvolvimento de um programa (P1) que associou a todos os pixels saturados o valor máximo de radiância presente na imagem. Este procedimento objetivou eliminar os valores negativos de radiância dos pixels saturados, para facilitar a análise estatística automática do aplicativo ENVI e assim determinar as melhores bandas. Também foi desenvolvido um Programa P2, com o objetivo de transformar os valores de radiância em temperatura de brilho (*em Kelvin*) para facilitar a análise e a comparação entre os dados. É importante ressaltar que os

Programas P1 e P2 foram utilizados somente com o objetivo de auxiliar na escolha das bandas. Uma vez selecionadas as bandas, os valores utilizados para a análise comparativa entre elas foram os da imagem original (radiância) excluindo os pixels saturados. Os programas P1 e P2 são apresentados no APÊNDICE II.

A Figura 3.2.A apresenta a composição colorida das sub-imagens em radiância, sem correção, das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB). Os pixels saturados, oriundos, neste exemplo, da banda 3,74 μm , são representados em pontilhado na figura; a Figura 3.2.B descreve a variação da radiância em uma linha da sub-imagem (destacada em vermelho na Figura 3.2.A), denominada transecto #1, para as mesmas bandas. Os pixels ao longo do transecto são numerados de 1 (primeiro pixel no canto esquerdo da sub-imagem) até n (último pixel no canto direito da sub-imagem). Observa-se que os pixels saturados no transecto (90 a 110 e de 120 a 175), relativos à banda 3,74 μm , estão associados a valores negativos de radiância.

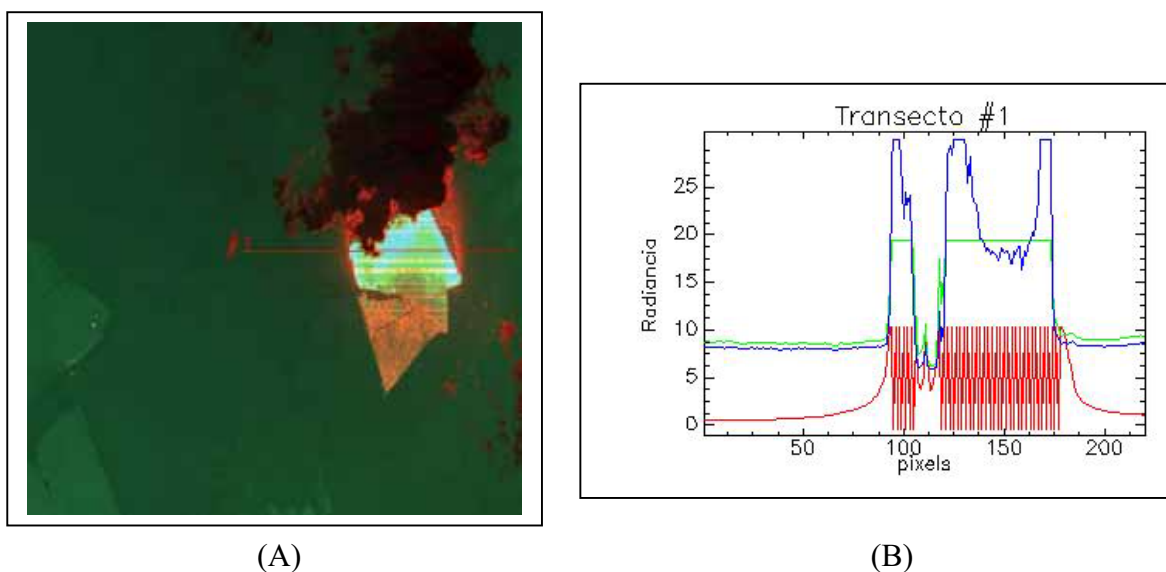


FIGURA 3.2 – (A) Composição colorida da sub-imagem MAS 95163_17 em radiância, das bandas 3,74 (R), 11,02 (G) e 11,96 μm (B); (B) valores de radiância dos pixels sequenciais do transecto #1 nas bandas 3,74 (vermelho), 11,02 (verde) e 11,96 μm (azul).

A Figura 3.3. apresenta a mesma composição colorida da sub-imagem da Figura 3.2, bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB), obtida após a utilização dos Programas P1 e P2. Nota-se que as áreas pontilhadas identificadas na Figura 3.2.A, referentes aos valores saturados, foram transformados para o maior valor de temperatura de brilho, e assim a sub-imagem torna-se mais homogênea, o que facilita a análise estatística.

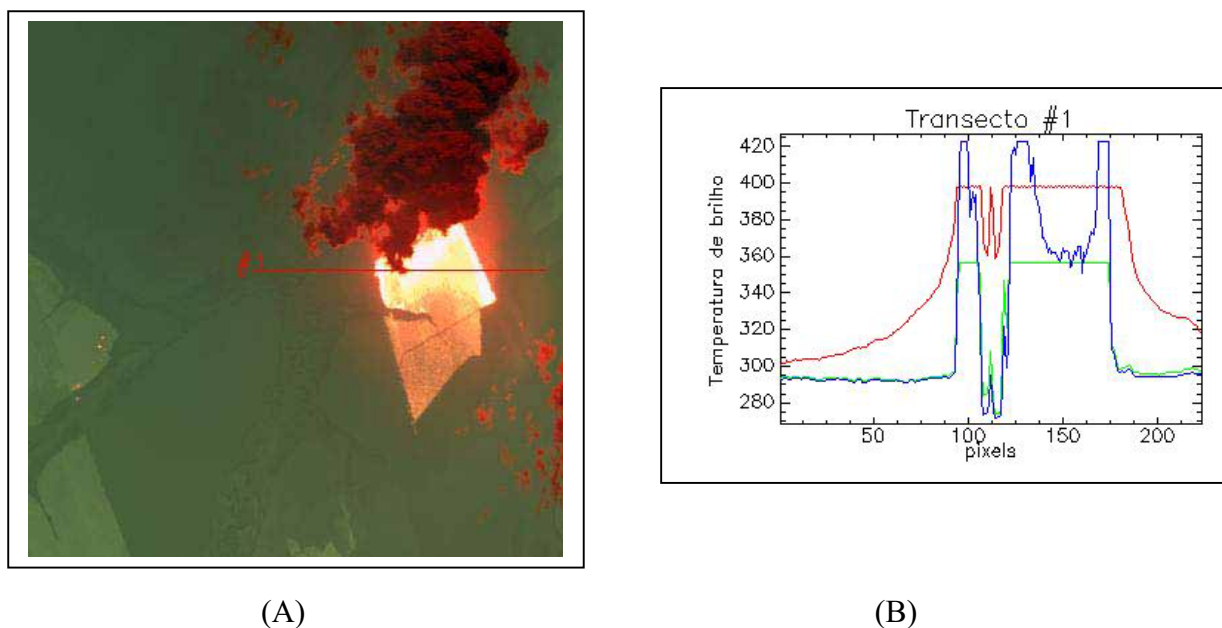


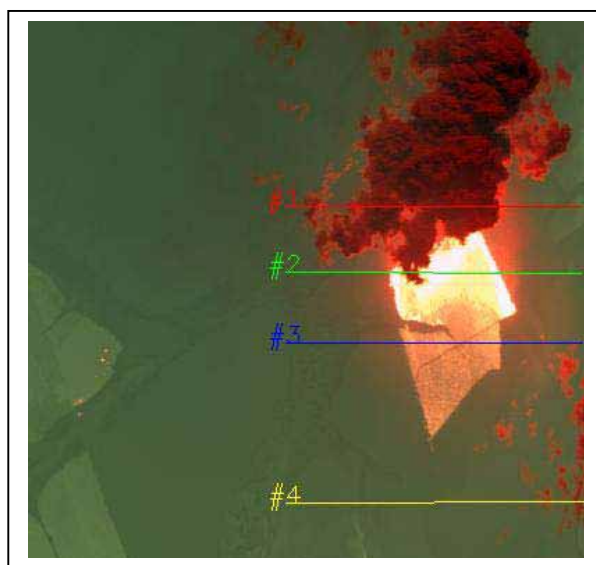
FIGURA 3.3 – (A) Composição colorida da sub-imagem MAS 95163_17 das bandas 3,74 (R), 11,02 (G) e 11,96 μm (B); (B) valores de temperatura de brilho dos pixels sequenciais do transecto #1 nas bandas 3,74 (vermelho), 11,02 (verde) e 11,96 μm (azul).

3.3.3 Transectos

De forma a auxiliar a delimitação das áreas afetadas pelo fogo nas suas diferentes fases, identificou-se linhas (ou transectos) nas sub-imagens, inequívocamente associadas às diferentes fases de interesse. Esses transectos não seguiram uma orientação padrão fixa, mas foram definidos de forma a acompanhar a evolução da queimada. Assim, para cada sub-imagem utilizada, identificou-se o intervalo de temperatura de brilho associado a cada fase do fogo. Assegurou-se, também, para cada sub-imagem utilizada, a observação dos valores de temperatura de brilho ao longo de um transecto selecionado em uma área não queimada.

Flasse e Ceccato (1996), Justice et al. (1996) e Giglio et al. (1999), usaram as bandas 3 (3,8 μm) e 4 (10,8 μm) do sensor AVHRR/NOAA em algoritmos para detecção de focos de calor. Price (1984) usou as bandas 3, 4 e 5 (11,9 μm) do sensor AVHRR/NOAA para implementar um modelo que estima as temperaturas da superfície. Assim, baseado nesses comprimentos de onda citados, foram utilizadas as bandas 3,74 μm , 11,02 μm e 11,96 μm do sensor MAS como referência para a identificação dos transectos nas áreas queimadas.

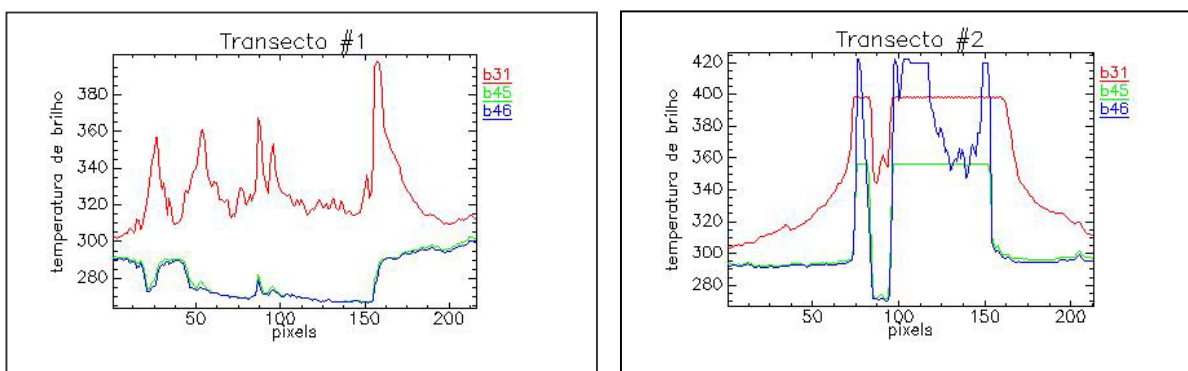
A Figura 3.4.A mostra, na composição colorida das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB) da sub-imagem MAS 95163_17, os transectos selecionados, associados às diferentes fases do fogo. Os gráficos das Figuras 3.4. B, C, D e E correspondem às temperaturas de brilho dos transectos 1 (*região de fumaça*), 2 (*região de fogo ativo*), 3 (*região de brasa/cicatriz*) e 4 (*região padrão, ou área não queimada*), respectivamente.



(A)

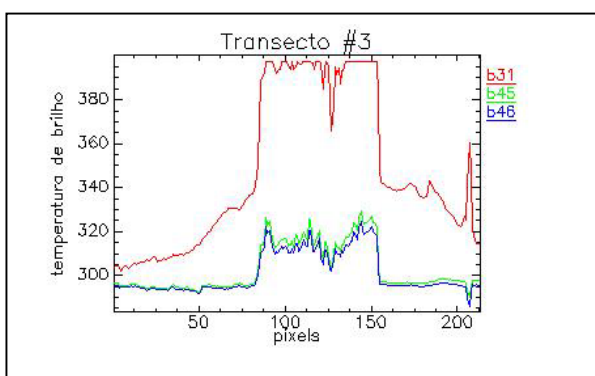
FIGURA 3.4 – (A) Composição colorida das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB) da sub-imagem MAS 95163_17, com a identificação dos transectos selecionados; (B) (C), (D) e (E): valores de temperatura de brilho dos pixels ao longo dos transectos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

(Continua)

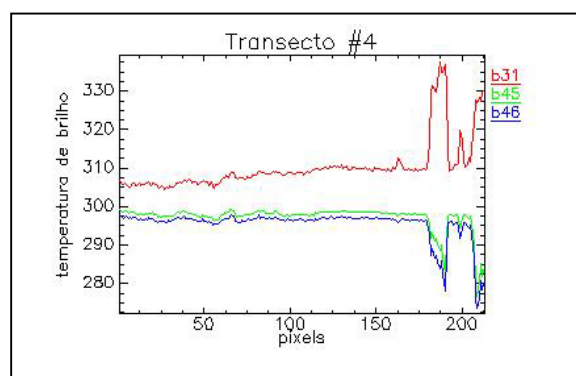


(B)

(C)



(D)



(E)

FIGURA 3.4 – (Conclusão) Composição colorida das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB) da sub-imagem MAS 95163_17, com a identificação dos transectos seleccionados; (B) (C), (D) e (E): valores de temperatura de brilho dos pixels ao longo dos transectos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

3.3.4 Região de Interesse (ROI)

Das 39 sub-imagens disponíveis, seleccionou-se um conjunto menor, de forma a assegurar um volume de dados aceitável para cada classe de queimada de interesse e facilitar o processamento e a análise estatística das imagens.

A decisão sobre o número de sub-imagens a ser utilizado neste estudo baseou-se no comportamento das médias das temperaturas de brilho associadas a cada fase geradas a partir de dois conjunto de 5 sub-imagens.

Definido o número de sub-imagens para este estudo (10 sub-imagens, as quais são apresentadas no APÊNDICE III), e utilizando os intervalos de temperatura de brilho identificados a partir da análise dos transectos selecionados, foram visualmente delimitadas, nas mesmas sub-imagens, nas composições coloridas das bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm (RGB), seis regiões de interesse (ROI), a saber:

- F1- Região que compreende os pixels associados ao maior valor de temperatura de brilho nas áreas de fogo intenso;
- F2 - Região que compreende os pixels associados ao menor valor de temperatura de brilho nas áreas de fogo intenso;
- F3 - Região que compreende os pixels associados ao maior valor de temperatura de brilho nas área entre o fogo intenso e a cicatriz de queimada;
- F4 - Região que compreende os pixels associados ao menor valor de temperatura de brilho nas área entre o fogo intenso e a cicatriz de queimada;
- F5 - Região que compreende os pixels associados a cicatrizes de queimada; e
- FP - Região que compreende os pixels das áreas não afetadas pelo fogo.

De forma a assegurar que essas regiões não incluíssem pixels *contaminados* ou com valores *aberrantes (outliers)*, delimitou-se visualmente, nas 10 sub-imagens, áreas amostrais correspondentes às regiões de interesse, F1, F2, F3, F4, F5 e FP, conforme apresentado na Figura 3.5.



FIGURA 3.5 – Regiões de interesse: F1 (preto), F2 (vermelho), F3 (verde), F4 (azul), F5 (cian) e FP (magenta).

3.4 Análise Estatística

3.4.1 Análise Estatística Preliminar

A fase de estatística preliminar foi realizada com o intuito de orientar a análise estatística mais refinada para um conjunto restrito de bandas.

Para o cálculo das médias, foram utilizados os dados das médias geradas automaticamente pelo aplicativo ENVI, para cada uma das seis regiões de interesse em cada banda e em cada uma das 10 sub-imagens, baseadas em amostras de tamanho variável

Essas médias foram convertidas para um gráfico que permitiu, através da análise visual, selecionar um conjunto inicial de bandas para uma análise estatística mais detalhada.

A fórmula utilizada para determinar as médias da temperatura de brilho, para cada fase j da queimada, em cada banda b foi:

$$Média \Rightarrow \bar{x}_{jb} = \frac{\sum_i n_{ijb} \bar{x}_{ijb}}{\sum_i n_{ijb}} \quad (3.1)$$

Onde:

\bar{x}_{jb} = média da temperatura de brilho média, da fase j , na banda b

n_{ijb} = número de pixels na ROI i , associados à fase j , na banda b

\bar{x}_{ijb} = média das temperaturas de brilho da ROI i , associada à fase j , na banda b

3.4.2 Análise Estatística das Bandas Seleccionadas

A partir desta fase, análise estatística das bandas seleccionadas, foram utilizados os valores das imagens originais, ou seja, foram excluídos os valores dos pixels saturados e utilizados os valores de radiância das ROIs de cada banda, em vez do valor de temperatura de brilho.

A partir da identificação de um intervalo de bandas que, visualmente, discriminou bem as diferentes regiões de interesse, procedeu-se a uma análise estatística mais detalhada. Para esta análise, foram agrupados os valores de radiância extraídos das ROIs de cada sub-imagem utilizada, gerando conjuntos de amostras de tamanho variável, n_{fi} , $i = 1, \dots, 6$.

Utilizou-se as seguintes fórmulas para determinar a média e o desvio padrão de cada região para as bandas seleccionadas:

$$Média \Rightarrow \bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f} \quad (3.2)$$

$$Desvio_Padrão \Rightarrow s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

Onde,

\bar{x} = média;

n = número de pixels;

x = valor de radiância;

f = frequência de x;

s = desvio padrão.

3.4.2.1 Teste para Diferença entre as Médias de Temperatura de Brilho das Diferentes Fases de Queima

Com o objetivo de verificar se havia diferença significativa entre as médias associadas às diferentes ROIs, para as bandas compreendidas no intervalo visualmente identificado, [a,b], procedeu-se ao teste de hipóteses para testar a existência de diferença significativa entre as médias para as regiões F1, F2, F3, F4, F5 e FP. Utilizou-se o procedimento tradicional de teste de hipóteses, descrito em Chase e Bown (1986), detalhado abaixo.

1) Hipótese nula: $H_0 : \mu_i - \mu_j = 0$, onde μ_i e μ_j representam as verdadeiras médias de radiância para as bandas b_i e b_j

Hipótese alternativa: $H_1 : \mu_i - \mu_j \neq 0$

2) Nível de significância $\alpha = 0,05$

3) Teste estatístico:

$$z = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_j) - (\mu_i - \mu_j)}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_i^2}{n_i}\right) + \left(\frac{\sigma_j^2}{n_j}\right)}} \quad (3.4)$$

onde σ_i^2 e σ_j^2 são as variâncias das radiâncias para as fases de queima i e j. Essas variâncias são estimadas a partir das variâncias amostrais, utilizando os dados das amostras de tamanho n_i e n_j associadas às fases de queima i e j, respectivamente.

4) Região crítica: $z \geq 1,96$ ou $z \leq -1,96$, onde z é o valor, na distribuição normal padrão, do qual a área abaixo da fração de distribuição é 0,025.

5) Decisão: Aceita-se H_0 se $-1,96 \leq z \leq 1,96$, e conclui que não existe diferença significativa entre as médias

Aceita-se H_1 se $z \geq 1,96$ ou $z \leq -1,96$, e conclui-se que, ao nível de significância de 0,05, existe diferença significativa entre as médias.

As fórmulas utilizadas para o cálculo das médias e das variâncias foram:

$$\text{Média} \Rightarrow \bar{x}_{ib} = \frac{\sum_{p=1}^{n_{ib}} x_{pib}}{n_{ib}} \quad (3.5)$$

$$\text{Variância} \Rightarrow s_{ib}^2 = \frac{\sum_{p=1}^{n_{ib}} (x_{pib} - \bar{x}_{ib})^2}{n_{ib} - 1} \quad (3.6)$$

Onde, x_i é o valor de radiância associado ao pixel p , da fase i e banda b .

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Processamento das Imagens

Alguns problemas foram observados durante o processamento das imagens. O principal foi verificado nas bandas $13,72\mu\text{m}$ e $14,17\mu\text{m}$, que apresentaram grande quantidade de ruído, em todas as sub-imagens, impossibilitando o seu uso. Este ruído foi caracterizado principalmente pela presença de *striping*, provocando valores radiométricos espúrios. A Figura 4.1 mostra as bandas $13,72$ e $14,17\mu\text{m}$ da sub-imagem MAS 95163_16c.

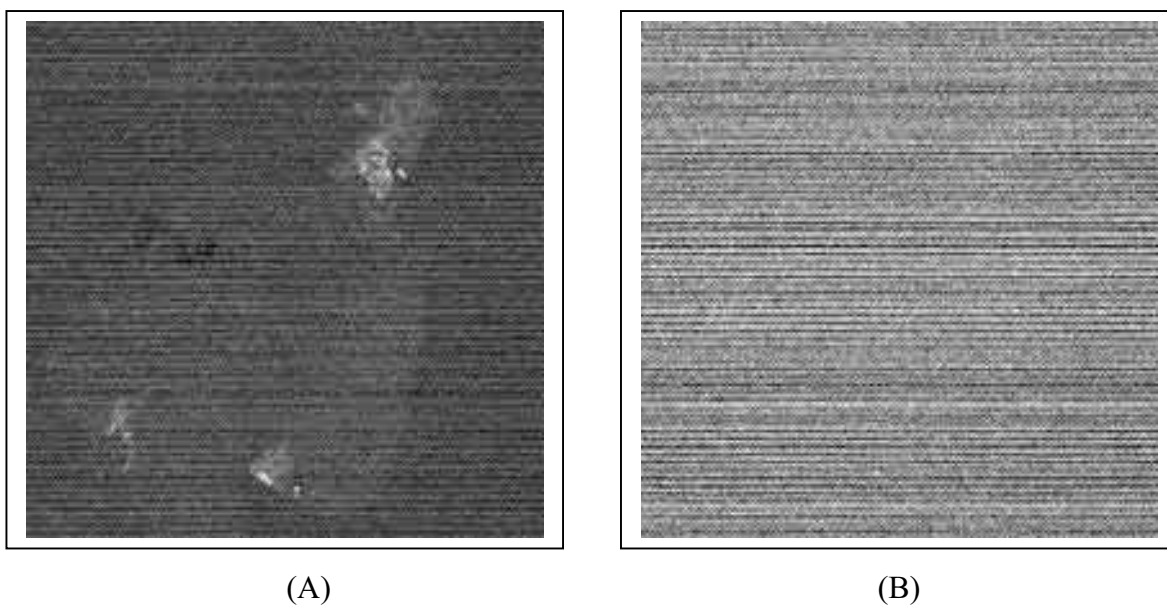


FIGURA 4.1 – Bandas $13,72\mu\text{m}$ (A) e $14,17\mu\text{m}$ (B) da sub-imagem MAS 95163_16c.

4.2 Avaliação dos Transectos e das ROIs

Para cada sub-imagem, foram selecionados transectos de forma a se obter valores característicos de temperatura de brilho para cada fase de queima. Os valores observados nos diferentes transectos auxiliaram a delimitar as ROIs nas sub-imagens

selecionadas. A banda 11,96 μ m foi utilizada como referência para a extração dos valores máximo, mínimo, média e desvio padrão das temperaturas de brilho de cada ROI, em cada sub-imagem utilizada. Esta banda permitiu uma maior separabilidade das fases de queima nas ROIs do que as bandas 3,74 e 11,02 μ m. A Tabela 4.1 apresenta, como exemplo, as tabelas contendo os valores máximo, mínimo de temperatura de brilho, a média e desvio padrão dos valores observados nas bandas 2,18 μ m (21), 2,23 μ m (22), 2,28 μ m (23), 3,74 μ m (31), 3,90 μ m (32), 10,55 μ m (44), 11,02 μ m (45) e 11,96 μ m (46) das ROIs delimitadas na sub-imagem MAS 95168_16.

TABELA 4.1 - Algumas estatísticas básicas das ROIs f1, f2, f3, f4, f5 e fp na sub-imagem mas 95168_16.

Region: R #1 [Black] [38 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	672.287	701.496	698.556	7.817
22	668.060	703.704	699.905	9.629
23	658.437	702.635	697.149	12.087
31	396.175	397.025	396.673	0.287
32	437.161	444.122	441.876	2.492
44	355.841	361.031	358.651	2.016
45	354.091	359.343	357.013	1.985
46	412.001	420.863	416.449	3.462

F1

Region: R #2 [Red] [20 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	646.087	701.492	671.626	18.873
22	641.891	703.690	668.888	20.350
23	631.040	702.619	660.477	21.685
31	396.233	397.025	396.787	0.310
32	438.120	444.122	441.564	2.656
44	355.255	361.031	357.571	2.179
45	353.643	359.343	355.899	2.178
46	367.897	403.935	390.514	11.826

F2

Region: R #3 [Green] [20 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	586.194	659.653	614.458	20.605
22	583.335	656.919	611.008	20.820
23	575.484	648.362	603.139	20.868
31	395.857	397.025	396.605	0.391
32	312.035	444.122	416.705	35.397
44	358.521	361.511	359.436	1.019
45	354.935	359.923	357.596	1.147
46	347.104	378.508	361.892	10.551

F3

Region: R #4 [Blue] [42 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	545.153	590.602	565.793	10.987
22	540.892	586.352	561.989	11.157
23	532.548	577.987	554.190	11.103
31	395.857	397.025	396.595	0.412
32	429.654	444.122	442.125	3.506
44	336.255	363.593	346.055	7.677
45	333.608	361.701	341.709	5.899
46	326.529	346.483	333.444	4.191

F4

Region: R #5 [Cyan] [89 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	466.739	542.893	510.614	20.035
22	461.254	539.373	506.118	20.402
23	452.790	532.002	498.142	20.647
31	343.330	397.025	386.727	15.964
32	338.474	427.394	390.136	23.073
44	304.034	334.829	319.089	8.322
45	303.354	332.428	317.390	7.809
46	300.912	325.837	312.841	6.664

F5

Region: Rp [Magenta] [8054 points]				
Band	Min	Max	Mean	Stdev
21	442.080	546.973	460.286	17.912
22	434.037	536.708	452.355	17.343
23	416.787	521.704	437.201	17.622
31	278.829	325.236	303.303	5.459
32	275.772	321.404	301.402	5.738
44	262.413	302.672	295.566	8.897
45	262.552	302.031	295.166	8.797
46	261.407	300.096	293.448	8.621

FP

Observa-se, na Tabela 4.1, uma sobreposição do valor mínimo de temperatura de brilho na ROI F2, na banda 11,96 μ m, e o valor máximo na ROI F3, para esta mesma banda. Sempre que uma sobreposição deste tipo era observada, procedia-se à análise das médias, para verificar se existia ou não diferença significativa entre elas. Em caso positivo, as regiões eram agrupadas ou redefinidas.

4.3 Avaliação dos Dados Estatísticos

4.3.1 Análise Estatística Preliminar

O tamanho da amostra, para cada ROI definida nas 10 sub-imagens utilizadas, foram os seguintes: 959, 202, 601, 576, 881 e 95129 pixels para as ROIs F1, F2, F3, F4, F5 e FP, respectivamente. Nesta fase buscou-se observar, visualmente, o comportamento das médias das ROIs, para cada uma das 50 bandas do MAS. O objetivo foi identificar um intervalo provisório que, visualmente, indicasse uma maior discriminação entre as médias das temperaturas de brilho das diferentes fases da queimada. Isto permitiu uma economia significativa de tempo e de processamento. Caso todas as bandas fossem analisadas, isto acarretaria no processamento de 3000 conjuntos de dados (com os tamanhos de amostras identificados acima).

O procedimento adotado para realizar esta análise preliminar consistiu em imprimir as médias das ROIs, para cada banda.

A Figura 4.4 apresenta o gráfico das médias das amostras constituídas para cada ROI, para cada banda do MAS. O APÊNDICE IV discrimina, para cada ROI, as médias e os desvios padrão das temperaturas de brilho obtidas em cada sub-imagem utilizada. As médias apresentadas na Figura 4.2 foram geradas a partir das médias de cada sub-imagem, ponderadas pelo número de pixels em cada uma delas, conforme descrito em Materiais e Métodos.

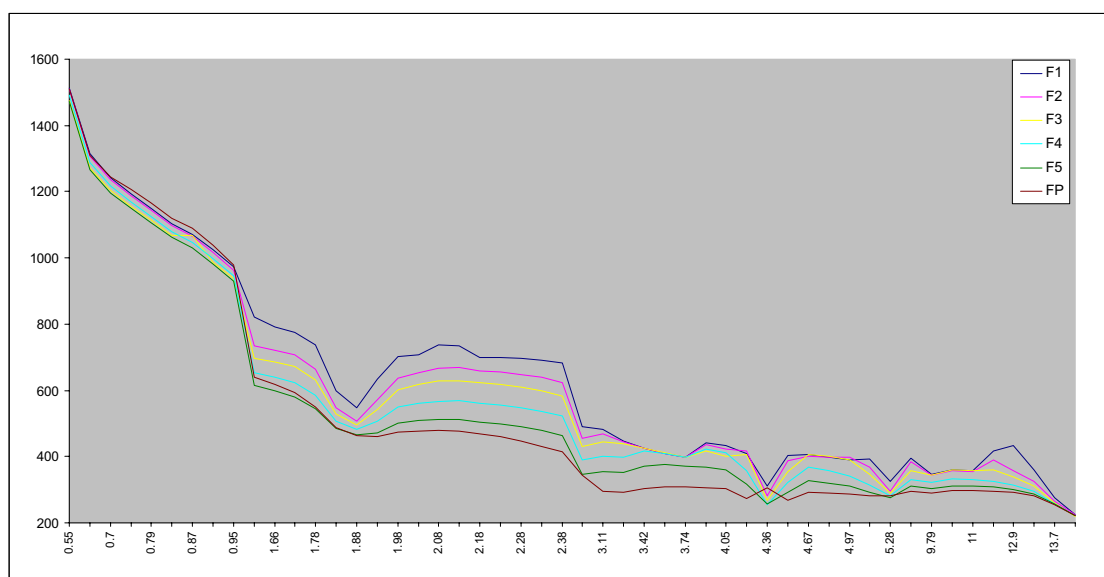


FIGURA 4.2 – Médias amostrais das temperaturas de brilho (em Kelvin), para cada ROI, e cada banda do MAS.

Observa-se, na Figura 4.2, que as bandas compreendidas no intervalo de 1,879 a 3,59 μm apresentaram uma maior discriminação entre as regiões de interesse (F1, F2, F3, F4, F5 e FP). Esta observação orientou a análise estatística dos dados para que esta se concentrasse, inicialmente, neste intervalo. Alguns intervalos foram descartados imediatamente (como, por exemplo, o intervalo de bandas compreendido entre 0,547 até 1,609 μm), por indicar grande margem de confusão na discriminação das diferentes fases da queimada. Outros intervalos foram descartados (como, por exemplo, de 3,59 a 3,90 μm ou de 10,55 a 13,23 μm) por incluírem bandas que foram utilizadas para definir as ROIs (no caso, as bandas 3,74 , 11,02 e 11,96 μm).

Outros intervalos não foram considerados pelo fato de se observar, na Figura 4.2, a sobreposição das médias de algumas ROIs. Como o objetivo deste estudo foi o de identificar o intervalo mais apropriado para diferenciar as diferentes fases da queimada, vários intervalos não foram incluídos por não permitirem esta discriminação (como, por exemplo, o intervalo compreendido entre 4,52 a 5,28 μm , que apresenta uma sobreposição das curvas das médias nas ROIs F1, F2 e F3).

4.3.2 Análise Estatística no Intervalo Selecionado

A análise estatística nesta seção se concentrou nos dados das amostras das ROIs (F1, F2, F3, F4, F5 e FP) somente no intervalo definido na seção anterior (bandas compreendidas entre 1,879 a 3,59 μ m, inclusive). As médias e os desvios padrão, para cada ROI, e cada banda compreendida neste intervalo, são apresentadas nas Tabelas 4.3 e 4.4, respectivamente. Esses dados foram gerados utilizando os valores das amostras constituídas para cada ROI, de tamanho variável, conforme definido na seção 4.2. Assim, baseado nas médias da seção 4.4.1, foram relacionadas as bandas compreendidas no intervalo 1,879 a 3,59 μ m para um estudo detalhado. As médias, os desvios padrão e o número de pixels nas amostras de cada ROI estão relacionados nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

TABELA 4.2 – Médias das radiâncias das amostras, para cada ROI, para as bandas do mas compreendidas no intervalo 1,879 a 3,59 μ m.

μ m	F1	F2	F3	F4	F5	FP
Banda 1,879	5,713334	1,959297	1,147985	0,760156	0,404685	0,411941
Banda 1,932	46,50164	14,03726	5,697908	2,390169	0,785004	0,523615
Banda 1,979	135,3439	51,52101	25,44088	9,849326	2,760249	1,18393
Banda 2,030	158,6307	76,98078	39,80811	15,33875	4,340234	1,702234
Banda 2,080	197,4648	104,1004	55,38878	21,14665	5,870357	2,251824
Banda 2,129	217,5802	121,4149	64,50854	24,90007	6,88579	2,604213
Banda 2,178	195,0432	118,4454	65,35044	24,61922	6,901411	2,488582
Banda 2,227	218,4731	127,2885	68,72729	25,66469	7,079815	2,358754
Banda 2,276	231,6915	127,0996	67,07034	24,78381	6,654974	1,8425
Banda 2,327	235,7104	121,8455	63,02854	23,01476	6,014472	1,407514
Banda 2,375	232,1084	105,5235	53,31038	19,15317	4,861375	0,984429
Banda 2,96	21,04028	11,9669	6,916957	2,499509	0,572373	0,036985
Banda 3,11	25,57252	20,46023	12,81079	4,66227	1,155147	0,060221
Banda 3,28	16,34168	15,97026	14,19186	5,688946	1,501965	0,102649
Banda 3,42	12,87877	12,75131	12,91521	10,85622	3,644934	0,263988
Banda 3,59	11,20464	11,00408	11,28201	10,85211	5,076326	0,474905

TABELA 4.3 – Desvios padrão das radiâncias das amostras, para cada ROI, para as bandas do mas compreendidas no intervalo de 1,879 a 3,59 μ m.

μ m	F1	F2	F3	F4	F5	FP
Banda 1,879	7,500535	2,666222	0,74678	0,669797	0,441532	4,179705
Banda 1,932	71,61048	21,20788	6,742591	3,692185	2,627194	15,86287
Banda 1,979	355,2626	57,98091	20,69234	13,32751	4,755447	15,83795
Banda 2,030	186,0423	60,62985	25,857	19,41344	8,161754	22,11839
Banda 2,080	82,70812	66,8508	37,3342	26,38456	10,56053	29,32629
Banda 2,129	77,52712	72,35101	39,48695	30,4826	11,85964	33,11488
Banda 2,178	71,88369	86,77606	38,95119	26,19015	11,80124	30,52524
Banda 2,227	95,8646	96,9234	39,96109	27,21625	12,23455	27,83741
Banda 2,276	146,4402	80,59595	38,07242	26,6568	11,38221	21,49652
Banda 2,327	222,0103	73,61938	35,74322	24,47906	9,919641	17,14913
Banda 2,375	338,6309	84,26173	33,21463	23,02326	8,485019	12,77578
Banda 2,96	15,819	5,984907	3,974125	2,34301	0,914246	0,271421
Banda 3,11	5,199177	6,876524	4,513274	3,351391	1,577182	0,352491
Banda 3,28	1,256171	1,416695	3,868011	2,902609	1,701337	0,435799
Banda 3,42	0,919954	0,839362	0,922849	4,601151	3,721723	1,107063
Banda 3,59	0,793123	1,208372	0,701438	1,399808	4,709688	2,125583

TABELA 4.4 – Tamanho das amostras para cada ROI.

μ m	F1	F2	F3	F4	F5	FP
Banda 1,879	959	202	601	576	881	87963
Banda 1,932	959	202	601	576	881	88020
Banda 1,979	959	202	601	576	881	87986
Banda 2,030	959	202	601	576	881	88023
Banda 2,080	424	193	599	576	881	88023
Banda 2,129	368	192	597	576	881	88023
Banda 2,178	959	202	601	576	881	88023
Banda 2,227	959	202	601	576	881	88023
Banda 2,276	959	202	601	576	881	87996
Banda 2,327	959	202	601	576	881	87982
Banda 2,375	959	202	601	576	881	87952
Banda 2,96	436	188	595	575	881	64278
Banda 3,11	529	181	597	576	881	86470
Banda 3,28	541	125	544	576	881	88005
Banda 3,42	527	108	348	472	879	88023
Banda 3,59	531	119	331	360	846	88023

4.3.3 Teste de Hipóteses para a Diferença entre as Médias das Radiâncias nas Bandas Seleccionadas

As médias e os desvios padrão das amostras de radiância compreendidas no intervalo das bandas 1,879 a 3,59 μm , para cada ROI, foram utilizadas para efetuar o teste de diferenças entre médias descrito na seção 3.4.2.1. Foram efetuados testes para verificar a existência de diferença significativa entre as médias das ROIs F1 e F2, F2 e F3, F3 e F4, F4 e F5, e F5 e FP, ao nível de significância de 0,05. Os valores da estatística z são apresentados na Tabela 4.5.

TABELA 4.5 – Valores da estatística z, para os diferentes testes de hipótese para diferença entre as médias de radiância, no intervalo compreendido pelas bandas 1,879 a 3,59 μm .

μm	F1-F2	F2-F3	F3-F4	F4-F5	F5-FP
Banda 1,879	12,25377	4,268895	9,387499	11,24014	-0,354126
Banda 1,932	11,79634	5,496117	10,49617	9,043868	2,527733
Banda 1,979	6,884392	6,260345	15,43184	12,26562	9,334066
Banda 2,030	11,0815	8,459186	18,40914	12,8735	9,259276
Banda 2,080	14,89516	9,649634	18,21098	13,22054	9,799189
Banda 2,129	14,56438	10,41122	19,26984	13,52957	10,32058
Banda 2,178	11,7267	8,415902	21,13153	15,25516	10,74491
Banda 2,227	12,17542	8,352035	21,68628	15,40269	11,16786
Banda 2,276	14,16532	10,20988	22,14749	15,42833	12,33135
Banda 2,327	12,87397	10,93024	22,48791	15,83901	13,58322
Banda 2,375	10,17667	8,5856	20,57556	14,27766	16,8762
Banda 2,96	10,37739	10,83889	23,25253	18,81047	16,61479
Banda 3,11	9,14732	14,0749	35,18977	23,47323	19,79984
Banda 3,28	2,696479	8,520969	41,42606	31,28404	21,55221
Banda 3,42	1,413626	-1,730523	9,467255	29,29121	25,21202
Banda 3,59	1,729016	-2,369539	5,164403	32,45956	28,38967

A análise dos valores z apresentados na Tabela 4.5 indica que não existe diferença significativa entre as médias das temperaturas de brilho nos seguintes casos:

- Banda 1,879 μm : entre F5 e FP;
- Banda 3,42 μm : entre F1 e F2, e entre F2 e F3; e

- Banda 3,59 μ m: entre F1 e F2,

ao nível de significância de 0,05.

Desta forma, a partir desta análise, foram desconsideradas da identificação do melhor intervalo para diferenciação entre as diferentes fases da queimada, as bandas 1,879 μ m, 3,42 μ m e 3,59 μ m.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Os resultados deste estudo permitiram concluir que é possível diferenciar as diversas fases da queimada, desde fogo ativo até as cicatrizes provocadas pelo fogo.
- Os dados simulados do sensor MODIS, fornecidos pelo *Modis Airborne Simulator* – MAS, foram úteis para definir o intervalo de bandas espectrais mais apropriado para diferenciar as diferentes fases.
- O intervalo espectral identificado neste trabalho como o mais apropriado para diferenciar as diversas fases da queimada, de 1,932 μm a 3,28 μm , sugere que a banda 7 do sensor MODIS (2,105 μm a 2,155 μm), cujo sensor possui 36 bandas espectrais, variando de 0,405 μm a 14,39 μm , seja a mais apropriada para monitorar o comportamento das queimadas em suas diferentes fases. Esta banda equivale ao ponto central da banda 20 do MAS, igual a 2,129 μm .
- A análise gráfica das médias, apesar de essencialmente subjetiva, revelou características interessantes sobre o comportamento das médias de temperatura de brilho nas diferentes bandas estudadas. Permitiu, com bastante clareza, que a análise estatística mais detalhada se concentrasse em um conjunto mais limitado de bandas, facilitando o processamento e a análise das imagens.
- A utilização do intervalo de comprimento de onda 1,979 a 2,375 μm para implementar novos algoritmos para detecção de queimadas; e
- A banda 31 (ponto central em 3,74 μm) mostrou-se mais adequada para diferenciar queimada de não queimada. Esta banda é equivalente à banda 20 (3,66 μm a 3,84 μm) do MODIS.

Como as observações de fogo, com o MODIS, serão feitas duas vezes ao dia a partir da plataforma AM (10:30 am e pm), e como o fogo é um importante componente na modelagem de gases traço e emissões de particulados, modelagem do clima, transporte atmosférico, modelos da dinâmica dos ecossistemas e modelos para mudança de uso da terra, este trabalho, de forma geral, indicou que o comportamento das médias de temperatura de brilho em todas as bandas, permitindo conhecer o potencial de cada banda no contexto de queima de biomassa.

Segundo Kaufman e Justice (1997), *o sensor MODIS foi concebido para incluir características específicas para detecção de fogo e proverá uma capacidade singular sobre os sensores existentes em termos de monitoramento do fogo*. Os resultados deste estudo confirmam a superioridade dos dados do MODIS com relação a outros sensores existentes (AVHRR, por exemplo), que somente permite, a partir do seu sensor termal, a detecção de focos de calor (não necessariamente associados a queimadas).

Sendo a queima de biomassa um assunto de grande interesse mundial uma vez que, entre outros, altera o estado físico da vegetação e provoca a emissão de gases e matéria particulada durante a queima, contribuindo para as reações químicas e processos físicos que ocorrem na atmosfera, e que o intervalo do espectro eletromagnético compreendido entre 1,979 a 2,375 μm seja fortemente considerado como possibilidade nos novos sensores, principalmente o no satélite sino-brasileiro de recursos terrestres – CBERS, ou mais apropriadamente, no satélite de sensoriamento remoto brasileiro – SSR, pelo fato deste adquirir dados da região amazônica a cada 105 minutos.

Recomenda-se utilizar os dados do intervalo 1,979 a 2,375 μm em conjunto com dados de outras bandas centradas no comprimento de onda de 3,8 e/ou 10,8 μm , pois no intervalo de 2,2 a 2,5 μm observa-se sérios problemas com contaminação solar decorrentes de reflexão solar no topo das nuvens, pontos brilhantes; que podem ser confundidos com as áreas queimadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamoli, J.; Fukuhara, M.; Silva, J. A. Aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo de queimas em pastagens nativas da região do cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2., Brasília, DF, 1982. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982. v.2, p. 811-820.
- Agência Espacial Brasileira (AEB). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/ National Aeronautic and Spacial Agency (NASA). **Smoke, Clouds and Radiation - Brazil (SCAR-B)**. Hampton, VA: NASA. August 16 – Sep. 14, 1995: Field Mission Report. Scar Project, October 1996. 1 v.
- Araújo, T. M. **Investigação das taxas de dióxido de carbono gerado em queimadas na Região Amazônica**. Guaratinguetá. 212p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - UNESP, 1995.
- Brustet, J. M.; Vickos, J. B.; Fontan, J.; Podaire, A.; Lavenu, F. Characterization of active fires in West African Savannas by analysis of satellite data: Landsat Thematic Mapper. In: Levine, J.S., ed. **Global biomass burning**. Cambridge: MIT Press. 1991. cap. 6, p. 53-60.
- Chase, W; Bown, F. **General Statistics**. 2ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. 719 p.
- Chen, S. C.; Shimabukuro, Y. E.; Hernandez Filho, P. **The mapping of burning area in forest by IMAGE-100 system**. São José dos Campos: INPE, 1979. 9p.
- Chuvieco, E.; Martin, M. P. Global fire mapping and fire danger estimation using AVHRR images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, p. 563-570, 1994a.
- Chuvieco, E.; Martin, M. P. A simple method for fire growth mapping using AVHRR channel 3 data. **International Journal of Remote Sensing**, v.15, p. 3141-3146, 1994b.
- Coutinho, L. M. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, v. 44, n. 4, p. 7-23, out.-nov.-dez., 1980.
- Crutzen, P. J.; Andreae, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science**, v. 4988, n. 250, p. 1669-1678. 1990.
- Deshler, W. An examination of the extent of fire in the grassland and savanna of Africa along the southern side of the Sahara. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 9., Ann Arbor, 1974. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1974, v. 1, sec. A, p. 23-30.
- Dowty, P. The simulation of AVHRR data for the evaluation of fire-detection techniques. In: Levine, J.S., ed. **Biomass burning and global change**. Cambridge, England: MIT Press. 1996. cap. 4, p. 40-50.
- Dozier, J. **Satellite identification of surface radiant temperature fields of subpixel resolution**. Washington, DC: NOAA, 1980. 11p. (NOAA technical Memorandum NESS, 113).

- Dozier, J. A method for satellite identification of surface temperature fields of subpixel resolution. **Remote Sensing of Environment**, v.11, n.3, p. 221-229, July 1981.
- Eva, H.; Lambin, E. F. Remote sensing of biomass burning in Tropical Regions: sampling issues and multisensor approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 64, n. 3, p. 292-315, 1998.
- Flannigan, M. D. **Forest fire monitoring using the NOAA satellite series**. Fort Collins, CO. 59p. (Thesis for Degree of Master of Science) - Colorado State University, 1985.
- Flasse, S. P.; Ceccato, P. A contextual algorithm for AVHRR fire detection. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.2, p. 419-424, 1996.
- Giglio, L.; Kendall, J. D.; Justice, C. O. Evaluation of global fire detection algorithms using simulated AVHRR infrared data. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n 10, p. 1947-1985, 1999.
- Gumley, L. E.; Hubanks, P. A.; Masuoka, E. **MODIS airborne simulator level-1B data user's guide**. Greenbelt, MD: Goddard Space Flight Center, 1994, v. 3, 37 p. (NASA Technical Memorandum 104594).
- Hirsch, S. N. Project fire scan - summary of 5 years progress in airborne infrared fire detection. In: International Symposium on Remote Sensing of the Environment, 5., Ann Arbor, 1968. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1968. p. 447-457.
- Hirsch, S.N.; Kruckeberg, R.F.; Madden, F.H. The bispectral forest fire detection system. In: International Symposium on Remote Sensing of the Environment, 7., Ann Arbor, 1971. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: Institute of Science and Technology, 1971. v.3, p. 2253-2272.
- Hitchcock, H.C.; Hoffer, R.M. Mapping a recent forest fire with ERTS-1 MSS data. In: Annual Remote Sensing Of Earth Resources Conference, 3., 1974, Tullahoma. **Proceedings...** Tullahoma : UTSI , 1974, v. 3, p. 449-461. LARS Technical Note 032574
- Hlavka, C. A.; Ambrosia, V. G.; Brass, J. A.; Rezendez, A. R.; Guild, L. S. Mapping fire scars in the Brazilian cerrado using AVHRR imagery. In: Levine, J.S.(ed). **Biomass burning and global change**. Cambridge, England: MIT Press. 1996. cap. 53, p. 555-560.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993. Escala 1:5.000.000.
- Justice, C. O.; Kendall, J. D.; Dowty, P. R.; Scholes, R. J. Satellite remote sensing of fires during the SAFARI campaign using NOAA-AVHRR data. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, n.D19, p. 23851-23863, 1996.
- Kaufman, Y.J.; Holben, B. N.; Tanré, D.; Ward, D. E. Remote sensing of biomass burning in the Amazon. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n.1-3, p. 51-90, 1994.

Kaufman, Y.J.; Remer, L.A.; Kleidman, R.; Holben, B.N. Remote sensing of aerosol, fires and their effects on clouds and climate in the SCAR experiments. In: Kirchhoff, V. W. J. H (ed.). **SCAR-B Proceeding**. São José dos Campos: Transtec Editorial. p. 89-98, 1996.

Kaufman, Y.; Justice, C. **MODIS Fire Products (version 2.1 Oct. 31, 1996)**. Disponível em: <<http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/>>. Acesso em: Nov. 1997.

King, M. D.; Kaufman, Y. J.; Menzel, W. P.; Tanré, D. Remote sensing of cloud, aerosol, and vapor properties from the Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS). **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 30, n. 1, p. 2-27, jan. 1992.

King, M. D.; Menzel, W. P.; Grant, P. S.; Myers, J. S.; Arnold, G. T.; Platnick, S. E.; Gumley, L. E.; Tsay, S.; Moeller, C. C.; Fitzgerald, M.; Brown, K. S.; Osterwisch, F. G. Airbone scanning spectrometer for remote sensing of cloud, aerosol, water vapor, and surface properties. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.13, n. 4, p. 777-794, 1996.

Krug, T.; Oliveira, G. S.; Valenzuela, G. C. L.; Setzer, A. W. **Incidência de queimadas nos períodos de junho a novembro de 1995 e 1996 detectadas pelo sensor AVHRR dos satélites NOAA**. São José dos Campos: INPE 1997.

Lauer, D. T.; Krumpe, P. F. Testing the usefulness of ERTS-1 imagery for inventorying wildland resources in Northern California. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 9., Ann Arbor, 1974. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1974, v. 1, sec. A, p. 97-104.

Li, J. Y.; Tsay, S. C.; King, M. D.; Arnold, G. T. Radiometric comparisons between MAS and AVIRIS Imaging Spectrometers during SCAR-B Field Experiment. In: Kirchhoff, V. W. J. H (ed.). **SCAR-B Proceeding**. São José dos Campos: Transtec Editorial. p. 121-127, 1996.

Malingreau, J. P. Remote sensing and disaster monitoring. A review of applications in Indonesia. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 18., Paris, 1984. **Proceedings...** Paris: ERIM, 1984, v. 1, p. 283-297.

Malingreau, J. P.; Gregoire, J. M. Developing a global vegetation fire monitoring system for global change studies: A framework A. In: Levine, J.S., ed. **Biomass burning and global change**. Cambridge, England: MIT Press. 1996. cap. 2, p. 14-24.

Matson, M.; Dozier, J. Identification of resolution high temperature sources using a thermal IR sensor. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 47, n. 9, p.1311-1318, sept. 1981.

Matson, M.; Holben, B. Satellite detection of tropical burning in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n.3, p. 509-516, Mar. 1987.

Matson, M.; Schneider, S. R.; Aldridge, B.; Satchwell, B. **Fire detection using NOAA-series satellites**. Washington, DC: NOAA, 1984, 34p. (NOAA Technical Report NESDIS, 7)

Matson, M.; Stephens, G.; Robinson, J. Fire detection using data from the NOAA-N satellites. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 7, p. 961-970, July 1987.

Menzel, W. P.; Cutrim, E. C.; Prins, E. M. Geostationary satellite estimation of biomass burning in Amazonia during BASE-A. In: Levine, J.S. ed. **Global biomass burning**. Cambridge, England: MIT Press. 1991. cap. 4, p. 41-46.

Menzel, W. P.; Prins, E. M. Monitoring biomass burning with the new generation of geostationary satellites. In: Levine, J.S., ed. **Biomass burning and global change**. Cambridge, England: MIT Press. 1996. cap. 6, p. 56-64.

MODIS Airborne Simulator. Disponível em:

<<http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/MAS/index.html>>. Acesso em: Nov.1997.

MODIS Airborne Simulator - **Field Experiment Data** - SCAR-B campaign. Disponível em: <<http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/MAS/scabhome.html>>. Acesso em: Nov.1997.

Muirhead, K.; Cracknell, A. P. Identification of gas flares in the North Sea using satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v.5, n.1, p.199-212, Jan.-Feb.1984.

Munn, M. D. Languages of the sky - Understanding satellite data formats. In: ACSM/ASPRS Anual Convention & Exposition. April 7-10, 1997. Seattle, Washington. **Proceedings...** Maryland: Remote Sensing & Photogrammetry. ASPRS, 1997. p. 84-94. (Technical Pappers, 3)

Myers, J.; Arvensen, J. Sensor Systems of the NASA Airborne Science Program. In: International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition. Stransbourg, 1., France,1994. **Proceedings...** France: ERIM. 1994. p.532-538.

NASA. **The Earth Observing System - EOS: a mission to planet Earth**. Washington DC, feb, 1990, 36 p.

Pereira, M. C. **Detecção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens de satélite NOAA e Landsat, e dados de aeronave**. São José dos Campos. 268p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, 1987.

Pereira, M. C.; Amaral, S.; Zerbini, N. J.; Setzer, A. W. Estimativa da área total queimada no Parque Nacional das Emas com o uso das imagens da banda 3 do AVHRR: comparação com estimativas do TM-Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6. Manaus, 1990. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990. v. 2, p. 302-310.

Pereira, M. C.; Setzer, A. W. Spectral characteristics of deforestation fires in NOAA/AVHRR images. **International Journal of Remote Sensing** , v.14, n.3, p.583-597, 1993.

Pereira Jr., A. C. **Monitoramento de queimadas na região dos cerrados utilizando dados AVHRR-NOAA corrigidos por dados TM-Landsat**. 1992. 220p. (INPE-5490-TDI/507). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 1992.

- Ponzoni, F. J.; Lee, D. C. L.; Hernandez Filho, P. Avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo no Parque Nacional de Brasília através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4., Gramado, RS, 1986. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1986, v. 1, p. 615-621.
- Pozo, D.; Olmo, F. J.; Alados-Arboledas, L. Fire detection and growth monitoring using a multitemporal technique on AVHRR mid-infrared and thermal channels. **Remote Sensing Reviews**, n.60, p. 111-120, 1997.
- Prins, E. M.; Menzel, W. P. Trends in South American biomass burning detected with GOES visible infrared spin scan radiometer atmospheric sounder from 1983 to 1991. **Journal of Geophysical Research**, v. 99, n. D8, p. 16719-16735, 1994.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SC.21 Juruena**. Rio de Janeiro:IBGE 1980. v.20
- Rauste, Y.; Herland, E.; Frelander, H.; Soini, K.; Kuoremäki, T.; Ruokari, A. Satellite-based forest fire detection for fire control in boreal forests. **International Journal of Remote Sensing**, v.18, n.12, p.2641-2656, Aug.1997.
- Robinson, J. M. Fire from space: Global fire evaluation using infrared remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, n. 1, p. 3-24, 1991.
- Santos, J. R.; Aoki, H. Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através dos dados orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1., São José dos Campos, SP, 1978. **Anais..** São José dos Campos: INPE, 1981. v. 1, p. 118-134.
- Seevers, P. M.; Draw, J. V. Evaluation of ERTS-1 imagery in mapping soil and range resources in the Sand Hills Region of Nebraska. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 9., Ann Arbor, MI, 1974. **Proceedings...** Ann Arbor, MI: ERIM, 1974, v. 1, sec. A, p. 87-89.
- Setzer, A. W.; Malingreau, J. P. AVHRR monitoring of vegetation fires in the tropics: toward the development of a global product. In: Levine, J.S. ed. **Biomass burning and global change**. Cambridge, England: MIT Press. 1996. cap. 3, p. 25-39.
- Setzer, A. W.; Pereira, M. C. Amazonia biomass burning in 1987 and estimate of their tropospheric emissions. **Ambio**. v.20, n.1, p.19-22, Feb. 1991.
- Setzer, A. W.; Pereira, M. C.; Pereira Jr., A. C. Satellite studies of biomass burning in Amazônia - some practical aspects. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, p. 91-103, 1994.
- Setzer, A. W.; Pereira, M.C.; Pereira Jr., A. C.; Almeida, S. A. O. **Relatório de atividades do projeto IBDF/INPE "SEQE" - Ano 1987**. São José dos Campos: INPE, maio 1988. (INPE-4534-RPE/565).
- Slater, P. N. **Remote sensing. optics and optical systems**. Reading: Addison-Wesley, 1980, p.575 .
- Soares, R. V. Os incêndios florestais em florestas nativas. **Silvicultura em São Paulo**, 16A (parte 2):1185-1196, 1982. Congresso Nacional sobre Essências Nativas, Campos do Jordão, SP, 12-18 set. 1982.

Susott, R. A.; Ward, D. E.; Babbitt, R. E.; Latham, D. J. The measurement of trace emissions and combustion characteristics for a mass fire. In: Levine, J.S., ed. **Global biomass burning**. Cambridge, England: MIT Press. 1991. cap. 32, p. 245-257.

Tullus, E. J. Trends in Earth resource satellite systems: past, present and future. In: ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition. April 7-10, 1997. Seattle, Washington. **Proceedings**. Maryland: Remote Sensing & Photogrammetry. ASPRS, 1997. p. 305-314. (Technical Papers, 3)

Ward, D. E.; Susott, R. A.; Kauffman, J. B.; Babbitt, R. E.; Clumblings D. L.; Dias, B.; Holben, B. N.; Kaufman, Y. J.; Rasmussen, R. A.; Setzer, A. W. Smoke and fire characteristics for cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE-B Experiment. **Journal of Geophysical Research**, v. 97, n. D13, p. 14601-14619, 1992.

Wightman, J. M. Detection, mapping, and estimation of rate of spread of grasses from southern African ERTS-1 imagery. In: Symposium on Significant Results Obtained from the ERTS-1, New Carrollton, MD, 1973. **Proceedings**. New Carrollton, MD: GSFC, 1973, p. 593-601.

APÊNDICE A

MISSÕES E LINHAS DE VÔO SELECIONADAS

Os dados separados pelo traço indicam o INÍCIO-TÉRMINO de cada linha de vôo.

MISSÃO #1 – 16/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
5	15:14-15:29	14,75-14,74	45,96-47,63	5774	28,4-28,6	356,9-352,4
7	15:50-16:01	13,47-14,71	47,84-47,54	4350	28,5-30,7	342,7-337,5

NÚMERO DE LINHAS POR VÔO = 8

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 37960

MISSÃO #2 – 18/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
7	18:59-19:21	13,65-12,00	49,30-51,01	8038	60,4-63,0	293,9-291,5
8	19:21-19:36	11,96-11,34	51,08-52,56	5401	63,0-64,8	291,5-290,4
9	19:36-19:50	11,34-10,70	52,56-54,03	5390	64,8-66,5	290,4-289,4
10	19:50-20:07	10,70-9,93	54,04-55,78	6433	66,5-68,6	289,4-288,3
12	20:28-20:41	10,23-10,24	57,63-56,09	5007	71,9-76,5	287,6-286,3
14	20:44-21:06	10,26-11,13	55,75-53,42	7964	77,5-84,9	286,0-284,4

NÚMERO DE LINHAS POR VÔO = 17

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 97738

MISSÃO #3 – 20/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
11	17:07-17:35	9,96-10,00	54,30-51,00	10501	39,1	304,6

NÚMERO DE LINHAS POR VÔO = 19

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 104094

MISSÃO #5 – 23/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
9	17:15-17:29	12,71-11,65	60,08-61,06	5085	30,1-30,8	322,4-317,7
10	17:29-17:42	11,65-10,60	61,06-62,02	5073	30,8-31,7	317,6-313,2
11	17:43-17:48	10,46-10,02	62,05-61,94	1581	32,0-32,5	312,7-310,8
13	18:06-18:22	9,93-9,94	59,78-57,78	6048	37,6-42,7	304,1-299,4
14	18:22-18:40	9,93-9,92	57,77-55,47	6932	42,7-48,8	299,3-295,1
15	18:42-18:46	10,01-10,30	55,30-54,89	1525	49,2-50,6	294,9-294,3
16	18:46-19:01	10,31-11,36	54,86-53,32	5680	50,7-55,9	294,3-292,4
17	19:01-19:17	11,35-12,39	53,32-51,76	5668	55,9-61,2	292,4-290,7

NÚMERO DE LINHAS POR VÔO = 17

TOTAL LINHAS IMAGEADAS = 89547

MISSÃO #7 – 25/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
1	14:54-15:15	15,55-15,55	55,32-57,75	8098	28,9-27,8	25,7-20,0
2	15:19-15:34	15,25-15,25	57,72-56,01	5368	27,5-26,4	18,0-6,7
3	15:38-15:56	14,95-14,95	55,95-57,92	6666	25,7-25,6	4,4-358,7
4	15:57-16:22	14,92-12,73	58,00-59,99	9647	25,6-24,1	358,2-347,3
5	16:22-16:48	12,79-11,00	59,99-62,00	9640	24,1-23,4	347,3-335,4

6	16:52-17:07	10,38-11,62	61,82-60,65	5692	23,7-27,3	333,3-324,9
7	17:07-17:31	11,62-13,52	60,65-58,84	8846	27,3-33,6	324,9-315,4
10	18:14-18:33	14,19-16,00	55,76-56,75	7031	44,4-48,5	302,1-300,8
11	18:37-18:42	16,06-15,58	56,45-56,17	1832	50,0-51,0	299,8-298,4
13	18:53-19:00	14,52-14,32	55,48-54,78	2357	53,4-55,3	295,8-294,4

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 13

TOTAL LINHAS IMAGEADAS = 82531

MISSÃO #8 – 27/08/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
2	18:28-18:46	15,52-14,09	57,55-58,88	6803	46,5-48,5	300,8-297,4
3	18:46-19:04	14,08-12,66	58,88-60,17	6790	48,5-50,7	297,4-294,4
6	19:46-20:02	12,70-11,58	60,20-58,62	6017	60,1-65,0	289,7-287,1
7	20:02-20:18	11,58-10,45	58,62-57,04	6005	65,0-69,9	287,1-284,9

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 11

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 67717

MISSÃO #11 – 01/09/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
11	15:04-15:29	15,46-12,85	55,38-56,26	9230	25,4-21,5	21,4-10,4
12	15:29-15:53	12,85-10,25	56,26-57,12	9222	21,5-18,6	10,4-355,4

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 17

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 76013

MISSÃO #12 – 04/09/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
16	18:26-18:49	9,92-11,08	59,92-57,53	8562	40,5-48,3	2938-290,3

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 17

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 87723

MISSÃO # 15 – 07/09/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
10	17:18-17:25	9,17-10,01	62,63-62,63	2731	23,0-24,9	311,0-309,6
11	17:27-17:30	10,15-10,05	62,45-62,10	1157	25,8-26,6	308,6-306,9
13	17:57-18:22	10,02-10,00	58,93-55,89	9546	34,8-43,3	296,5-290,3
14	18:23-18:25	10,03-10,13	55,77-55,58	681	43,6-44,2	290,1-289,9

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 14

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 72888

MISSÃO #16 – 11/09/1995

LINHA DE VÔO	TEMPO (GMT)	LAT. (graus_S)	LONG. (graus_W)	LINHAS (imageadas)	ANG. SOLAR ZENITAL	ANG. SOLAR AZIMUTAL
27	18:51-19:01	8,31-9,38	50,42-50,42	3569	54,7-57,2	281,7-281,7

NÚMERO DE LINHAS DE VÔO = 30

TOTAL DE LINHAS IMAGEADAS = 99425

APÊNDICE B

PROGRAMA 1 (P1)

```
Pro saturatb,ev

;Programa q. transformar os valores < que 0 (pixel saturado) p/ o maior valor
envi_select, title='Input Image', fid=fid, dims=dims, pos=pos
if (fid(0) eq -1) then return          ;caso o botao cancel seja apertado, nao ha
                                       ;selecao

id = sort(pos)                          ;gera um vetor com os indices ordenados
                                       ;pelos valores de pos, em ordem crescente

For i= 0, n_elements(pos)-1 do begin
  image = envi_get_data(dims=dims, fid=fid, pos=pos[id[i]])
  ns = dims(2)-dims(1)+1
  nl = dims(4)-dims(3)+1

  res=where(image lt 1.,conta)          ;inclusao da variavel conta para
                                       ;verificar se ha' pixels com valor
                                       ;menor do que 1.

  imagel=image
  if (conta ne 0) then begin           ;se houver, executa a operacao.
    imagel(res)=(max(image))
  endif

  a=moment(imagel)

  print, 'banda '+ STRCOMPRESS((pos[id[i]]+1),/rem)
  print,'valor maximo: ',max(image)

  print,'valor minimo: ',min(imagel)
  print,'media:          ',a[0]
  print,'desvio padrao: ', sqrt(a[1])
  print,'L4: ',max(imagel)
  print,' '

  Openw,lun,'s95164-03-b'+ STRCOMPRESS((pos[id[i]]+1),/rem),/get_lun
  Writeu,lun,imagel
  Free_lun,lun

Endfor
  print,'numero de colunas',ns
  print,'numero de linhas',nl
END
```

PROGRAMA 2 (P2)

```
Pro novo, ev

;Programa para gerar temperatura de brilho a partir de uma imagem radiancia
;compri=arquivo de entrada contendo os valores de comprimento de onda (MAS 50)

h = 6.6260755d-34 ; Constante de Planck (Joule segundo)
c = 2.9979246d+8 ; Velocidade da luz no vacuo (metros por segundo)
k = 1.380658d-23 ; Constante de Boltzmann (Joules por Kelvin)

envi_select, title='Input Image', fid=fid, dims=dims, pos=pos
if (fid(0) eq -1) then return ;caso o botao cancel seja apertado, nao ha
;selecao

image = envi_get_data(dims=dims, fid=fid, pos=pos) ;Pega a imagem de entrada

For i=min(pos), (min(pos) + n_elements(pos))-1 do begin
  image = envi_get_data(dims=dims, fid=fid, pos=[i])
  ns = dims(2)-dims(1)+1
  nl = dims(4)-dims(3)+1
  print, 'numero de colunas', ns
  print, 'numero de linhas', nl

  Openr, lun, 'compri.txt', /get_lun
  readf, lun, nc, nl
  w=fltarr(nc, nl)
  readf, lun, w
  close, lun

  c1 = 2.0d0 * h * c^2
  c2 = h * c / k
  ws = 1.0d-6 * w(i)

  print, 'gerando imagem:', i+1, ' de :', max(pos)-min(pos)

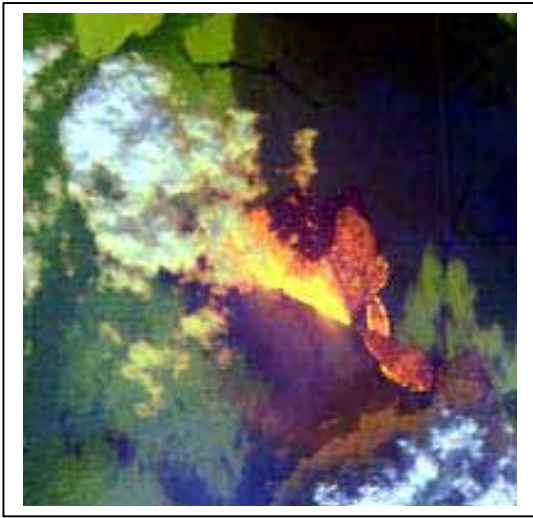
  newimage = float(c2 / ( ws * alog( c1 / ( 1.0d6 * image * ws^5 ) + 1.0d )))

  Openw, lun, 'm95164-03-b'+ STRCOMPRESS((i+1), /rem), /get_lun
  Writeu, lun, newimage
  Free_lun, lun

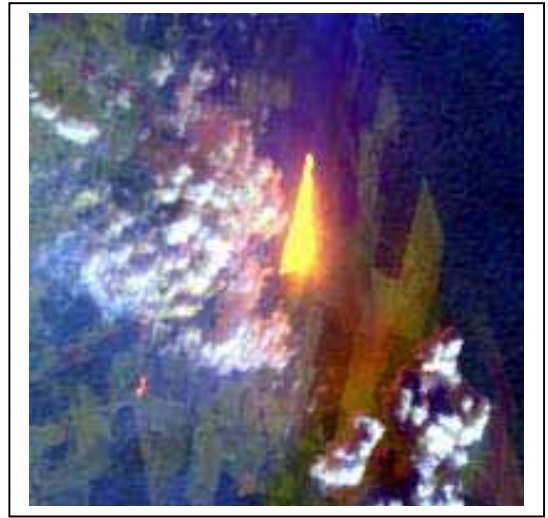
Endfor
END
```

APÊNDICE C

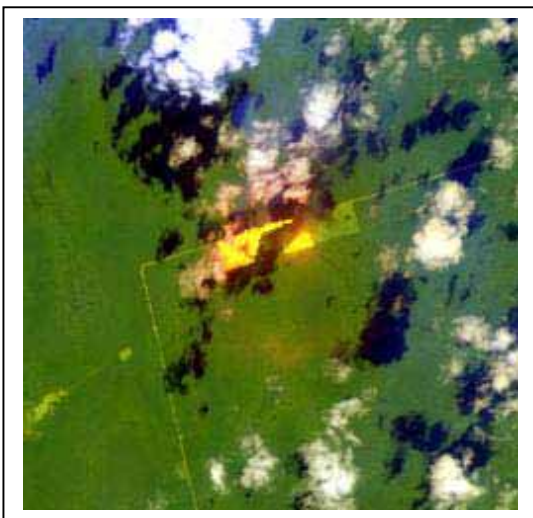
As imagens temperatura de brilho das bandas 20 ($2,129\mu\text{m}$), 10 ($1,609\mu\text{m}$) e 1 ($0,547\mu\text{m}$) RGB.



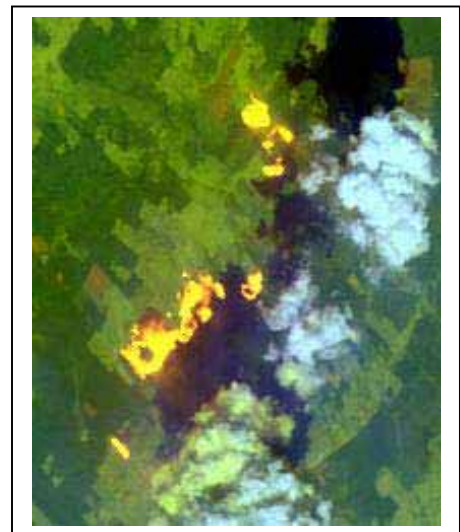
MAS 95161_08



MAS 95161_10d



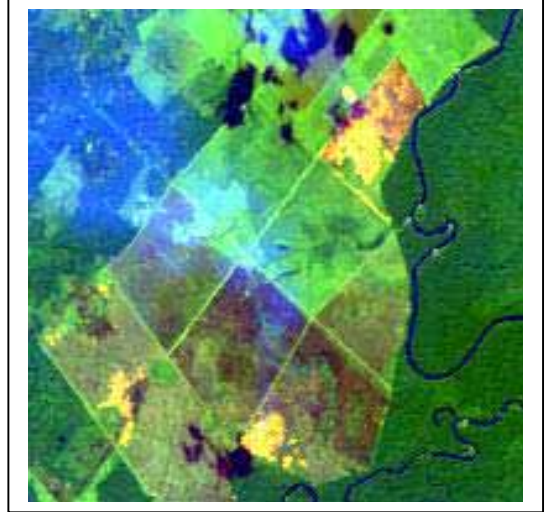
MAS 95162_11



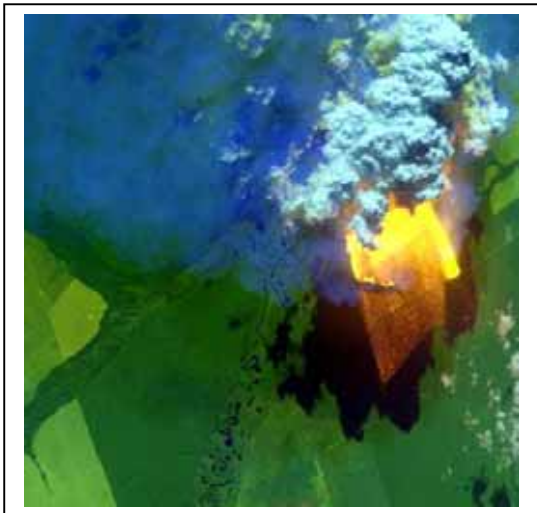
MAS 95163_09b



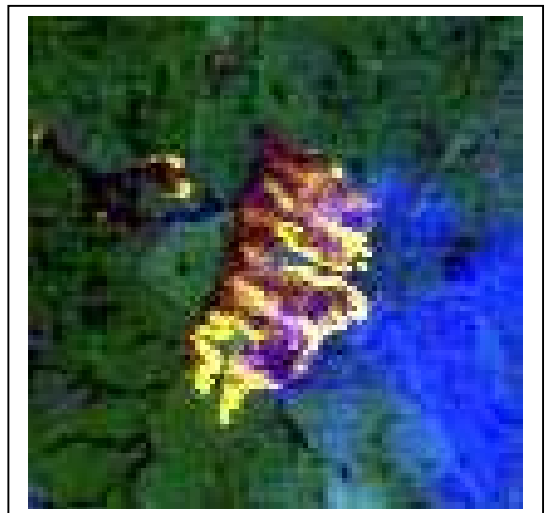
MAS 95168_16



MAS 95163_16c



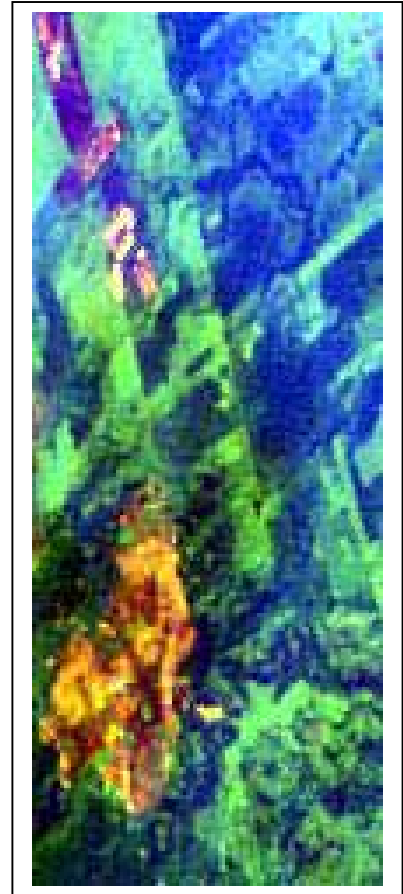
MAS 95163_17



MAS 95164_01



MAS 95164_03



MAS 95163_16a

APÊNDICE D

TABELA D.1 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE F1

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1484,22	1516,92	1509,99	1553,14	1543,57	1495,07	1465,46	1505,57	1555,31	1521,31
2	1285,02	1320,30	1309,06	1350,95	1333,29	1292,34	1262,44	1309,44	1361,12	1314,20
3	1214,33	1248,81	1245,89	1277,62	1256,95	1222,91	1193,77	1241,97	1289,10	1240,43
4	1161,41	1193,02	1210,36	1224,46	1201,88	1176,70	1145,15	1194,00	1237,53	1192,16
5	1115,29	1145,75	1177,54	1178,50	1154,89	1135,24	1102,25	1153,99	1193,70	1150,03
6	1070,12	1099,76	1134,78	1130,71	1105,29	1089,41	1059,07	1111,32	1146,08	1100,73
7	1037,02	1066,58	1114,35	1097,23	1072,45	1060,17	1026,20	1084,19	1117,22	1071,28
8	993,63	1021,21	1073,63	1046,92	1021,93	1010,66	981,84	1041,17	1068,09	1018,18
9	948,26	971,73	1024,51	991,49	966,27	955,60	937,29	991,59	1010,81	960,82
10	796,78	840,75	916,64	762,10	808,71	761,82	784,86	812,73	876,94	800,01
11	783,52	808,72	818,47	753,28	792,20	752,44	772,46	790,65	817,54	784,56
12	769,59	792,08	799,73	739,98	775,31	738,99	758,98	775,14	799,20	769,53
13	726,80	755,67	784,33	691,23	726,26	693,09	712,22	737,86	774,96	722,02
14	588,32	601,81	668,99	562,90	574,88	562,78	576,87	598,99	635,28	575,02
15	536,22	551,99	599,17	521,53	528,48	515,52	533,76	548,37	574,54	530,22
16	616,34	644,72	717,13	591,79	610,50	586,63	611,27	635,17	672,29	606,61
17	698,18	717,44	726,27	670,08	696,92	665,69	686,57	701,08	724,28	694,85
18	705,57	714,61	716,35	691,06	704,21	684,23	702,30	704,44	715,85	705,79
19	733,70	750,70	754,32	709,70	740,47	696,94	725,26	730,08	753,56	734,32
20	732,24	745,93	746,22	713,06	739,41	701,02	727,63	728,31	746,53	733,36
21	698,13	700,60	699,80	693,39	695,90	685,63	699,95	697,00	701,83	698,56
22	698,89	702,51	701,80	692,82	696,50	683,95	700,87	697,02	703,92	699,91
23	695,90	700,99	703,20	687,50	693,47	677,69	697,37	693,29	702,89	697,15
24	690,19	697,06	697,43	679,10	687,43	668,18	690,19	687,51	699,96	689,40
25	681,52	693,43	695,37	662,53	677,99	650,29	677,25	676,17	697,59	679,61
26	492,66	493,24	500,48	479,61	486,73	480,43	489,36	497,20	494,86	483,57
27	480,44	479,40	477,06	481,67	480,81	484,48	482,32	483,80	484,69	478,79
28	445,51	444,63	443,65	446,73	448,17	447,91	446,99	447,42	446,76	445,29
29	425,05	425,34	423,29	425,82	426,58	426,39	426,18	426,56	426,54	425,45
30	409,13	409,35	406,95	410,01	410,70	410,44	410,56	410,60	410,62	409,28
31	397,27	397,70	394,72	397,61	397,89	398,16	398,17	398,52	398,53	396,67
32	442,45	442,71	436,49	442,07	440,37	440,80	442,05	442,65	443,83	441,88
33	429,83	432,44	428,12	432,74	434,07	431,79	431,79	433,39	433,98	428,89
34	410,30	417,07	415,25	397,92	404,46	394,90	398,58	407,61	420,17	406,02
35	308,28	315,68	342,77	297,60	293,72	287,67	303,37	300,12	319,91	300,67
36	396,13	392,35	401,10	411,28	413,83	414,15	407,24	402,66	401,83	412,53
37	412,13	410,20	408,23	408,28	403,26	403,30	398,95	410,65	411,46	404,30
38	403,32	403,47	398,56	395,76	375,57	388,97	394,71	394,93	405,84	394,76
39	395,43	398,11	397,34	376,61	377,88	371,13	378,13	383,49	406,02	376,85
40	392,41	388,31	397,29	395,05	392,30	391,47	396,37	392,25	386,63	393,53
41	319,98	316,06	353,18	305,09	300,03	306,98	313,86	334,79	344,67	294,41
42	393,44	392,21	384,27	396,74	396,64	397,23	391,59	400,67	398,61	391,33
43	344,83	340,17	334,40	346,32	350,23	350,54	342,98	355,49	350,62	340,85
44	358,90	355,76	347,04	362,31	364,83	365,03	359,84	368,03	364,90	358,65
45	356,03	354,17	344,47	359,89	362,54	362,75	356,51	365,47	362,31	357,01
46	412,38	409,63	401,07	421,85	414,80	420,40	420,82	424,95	420,81	416,45
47	433,06	429,05	532,21	399,33	385,17	380,83	404,18	421,49	475,40	391,21
48	360,69	359,76	362,56	354,27	342,57	344,99	351,48	362,93	370,67	344,26
49	282,18	274,59	300,86	274,55	263,87	272,56	269,17	281,30	279,81	264,66
50	228,88	226,44	238,93	227,45	226,71	227,23	221,94	226,00	222,49	213,02

TABELA D.2 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE F2

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1484.41	1517.15	1511.31	1558.58	1541.82	1494.41	1471.78	1518.52	1542.83	1521.89
2	1284.63	1321.58	1303.00	1357.09	1332.49	1290.28	1270.04	1316.75	1348.56	1314.69
3	1213.64	1250.37	1234.80	1283.07	1256.29	1219.04	1200.83	1244.89	1279.09	1240.69
4	1159.96	1194.73	1194.48	1227.81	1201.99	1170.67	1150.43	1191.47	1230.93	1192.10
5	1113.37	1147.55	1153.41	1180.66	1154.55	1127.80	1106.41	1146.56	1190.31	1149.61
6	1067.91	1102.15	1105.99	1132.40	1105.22	1081.25	1062.95	1101.20	1147.08	1100.05
7	1031.91	1069.26	1074.31	1097.97	1072.37	1049.60	1028.73	1069.07	1122.86	1069.66
8	987.42	1024.14	1022.61	1048.07	1021.37	998.78	983.07	1020.71	1078.30	1015.42
9	940.31	974.58	965.31	993.38	964.37	943.64	937.28	966.02	1026.38	955.95
10	706.80	765.95	700.76	725.22	777.81	696.55	746.87	720.27	888.56	732.08
11	697.52	741.60	690.80	713.66	761.55	686.37	739.19	708.52	817.36	723.37
12	684.53	726.01	677.19	699.65	742.93	672.96	727.12	694.28	798.04	709.91
13	642.42	678.43	634.43	656.24	680.83	632.76	681.52	653.70	762.23	662.03
14	533.10	555.75	527.06	544.57	535.53	526.46	559.35	546.40	621.71	538.98
15	494.60	519.54	491.09	508.06	508.42	487.53	517.88	506.54	571.88	501.40
16	551.25	595.80	548.01	560.06	600.51	542.69	582.67	564.06	678.90	560.73
17	616.37	654.94	609.99	629.95	666.23	605.19	656.59	622.63	718.60	638.45
18	634.41	671.26	628.01	648.24	683.81	620.79	678.75	636.53	714.42	662.28
19	644.77	692.88	638.73	662.65	711.12	630.02	693.85	645.98	747.97	675.92
20	647.61	692.66	641.43	665.60	710.37	632.22	699.70	647.85	742.66	680.44
21	642.22	671.50	635.97	653.36	683.66	626.54	689.04	641.80	701.28	671.63
22	638.61	669.89	632.63	650.03	682.86	622.42	686.50	637.06	702.76	668.89
23	630.63	661.79	624.71	642.01	675.52	614.41	678.99	628.36	700.79	660.48
24	620.79	651.95	615.11	631.52	667.42	605.17	667.96	619.32	696.32	648.23
25	603.02	634.50	597.49	613.68	651.89	589.03	650.19	604.11	691.22	626.77
26	449.54	452.70	442.42	448.79	465.46	443.77	464.22	474.46	501.46	442.78
27	467.30	461.14	456.99	464.01	477.30	458.23	479.24	480.47	483.63	467.86
28	445.35	441.66	442.92	446.06	445.12	446.63	447.08	448.62	446.96	444.98
29	424.83	425.62	423.18	425.66	426.11	426.14	426.33	426.45	426.85	425.60
30	408.82	409.60	406.83	410.01	409.87	410.49	410.55	410.79	410.81	409.31
31	397.27	397.79	394.54	397.63	397.12	397.98	398.14	398.78	398.46	396.79
32	442.31	436.51	431.63	440.07	434.88	419.07	442.26	435.20	441.25	441.56
33	425.10	421.58	414.83	428.47	414.50	399.28	431.86	412.02	425.86	432.32
34	429.07	419.96	423.61	424.25	423.01	415.61	413.35	421.77	391.11	406.32
35	274.47	288.61	276.00	281.20	281.02	266.47	287.86	269.92	298.16	280.80
36	383.80	396.17	381.27	392.91	405.90	374.72	383.80	381.41	413.11	391.52
37	395.98	365.08	408.66	395.06	353.32	414.75	411.95	399.55	389.30	387.12
38	412.03	389.08	410.72	404.14	337.07	411.91	385.96	411.97	364.56	397.16
39	407.47	397.43	404.45	394.69	406.43	399.80	383.14	407.46	386.32	407.63
40	360.06	362.82	356.26	367.75	356.52	356.24	391.79	375.29	378.43	362.98
41	291.34	292.39	290.27	294.54	285.14	293.64	304.57	309.37	312.07	281.68
42	393.23	387.45	384.24	389.77	390.82	390.87	369.26	399.37	380.28	379.14
43	343.07	340.94	334.40	345.29	350.48	350.52	342.56	355.45	348.57	339.36
44	358.78	355.91	347.09	361.43	364.95	364.99	358.97	367.91	363.64	357.57
45	355.98	353.52	344.52	359.24	362.73	362.71	356.14	365.31	361.21	355.90
46	385.61	387.91	381.65	391.72	392.23	376.33	404.43	393.76	382.56	390.51
47	353.21	356.70	352.31	356.74	366.03	350.80	362.87	366.92	378.20	351.23
48	324.43	319.50	323.25	326.08	319.27	322.79	325.16	334.07	335.41	317.52
49	266.54	262.37	269.35	267.88	258.57	267.06	262.34	269.51	265.64	257.90
50	224.62	222.65	234.93	224.69	220.82	227.36	220.90	223.23	218.26	211.41

TABELA D.3 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE F3

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1480.10	1514.93	1517.33	1555.98	1541.16	1496.20	1456.25	1509.70	1539.91	1516.34
2	1280.93	1318.44	1309.57	1352.74	1330.55	1296.80	1253.17	1310.23	1345.49	1306.40
3	1210.61	1247.22	1241.69	1278.74	1255.10	1227.05	1185.43	1239.87	1275.53	1232.12
4	1158.08	1191.75	1201.78	1224.56	1202.18	1178.94	1139.22	1187.93	1226.26	1182.91
5	1112.11	1144.81	1160.60	1177.95	1156.73	1136.87	1097.37	1143.87	1183.95	1139.92
6	1067.05	1099.16	1113.30	1129.95	1107.93	1090.03	1053.38	1098.97	1138.85	1090.69
7	1033.06	1066.17	1081.53	1095.67	1076.79	1059.92	1019.94	1067.23	1111.39	1058.79
8	987.70	1021.19	1029.72	1045.54	1026.57	1008.36	972.68	1019.05	1063.38	1005.61
9	940.69	971.41	972.26	990.76	969.86	950.76	925.46	964.18	1007.83	948.49
10	675.78	770.14	661.96	692.92	771.16	668.68	692.56	694.04	819.03	682.61
11	665.29	740.33	648.82	680.98	757.76	654.98	683.03	680.55	787.70	672.39
12	651.85	724.27	632.60	665.41	739.94	638.20	670.12	664.90	768.05	658.34
13	612.84	685.10	593.19	623.62	683.52	596.81	629.62	625.26	718.58	616.33
14	516.63	568.78	506.93	525.58	546.08	504.17	529.54	529.79	579.19	512.83
15	482.69	519.01	477.43	493.20	508.82	472.58	497.60	495.48	532.73	478.03
16	528.01	573.26	512.14	532.17	578.98	514.31	543.18	540.24	610.64	524.34
17	583.69	646.91	560.58	592.59	654.13	565.42	601.47	590.87	676.52	588.88
18	598.49	658.93	573.86	609.11	675.07	579.05	617.63	602.53	686.72	607.07
19	606.61	682.39	581.11	618.12	687.36	587.00	627.98	610.18	702.02	616.79
20	607.89	681.65	582.22	620.40	689.25	588.02	630.69	610.78	703.02	619.59
21	601.97	658.11	576.64	614.72	678.20	581.88	624.67	604.11	682.35	614.46
22	597.76	656.04	572.49	610.42	674.41	577.52	620.00	598.82	679.86	611.01
23	589.50	648.81	564.42	601.97	663.70	569.49	611.23	590.17	672.49	603.14
24	579.91	638.51	555.12	591.41	650.85	560.50	600.55	581.14	662.76	592.96
25	563.56	624.14	539.90	573.47	628.09	545.53	584.21	566.77	649.32	574.38
26	413.51	447.65	404.66	427.24	449.03	412.56	431.70	437.68	472.44	418.18
27	429.89	449.89	415.92	442.96	463.51	430.03	446.74	445.60	469.85	435.43
28	431.48	436.79	414.46	441.88	443.55	427.65	440.91	440.98	442.24	437.37
29	425.07	424.69	422.42	426.05	425.86	426.23	426.24	426.56	426.77	425.15
30	409.02	409.34	406.89	410.05	410.23	410.37	410.59	410.74	410.90	409.22
31	397.42	397.82	394.75	397.60	397.65	398.13	398.16	398.76	398.65	396.61
32	426.27	407.22	442.51	416.38	427.65	431.28	413.06	427.55	428.58	416.71
33	418.96	391.04	435.87	406.33	398.45	437.10	392.08	434.95	420.39	398.20
34	397.42	395.82	382.32	414.40	411.31	386.41	408.97	389.92	400.50	415.15
35	259.14	281.00	261.11	266.34	268.15	252.81	269.44	256.07	271.00	261.28
36	357.92	378.40	344.13	368.96	384.74	352.04	351.91	354.52	367.78	361.92
37	410.73	389.64	397.49	415.38	385.38	407.74	406.70	410.13	409.79	413.84
38	400.13	392.21	385.71	408.27	410.60	395.18	402.79	399.34	387.18	404.88
39	378.92	396.04	367.17	390.78	395.60	375.13	391.81	382.99	386.00	384.13
40	337.63	363.19	329.01	344.39	344.85	336.88	349.50	348.56	354.33	336.97
41	284.19	292.44	282.37	286.38	283.73	286.89	289.86	297.98	294.01	275.52
42	373.26	362.23	354.32	378.40	376.47	367.15	352.75	366.21	354.70	372.36
43	341.25	333.44	334.28	346.34	347.72	350.59	341.45	354.00	343.98	341.86
44	358.69	348.39	346.71	362.29	363.13	365.03	359.64	366.07	360.00	359.44
45	355.88	346.29	344.12	360.15	360.63	362.73	356.35	363.32	357.04	357.60
46	356.50	355.66	344.40	366.32	358.84	357.22	361.65	357.82	351.58	361.89
47	331.80	331.87	324.20	338.65	334.23	337.58	338.03	340.35	342.79	336.58
48	308.28	307.55	303.84	313.57	308.00	312.65	310.35	314.99	314.76	310.27
49	262.26	259.34	264.52	263.98	258.20	264.34	259.38	265.08	262.10	256.65
50	224.58	221.59	233.76	225.79	221.88	225.67	218.71	224.72	218.46	209.35

TABELA D.4 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE F4

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1475.57	1519.20	1507.69	1555.29	1529.72	1495.45	1459.59	1489.03	1537.53	1516.38
2	1274.49	1323.69	1298.49	1354.28	1321.89	1292.94	1255.66	1290.46	1342.70	1306.11
3	1203.79	1252.12	1232.52	1280.58	1247.49	1222.58	1186.97	1222.70	1273.27	1231.82
4	1150.71	1196.30	1196.93	1226.44	1195.26	1174.42	1139.12	1173.23	1224.79	1183.47
5	1104.13	1148.86	1157.74	1179.62	1149.96	1131.64	1095.51	1130.61	1182.34	1140.40
6	1059.54	1102.59	1111.07	1131.51	1100.60	1085.20	1051.49	1087.00	1136.25	1091.19
7	1023.99	1069.01	1081.20	1096.98	1068.41	1053.61	1016.54	1055.55	1107.07	1059.57
8	978.89	1022.62	1028.98	1046.80	1014.93	1002.76	970.42	1008.60	1057.66	1005.78
9	933.07	971.33	970.57	991.73	954.94	946.34	924.19	955.54	999.67	947.77
10	636.78	710.54	658.19	671.55	649.73	642.90	643.51	652.55	764.70	617.80
11	625.06	694.57	645.01	657.42	633.57	627.97	632.25	635.72	747.58	603.13
12	611.20	678.29	628.25	640.05	613.47	609.99	618.38	616.39	727.91	585.54
13	576.21	637.80	588.98	599.48	569.87	570.73	583.46	577.91	674.71	548.35
14	498.08	532.75	506.57	514.47	487.57	491.79	513.33	506.12	552.02	481.84
15	471.05	492.71	477.64	485.69	461.46	463.71	492.85	479.87	510.68	457.81
16	498.66	533.94	504.17	512.09	482.79	489.57	513.67	494.62	569.84	471.74
17	544.58	600.63	551.08	562.07	527.67	533.40	553.29	531.55	631.52	511.94
18	556.00	614.38	561.98	575.33	540.01	543.93	564.51	538.99	646.78	523.80
19	561.79	627.82	566.20	581.99	546.96	549.50	570.98	543.21	656.21	528.97
20	562.06	629.40	565.25	582.72	547.44	549.44	571.81	542.10	657.04	529.08
21	556.17	613.87	557.76	576.35	539.89	542.86	566.19	534.62	647.23	523.35
22	551.51	609.76	550.86	571.23	534.26	537.76	561.51	528.28	640.45	519.05
23	543.63	600.53	539.35	562.37	524.72	529.52	553.45	519.03	629.01	511.18
24	534.54	588.95	526.28	551.74	513.86	520.37	543.70	509.40	615.89	501.76
25	519.77	571.48	508.80	535.29	497.33	506.16	529.19	495.78	598.58	486.42
26	388.66	411.10	382.09	394.62	365.53	386.12	398.69	382.04	427.22	358.48
27	398.22	421.86	394.05	409.96	377.82	394.54	407.89	389.71	437.94	370.97
28	400.94	416.56	395.04	406.51	376.73	392.83	404.07	386.67	422.83	372.91
29	423.41	420.13	413.51	422.72	403.98	414.95	423.68	406.76	424.18	402.27
30	409.05	407.52	405.77	409.83	407.24	408.33	410.47	406.20	410.76	406.72
31	397.33	397.02	394.69	397.53	397.46	397.82	398.18	396.40	398.53	396.51
32	428.31	433.38	423.44	436.88	403.53	415.17	433.76	400.22	438.82	404.79
33	417.18	430.10	411.97	427.93	391.20	404.23	421.83	389.08	422.60	395.32
34	360.28	390.16	354.69	375.32	336.04	350.00	363.51	337.91	378.01	345.46
35	242.23	260.83	254.01	250.90	238.77	233.68	275.76	223.44	252.50	222.37
36	327.86	352.78	325.64	335.35	305.36	320.23	324.36	312.53	334.12	309.95
37	375.53	404.89	367.62	380.63	350.84	365.75	370.16	357.08	379.65	353.40
38	361.95	391.05	353.97	369.86	339.26	354.27	361.33	346.99	370.43	341.78
39	342.86	370.67	337.64	353.51	324.22	338.79	347.94	334.73	359.63	324.12
40	312.25	328.60	308.59	318.54	298.96	311.81	318.41	312.89	326.71	296.30
41	277.91	280.79	278.35	280.03	275.19	280.53	283.55	285.11	285.13	266.94
42	333.51	344.82	323.98	331.93	321.59	332.81	329.96	331.68	332.61	321.80
43	324.50	326.18	317.09	324.77	312.42	324.36	322.68	325.06	324.23	313.87
44	334.02	338.52	324.82	336.68	324.05	333.93	333.89	333.11	335.35	324.50
45	331.45	335.99	323.63	335.97	322.67	332.21	333.15	331.91	333.27	322.48
46	325.33	331.10	318.79	329.82	317.53	327.23	328.26	328.86	329.16	317.18
47	311.78	312.66	306.78	314.91	305.52	315.00	315.02	317.96	320.46	305.25
48	294.86	294.29	292.50	297.02	288.73	297.74	295.99	299.71	299.79	289.40
49	259.39	257.62	262.19	259.02	253.55	260.48	257.34	261.44	258.15	251.76
50	225.68	223.29	232.85	224.41	221.32	225.84	220.33	224.97	218.73	210.16

TABELA D.5 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE F5

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1466.05	1525.23	1503.93	1558.30	1534.05	1493.91	1419.32		1539.65	1516.61
2	1264.11	1332.88	1295.34	1356.72	1323.26	1290.76	1210.34		1345.09	1306.34
3	1194.01	1262.04	1231.14	1282.63	1248.62	1220.06	1143.08		1274.47	1232.13
4	1142.96	1206.43	1197.76	1227.80	1197.62	1171.56	1098.40		1224.03	1183.97
5	1098.15	1158.63	1159.76	1180.68	1152.03	1129.26	1058.97		1180.14	1141.13
6	1053.36	1112.03	1113.68	1132.68	1102.72	1082.79	1018.16		1132.94	1091.61
7	1019.46	1078.27	1084.24	1098.01	1069.95	1052.03	985.04		1102.21	1060.21
8	973.25	1030.12	1032.94	1047.71	1016.76	1000.88	940.29		1051.10	1006.20
9	926.16	976.70	974.59	992.92	956.67	943.98	896.51		992.08	948.08
10	610.99	649.10	667.50	658.65	635.05	627.17	585.86		731.34	611.95
11	597.39	633.81	652.02	642.33	616.53	608.78	572.54		715.72	596.40
12	581.41	615.00	632.00	622.30	593.57	586.24	557.52		696.79	577.93
13	547.43	576.36	589.91	582.03	549.11	543.74	528.72		647.58	541.29
14	486.69	498.42	504.69	507.85	477.85	477.98	485.87		536.22	480.14
15	464.69	469.39	472.49	481.31	455.17	455.23	470.84		498.56	457.68
16	477.80	486.58	492.68	493.22	459.70	458.39	474.24		545.85	466.81
17	511.52	533.93	538.71	534.08	493.87	488.83	495.47		603.24	502.05
18	520.76	545.58	547.76	544.07	503.16	496.64	501.95		617.43	512.51
19	525.33	551.82	550.24	547.99	508.00	499.81	504.97		625.84	516.80
20	524.96	554.19	548.86	547.97	506.91	497.97	504.23		626.45	516.43
21	518.95	549.52	541.14	541.58	497.66	489.20	498.80		617.56	510.61
22	514.21	544.94	533.24	535.22	490.63	481.99	494.19		610.07	506.12
23	506.30	536.79	521.83	525.61	479.47	470.82	486.70		598.43	498.14
24	497.27	527.13	508.74	514.20	467.20	459.03	477.52		585.30	488.65
25	483.51	512.31	491.98	498.47	450.33	443.40	464.65		568.69	473.66
26	363.20	377.43	365.31	366.70	330.77	329.93	352.12		400.98	349.44
27	372.97	387.63	372.77	379.74	338.05	335.77	359.59		415.11	360.87
28	370.38	390.78	368.39	378.63	336.75	333.14	357.24		399.31	362.16
29	393.14	413.45	383.32	397.33	358.09	349.63	377.02		412.53	388.66
30	397.73	407.05	386.08	402.78	362.04	354.19	381.84		410.75	394.07
31	392.38	396.38	380.41	394.98	358.67	351.74	378.58		398.54	386.73
32	386.59	425.35	378.76	400.97	352.41	345.53	371.86		436.36	390.14
33	376.13	416.41	365.66	391.59	343.12	337.82	361.38		423.00	381.05
34	329.21	364.85	321.75	344.59	299.99	299.16	317.35		360.47	334.51
35	240.66	232.76	245.62	236.27	300.43	283.35	247.68		237.84	225.22
36	302.65	315.77	296.92	303.61	281.88	283.60	294.28		311.22	302.44
37	340.29	367.22	331.84	342.86	318.23	315.18	330.24		355.32	342.60
38	330.23	357.40	320.61	335.09	310.35	308.98	321.45		348.82	332.13
39	317.07	340.64	309.27	323.62	301.96	302.21	310.77		340.84	316.67
40	296.62	311.07	292.31	301.29	287.98	289.77	293.50		313.73	292.38
41	275.82	276.99	275.31	277.48	274.43	276.30	275.88		281.73	266.51
42	311.18	322.03	307.65	310.30	308.95	307.23	310.53		321.82	316.29
43	304.19	311.92	301.61	303.90	301.58	301.24	303.78		314.48	308.91
44	312.83	324.33	308.39	313.72	312.65	309.31	311.62		324.34	319.09
45	311.72	323.09	307.12	313.35	311.85	308.68	310.59		322.67	317.39
46	308.40	317.26	304.69	310.29	308.89	306.31	307.69		319.35	312.84
47	300.37	304.38	298.23	301.57	300.18	300.08	300.15		310.63	302.34
48	287.03	290.59	287.06	288.64	285.64	287.24	286.39		293.27	287.51
49	257.49	257.55	261.67	258.13	253.17	258.30	255.85		256.32	251.50
50	223.59	226.35	232.48	222.98	219.90	224.39	222.78		220.28	210.65

TABELA D.6 – MÉDIAS DA REGIÃO DE INTERESSE FP

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1462.27	1518.66	1526.82	1551.29	1542.03	1488.96	1440.82	1511.59	1517.91	1530.78
2	1266.17	1323.25	1317.37	1347.70	1332.34	1280.74	1239.74	1317.58	1319.15	1322.10
3	1200.25	1252.53	1256.67	1275.99	1258.30	1218.59	1187.17	1253.18	1267.11	1251.51
4	1154.00	1198.04	1231.33	1228.49	1208.70	1191.67	1171.64	1208.63	1245.35	1214.00
5	1111.84	1151.09	1194.09	1185.71	1164.16	1155.94	1139.38	1166.50	1208.97	1175.67
6	1068.19	1105.25	1146.80	1138.90	1115.83	1110.13	1094.36	1121.82	1163.15	1126.95
7	1036.92	1071.73	1117.46	1107.89	1084.43	1081.88	1067.49	1091.55	1135.28	1099.15
8	990.54	1024.78	1064.47	1056.84	1031.82	1029.36	1014.65	1043.20	1082.80	1044.11
9	940.56	972.45	1001.50	997.89	971.02	966.33	950.64	985.43	1016.94	979.29
10	605.27	626.02	645.33	655.36	635.14	626.18	619.79	670.52	684.40	635.71
11	586.72	606.52	625.94	635.40	615.55	607.43	601.00	650.60	664.01	616.29
12	564.29	582.65	600.43	609.17	589.12	581.21	574.85	625.67	636.84	589.47
13	529.51	543.46	557.50	564.07	543.43	536.18	531.01	580.52	587.10	543.27
14	483.92	486.73	492.19	498.55	478.52	474.57	476.44	504.03	508.22	479.56
15	461.23	463.54	465.99	474.28	455.47	452.10	457.88	477.91	483.17	454.82
16	454.09	461.96	463.96	469.56	448.92	442.21	449.40	477.85	480.54	446.99
17	459.68	472.93	475.22	486.25	465.81	453.16	456.41	507.06	506.28	459.78
18	460.16	474.64	478.54	491.65	471.02	458.68	460.32	511.06	513.63	466.28
19	461.35	476.32	480.59	493.13	472.75	461.68	461.72	511.25	516.60	469.55
20	459.30	474.33	478.22	490.74	470.98	460.53	460.44	508.28	515.11	468.16
21	451.73	465.66	470.10	482.49	462.47	452.94	453.44	499.16	506.51	460.29
22	443.97	457.16	461.73	474.07	453.86	444.97	446.33	489.70	497.84	452.36
23	431.71	443.59	446.97	458.99	437.65	429.69	432.51	473.88	481.59	437.20
24	419.31	429.65	431.68	443.24	421.29	413.63	417.80	458.39	465.01	421.00
25	405.27	413.98	414.58	425.14	402.69	395.52	401.50	440.92	445.72	402.23
26	356.19	341.73	337.02	327.50	356.51	355.57	349.20	322.00	319.40	368.46
27	291.66	293.65	289.30	297.74	290.40	293.78	291.20	306.33	306.46	293.80
28	289.56	291.12	291.64	297.33	288.73	290.88	290.77	305.24	305.23	286.11
29	301.87	302.08	304.39	307.89	299.79	300.86	301.12	315.17	316.21	298.73
30	306.49	306.62	308.36	312.49	304.16	304.45	305.04	319.00	321.10	303.21
31	306.20	306.91	307.55	312.79	304.88	304.63	305.42	318.46	320.92	303.30
32	302.83	303.94	304.75	310.35	303.40	303.00	304.15	315.67	317.96	301.40
33	298.02	298.92	300.46	305.95	300.13	300.15	301.07	311.16	312.54	298.00
34	268.22	268.64	273.59	276.00	269.76	271.27	272.67	280.16	280.45	269.49
35	334.01	337.44	235.36	283.90	304.50	290.44	323.11	298.92	302.07	315.80
36	264.83	262.85	270.79	269.16	265.14	268.48	268.91	273.50	271.38	263.54
37	289.20	287.66	291.99	294.10	293.29	294.49	294.82	302.50	301.33	289.39
38	286.57	285.38	289.17	291.51	290.49	291.77	291.80	299.51	297.69	286.63
39	285.10	284.31	287.04	289.67	288.81	289.98	289.45	297.23	294.64	283.83
40	279.81	278.76	281.09	283.15	282.30	283.84	283.00	290.08	287.14	276.14
41	272.50	271.33	273.32	274.52	273.63	275.28	274.28	279.96	277.69	264.05
42	291.83	289.75	294.78	296.30	297.15	297.99	298.26	306.29	304.76	292.36
43	286.49	283.65	290.54	291.29	290.67	292.48	293.34	301.79	299.08	287.88
44	293.74	292.23	296.78	299.25	300.14	300.25	300.34	309.31	307.44	295.57
45	293.25	291.76	296.03	299.02	299.93	299.97	299.92	309.15	306.92	295.17
46	291.77	289.70	293.96	297.42	298.39	298.63	298.43	307.85	305.03	293.45
47	288.44	285.96	290.03	293.14	293.40	294.51	294.08	302.50	299.11	288.84
48	278.93	276.40	281.18	282.48	281.53	283.42	283.18	289.15	285.99	278.43
49	255.39	253.11	259.67	257.00	253.70	256.94	257.04	258.55	255.81	249.52
50	224.30	222.57	232.62	224.62	221.39	224.10	224.78	222.79	220.92	211.06

TABELA D.7 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE F1

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1.40	3.04	3.90	4.96	0.39	2.73	23.22	10.83	10.71	1.12
2	1.39	3.00	4.66	6.87	0.25	3.81	26.02	8.96	13.38	1.68
3	1.30	2.80	4.01	6.57	0.36	3.64	24.83	7.16	12.02	2.05
4	1.52	2.36	4.91	4.81	0.88	3.07	22.19	7.43	10.06	2.91
5	2.74	2.15	8.15	3.62	1.03	3.08	19.63	10.26	9.88	3.44
6	3.17	2.37	11.06	3.48	1.56	3.03	18.04	11.46	10.62	3.98
7	4.93	3.81	15.37	2.63	2.55	3.11	17.20	15.01	13.37	4.96
8	6.69	5.59	19.53	3.17	3.61	3.33	16.81	18.22	16.70	6.05
9	7.75	7.01	22.33	4.15	4.37	3.67	15.88	20.53	19.57	6.45
10	41.72	40.69	9.24	23.18	30.85	27.05	36.36	41.88	40.88	41.59
11	32.45	18.31	0.01	23.34	26.57	27.47	26.67	27.88	10.30	32.00
12	30.03	16.57	0.01	23.57	26.05	27.53	24.95	25.98	9.17	30.15
13	34.24	29.14	0.33	22.54	32.40	27.12	28.41	33.62	19.52	35.99
14	23.65	26.08	20.39	14.09	24.54	18.59	17.23	25.01	31.20	21.67
15	18.22	18.99	16.37	10.92	17.19	10.49	14.69	19.27	22.65	15.04
16	28.64	26.90	26.13	18.21	16.02	16.47	27.19	31.65	34.04	24.35
17	27.94	15.08	0.00	23.04	25.43	24.01	23.05	24.68	10.00	27.38
18	17.15	4.92	0.01	19.41	12.96	23.86	13.32	15.06	4.85	15.89
19	27.00	9.87	0.00	25.81	18.05	25.51	21.85	26.45	7.78	24.73
20	22.62	7.15	0.00	23.94	15.72	27.07	17.90	22.92	5.96	20.64
21	7.37	1.95	0.00	10.00	7.99	20.35	3.71	7.26	2.62	7.82
22	9.29	2.41	0.01	11.85	8.85	22.00	5.19	9.86	3.29	9.63
23	12.01	3.38	0.01	14.38	10.89	24.31	7.80	13.12	4.47	12.09
24	14.75	4.36	0.00	16.90	12.44	25.59	10.73	15.71	5.58	14.31
25	21.54	8.05	0.00	21.52	17.40	26.98	16.89	20.34	7.99	21.98
26	13.01	29.50	0.00	15.65	16.89	16.49	16.50	14.92	28.09	15.48
27	5.55	7.57	2.29	6.64	8.95	7.54	4.32	5.77	5.28	5.15
28	1.53	1.21	1.30	2.02	3.25	1.69	1.80	1.80	1.42	1.46
29	0.60	0.95	0.22	0.91	0.78	0.88	0.94	0.81	0.78	0.75
30	0.49	0.40	0.12	0.44	0.87	0.52	0.48	0.84	0.58	0.57
31	0.37	0.34	0.16	0.41	0.50	0.39	0.39	0.83	0.36	0.29
32	1.50	1.13	6.80	2.01	2.54	4.38	2.11	1.60	0.97	2.49
33	7.53	3.74	10.26	4.79	6.93	8.41	5.43	4.22	3.55	8.22
34	26.60	13.62	12.84	36.48	27.54	35.26	36.42	34.75	9.10	30.19
35	12.36	10.30	7.57	8.20	8.09	6.57	10.21	12.60	12.18	8.24
36	36.92	30.76	18.43	24.80	0.78	10.39	13.39	27.59	31.02	24.82
37	4.14	3.06	9.03	7.92	19.79	30.26	25.18	5.55	6.01	14.48
38	8.63	8.21	13.73	16.87	46.91	52.58	18.32	19.23	8.10	26.61
39	25.19	13.93	9.88	39.31	40.51	38.95	34.23	35.13	9.08	39.04
40	27.54	32.82	5.19	9.31	15.26	11.63	22.20	28.14	33.18	12.16
41	11.54	10.45	7.27	6.43	8.03	4.99	8.97	11.24	14.78	6.64
42	0.31	0.37	0.26	0.22	0.58	1.91	8.56	0.22	0.69	1.57
43	1.23	0.99	0.06	1.66	0.21	0.32	0.88	0.12	0.14	2.69
44	0.13	0.58	0.07	1.15	0.19	0.32	0.91	0.11	0.14	2.02
45	0.16	0.10	0.06	1.39	0.29	0.35	0.70	0.12	0.17	1.99
46	0.47	1.67	0.21	0.70	7.39	9.17	1.06	2.94	2.37	3.46
47	34.04	27.10	29.27	18.68	19.84	11.09	27.30	35.46	39.24	17.08
48	6.78	7.93	0.36	11.34	16.75	7.67	13.80	10.02	5.40	12.45
49	6.77	4.41	3.61	3.76	5.06	2.58	4.58	8.60	6.40	3.95
50	3.49	3.04	2.30	3.34	2.41	4.69	5.73	4.18	3.45	5.87

TABELA D.8 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE F2

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1.42	4.47	4.06	3.86	2.06	3.80	22.87	11.04	18.60	2.98
2	1.38	4.78	4.55	3.24	1.55	5.85	20.80	9.32	24.63	4.07
3	1.49	4.51	4.80	2.94	1.17	6.05	18.28	7.53	22.99	4.22
4	1.48	3.98	5.42	2.44	0.10	5.79	15.32	6.06	19.19	4.83
5	1.29	2.47	5.60	2.12	0.42	5.84	12.45	5.15	16.55	5.17
6	1.31	1.51	5.49	1.85	0.93	5.80	10.70	4.18	13.83	4.84
7	1.41	2.76	5.71	2.02	0.11	6.45	9.27	3.73	13.07	5.70
8	1.51	6.23	5.96	2.56	0.00	6.05	8.79	3.52	13.15	5.24
9	1.83	9.36	5.34	3.27	2.36	5.16	8.59	2.90	12.98	3.36
10	6.54	65.91	8.36	34.49	37.71	17.40	16.06	13.56	21.94	26.16
11	6.20	41.67	8.62	31.71	34.45	17.48	16.23	13.25	3.62	25.71
12	6.05	40.32	8.87	32.42	32.74	17.42	16.14	13.11	4.33	25.17
13	5.98	48.75	8.46	36.06	25.65	17.46	14.47	11.55	22.69	23.11
14	4.14	47.68	4.99	26.18	9.63	11.96	8.28	6.17	41.22	13.14
15	2.04	31.87	3.31	15.51	11.13	6.57	5.46	4.71	19.80	9.09
16	4.48	43.28	7.17	17.50	31.03	11.07	10.37	11.21	22.64	16.08
17	4.99	37.26	8.88	30.09	31.96	14.40	14.49	12.56	9.45	21.49
18	5.41	27.49	9.58	27.21	22.98	14.87	15.91	13.56	2.68	22.30
19	5.77	37.29	10.05	33.40	39.51	15.07	17.25	14.40	9.07	23.65
20	6.19	34.70	10.32	34.56	35.38	15.50	18.45	14.57	7.05	24.11
21	6.54	19.89	10.36	23.44	9.06	15.63	11.23	14.64	1.01	18.87
22	6.75	21.58	10.42	24.44	11.29	15.58	13.08	15.09	2.02	20.35
23	7.00	24.68	10.39	26.03	15.62	15.36	15.21	15.33	3.63	21.69
24	7.26	27.21	10.37	26.93	19.43	15.15	16.43	15.80	5.40	22.58
25	7.45	32.90	10.08	29.45	26.70	14.60	17.04	15.90	9.02	23.46
26	9.88	24.48	8.80	21.73	23.53	11.34	14.17	15.19	2.09	14.36
27	6.97	15.39	8.02	8.31	4.42	7.16	8.44	7.35	5.37	9.35
28	1.35	3.82	2.02	2.10	0.70	2.95	1.61	0.86	1.25	2.16
29	0.76	0.88	0.35	0.80	0.14	0.88	0.90	0.76	0.56	0.78
30	0.24	0.24	0.18	0.40	0.35	0.50	0.49	0.75	0.43	0.63
31	0.38	0.35	0.19	0.37	0.17	0.51	0.45	0.48	0.39	0.31
32	1.64	8.48	10.66	2.77	2.38	16.96	2.10	15.34	5.01	2.66
33	3.97	15.72	18.51	6.39	1.61	25.81	5.52	27.51	12.15	8.01
34	2.08	15.19	6.95	14.00	2.52	11.49	34.43	7.68	34.04	40.53
35	1.76	14.30	2.70	8.10	9.91	3.70	3.75	4.22	8.82	5.52
36	3.05	40.72	6.49	13.56	12.16	10.14	6.43	8.62	14.81	13.67
37	47.22	37.54	24.99	33.61	19.78	5.18	13.74	47.11	22.44	39.12
38	0.00	41.82	0.00	19.73	105.86	0.17	41.54	0.00	38.06	31.78
39	0.78	21.19	4.67	37.56	0.00	6.43	44.42	2.17	35.18	1.68
40	4.20	16.38	5.27	16.53	2.07	8.47	8.67	8.03	26.81	8.17
41	1.61	14.03	1.88	8.14	0.02	3.20	5.08	3.98	15.99	2.96
42	0.25	5.35	1.44	9.44	2.80	5.58	16.67	3.22	15.27	14.83
43	0.07	1.61	0.05	2.71	0.00	0.18	0.53	0.13	3.36	2.93
44	0.04	1.74	0.04	2.75	0.03	0.17	1.31	0.18	2.04	2.18
45	0.02	1.51	0.04	2.50	0.03	0.20	0.37	0.12	1.72	2.18
46	6.77	9.48	7.45	7.21	0.36	7.76	6.17	10.51	10.11	11.83
47	3.35	17.75	5.09	6.00	11.58	5.43	4.20	8.12	13.35	7.87
48	3.14	12.08	3.72	5.64	1.85	4.96	3.26	5.61	8.98	5.94
49	1.28	2.39	1.10	1.51	3.49	1.30	2.30	1.86	2.80	2.14
50	2.39	2.72	1.97	4.27	1.27	4.39	5.29	2.64	2.05	3.95

TABELA D.9 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE F3

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1.70	5.68	12.20	7.12	3.88	2.23	10.99	15.01	16.24	0.89
2	3.15	5.92	15.41	8.12	4.20	3.17	11.38	13.53	22.02	1.03
3	4.03	5.80	16.65	7.28	3.42	3.07	10.31	11.40	21.41	1.01
4	4.78	5.22	17.67	5.05	1.53	2.74	8.01	10.04	19.23	1.22
5	5.71	4.49	17.90	3.32	2.33	2.52	6.45	8.70	17.92	1.29
6	6.12	4.24	17.62	2.91	3.19	2.10	5.97	7.42	16.82	0.98
7	7.00	2.88	18.31	1.88	4.99	2.18	5.08	6.59	17.62	1.37
8	7.46	2.09	18.10	1.92	6.08	2.33	5.46	5.74	17.78	1.17
9	7.03	2.61	17.03	2.39	6.29	1.52	5.96	4.60	16.81	1.35
10	10.91	80.53	11.97	18.49	31.66	7.12	8.46	10.82	51.13	19.83
11	10.69	60.19	12.00	17.88	31.13	7.44	8.67	10.80	31.02	20.01
12	10.45	59.47	12.17	17.01	30.26	7.86	8.75	10.91	31.48	19.94
13	9.64	68.41	12.19	14.74	30.40	7.25	7.97	10.38	40.34	19.08
14	5.54	55.92	6.89	6.66	21.39	4.12	4.34	6.25	29.41	10.89
15	3.66	32.08	4.46	3.18	11.05	3.33	3.29	3.40	21.75	6.94
16	7.47	34.68	7.09	11.01	20.49	9.38	6.15	9.76	38.50	13.29
17	9.89	51.62	12.55	13.87	22.70	9.85	8.38	11.11	36.47	17.57
18	10.81	43.49	13.60	14.58	23.48	10.67	9.22	11.88	29.08	18.59
19	11.44	55.57	14.53	14.92	23.73	11.28	9.84	12.57	36.69	19.37
20	11.81	54.36	15.53	14.83	24.66	11.34	10.19	13.06	36.09	20.18
21	11.98	38.98	16.23	14.67	22.85	11.42	10.25	13.50	23.91	20.61
22	12.19	40.71	16.64	14.92	23.52	11.79	10.38	13.92	27.15	20.82
23	12.23	44.44	17.28	14.92	24.24	11.98	10.37	14.38	30.86	20.87
24	12.27	45.87	17.84	15.19	24.39	12.35	10.33	15.02	33.77	20.90
25	11.94	51.81	18.10	15.10	24.44	12.37	10.04	15.48	38.48	20.53
26	13.22	42.98	13.40	13.07	13.07	7.34	10.40	13.40	31.84	11.46
27	14.90	22.98	15.10	9.98	11.17	10.34	7.93	10.83	20.21	12.39
28	12.65	10.49	16.40	6.30	4.87	8.60	5.54	7.26	7.91	7.35
29	0.60	2.42	2.16	0.76	1.11	0.99	0.82	0.80	0.74	0.81
30	0.52	0.65	0.19	0.35	0.92	0.55	0.45	0.56	0.46	0.64
31	0.34	0.31	0.10	0.43	0.38	0.45	0.38	0.50	0.34	0.39
32	35.65	26.11	1.32	33.37	13.70	37.50	29.59	32.63	28.00	35.40
33	37.88	44.33	3.26	37.54	34.79	1.42	39.34	15.13	32.88	48.11
34	13.07	24.97	13.56	11.11	22.64	8.61	8.07	11.62	25.18	12.63
35	5.33	13.85	3.16	4.67	6.16	5.37	3.29	4.99	13.86	6.21
36	10.73	16.52	7.35	9.92	18.68	8.03	7.01	8.14	24.70	11.86
37	8.88	42.13	11.35	1.84	44.79	7.71	7.64	6.38	8.76	4.09
38	11.59	45.16	10.82	5.17	2.53	9.15	6.53	9.14	34.85	8.23
39	12.05	11.86	9.95	10.96	11.81	8.32	7.11	9.60	24.03	12.95
40	8.75	32.29	7.95	8.13	14.33	5.94	5.67	8.20	23.47	10.38
41	2.55	13.29	2.24	2.38	4.42	1.82	1.82	3.60	8.84	3.32
42	14.05	14.15	7.94	13.95	11.96	8.10	10.50	10.49	14.35	13.12
43	0.80	7.40	0.57	1.93	3.61	0.25	3.13	2.90	6.59	1.34
44	0.11	6.73	1.02	1.57	2.21	0.24	1.41	3.61	4.18	1.02
45	0.37	6.25	0.97	1.40	2.45	0.25	0.53	3.48	3.70	1.15
46	10.63	9.57	7.37	12.21	10.24	6.80	7.23	8.00	7.78	10.55
47	8.26	10.58	7.18	10.24	8.89	6.03	5.56	6.74	9.96	8.35
48	5.98	9.39	5.97	6.64	8.04	3.92	4.00	5.10	5.32	5.80
49	1.98	1.61	1.99	2.14	2.45	2.04	2.27	1.69	2.68	2.00
50	3.06	2.36	1.75	2.92	3.79	5.04	6.62	3.07	3.84	5.45

TABELA D.10 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE F4

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	2.07	3.44	5.46	4.44	2.25	2.39	22.26	2.03	17.45	0.62
2	2.25	4.71	7.53	4.82	2.86	3.12	26.02	2.25	23.80	0.77
3	2.16	4.85	8.29	4.28	2.86	2.94	24.96	2.38	22.59	0.74
4	2.03	4.87	9.98	2.82	2.80	2.57	22.47	2.43	19.39	0.75
5	2.22	4.66	10.78	1.95	2.90	2.47	20.12	2.35	17.85	1.01
6	2.06	4.36	10.82	1.81	2.92	2.16	18.23	2.32	16.21	0.68
7	2.18	4.08	12.00	1.34	3.08	2.22	17.42	2.27	15.87	0.72
8	2.17	3.26	11.45	1.23	2.80	2.30	16.58	2.03	14.58	0.90
9	1.80	2.36	9.10	2.45	2.52	1.62	15.17	2.03	12.69	1.10
10	10.98	57.03	22.67	18.30	8.03	9.60	9.02	5.89	31.04	8.75
11	11.09	52.85	21.68	19.36	8.36	10.47	9.46	6.18	26.78	9.07
12	10.98	52.98	20.38	20.22	8.77	11.44	9.77	6.70	26.76	9.25
13	9.82	58.46	18.76	19.07	8.10	11.41	8.74	6.44	26.96	8.54
14	4.21	40.02	8.71	7.87	3.63	5.77	2.45	2.89	17.02	4.01
15	2.57	19.53	5.80	3.94	3.31	3.95	3.36	2.11	11.98	3.21
16	8.51	20.14	14.69	14.41	8.84	10.88	4.56	8.15	22.24	7.17
17	10.61	45.39	17.20	21.38	10.84	14.41	8.86	9.93	26.02	9.15
18	11.55	40.48	18.02	23.04	11.60	15.49	9.78	10.93	25.42	10.09
19	12.15	46.23	18.92	24.15	12.06	16.30	10.52	11.79	27.36	10.77
20	12.49	49.78	19.27	24.95	12.16	16.69	10.85	12.00	27.91	11.00
21	12.66	39.29	19.97	25.33	12.26	16.90	10.74	12.21	25.35	10.99
22	13.05	40.70	21.00	25.65	12.53	17.18	10.75	12.81	26.13	11.16
23	13.31	44.55	22.51	25.73	12.63	17.40	10.69	13.32	26.99	11.10
24	13.73	45.76	24.89	25.87	12.74	17.59	10.79	14.13	27.15	11.00
25	13.73	48.96	26.90	25.72	12.50	17.42	10.62	14.60	27.65	10.58
26	9.77	36.85	16.81	14.35	9.21	19.28	8.53	11.59	23.54	6.29
27	7.51	28.30	13.97	15.95	9.36	13.64	8.74	10.74	19.29	8.48
28	8.40	18.21	15.55	12.91	9.40	13.53	8.49	10.48	14.23	6.98
29	4.13	6.41	9.79	4.21	9.88	11.85	4.36	10.99	6.29	0.76
30	0.46	2.67	2.21	0.94	4.15	3.76	0.63	6.44	0.52	0.77
31	0.39	1.20	0.16	0.43	0.90	1.13	0.39	3.78	0.38	0.41
32	9.89	28.48	14.93	10.34	10.93	17.44	9.73	13.58	13.57	3.51
33	9.98	26.28	15.26	14.25	10.91	17.23	10.88	12.87	37.76	4.73
34	8.15	28.17	17.03	16.63	8.51	13.55	8.41	10.11	18.79	7.96
35	4.26	9.36	3.65	6.35	43.15	14.42	5.03	11.53	10.89	5.60
36	7.26	11.93	12.40	10.22	8.13	10.24	6.07	9.08	21.53	5.90
37	8.23	10.98	14.74	11.74	9.99	13.51	9.22	10.87	15.91	7.54
38	7.29	15.93	12.93	11.65	8.46	12.55	8.93	9.57	13.48	6.83
39	6.23	19.55	10.81	12.07	6.93	11.00	8.59	8.20	14.86	5.75
40	4.38	19.85	8.70	8.91	4.03	7.44	6.03	5.68	13.63	3.86
41	1.00	6.19	1.90	2.04	0.65	1.76	1.40	1.68	3.97	0.81
42	5.06	9.63	6.24	5.62	5.08	7.87	6.57	5.76	6.58	5.31
43	4.78	8.73	5.12	4.98	4.91	7.63	6.00	5.37	4.70	6.49
44	5.36	8.90	5.32	5.59	5.13	7.76	6.59	5.42	4.30	7.68
45	4.57	8.86	4.98	5.37	4.84	7.42	6.47	5.18	3.98	5.90
46	3.97	8.28	4.36	4.97	3.82	6.67	5.92	4.56	3.98	4.19
47	3.28	6.62	4.90	4.16	2.49	4.89	4.32	3.89	5.08	2.92
48	2.31	6.82	3.94	2.92	1.69	3.34	3.04	2.56	3.25	2.08
49	1.56	1.85	1.06	1.96	1.90	1.55	1.75	1.39	2.26	1.59
50	2.61	2.52	1.62	3.49	4.27	2.68	4.21	3.07	3.12	3.81

TABELA D.11 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE F5

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	1.28	2.12	2.01	0.88	0.72	4.54	1.89		12.62	1.05
2	1.10	1.51	3.95	0.78	0.83	5.90	1.43		17.28	1.03
3	1.01	1.41	5.71	0.93	1.20	5.62	1.46		16.97	1.10
4	1.16	1.34	11.23	0.86	2.05	5.25	1.47		15.23	1.32
5	1.55	1.22	13.12	1.18	2.26	5.01	1.79		14.19	1.57
6	1.29	1.13	13.24	1.03	2.63	4.65	1.74		13.05	1.33
7	1.30	0.71	14.79	1.36	3.09	4.82	1.77		12.77	1.73
8	1.48	0.86	14.34	1.08	3.08	4.48	2.27		11.38	1.45
9	1.23	1.32	11.53	1.01	2.48	3.79	2.18		9.13	1.04
10	5.86	9.14	22.75	10.62	3.17	7.29	6.20		15.48	9.32
11	6.17	10.71	23.44	11.28	3.26	7.06	6.50		15.49	10.55
12	6.49	12.17	23.70	11.78	3.36	6.64	6.79		15.35	11.81
13	6.17	12.64	22.20	11.38	3.12	5.59	6.08		13.59	10.97
14	2.85	5.84	11.98	5.95	2.43	2.78	3.75		7.12	3.39
15	2.41	2.92	5.53	3.20	2.65	2.90	4.52		4.49	2.50
16	4.10	7.78	13.77	7.32	4.95	6.49	5.35		10.29	8.43
17	7.11	15.64	21.73	13.10	4.89	8.47	6.98		13.49	15.63
18	7.57	16.94	22.78	14.18	5.37	9.08	7.60		14.71	17.75
19	7.85	17.54	23.31	14.69	5.83	9.70	7.99		15.08	19.11
20	8.20	18.99	24.16	15.32	5.82	9.98	8.14		15.40	19.83
21	8.38	20.13	24.47	15.50	5.82	10.37	8.10		15.28	20.04
22	8.41	20.63	24.49	15.20	6.00	10.95	8.17		15.19	20.40
23	8.48	21.86	24.66	15.09	6.31	11.90	8.14		14.99	20.65
24	8.62	22.61	24.50	14.88	6.60	12.96	8.24		14.67	20.86
25	8.55	22.93	24.10	14.75	6.74	13.81	8.07		14.27	20.40
26	7.63	19.18	23.60	14.68	7.13	16.38	7.98		11.61	15.13
27	7.21	16.17	23.26	14.56	6.14	15.01	6.29		11.21	16.23
28	6.68	17.95	22.20	15.66	4.87	14.09	6.15		10.93	17.22
29	7.89	13.32	17.88	12.52	5.68	15.75	7.24		12.49	21.51
30	6.47	6.67	13.53	7.79	5.69	16.33	7.33		0.67	19.50
31	4.86	4.07	10.45	4.45	5.43	16.07	6.88		0.43	15.96
32	8.33	18.25	17.46	19.10	5.48	15.54	7.10		7.25	23.07
33	8.25	19.40	17.39	19.28	5.01	14.47	6.73		8.81	22.44
34	7.12	18.79	16.04	18.19	4.27	11.21	5.33		8.40	17.38
35	2.93	7.97	2.76	6.02	22.40	32.42	7.45		7.38	13.18
36	4.21	8.47	10.22	9.70	2.90	7.43	3.85		6.85	11.98
37	6.41	13.98	15.04	13.28	3.14	9.79	5.13		9.81	16.85
38	5.85	14.13	12.36	12.60	2.58	8.44	4.37		7.84	14.98
39	4.78	12.40	9.36	11.12	1.86	6.46	3.39		6.89	11.55
40	3.03	9.05	5.58	7.24	0.95	3.51	1.97		4.56	6.18
41	0.67	1.64	0.96	1.34	0.29	0.65	0.63		0.88	0.78
42	3.01	6.33	5.78	5.37	1.19	4.20	2.21		3.41	8.51
43	2.57	5.36	5.34	4.68	1.29	3.79	1.97		2.64	7.67
44	2.76	6.38	5.06	5.19	1.38	4.03	2.00		2.72	8.32
45	2.63	6.17	4.43	5.07	1.36	3.85	1.89		2.61	7.81
46	2.31	5.36	3.86	4.51	1.17	3.40	1.62		2.44	6.66
47	1.57	4.17	2.91	2.87	0.80	2.57	1.21		2.04	4.45
48	1.24	3.31	1.88	2.15	0.75	1.83	0.97		1.63	2.97
49	1.23	1.73	1.09	1.80	2.06	1.59	1.82		2.18	1.53
50	2.37	1.93	1.29	3.01	4.45	3.69	4.55		3.05	4.22

TABELA D.12 – DESVIOS PADRÃO DA REGIÃO DE INTERESSE FP

Band	95161-08	95161-10d	95162-11	95163-09b	95163-16a	95163-16c	95163-17	95164-01	95164-03	95168-16
1	42.76	22.45	22.21	20.86	5.51	12.16	7.69	27.55	10.30	21.96
2	46.13	25.70	27.08	25.25	6.27	14.29	17.85	23.66	21.60	25.95
3	45.20	25.86	23.06	23.76	5.36	10.95	13.13	17.63	15.34	24.43
4	42.70	23.70	15.20	17.46	2.86	4.93	7.69	11.59	8.41	16.90
5	40.83	22.02	13.14	14.14	2.31	4.94	9.81	9.02	9.51	13.56
6	40.36	22.07	13.16	13.45	2.27	4.93	9.40	7.41	9.01	13.45
7	39.79	21.04	12.72	11.39	2.40	5.59	9.94	6.34	9.11	11.81
8	40.98	22.69	13.82	12.46	2.31	5.43	9.05	5.71	8.42	13.54
9	40.87	24.61	15.60	14.52	2.30	4.69	6.89	5.19	6.77	16.38
10	40.31	23.22	20.45	12.86	9.78	11.46	16.32	6.74	15.10	15.72
11	40.23	22.94	20.27	12.80	9.55	11.20	15.75	6.63	14.71	15.68
12	40.51	23.78	21.23	13.20	9.44	10.81	15.42	6.64	14.70	16.97
13	39.46	25.48	23.00	13.50	7.89	8.84	12.70	5.82	12.80	19.32
14	28.99	20.44	16.50	9.86	2.83	4.61	4.30	2.50	4.91	13.92
15	22.58	17.10	11.87	7.67	2.92	6.26	4.77	2.35	4.72	9.41
16	25.96	21.24	21.32	12.21	5.64	6.13	6.15	4.36	9.81	15.85
17	33.75	22.85	25.48	15.37	10.56	11.65	15.19	7.70	19.20	18.85
18	32.25	22.28	24.18	15.33	11.59	12.30	16.16	7.93	18.96	18.29
19	34.48	22.71	23.87	15.17	11.37	11.77	15.71	8.16	17.98	18.42
20	35.55	22.61	23.16	14.93	11.19	11.58	15.36	8.13	17.51	18.29
21	35.12	21.91	22.15	14.34	10.59	11.04	14.13	7.48	16.55	17.91
22	34.16	21.12	21.20	13.88	10.26	10.63	13.38	7.17	16.01	17.34
23	34.80	20.67	21.23	13.71	9.69	10.12	12.16	7.35	15.51	17.62
24	36.45	20.89	21.89	13.89	9.45	10.03	11.49	7.36	15.44	18.21
25	38.69	21.42	22.79	14.09	8.93	12.49	10.37	7.08	15.00	19.00
26	101.69	93.43	90.51	77.37	100.07	98.58	96.83	62.52	59.83	104.52
27	32.67	27.42	16.18	9.69	27.85	32.63	21.73	6.59	8.50	45.26
28	5.05	6.87	3.89	4.92	3.28	4.20	3.44	3.99	6.77	9.98
29	6.29	7.87	6.63	5.41	2.02	2.84	3.32	4.02	7.09	5.54
30	7.67	8.26	7.78	6.34	2.07	2.63	3.53	3.98	7.59	5.63
31	7.57	7.88	6.60	6.65	2.04	2.42	3.51	3.67	7.49	5.46
32	6.69	7.08	4.13	5.96	2.02	2.27	3.39	3.50	7.04	5.74
33	6.48	6.38	2.15	4.66	1.78	1.92	3.10	3.18	6.12	6.42
34	6.07	5.60	1.50	3.44	1.48	2.03	2.31	2.71	4.86	6.57
35	16.10	36.90	2.36	61.49	1.48	22.89	41.33	47.15	65.03	0.00
36	4.97	4.45	2.18	2.22	1.01	1.15	1.65	2.06	2.70	5.66
37	7.26	6.05	3.81	3.50	1.16	1.10	2.41	3.13	3.74	7.43
38	6.73	5.76	3.55	3.11	0.98	0.94	2.08	2.58	3.19	6.95
39	5.72	5.09	2.96	2.64	0.68	0.70	1.53	1.89	2.33	5.91
40	4.19	3.89	2.00	2.12	0.40	0.45	0.86	1.22	1.21	4.27
41	2.07	2.27	0.81	1.27	0.34	0.39	0.44	0.66	0.46	2.09
42	8.80	7.16	4.56	4.76	1.34	1.24	2.99	3.66	3.97	8.58
43	8.10	6.62	4.06	4.44	1.35	1.25	2.99	3.47	4.01	5.83
44	8.68	7.28	4.80	5.01	1.42	1.31	3.11	3.62	4.35	8.90
45	8.67	7.31	5.21	5.09	1.36	1.26	2.97	3.43	4.18	8.80
46	8.62	7.28	5.87	5.36	1.23	1.19	2.72	3.24	3.81	8.62
47	7.30	6.12	5.18	4.65	0.99	0.99	2.06	2.51	2.75	7.50
48	5.47	4.61	3.86	3.57	0.85	0.87	1.53	1.81	1.91	5.86
49	2.40	2.37	1.72	2.01	1.85	1.91	1.71	1.59	1.79	4.26
50	3.20	3.06	2.09	3.42	3.97	4.42	4.27	3.27	3.64	7.65