

UERJ

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação

METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA FAIXA DE FRONTEIRA DO BRASIL

Ismar Wollmann do Amaral Silva

Orientador: Íris Pereira Escobar, Dr.

Co-orientador: Mauro Pereira de Mello, Msc.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação
Área de Concentração: Geomática

Novembro/2003



METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA FAIXA DE FRONTEIRA DO BRASIL

Ismar Wollmann do Amaral Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOMÁTICA – MESTRADO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOMÁTICA.

Aprovada por:

Prof. Íris Pereira Escobar, D.Sc. (Orientador)

Prof. Mauro Pereira de Mello, M.Sc. (Co-orientador)

Prof^a. Margareth Simões Penello Meirelles, D.Sc.

Prof^a. Adma Hamam de Figueiredo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
NOVEMBRO DE 2003

SILVA, ISMAR WOLLMANN DO AMARAL.

Metodologia para Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil, [Rio de Janeiro] 2003.

XV, 182 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, M.Sc., Engenharia de Computação – Área de Concentração Geomática, (2003)).

Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.

1. Faixa de fronteira 2. Limites territoriais
3. Geomática 4. Geopolítica 5. Cartografia 6. SIG.

I. FEN/UERJ. II. Título (série).

DEDICATÓRIA

O fruto deste trabalho eu dedico às pessoas abaixo que fizeram ou ainda fazem parte de minha vida e deram sentido a ela.

A minha mãe Benta da Silva, alfabetizada pelo meu pai já ausente dessa vida, que com tamanha força e dedicação à família, conseguiu definir um azimuth para o meu caminho e viabilizar a formação superior de todos os seus filhos.

Ao meu pai Isnart Wollmann do Amaral, homem de grande sabedoria e experiência que, lamentavelmente, não está de corpo presente para compartilhar comigo mais este fruto originário dos alicerces de minha vida que ele ajudou a construir.

(In memoriam)

Ao meu irmão Wilson Wollmann do Amaral que retornou ao recanto do lar onde buscou a suprir a ausência do pai, unindo de maneira harmoniosa a família e ajudando a superar os momentos mais difíceis de todos.

(In memoriam)

A minha esposa Sonia Matarazzo Wollmann, amiga, companheira e parceira de todos os momentos de alegria e tristeza, mulher de inigualáveis valores, com muito amor e por tudo que representa para mim.

Aos meus filhos Igor e Iuri Matarazzo Wollmann, a quem eu tenho muito amor e respeito, na tentativa de fornecer algum ensinamento após este esforço prazeroso feito por um pai cinquentenário, como retribuição aos ensinamentos deles para comigo.

AGRADECIMENTOS

Com certeza, neste momento, eu vou cometer algumas injustiças deixando de citar nominalmente todas as pessoas que foram meus parceiros, incentivadores, orientadores, apoiadores, ou outras denominações que poderiam ser utilizadas na tentativa de atingir aquelas que fizeram parte do time que me ajudou a dar partida ou a percorrer o caminho que conduziu a esta magnífica jornada que ora está chegando ao final e já se torna um marco para eu iniciar nova etapa de vida. Por outro lado, eu seria também injusto se deixasse de citar algumas das pessoas que exerceram papéis fundamentais para o meu ingresso e desenvoltura no curso, ou que vivenciaram mais intensamente comigo as dificuldades e ultrapassagens dos obstáculos que surgiram, me sustentando para que eu “não deixasse a peteca cair”.

Meus agradecimentos aos meus familiares que sempre estiveram presentes, injetando forças para eu prosseguir e alcançar este objetivo; além disto, souberam tratar os momentos de minha ausência com muito amor, carinho e, sobretudo, compreensão. Um agradecimento especialíssimo a minha esposa Sonia e aos meus filhos Igor e Iuri Matarazzo Wollmann, bem como a minha mãe Benta da Silva e minha irmã Isnarda Wollmann do Amaral.

Meus agradecimentos a todos colegas da Diretoria de Geociências do IBGE que, de alguma maneira, me apoiaram e contribuíram comigo em mais esta investida de vida, especialmente, aos meus ex-Chefes Tomo Ishibashi e Angelo José Pavan que acreditaram na minha proposta de estudo tornando a minha participação no curso possível e, também, aos meus parceiros de sala Pedro Marcilio da Silva Leite e Rubens de Oliveira Theóphilo que estiveram comigo dando a maior força para que eu atingisse este objetivo e, na medida do possível, estiveram cobrindo os momentos de minhas ausências. Um agradecimento especial eu faço, também, à colega Carmen Diva Villarinho pelo apoio constante, e aos colegas que revisaram este trabalho – membros da Equipe de Revisão e “Copydesk” do Programa Editorial de Geociências, da Gerência de Documentação e Informação da Diretoria.

Meus agradecimentos aos professores e colegas do PGEC que me passaram os seus saberes e souberam interagir comigo com sapiência, tanto na transmissão de suas experiências acadêmicas como profissionais, numa convivência de paciência e perfeita harmonia, principalmente, com relação a minha aceitação no ambiente de alto nível do curso que foi totalmente repleta de carinho e compreensão. Um obrigado especial aos meus mestres e colegas das turmas de 2000 e 2001.

Meus agradecimentos aos meus orientadores e amigos professores Íris Pereira Escobar e Mauro Pereira de Mello, que sempre estiveram disponíveis nas várias

requisições que eu fiz ao longo do curso e souberam passar suas críticas e sugestões, com muita sabedoria e diplomacia diante das dificuldades de meu ser que ainda tem muito que aprender.

Meus agradecimentos a Dr^a. Margarethe Simões Penello Meirelles (Professora do PGEC da FEN/UERJ) e a Dr^a. Adma Hamam de Figueiredo (Pesquisadora do IBGE) que responderam prontamente ao convite para participar da banca examinadora.

Meus agradecimentos ao Sr. Wilson R. M. Krukoski, ilustre representante da Segunda Comissão Demarcadora de Limites da Divisão de Fronteiras do Ministério das Relações Exteriores, pela atenção dispensada e às dicas fornecidas durante os contatos pessoal e telefônico que fizemos, sempre se colocando à disposição para a evolução e concretização deste trabalho.

Enfim, os meus agradecimentos a todos as pessoas que contribuíram de alguma forma, com este estudo e que eu tenha deixado de mencionar nesta folha.

Resumo da Dissertação apresentada à FEN/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA FAIXA DE FRONTEIRA DO BRASIL

Ismar Wollmann do Amaral Silva

Novembro/2003

Orientador: Íris Pereira Escobar

Co-Orientador: Mauro Pereira de Mello

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação – Área de Concentração em Geomática – Mestrado.

Este estudo estabelece uma metodologia capaz de solucionar os problemas causados pela inexistência de uma definição clara dos limites da Faixa de Fronteira do Brasil a qual vem afetando o processo de identificação de municípios com áreas localizadas parcial ou totalmente dentro desta parte do território brasileiro. Trata-se de uma faixa territorial considerada pelo Governo Federal, nas questões de segurança e integração nacional, como uma área especial de relevante interesse estratégico para o País, envolvendo os territórios dos municípios e os processos de gestão a eles afetos. A mesma é descrita em lei como uma faixa interna de 150 km de largura, paralela à linha divisória terrestre do território nacional.

Assim, com o objetivo de definir, no ambiente digital, os limites deste recorte territorial, procurou-se construir uma linha de base reta junto ao limite terrestre do Brasil, com base nos marcos de fronteira, entre os quais intercalou-se trechos dos limites municipais junto à divisa internacional, digitalizados de cartas topográficas e identificados com o auxílio de imagens orbitais. Desta linha, projetou-se a linha paralela correspondente ao limite interno da faixa de fronteira, utilizando-se a representação cartográfica Eqüidistante Azimutal. Os problemas de paralelismo verificados nos locais onde há reentrância territorial, foram sanados com arcos de circunferência de raio igual à largura da faixa. Como resultado, conseguiu-se delimitar a Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, através de um processo que pode ser replicado para os demais estados fronteiriços.

Abstract of Dissertation presented to FEN/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

METHODOLOGY FOR SPATIAL CHARACTERIZATION OF THE BORDER STRIP OF BRAZIL

Ismar Wollmann do Amaral Silva

November/2003

Advisors: Íris Pereira Escobar

Mauro Pereira de Mello

Program Computing Engineering – Geomatic.

This study establishes a methodology capable to solve the problems caused by the absence of a clear definition of limits of the Border Strip of Brazil, which is affecting the process of identification of municipal districts, whose area are partially or totally inside of this part of the Brazilian territory. It is a territorial strip considered by the Federal Government, in security subjects and national integration, as a special area of relevant strategic interest to the Country, involving the territories of municipal districts and the administration processes concerned to them. It is described in law by an internal strip of 150 km of width, parallel to the terrestrial boundary line of the national territory.

Hence, with the objective of digitally define the limits of this territory, it was build a line of base close to the terrestrial boundary of Brazil, based on the border marks among which it was inserted segments of municipal limits which border the international limit, digitized from topographical maps and identified with the aid of orbital images. From this line, it was projected the parallel line corresponding to the internal limit of the border strip using the Equidistant Azimuthal map projection. The problems of parallelism verified in this line, in the places where there is a territorial reentrance, were solved by arcs of circumference with ray equal to the width of the strip. As result, it was possible to delimit the Border Strip of Brazil, in the State of Mato Grosso do Sul, through a process that can be repeated for the other frontier states.

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos.....	xiv
 Capítulo 1: Introdução	
1.1 Visão Geral.....	1
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Motivação e Justificativas.....	7
1.4 Apresentação do Trabalho.....	9
 Capítulo 2: Contexto da Faixa de Fronteira do Brasil	
2.1 Fronteiras e Limites.....	11
2.2 As Faixas de Fronteiras do Brasil.....	15
2.3 Ações do Governo Federal na Faixa de Fronteira.....	19
2.4 Dispositivos Legais Básicos.....	22
 Capítulo 3: Fundamentação Teórica	
3.1 Sistemas de Coordenadas Terrestres.....	24
3.1.1 Sistema de Coordenadas Geográficas.....	25
3.1.1.1 Meridianos e Paralelos.....	25
3.1.1.2 Sistema de Coordenadas Astronômicas.....	26
3.1.1.3 Sistema de Coordenadas Geodésicas.....	27
3.1.1.3.1 Superfícies de Referência Geodésica.....	29
3.1.1.3.2 Datum Geodésico.....	30
3.1.2 Sistema Tridimensional de Coordenadas Cartesianas Geocêntricas.....	31
3.2 Representação Cartográfica.....	32
3.2.1 Classificação das Representações Cartográficas.....	33
3.2.2 Propriedades das Representações Cartográficas.....	35
3.2.3 Representação Cartográfica Plana	35
3.2.3.1 Representação Plana Equidistante.....	36
3.2.4 Índice de Nomenclatura das Folhas Topográficas.....	37
3.2.5 Escala.....	42
3.3 Sistema de Informação Geográfica.....	44
3.3.1 Formato de Dados Espaciais.....	46
3.3.2 Transformações de Dados Espaciais.....	50

3.3.3 Operações entre Objetos Espaciais.....	52
3.3.4 Buffer.....	53
3.4 Sensoriamento Remoto.....	57
3.4.1 Imagens Orbitais.....	58
3.4.2 Sistema LANDSAT.....	59
3.4.3 Georreferenciamento de Imagens.....	62

Capítulo 4: Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil – Proposta Metodológica

4.1 Definições.....	66
4.2 Critérios.....	67
4.3 Procedimentos.....	69
4.3.1 Para Aquisição dos Dados da Fronteira.....	71
4.3.2 Para Adequação dos Dados de Entrada.....	74
4.3.3 Para o Traçado da LBRF.....	76
4.3.4 Para Projeção da LIFF	78
4.3.5 Para Constituição da Faixa de Fronteira do Brasil.....	79

Capítulo 5: Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul – Estudo de Caso

5.1 Considerações Iniciais.....	80
5.2 Aquisição dos Dados da Fronteira.....	82
5.3 Adequação dos Dados de Entrada.....	84
5.4 Traçado da LBRF.....	94
5.5 Projeção da LIFF	99
5.6 Constituição da Faixa de Fronteira do Brasil.....	102
5.7 Considerações Finais.....	103

Capítulo 6: Conclusões

6.1 Quanto aos Limites da Faixa de Fronteira.....	105
6.2 Quanto à Linha de Base Reta da Fronteira.....	105
6.3 Trabalhos Futuros.....	106

Referências Bibliográficas.....	107
--	------------

Relação de Apensos.....	113
--------------------------------	------------

Relação de Anexos.....	117
-------------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Segmentos de reta projetados ortogonalmente a uma linha de base traçada na fronteira, com um caso de reentrância territorial.	8
Figura 2:	Mapa da América do Sul. Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	14
Figura 3:	Uma visão da Faixa de Fronteira do Brasil nos Estados Fronteiriços. Fonte: Adaptado de MMD (IBGE, 2000) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	19
Figura 4:	Meridianos e Paralelos. Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	26
Figura 5:	Latitude (ϕ), Longitude (λ) e Altitude (h) geodésicas. Fonte: Adaptado de Escobar (2001)	28
Figura 6:	As três Superfícies de Referências. Fonte: Adaptado de Escobar (2001)	30
Figura 7:	Sistema Tridimensional de Coordenadas Cartesianas Geocêntricas. Fonte: Adaptado de Escobar (2001).	32
Figura 8:	Resumo da classificação das Representações Cartográficas. Fonte: Adaptado de Bakker (1965).	34
Figura 9:	Representações Cartográficas Planas. (a) Polar, (b) Equatorial e (c) Oblíqua. Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	36
Figura 10:	Divisão internacional do mundo em Fusos e Zonas entre as latitudes de 84°N e 84°S. Fonte: Adaptado de IBGE (1997) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	39
Figura 11:	Nomenclatura da Carta Internacional do Mundo (CIM) no Brasil. Fonte: Adaptado de MMD (IBGE, 2000) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).	41
Figura 12:	Índice de Nomenclatura das cartas topográficas a partir da CIM. Fonte: Adaptado de Silva (1999).	42
Figura 13:	Dados espaciais para duas estruturas básicas: a) Formato Raster e b) Formato Vetorial. Fonte: Adaptado de Molenaar (1998).	46
Figura 14:	Elemento básico da estrutura raster.	48
Figura 15:	Elementos básicos da estrutura vetorial.	49
Figura 16:	Exemplos de relacionamentos topológicos. Fonte: Adaptado de Câmara et al (2000b)	52

Figura 17: Buffer Simples e Buffer Duplo.	54
Figura 18: Buffer elementar ao redor de ponto (a) e de segmento (b). Fonte: Davis (2000).	55
Figura 19: Elementos do Sistema de Sensoriamento Remoto Orbital. Fonte: Adaptado de NRCAN (2003).	58
Figura 20: Diagrama de Contexto da Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil.	69
Figura 21: Diagrama de Fluxo de Dados da Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil - Nível 1.	70
Figura 22: Exemplo das relações com dados dos marcos de fronteira na internet. Fonte: PCDL e SCDL.	71
Figura 23: Exemplos de dados da Malha Municipal Digital (MMD) do IBGE.	72
Figura 24: Recorte de imagens orbitais do Estado do Mato Grosso do Sul: (a) Mosaico, (b) Articulação das folhas topográficas para a escala 1:250.000 e (c) Recorte de imagem de satélite da folha com a nomenclatura internacional "SE-21-V-D". Fonte: CD Coleção Brasil Visto do Espaço (EMBRAPA, 2002b).	73
Figura 25: Exemplos dos dados de alguns passos da adequação de dados. (a) dados na forma primitiva; (b) dados com as linhas inconvenientes eliminadas; (c) dados com as coordenadas convertidas para grau decimal.	74
Figura 26: Exemplo de navegação para selecionar recortes de imagens orbitais do Mato Grosso do Sul na escala 1:25.000: (a) mosaico com "links" para os recortes de imagens; (b) Reticulado dos recortes de imagens no estado; (c) recorte da imagem orbital selecionada; (d) mensagem sobre a escala de articulação do recorte; (e) comandos para navegação pelos recortes das imagens do estado e (f) caixa de endereço do navegador de internet onde se obtêm o nome comum ao arquivo de imagem. Fonte: Adaptado das Telas do Programa de Navegação no Mosaico (EMBRAPA, 2002b).	75
Figura 27: Limites Fronteiriços da MMD.	77
Figura 28: Exemplos de ligações entre os segmentos da linha de limite internacional da MMD e os marcos de fronteira: a) ligação com deslocamento de vértices dos trechos dos limites internacionais da MMD definidos por acidentes naturais e b) ligação com deslocamento de vértices e quebra de segmento de trechos dos limites internacionais da MMD definidos por linha seca.	78

Figura 29: Feições geográficas envolvidas com o processamento do Limite da Faixa de Fronteira.	79
Figura 30: Organização das pastas contendo arquivos com as imagens orbitais do CD Coleção Brasil Visto do Espaço.	83
Figura 31: Exemplo de preparação dos dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai.	85
Figura 32: Dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai importados para uma Tabela do software Access.	86
Figura 33: Estrutura da Tabela Access com exclusão de campos.	86
Figura 34: Consulta em Access para eliminação de registros e transformação de unidades de grau sexagesimal para grau decimal.	87
Figura 35: Resultado da Consulta Seleção do Access após o processo de Adequação de Dados.	87
Figura 36: Exportação dos dados resultantes da consulta feita na Tabela do Access para o formato "dbf".	88
Figura 37: Seleção dos recortes das imagens orbitais conforme escala.	89
Figura 38: Exemplo de esquema de quadrículas sobre a linha de limite internacional do Brasil para auxiliar no georreferenciamento dos recortes das imagens orbitais na escala 1:25.000.	90
Figura 39: Informações sobre as coordenadas geográficas do recorte da imagem orbital selecionada.	91
Figura 40: Vista dos comandos do Navegador de Consulta aos recortes de imagens orbitais adjacentes.	94
Figura 41: Segmentação dos limites da MMD do IBGE em linhas menos complexas no ambiente do Microstation.	95
Figura 42: Tela do ArcView mostrando o ambiente de construção da linha de limite fronteiro.	96
Figura 43: Tela do ArcView com as principais feições geográficas envolvidas.	97
Figura 44: Exemplo de dois casos na edição da LBRF. A - um simples caso de deslocamento dos segmentos de reta para o marco de fronteira e B - um deslocamento dos segmentos de reta para o marco de fronteira com aumento do nº de segmentos de reta.	98
Figura 45: Tela do utilitário de configuração do software ArcMap.	99
Figura 46: Tela do ArcMap após a criação do buffer de 150 km da LBRF.	100
Figura 47: Limites da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.	101
Figura 48: A Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.	102

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1:	Situação dos limites internacionais do Brasil. Fonte: Fronteira do Brasil - MRE/DF (DF, 2000).	15
Tabela 2:	As Faixas de Fronteiras na América do Sul. Fonte: As Constituições dos Países (STEIMAN, 2002).	16
Tabela 3:	Elementos dos Principais Elipsóides utilizados no Brasil. Fonte: Adaptado de Rocha (2000).	29
Tabela 4:	Propriedades das Representações Cartográficas. Fonte: Adaptado de Bakker (1965).	35
Tabela 5:	Fusos e respectivo Meridiano Central da CIM no Brasil.	40
Tabela 6:	Comparação entre as estruturas vetorial e matricial. Fonte: Rocha (2000, p. 57 apud Câmara & Medeiros, 1998).	47
Tabela 7:	Exemplos de Transformações Elementares de Dados Espaciais em SIG. Fonte: Adaptado de Bonham-Carter (1994).	51
Tabela 8:	Características das órbitas dos satélites LANDSAT 5 e 7.	60
Tabela 9:	Principais características e aplicações por bandas das imagens orbitais dos Satélites LANDSAT 5 e 7. Fonte: Adaptado de Rocha (2000, p.124 apud INPE, 1997).	60
Tabela 10:	Exemplo de parâmetros de Transformação do Arquivo Mundo. Fonte: Adaptado de ESRI (1999b).	64
Tabela 11:	Exemplo da tabela com dimensão e resolução dos recortes de imagens de satélites. Fonte: EMBRAPA Monitoramento de Satélites.	76
Tabela 12:	Programas de computador utilizados nos principais processamentos.	81
Tabela 13:	Quantidade de Marcos de Fronteira no limite internacional do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.	82
Tabela 14:	Quantidade de Recortes de Imagens Orbitais no Estado do Mato Grosso do Sul, no formato “jpeg”, por escala.	84
Tabela 15:	Conversão dos minutos e segundos de grau sexagesimal para grau decimal para auxiliar a criação dos arquivos de georreferenciamento.	90
Tabela 16:	Exemplo dos parâmetros de georreferenciamento do recorte da imagem orbital - arquivo MS12_17.jpgw no formato ASCII. Fonte: Adaptado de ESRI (1999b).	93

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

φ	– Latitude
λ	– Longitude
ASCII	– American Standard Code for Information Interchange
BR	– Brasil
BO	– Bolívia
BPCS	– Buffer Processing Coordinate System
CAD	– Computer Aided Design
CBDL	– Comissão Brasileira Demarcadora de Limites
CD	– Compact Disk
CDN	– Conselho de Defesa Nacional
CNG	– Conselho Nacional de Geografia
CNPq	– Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Ex-Conselho Nacional de Pesquisas)
CSE	– Canto Superior Esquerdo
DBF	– Data Base File (formato de arquivo de dados originário do dBASE)
DGN	– Design (formato de arquivo de dados vetoriais do MicroStation)
DF	– Divisão de Fronteira
DFD	– Diagrama de Fluxo de Dados
Div.	– Divisor
DTB	– Divisão Territorial Brasileira
EMBRAPA	– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	– Earth Resource Technology Satellite
ESRI	– Enviromental Systems Research Institute
ETM+	– Enhanced Thematic Mapper Plus (sensor imageador do LANDSAT 7)
FEN	– Faculdade de Engenharia
GIS	– Geographic Information System
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	– Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
JPEG	– Joint Photographic Experts Group
JPG	– Extensão de arquivo de imagem comprimida (o mesmo que JPEG)
LANDSAT	– Land Remote Sensing Satellite (Projeto NASA/USGS)
LAT	– Latitude
LBRF	– Linha de Base Reta da Fronteira
LIFF	– Linha Interna da Faixa de Fronteira
LFF	– Limite da Faixa de Fronteira

LL	– Lateral Leste da Quadrícula
LN	– Lateral Norte da Quadrícula
LO	– Lateral Oeste da Quadrícula
LS	– Lateral Sul da Quadrícula
LONG	– Longitude
MD	– Ministério da Defesa
MI	– Ministério da Integração Nacional
MMD	– Malha Municipal Digital
MPO	– Ministério do Planejamento e Orçamento
MRE	– Ministério das Relações Exteriores
MS	– Estado do Mato Grosso do Sul
MSS	– MultiSpectral Scanner
NASA	– National Aeronautics and Space Administration
NOAA	– National Oceanic and Atmospheric Administration
NRCAN	– Natural Resources Canada
PA	– Paraguai
PIXEL	– Picture Cell (termo derivado da pronúncia das abreviaturas Pic+Cel)
PCDL	– Primeira Comissão Demarcadora de Limites
PG	– Ponto de Georreferenciamento
RETIS	– Nome de Grupo de Pesquisa da área de Geografia da UFRJ
SAD-69	– South American Datum of 1969
SCDL	– Segunda Comissão Demarcadora de Limites
SHP	– Shape (formato de arquivo de dados vetoriais do ArcView)
SIG	– Sistema de Informação Geográfica
TM	– Thematic Mapper (sensor imageador do LANDSAT 5)
UERJ	– Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFRJ	– Universidade Federal do Rio de Janeiro
USGS	– United States Geological Survey
UTM	– Universal Transverso de Mercator
WGS-84	– World Geodetic System of 1984

Capítulo 1: Introdução

1.1 Visão Geral

Diversas áreas de interesse estratégico para o País são tratadas pelo governo federal a partir da identificação das unidades político-administrativas localizadas dentro de seus limites, como pode ser verificado nos cadastros de municípios da Amazônia Legal, da Faixa de Fronteira, das Regiões Metropolitanas, da Zona Costeira, dentre outros não menos importantes. Em algumas destas áreas, além da identificação dos municípios e da agregação de algumas informações sobre eles, por exemplo, população e área; são ainda produzidas e cadastradas outras informações de interesse relevante ao tema, tais como: classificações relativas à localização da área do município dentro da região considerada, distâncias da sede do município com relação a determinados pontos do território, etc. Estas informações são produzidas com o objetivo de atender às demandas legais e operacionais de informações oriundas de usuários específicos. Também, diante da dinâmica da divisão territorial - fusões, criações e alterações de áreas ou de denominações de municípios ou de outras divisões territoriais – revisões periódicas são realizadas nestes cadastros.

O recorte territorial do Brasil enfocado no presente estudo, denominado Faixa de Fronteira, se estende de norte a sul do País, é definido por uma largura de cento e cinquenta quilômetros de distância do limite internacional. É uma área particularizada dentro do processo de gestão territorial que está estabelecida em lei e vem, ao longo de algumas décadas, recebendo atenção cada vez maior dos governos, especialmente do federal. Atenção esta que pode ser traduzida em iniciativas de governo que visam contribuir com o processo de desenvolvimento e integração social da região, na tentativa não só de proporcionar cidadania às populações mais distantes, mas de tornar nossas fronteiras menos frágeis. A região de fronteira, além de envolver questões ligadas à segurança nacional, conforme menciona a legislação em vigor, também envolve um elenco de outras questões voltadas à integração e desenvolvimento social das populações residentes nos municípios identificados dentro desta área. No momento em que o governo define a faixa como de segurança para o País, impondo uma série de restrições na ocupação e exploração do solo e para práticas de determinados serviços, ocorre uma retração nos investimentos destinados às obras sociais e de infra-estrutura por parte dos Estados fronteiriços e, conseqüentemente, um abandono maior da região.

Há dificuldades naturais para os governos gerirem a maior parte de nosso território, a princípio, devido à vasta extensão do espaço físico brasileiro. Na faixa de

fronteira, essas dificuldades de gestão territorial são agravadas pelo fato de grande parte dos municípios se localizarem bem distantes das áreas mais desenvolvidas do País, daquelas próximas ao litoral, por onde ocorreu a ocupação territorial e ainda ocorre intensa ocupação da população brasileira e, conseqüentemente, é onde existe o maior interesse político-econômico. As dificuldades de ocupação e assentamento permanente de populações nos lugares próximos à fronteira são, sem dúvida, um grande desafio, tanto pelo fato da região oferecer poucos atrativos devido à sua localização quanto pelo fato de ser grande parte da faixa, hostil e totalmente desprovida da infra-estrutura mínima para se estabelecer e se manter povoações, resultado dos poucos investimentos que são feitos pelos governos estaduais nessa área de interesse estratégico do território brasileiro.

Para os municípios que possuem área localizada total ou parcialmente dentro da faixa de fronteira, o governo federal já vem há algum tempo praticando ações no sentido de disponibilizar determinado auxílio financeiro para aplicação em obras públicas de infra-estrutura, inclusive para aquisição de máquinas e equipamentos. Ações na tentativa de fixar o homem neste território mais distante das grandes povoações e promover o desenvolvimento da região, assim, diminuindo o êxodo da população de fronteira para locais mais desenvolvidos dos Estados fronteiriços, ou mesmo para outras unidades da federação brasileira.

No sistema atual de informação que trata o Cadastro de Municípios da Faixa de Fronteira do Brasil, o processo tradicional utilizado pelo IBGE para identificação das áreas municipais localizadas dentro deste recorte territorial, apresenta deficiência visivelmente observada no tocante à identificação dos municípios que estão localizados na periferia interna da faixa, ou seja: se a área do município está localizada parcialmente dentro da faixa ou se ela está totalmente para fora ou para dentro da mesma. Não havendo, inclusive, condições para se precisar, com referência aos municípios identificados como parcialmente dentro da faixa, o quanto de área do seu território está para dentro ou para fora da faixa. Uma outra dificuldade observada é a informação sobre as sedes municipais, com relação à distância que elas se encontram da linha de fronteira, sobretudo para fora da linha definidora dos 150 quilômetros de largura da faixa. Aliás, linha esta que até hoje é uma incógnita, pois não se acham as informações de onde ela está localizada e de como ela foi gerada. Os documentos cartográficos utilizados à época para a sua caracterização se encontram atualmente extraviados, bem como outras informações pertinentes à metodologia aplicada na identificação dos municípios pertencentes à referida faixa do território brasileiro.

Possivelmente, tal situação se apresenta como reflexo da difícil tarefa, em épocas passadas, de se manusear com relativa precisão uma enormidade de documentos cartográficos para se efetuar medições de grandes distâncias, e para se localizar várias áreas territoriais existentes ao longo do espaço físico brasileiro que vai de norte a sul do País, numa documentação oriunda da cartografia clássica, onde diversas cartas topográficas são envolvidas, normalmente, as de maior escala existentes na região de trabalho.

Já perante as tecnologias existentes nos dias atuais que deram origem a vários “softwares” e “hardwares” concebidos com a finalidade de se trabalhar com a informação geográfica e ora disponibilizam diversas facilidades neste sentido, aquelas dificuldades vividas no passado estão plenamente superadas. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um bom exemplo dessa nova tecnologia de informação que pode ser perfeitamente utilizada para se realizar medições angulares e lineares com precisão, destacando-se dentre várias facilidades existentes, a ferramenta “buffer”¹ muito utilizada na análise de proximidade dentro da Análise de Dados Espaciais, que está presente na maioria dos programas de computadores que lidam com a geoinformação. O SIG dispõe, ainda, de outras técnicas e ferramentas não menos importantes que lidam com o dado espacial georreferenciado, tanto no formato vetorial como no matricial, permitindo manipular e elaborar mapas dentro dos padrões cartográficos requeridos e realizar análise espacial dos recortes territoriais selecionados dentro de diversos temas geocientíficos, bem como de temas de outras ciências onde a informação referida ao espaço geográfico seja inerente.

Por outro ângulo, o uso inadequado da ferramenta “buffer” para se efetuar projeções de áreas ao redor, ou ao longo das feições geográficas selecionadas, pode conduzir a resultados indesejáveis. Isto é verificado quando se utiliza esta ferramenta nos trabalhos de medição de longos corredores que são gerados a partir de distância mais afastadas dos objetos espaciais, sem levar em consideração um estudo para se definir o melhor sistema de representação cartográfica a ser adotado. Isto, no sentido não só de minimizar as distorções das distâncias a serem medidas a partir desses objetos, mas também de se minimizar as distorções angulares para determinadas direções, ainda, sem deixar de considerar a forma e o tamanho dos objetos geográficos envolvidos.

Notadamente, a expansão do uso da ferramenta “buffer” de SIG como forma de identificar ou produzir novas feições geográficas levou o usuário especialista a exigir melhoramentos na precisão das linhas projetadas para delimitarem os corredores ao

¹ Gera polígono ao redor de objetos espaciais (detalhes no subitem 3.3.4 adiante).

redor de objetos espaciais. Com isso, os produtores de SIG vêm aprimorando os algoritmos desenvolvidos para execução do “buffer”, inclusive, com incremento de novas técnicas e, assim, dando início a um processo de transparência da “caixa-preta” que sempre esteve envolvendo esta ferramenta.

Aqui no Brasil há um grupo de pesquisa de alto nível certificado pela UFRJ denominado RETIS, que atua nas áreas de Ciências Humanas e Geografia, tendo como uma de suas linhas de pesquisas “Limites e Fronteiras Internacionais na América do Sul”. Fora dos organismos governamentais, o grupo representa uma das poucas fontes de informação no país relacionadas ao tema faixa de fronteira.

Neste trabalho, não foram exauridas as pesquisas sobre como são tratadas as faixas de fronteiras de outros países, todavia estudo como este, produzido para caracterizar “espacialmente”, no ambiente digital, a faixa em questão, não se teve conhecimento nas pesquisas feitas via internet. A certeza é de que a ferramenta “buffer” dos SIGs é o meio consagrado para realizar projeções de distâncias no ambiente digital.

Algumas definições foram significativas no decorrer do presente estudo merecendo maiores investigações outras foram naturalmente concebidas. Após a identificação dos tipos de feições geográficas que seriam utilizadas e produzidas, do sistema geodésico de coordenadas a que estariam se referindo os dados de posicionamento terrestre envolvidos e do tipo e formato dos dados espaciais que seriam usados, uma análise foi realizada para se escolher o sistema de representação cartográfica mais adequado para se realizar medições de distâncias, contadas a partir de uma linha a ser construída na fronteira internacional, traçada com o fim específico de servir de base para a medição dos cento e cinquenta quilômetros que define a faixa de fronteira do País.

Para a escolha do sistema de representação cartográfica, foi estabelecida para avaliação a seguinte condição fundamental: deveria ser um sistema existente dentre os sistemas de representação cartográfica mais comumente utilizados pela cartografia o que menos distorções causariam nas distâncias projetadas ortogonais à linha de base reta a ser construída na fronteira internacional até o limite interno da faixa. Um passo importante que influiu nesta avaliação foi a definição desta linha de base reta. Ela deveria possuir adequada quantidade de segmentos de reta na sua constituição, a fim de propiciar um tratamento da linha como se fossem diversos objetos espaciais, buscando com isto preservar, o máximo possível, a verdadeira grandeza de sua forma e extensão quando projetados, bem como facilitar os trabalhos de edição.

A projeção plana azimutal eqüidistante foi o sistema de representação cartográfica identificado como um dos mais adequados para o desenvolvimento dos

trabalhos, de acordo com os requisitos considerados, pois atende a uma condição fundamental que é a preservação de distâncias para qualquer direção a partir de um determinado ponto (ponto de tangência). Um outro sistema de representação cartográfica também considerado na avaliação foi a representação cilíndrica oblíqua de Hotine, a qual se preservaria a forma dos objetos espaciais (segmentados) que constituem o traçado da feição geográfica da linha de base reta constituída na fronteira utilizada para medir o limite interno da faixa, além de proporcionar o controle das distorções lineares, ou seja: conheceria com uma certa precisão o erro da distância de cento e cinquenta quilômetros da linha projetada para medir a largura da faixa.

A constituição da linha que serviu de base para projeção da largura da faixa de fronteira foi determinada pelos marcos de fronteira que são estabelecidos pelas comissões mistas formadas por representantes brasileiros e de países contíguos ao Brasil que se reúnem, eventualmente, para discutir e tentar melhorar a delimitação dos limites da fronteira internacional, ora disponibilizados pelas comissões PCDL e SCDL; e, depois, intercalados por pontos de trechos dos limites municipais localizados na fronteira, selecionados da digitalização desses limites que foram lançados nas cartas topográficas para composição da Malha Municipal Digital do Brasil que é produzida periodicamente pelo IBGE.

Como auxílio para a análise cartográfica dos trechos selecionados da referida malha municipal, foram utilizadas imagens orbitais que recobrem a região de fronteira, geradas pelo Sistema de Monitoramento Espacial LANDSAT, as quais foram trabalhadas e disponibilizadas pela EMBRAPA, dentro dos recortes territoriais definidos pela articulação das folhas topográficas utilizada na cartografia nacional, segundo o enquadramento determinado pela nomenclatura internacional, definida pela CIM.

Dentre onze dos Estados brasileiros possuidores de fronteira internacional foi escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso o Estado do Mato Grosso do Sul. Ele foi o Estado fronteiriço onde se aplicou a metodologia em pauta que está detalhado em um capítulo específico deste trabalho. A escolha da região obedeceu a dois critérios preestabelecidos para avaliação: o primeiro é que deveria ser uma unidade da federação que possuísse em sua região de fronteira alguma reentrância territorial significativa para ser observada e analisada em mapa na escala 1:250.000; e o segundo é que a sua fronteira internacional fosse feita com mais de um País contíguo ao território nacional.

A legislação em vigor que versa sobre a Faixa de Fronteira do Brasil se omite quanto aos critérios a serem adotados para se traçar a faixa interna de cento e cinquenta quilômetros de largura, paralela à linha divisória terrestre do território

nacional, como pode ser constatada a ausência de uma orientação geográfica ou a inexistência de informações básicas para o cálculo de distâncias ortogonais à linha da fronteira internacional e, ainda, de como se tratar as reentrâncias territoriais.

Assim exposto, a existência de uma lacuna a ser preenchida no processo de identificação de municípios pertencentes à Faixa de Fronteira do Brasil, seja perante a definição dos limites da faixa à luz da legislação em vigor ou perante a ausência de informação precisa sobre a documentação cartográfica utilizada na época para representação de seu traçado e da metodologia aplicada, já são razões suficientes para justificar o presente estudo, ora desenvolvido na tentativa de tratar o problema a partir de uma solução técnica adequada e operacionalmente viável.

1.2 Objetivos

As novas tecnologias utilizadas para lidar com a manipulação e análise de dados espaciais georreferenciados são perfeitamente adequadas para superar aquelas dificuldades deparadas no passado para se medir distâncias extensas com relativa precisão e se visualizar grandes áreas, além de proporcionarem facilidades para a elaboração de mapas com qualidade cartográfica. Pela simples aplicação da ferramenta “buffer” existente em um ambiente de SIG, pode ser verificado, preliminarmente, que a medição da distância de 150 km de distância da linha correspondente à parte de limite internacional dos municípios fronteiriços digitalizados de folhas topográficas, excluiriam ou incluiriam municípios localizados na periferia da faixa de fronteira do rol de municípios atualmente cadastrados.

Assim, com o propósito geral de tratar a caracterização espacial da Faixa de Fronteira do Brasil visando dar maior precisão e consistência ao processo de identificação de municípios pertencentes à mesma, surge o presente estudo, como fruto de várias análises e pesquisas realizadas com este fim, nesta área estratégica do País, em busca da melhor solução para resolver os problemas relacionados à determinação de seus limites. Como objetivos específicos podem ser destacados os seguintes:

- Reunir um conjunto de dados sobre a fronteira para possibilitar um melhor traçado de uma linha que poderá servir, por um determinado período de tempo (até a próxima densificação dos limites da fronteira), para representar no ambiente digital a linha de fronteira do País em cada Estado fronteiriço que, de acordo com a metodologia proposta neste trabalho, considera praticamente todos os pontos dos limites internacionais adotados pelas comissões mistas.

- Desenvolver estudos voltados à determinação do traçado da linha de limite interno da Faixa de Fronteira em ambiente georreferenciado, dentro dos padrões geodésicos e/ou cartográficos, visando propiciar uma metodologia para caracterização dos limites da faixa de fronteira que trate de forma adequada as reentrâncias territoriais, em concordância com a distância estabelecida legalmente para a largura da faixa.

- Suprir a lacuna representada pela inexistência destas novas feições geográficas: linha de limite interno da faixa de fronteira e da própria faixa de fronteira do Brasil para cada Estado fronteiriço, evitando possíveis conflitos de dados digitais de localização territorial dos objetos espaciais gerados por ambientes georreferenciados diferentes.

1.3 Motivação e Justificativas

Um dos motivos principais que influenciou na proposta de desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre o recorte territorial em questão, denominado Faixa de Fronteira, no sentido de tentar buscar a caracterização de seus limites no meio digital, foi o fato do tema estar intimamente relacionado com as atividades técnico profissionais do autor, exercidas junto à Gerência de Documentação e Informação da Diretoria de Geociências do IBGE, lidando com informações sobre certas áreas específicas do País, de interesse estratégico do governo federal, em especial, sobre a Faixa de Fronteira do Brasil. Há no meio digital um cadastro de municípios pertencentes à referida faixa, onde se processam revisões periódicas com o objetivo de atualizá-lo diante das modificações que ocorrem no quadro municipal da Divisão Territorial Brasileira (DTB).

Alguns questionamentos são feitos quando se faz a atualização do Cadastro de Municípios da Faixa de Fronteira do Brasil, principalmente, devido à falta de uma linha de limite para a faixa que dificulta em muito o processo de identificação e classificação dos municípios dentro da mesma. Um questionamento mais geral se faz com relação ao próprio processo de atualização: será que ele já não deveria ser revisto diante das novas geotecnologias? Evidentemente que a resposta é sim, mas para isto algumas dúvidas devem ser tratadas e esclarecidas, são elas:

- a) Como fazer a caracterização digital do traçado da linha de limite da fronteira do Brasil, de acordo com os limites internacionais?

- b) Como caracterizar no meio digital a faixa de fronteira do Brasil com a melhor precisão possível, projetando a linha de 150 km paralela à divisa internacional do país conforme definição legal da faixa de fronteira?
- c) Como tratar os casos onde há reentrâncias territoriais para projeção da linha paralela que define a largura da faixa?

As duas últimas questões podem ser melhor compreendidas na ilustração a seguir (Figura 1). Nela pode-se observar que uma linha de base reta deverá ser construída na fronteira, de forma a representar o melhor contorno possível dos limites territoriais do país, e observar também que, quando os segmentos projetados ortogonalmente a esta linha se cruzam, a distância de 150 km correspondente à largura da faixa é respeitada. Porém, nos casos onde ocorrem as reentrâncias territoriais tal distância não se mantém.

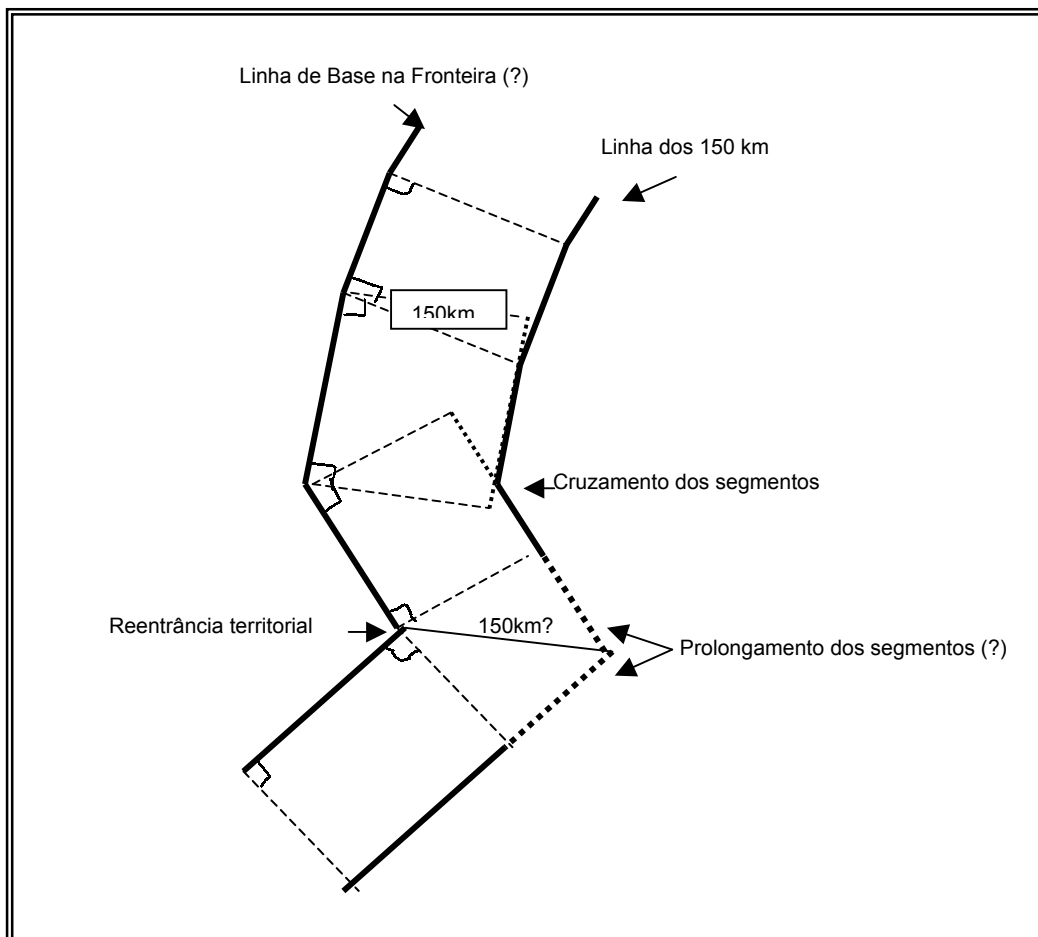


Figura 1: Segmentos de reta projetados ortogonalmente a uma linha de base traçada na fronteira, com um caso de reentrância territorial.

As questões foram tratadas com o desenvolvimento de estudos voltados à construção de uma linha de limite da fronteira digital objetivando servir de base para projeção dos limites da faixa. Esta linha foi norteadada pelos marcos de fronteira com a intercalação de trechos dos limites municipais da Malha Municipal Digital (MMD), do IBGE, os quais foram selecionados com o auxílio de imagens de satélites. Para a linha produzida no meio digital, correspondente à largura da faixa, foram desenvolvidos estudos buscando o sistema de representação cartográfica mais adequado para medição de distâncias, bem como buscando métodos e ferramentas para se trabalhar com formas geométricas adequadas à determinação da linha dos 150 km, em especial, para se trabalhar com os casos das reentrâncias territoriais, ora solucionados com o desenvolvimento de arcos de circunferências de raio iguais à largura da faixa.

1.4 Apresentação do Trabalho

A dissertação foi organizada em um único volume composto de 197 folhas, sendo 182 folhas referentes aos elementos textuais (corpo principal) e pós-textuais (complementares) e 15 (xv) folhas iniciais destinadas aos elementos pré-textuais (preliminares). Sua formatação foi orientada pela Norma para Elaboração Gráfica de Teses da Faculdade de Engenharia (FEN) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), disponibilizada pelo programa de mestrado no início do corrente ano, devidamente atualizada em termos das Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que normatizam o assunto. Ela está estruturada em seis capítulos, com seus conteúdos resumidos na forma abaixo.

O primeiro capítulo destinado à parte introdutória do trabalho procura situar o leitor no contexto do tema tratado, fornecendo uma idéia ampla do que está se abordando no estudo, a importância da caracterização da faixa de fronteira e de como se pretende resolver as questões levantadas diante da situação atual do processo de identificação de municípios dentro da aludida faixa e do contexto das novas geotecnologias.

No segundo capítulo, buscou-se dar uma ênfase ainda maior à importância do tema fornecendo uma visão mais detalhada do mesmo dentro do contexto nacional. Como foi tratada a faixa de fronteira no passado e como é hoje. O que o governo federal faz atualmente em termos de desenvolvimento e integração regional? Além de fazer referência aos dispositivos normativos que regem o território em questão.

Já o terceiro capítulo aborda os fundamentos teóricos relacionados ao estudo, seja para sustentar os conhecimentos mencionados ou para explicar as técnicas e ferramentas utilizadas no trabalho.

O quarto capítulo apresenta os detalhes sobre o método proposto para Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil. É onde estão estampadas as informações necessárias para compreensão dos dados e dos processos envolvidos, desde a aquisição e tratamento dos dados à criação da faixa. Neste se explica como produzir a faixa de fronteira para cada unidade da federação.

No quinto capítulo são mostrados os passos usados na aplicação do método. Trata-se do estudo de caso feito no Estado do MS onde estão descritos com detalhes como se produz a Linha de Base Reta da Fronteira (LBRF), a Linha Interna da Faixa de Fronteira (LIFF) e a própria Faixa de Fronteira do Brasil no estado. É onde o método foi testado.

Finalmente, o sexto e último capítulo apresenta os pontos conclusivos do trabalho, destacados em termos de seus produtos final e intermediário. Também, fornece indicações das pretensões sobre trabalhos futuros.

Capítulo 2: Contexto da Faixa de Fronteira do Brasil

2.1 Fronteiras e Limites

A palavra fronteira é derivada do Latim “frons”, “frontis” (frente, fachada), literalmente quer significar aquilo que se encontra à frente. Apesar de comum, o seu emprego no sentido de linha divisória ou limites entre dois territórios, como pode ser visto na definição de fronteira do dicionário cartográfico de Oliveira (1980, p.161): *“linha de demarcação entre unidades políticas ou geográficas contínuas”*, tecnicamente a significação dos vocábulos não se mostra idêntica: fronteira e limites se distinguem. Quando o Prof. André Martin inicia sua abordagem sobre as fronteiras na história, ele expõe o caráter histórico do conceito afirmando:

Para começar, registre-se que a palavra “fronteira” é derivada do antigo latim “fronteria” ou “frontaria” que indicava a parte do território situada “in fronte”, isto é, nas margens. Isto significa dizer que a avaliação de toda história anterior a Roma e mesmo de outras sociedades torna-se um tanto especulativa. Aliás, as próprias fronteiras do Império foram chamadas de “limes”, o que originariamente significava “confim entre dois campos” e se referia, portanto, a propriedade fundiária individual. (MARTIN, 1992, p.21).

Segundo Figueiredo (2003), hoje em dia, ao invés de se referir a propriedade fundiária individual, a delimitação das fronteiras refere-se ao campo das relações internacionais, portanto, significa envolver o poder de um Estado em relação à seu território e aos territórios de outros Estados. E, assim como o Estado e a soberania estatal são historicamente datados, as fronteiras também não são rígidas, constituindo construções históricas.

O surgimento do Estado moderno reflete a tensão que vai do *sistema de domínio policêntrico* e complexo dos senhores de origem feudal ao *Estado territorial concentrado e unitário*, obedecendo a um único centro irradiador de poder e suas respectivas hierarquias repassadoras, visando a uma racionalização da gestão deste poder e da própria organização política imposta pelo processo de mudança (FIGUEIREDO, 2003 apud MAX WEBER).

Na primeira das oito proposições feitas por Becker (1984, p.58) sobre questões referentes à fronteira amazônica, ela afirma: *“a fronteira não é um fenômeno isolado. Ela é definida em relação a um espaço estruturado e sua potencialidade alternativa é circunscrita a limites impostos pela formação social em que ela se situa”*.

Um destaque interessante sobre o termo é feito por representante da Segunda Comissão Demarcadora de Limites (SCDL) do Ministério das Relações Exteriores

(MRE): *“Uma fronteira não é um parágrafo de um Tratado, nem uma linha num mapa, mas uma estrutura complexa e funcional na face da terra”* (KRUKOSKI, 2002).

Limites, também derivado do latim “lines”, “limitis” (divisas, extremas) é o vocábulo empregado para designar a linha demarcatória das coisas, em virtude da qual elas devem ser consideradas e compreendidas. Os limites assinalam os pontos terminais pelos quais se definem e se demarcam a grandeza e a extensão das coisas, circunscrevendo-as de modo certo e fixo.

As definições a seguir são consideradas pelos juristas para tratar questões legais envolvendo os termos:

Os limites materializam-se em linhas de interseção, linhas de contato, sendo, pois, propriamente, uma linha de separação entre duas coisas, que se acham juntas ou unidas, mas limitadas ou demarcadas por essas linhas.

Fronteira é o espaço ocupado pela coisa em frente de outro espaço, ocupado por outra coisa: não se mostram linhas, possuindo maior grandeza ou extensão que estas. É a parte da frente que está em frente de outra parte.

Praticamente, pois, a área da fronteira não é tão estreita como as dimensões dos limites, apegado aos pontos de contato das duas coisas, mostrando-se o mesmo para ambas, enquanto que as fronteiras são duas, uma de cada lado. (SILVA, 1963, p. 720).

Vale destacar a exposição da Prof^a. Lia Machado, atual Coordenadora do Grupo RETIS de Pesquisa da UFRJ, quando aborda em seu artigo as diferenças essenciais entre limites e fronteiras, ou seja:

As diferenças são essenciais. A fronteira está orientada “para fora” (forças centrífugas), enquanto os limites estão orientados “para dentro” (forças centrípetas). Enquanto a fronteira é considerada uma fonte de perigo ou ameaça porque pode desenvolver interesses distintos aos do governo central, o limite jurídico do estado é criado e mantido pelo governo central, não tendo vida própria e nem mesmo existência material, é um polígono. O chamado “marco de fronteira” é na verdade um símbolo visível do limite. Visto desta forma, o limite não está ligado à presença de gente, sendo uma abstração, generalizada na lei nacional, sujeita às leis internacionais, mas distante, freqüentemente, dos desejos e aspirações dos habitantes da fronteira. Por isso mesmo, a fronteira é objeto permanente da preocupação dos estados no sentido de controle e vinculação. Por outro lado, enquanto a fronteira pode ser um fator de integração, na medida que for uma zona de interpenetração mútua e de constante manipulação de estruturas sociais, políticas e culturais distintas, o limite é um fator de separação, pois separa unidades políticas soberanas e permanece como um obstáculo fixo, não importando a presença de certos fatores comuns, físico-geográficos ou culturais (MACHADO, 2003a).

Dentro desta linha de abordagem não se pode deixar de indicar outro artigo da mesma professora, em Machado (2003b), que aborda alguns aspectos sobre a relação entre limites, fronteira e território.

Na página da Internet da unidade coordenadora dos assuntos ligados aos limites territoriais do país, encontram-se as seguintes definições:

Fronteira – termo genérico, relativo a uma região ou faixa do território abrangente;
Limite – termo exato cuja concepção linear define precisamente o terreno;
Delimitação – fixação dos limites por meio de tratados internacionais;
Demarcação – implantação física dos limites, construção de marcos em pontos determinados;
Densificação e caracterização – aperfeiçoamento sistemático da materialização da linha limite mediante intercalação de novos marcos, com o objetivo de torná-los mais intervisíveis. (DF, 2000).

Assim, pelo exposto, não há dúvida em considerar que a fronteira é o espaço territorial brasileiro em frente de outro espaço territorial, ocupado por um país contíguo, e os limites assinalam os pontos terminais pelos quais se definem e se demarcam a grandeza territorial do país e a sua extensão. Portanto, fronteira é faixa e limite é linha. Entre dois países confrontantes existem duas faixas de fronteiras opostas e divididas por uma linha, a linha de limite internacional.

Na Figura 2 observa-se que o Brasil faz limite com quase todos os países da América do Sul, a exceção é com o Equador e Chile, compreendendo uma extensão de 15.719 km de limite com países da América do Sul que se estende do extremo norte do Amapá, fronteira com a Guiane, até o extremo sul do país, em uma das curvas do arroio Chuí, Rio Grande do Sul, fronteira com o Uruguai, conforme AEB2000 (2002, p. 1-9 e p. 1-11).

No passado, o Brasil independente herdou de Portugal todas as suas questões de limites com a Espanha e França, passando a diplomacia brasileira a tratar as negociações sobre suas fronteiras também com Holanda, Inglaterra e com todas as nações sul-americanas contíguas ao seu território. Muitas negociações ocorreram ao longo da história, mas somente no início do século XIX, os problemas de limites ainda pendentes foram solucionados pelo Barão do Rio Branco. Hoje, pode-se afirmar que todas as questões relativas à sua delimitação estão resolvidas restando, apenas, o aprimoramento dos limites do País que é realizado por representantes dos países adjacentes, no sentido de melhorar a caracterização da linha de limite. O artigo do Consultor Técnico do Ministério das Relações Exteriores e representante na Diretoria Central do Conselho Nacional de Geografia na década de quarenta, (PEREIRA, 1945), aborda com detalhes a história das fronteiras do Brasil, iniciando com um resumo histórico dos antecedentes luso-hispânico e traçando uma exposição cronológica dos principais acontecimentos com a reprodução de seus respectivos documentos históricos.



Figura 2: Mapa da América do Sul.

Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

As atividades de fixação das fronteiras brasileiras são executadas por comissões bilaterais demarcadoras de limites, denominadas Comissões Mistas de Limites. O Brasil mantém comissão mista com todos os países limítrofes. São feitos aperfeiçoamentos sistemáticos da materialização da linha limite mediante a intercalação de novos marcos, com o objetivo de torná-los cada vez mais intervisíveis.

A Tabela 1, apresenta extensões e a quantidade de marcos de fronteira utilizados para caracterizar os limites internacionais do Brasil com todos os países adjacentes. Observa-se que a grande extensão dos limites, quase que 90% do total,

está caracterizada por intermédio de acidentes naturais e o restante por linhas geodésicas, contribuindo em muito nas atividades de demarcação de limites.

Tabela 1: Situação dos limites internacionais do Brasil.

PAÍS	RIOS E CANALIS (km)	LAGOAS (km)	GEODÉSICAS (km)	DIV. DE ÁGUAS (km)	TOTAL (km)	TOTAL DE MARCOS
Guiana Francesa	427			303	730	07
Suriname				593	593	60
Guiana	698			908	1606	134
Venezuela			90	2109	2199	2456
Colômbia	809		612	223	1644	128
Peru	2003		283	709	2995	86
Bolívia	2609	63	751		3423	426
Paraguai	929			437	1366	901
Argentina	1236			25	1261	260
Uruguai	610	139	57	263	1069	1174
TOTAL GERAL	9321	202	1793	5570	16886	5632

Fonte: Fronteira do Brasil - MRE/DF (DF, 2000)

2.2 As Faixas de Fronteiras do Brasil

A faixa interna de largura variável e de caráter principalmente estratégico, de base física de um país, delimitada por uma linha divisória ou limite, que a divide da faixa de fronteira do outro país contíguo. Esta faixa de largura considerável e que se confronta com a linha de limite, na qual termina a ação jurisdicional do Estado, atualmente é definida por uma largura de cento e cinquenta quilômetros.

De acordo com Figueiredo (2003), nesta extensa faixa do território brasileiro verifica-se uma enorme diversidade regional, onde coexistem situações que vão desde a necessidade de afirmação da soberania em regiões remotas da fronteira amazônica até áreas de intenso convívio cultural, como as fronteiras meridionais do país. Assim, as áreas fronteiriças apresentam traços e processos que as caracterizam e as diferenciam de outras áreas do território nacional.

Segundo Steiman (2002), somente quatro países na América do Sul, além do Brasil, reconhecem a faixa ou zona de fronteira como uma unidade espacial distinta e sujeita a legislação específica; contudo, apenas três países estabelecem em suas constituições uma largura para a faixa, conforme mostrado a seguir (Tabela 2).

Tabela 2: As Faixas de Fronteiras na América do Sul.

País	Faixa de Fronteira	Instrumento Legal
Argentina	Não tem.	Constituição de 1994.
Bolívia	50 km.	Constituição de 1997, reformada em 1997.
Brasil	150 km.	Constituição de 1988.
Chile	Não tem.	Constituição de 1980, reformada em 2001.
Colômbia	Não especifica largura.	Constituição de 1991, reformada em 1997.
Equador	Não especifica largura.	Constituição de 1998.
Guiana	Não tem.	Constituição de 1980, reformada em 1996.
Guiana Francesa *	-	-
Paraguai	Não tem.	Constituição de 1992.
Peru	50 km.	Constituição de 1993.
Suriname	Não tem.	Constituição de 1987, reformada em 1992.
Uruguai	Não tem.	Constituição de 1997.
Venezuela	Não especifica largura.	Constituição de 1999.
* sem dados		

Fonte: As Constituições dos Países (STEIMAN, 2002).

Algumas décadas após a independência política do Brasil, apesar do pouco conhecimento geográfico das regiões fronteiriças, a Lei nº 601, de 18/09/1850, que dispõe sobre as terras devolutas no Império, no seu artigo primeiro já preconizava o conceito de fronteira como faixa, se referindo a mesma por uma zona de dez léguas (66 km), conforme destacado a seguir:

Ficam proibidas as aquisições de terras devolutas por outro título que não seja o de compra.
 Excetuam-se as terras situadas nos limites do Império com países estrangeiros em uma zona de 10 léguas, as quais poderão ser concedidas gratuitamente.

O referido dispositivo legal foi regulamentado quatro anos mais tarde pelo Decreto nº 1.318, de 30/01/1854, que dispensou um capítulo à parte para tratar da faixa - *“Capítulo VII - Das Terras Devolutas Situadas nos Limites do Império com*

Países Estrangeiros”, regido por cinco artigos, onde o primeiro deles merece ser ressaltado como uma das primeiras iniciativas de ocupação das fronteiras:

Dentro da zona de dez léguas contígua aos limites do Império com Países estrangeiros, e em terras devolutas, que o Governo pretender povoar, estabelecer-se-ão Colônias Militares.

Ao longo do tempo e da história constitucional brasileira, a questão de fronteira tem sido tratada de forma defensiva, quase sempre ligada à defesa e segurança nacional, contrariando os novos tempos de intensificação das relações mundiais que acabam por fragilizar as fronteiras entre os estados nacionais. Apesar do caráter defensivo assumido no tratamento constitucional referente às fronteiras nacionais, observa Figueiredo (2003) que os diferentes contextos históricos de elaboração da Constituição Federal, refletiram momentos diferenciados de estruturação do poder político no país que alteravam o entendimento e o enquadramento legal de sua fronteira.

Uma pesquisa feita nas Constituições do Brasil revela como a faixa de fronteira foi tratada ao longo da história constitucional brasileira, porém, sem considerar as razões políticas envolvidas em cada época.

A primeira Constituição - Constituição Política do Império do Brasil, de 25/03/1824, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - não fez qualquer referência à faixa. Já a segunda - Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, de 24/02/1891, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - apesar de não determinar a largura da faixa, estabeleceu no seu artigo 64º o seguinte: “..., *cabendo à União somente a porção do território que for indispensável para a defesa das fronteiras*,...”, ficando subentendido que tal porção refere-se à largura de 66 km estabelecida na supracitada Lei, que segundo analisado em [ARSEGO et al, 2002] continuava em pleno vigor juntamente com o decreto que a regulamentou. Na Constituição seguinte - Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, de 16/07/1934, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - foi fixada uma largura de 100 km para a faixa, conforme previsto no seu artigo 166º:

Dentro de uma faixa de cem quilômetros ao longo das fronteiras, nenhuma concessão de terras ou de vias de comunicação e a abertura destas se efetuarão sem audiência do Conselho Superior da Segurança Nacional, estabelecendo este o predomínio de capitais e trabalhadores nacionais e determinando as ligações interiores necessárias à defesa das zonas servidas pelas estradas de penetração.

Um pouco mais de três anos depois, foi promulgada a nova Constituição - Constituição dos Estados Unidos do Brasil, de 10/11/1937, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - onde a largura da faixa foi ampliada para 150 km, conforme o seu artigo 165º:

Dentro de uma faixa de cento e cinquenta quilômetros ao longo das fronteiras, nenhuma concessão de terras ou de vias de comunicação poderá efetivar-se sem audiência do Conselho Superior de Segurança Nacional, e a lei providenciará para que nas indústrias situadas no interior da referida faixa predominem os capitais e trabalhadores de origem nacional...

Nenhuma das duas próximas Constituições - Constituição dos Estados Unidos do Brasil, de 18/09/1946, e Constituição do Brasil, de 24/01/1967, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - estabeleceram largura para a faixa de fronteira. A primeira faz somente uma referência no item II do seu artigo 34, quando inclui entre os bens da União a porção de terras devolutas indispensável à defesa das fronteiras. Vale apenas destacar o artigo 6º dos Atos das Disposições Constitucionais Transitórias desta Constituição:

Os Estados deverão, no prazo de três anos, a contar da promulgação de Ato, promover, por acordo, a demarcação de suas linhas de fronteira, podendo, para isso, fazer alterações e compensações de áreas, que atendam aos acidentes naturais do terreno, às conveniências administrativas e à comodidade das populações fronteiriças.

§ 1º - Se o solicitarem os Estados interessados, o Governo da União deverá encarregar dos trabalhos demarcatórios o Serviço Geográfico do Exército.

§ 2º - Se não cumprirem tais Estados o disposto neste artigo, o Senado Federal deliberará a respeito, sem prejuízo da competência estabelecida no art. 101, nº I letra e, da Constituição.

Somente na Constituição atual – Constituição da República Federativa do Brasil, de 05/10/1988, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002) - a largura da faixa voltou a constar, sendo determinada por uma largura de até cento e cinquenta quilômetros para ela, conforme previsto no parágrafo segundo do seu vigésimo artigo que está destacado no último item deste capítulo.

No mapa a seguir (Figura 3) é mostrada, a título de ilustração, a Faixa de Fronteira do Brasil em todos os estados fronteiriços com a identificação de seus respectivos limites internacionais com os países vizinhos.

Um dos poucos trabalhos publicados no país sobre a Faixa de Fronteira do Brasil que se tem conhecimento foi o do Consultor Técnico do CNG Sr. Moacir (SILVA, 1942). Atualmente, sabe-se que o grupo RETIS produziu um Atlas da Fronteira Internacional do Brasil em CD, com o apoio do CNPQ, que está sendo preparado para reprodução comercial.



Figura 3: Uma visão da Faixa de Fronteira do Brasil nos Estados Fronteiriços.

Fonte: Adaptado de MMD (IBGE, 2000) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

2.3 Ações do Governo Federal na Faixa de Fronteira

Dentro da esfera federal, o Conselho de Segurança Nacional sempre esteve por trás do controle das atividades na faixa de fronteira. O Decreto-Lei nº 1164, de 18/03/1939, criou uma comissão especial para tratar da revisão das concessões de terras que eram feitas pelos Governos estaduais ou municipais e proceder a estudos e emitir parecer sobre empresas, concessões de terras e de vias de comunicação ou meios de transportes, na faixa de cento e cinquenta quilômetros da fronteira do território nacional. No ano seguinte, o Decreto-Lei nº 1968, de 17/01/1940, veio regular as concessões de terras e vias de comunicação, bem como o estabelecimento de indústrias na faixa de fronteira; apesar de revogar o decreto-lei que criou a comissão especial ele ratifica a sua existência. Mais tarde foi instituída pela Lei nº 2.597, de

12/09/1955, a Comissão Especial da Faixa de Fronteiras (CEFF), como órgão auxiliar do CNS, que foi extinta pela Lei nº 6.559, de 18/09/1978, e teve suas atribuições repassadas para a Secretaria-Geral do Conselho de Segurança Nacional (SG/CSN) e mais tarde para a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR). Atualmente, essas atribuições estão a cargo do Conselho de Defesa Nacional (CDN), sendo secretariado pela Secretaria do Gabinete Institucional de Segurança da Presidência da República (SGIS/PR).

Está previsto em lei um auxílio financeiro de ajuda aos municípios da Faixa de Fronteira, na qual as prefeituras municipais concorrem informando em ofício a obra que pretendem realizar, justificando a importância da mesma e os seus reflexos sobre a população, com as devidas estimativas orçamentárias. As prefeituras podem, também, em casos especiais e devidamente justificados, se habilitarem à concessão desse auxílio financeiro para aquisição de máquinas e equipamentos. Na condição de entidade federal gestora da faixa de fronteira, o Conselho de Segurança Nacional estabeleceu as primeiras normas e um plano preliminar de distribuição para que os municípios pudessem se habilitar ao referido auxílio, a princípio, a distribuição obedeceria aos critérios definidos a seguir:

a. Quanto à natureza da obra

1) Na AMAZÔNIA LEGAL

Prioridade 1 – SANEAMENTO BÁSICO

Prioridade 2 – URBANIZAÇÃO

Prioridade 3 – DEMAIS SETORES

2) No restante da Fronteira

Prioridade 1 – PONTES E ESTRADAS VICINAIS

Prioridade 2 – SANEAMENTO BÁSICO

Prioridade 3 – DEMAIS SETORES

b. Quanto ao Município

Prioridade 1 – Municípios de Interesse da Segurança Nacional na Faixa de Fronteira

Prioridade 2 – Municípios mais novos ou mais carentes

Prioridade 3 – Municípios fronteiriços

Prioridade 4 – Demais municípios da Faixa de Fronteira.

(CSN, 1981).

Dentro da Política de Defesa Nacional estabelecida pelo CDN, destacam-se algumas diretrizes que estão relacionadas direta ou indiretamente com segurança, integração e desenvolvimento da região na Faixa de Fronteira do Brasil:

[...] f) contribuir ativamente para o fortalecimento, a expansão e a solidificação da integração regional; [...]

[...] l) priorizar ações para desenvolver e vivificar a faixa de fronteira, em especial nas regiões norte e centro-oeste; [...]

(MD, 1996).

Na Secretaria de Programas Regionais Integrados do Ministério da Integração Nacional (SPRI/MI) consta um programa de desenvolvimento regional denominado: “Desenvolvimento Social da Faixa de Fronteira”. O projeto visa essencialmente promover a ocupação da região, considerada área importante para a consolidação da democracia e desenvolvimento econômico e social do País, com ações para desenvolver a faixa de fronteira, o programa estuda os pedidos de demandas e realiza obras civis de pequeno porte nos municípios. Atualmente o programa dispõe de um orçamento anual de aproximadamente 4,4 milhões de reais, conforme informações do Ministério da Integração Nacional, MI (2002).

Sobre o primeiro ano de execução do programa de Desenvolvimento Social da Faixa de Fronteira, encontramos os comentários e recomendações do Ministério do Planejamento e Orçamento, MPO (2002), que merecem destaques, conforme a seguir:

Como comentários:

A estratégia empregada é, do ponto de vista operacional, bastante adequada perante as características atuais do programa e sua forma de execução, o que pode ser demonstrado pela eficiência com que as transferências dos recursos foram realizadas. À medida que o programa se consolida no Ministério como um instrumento de políticas públicas de integração nacional, tal estratégia deverá ser reformulada. Quando da revisão do programa seria conveniente agregar uma clara memória de cálculo do gerente para identificar quer os municípios a serem atendidos, quer as obras a serem executadas e, sobretudo, os resultados concretos a serem atingidos por cada obra. Talvez fosse o caso de desenhar as ações vinculando-se as obras a estratégias setoriais de fácil identificação.

E como recomendações:

A revisão do programa Desenvolvimento Social da Faixa de Fronteira deverá se prender aos seguintes critérios: situá-lo no contexto de uma política de desenvolvimento regional, onde a questão geopolítica seja um dos componentes e não o único; privilegiar os aspectos sinérgicos de investimentos deste tipo, conjugando-os com outros programas nas áreas de: saúde, saneamento, desenvolvimento urbano, educação, esporte e lazer, cultura e turismo; e procurar a integração continental como forma de viabilizar a solução de problemas de infra-estrutura econômica e social, tornando o programa uma ação de diversas parcerias, inclusive com o setor privado e terceiro setor. Tentar tirar o resultado deste programa um modelo aproximado de intervenção em desenvolvimento municipal.

2.4 Dispositivos Legais Básicos

Como já mencionado, a faixa de fronteira é uma área estratégica do País que recebeu destaque em quase todas as Constituições brasileiras. No segundo capítulo do primeiro título da atual Carta Magna - Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 out.1988, (CAMPANHOLE, 1992, BRASIL, 2002), na parte que versa sobre a organização do Estado, consta no parágrafo 2º do artigo 20º (são bens da União) o seguinte:

A faixa de até cento e cinquenta quilômetros de largura, ao longo das fronteiras terrestres, designada como faixa de fronteira, é considerada fundamental para defesa do território nacional, e sua ocupação e utilização serão reguladas em lei.

Ainda, no segundo capítulo do título seguinte da mesma Constituição Federal, na subseção II que trata do Conselho de Defesa Nacional, estabelece no item III do artigo 91, como competência do referido conselho, o seguinte:

Propor os critérios e condições de utilização de áreas indispensáveis à segurança do território nacional e opinar sobre seu efetivo uso, especialmente na faixa de fronteira e nas relacionadas com a preservação e a exploração dos recursos naturais de qualquer tipo.

Para secretariar este conselho, ora está incumbido o Gabinete Institucional de Segurança da Presidência da República.

Apesar da Lei nº 6.634, de 02/05/1979, que dispõe sobre a faixa de fronteira ser anterior à atual Constituição Federal, a mesma permanece em vigor até a presente data. Ela determina a distância máxima estipulada na constituição como o limite interno da faixa, conforme consta no seu artigo 1º:

É considerada área indispensável à Segurança Nacional a faixa interna de 150 km (cento e cinquenta quilômetros) de largura, paralela à linha divisória terrestre do território nacional, que será designada como Faixa de Fronteira.

Este dispositivo legal impõe uma série de restrições à prática de determinados atos na área da faixa de fronteira, condicionando alguns atos ao assentimento prévio dado pelo órgão competente.

No Decreto nº 85.064, de 26/08/1980, dispositivo legal que regulamenta a supramencionada lei, encontramos os procedimentos a serem seguidos para a prática dos atos que necessitem de assentimento prévio, tais como aqueles relativos à alienação e concessão de terras públicas, aos serviços de radiodifusão, às atividades de mineração, à colonização e loteamentos rurais, às transações com imóveis rurais envolvendo estrangeiros, à participação de estrangeiros em pessoa jurídica brasileira, além do auxílio financeiro aos municípios da faixa de fronteira.

Estes são os diplomas legais básicos que regem o território da Faixa de Fronteira do Brasil. Um conhecimento mais amplo do que ocorre, em matéria jurídica, nesta região do País, pode ser rapidamente obtido realizando-se uma pesquisa no banco de dados sobre a legislação brasileira do Senado Federal (BRASIL, 2002).

Capítulo 3: Fundamentação Teórica

3.1 Sistemas de Coordenadas Terrestres

Existem vários sistemas de coordenadas, cada um deles criado para atender um determinado propósito. A idéia de localizar posições utilizando-se números vem de longe e é usada em muitas situações da nossa vida, tais como: localizar o lugar num teatro a partir do bilhete (F 12 - fileira/cadeira), localizar uma cidade ou algum acidente geográfico num mapa (latitude e longitude), até mesmo jogar Batalha Naval (B/7 - coluna/linha), dentre uma diversidade de outras coisas. O objetivo desses sistemas é a representação de pontos do plano ou do espaço por meio de conjuntos de números reais denominados “coordenadas” que pode ser muito bem entendido como o “endereço” desses pontos. Por exemplo, a localização de um ponto qualquer num plano será perfeitamente determinado por meio de um par ordenado de números reais que representam as medidas de distâncias a dois eixos orientados, um deles vertical e outro horizontal.

Dentro da geometria analítica, a definição de coordenada é a seguinte:

Qualquer dos membros de um conjunto que determina univocamente a posição de um ponto no espaço. O conjunto é formado por tantos membros quantas as dimensões do espaço considerado, e o número de membros constitui característica intrínseca do espaço. A coordenada pode ser uma distância, um ângulo, uma velocidade, um momento, etc. (FERREIRA, 1975, p 380).

Já na visão da cartografia, a coordenada é definida como:

Quantidades lineares ou angulares que designam a posição que um ponto ocupa em uma estrutura ou sistema de referência. Designa também, como termo geral, a forma particular de sistema de referência, como coordenadas plano-retangulares ou coordenadas esféricas. (OLIVEIRA, 1980, p. 85).

Para atender aos objetivos básicos da geomática é necessário estabelecer o vínculo entre os mais diversos atributos e o espaço geográfico. Este relacionamento será feito corretamente se os pontos do espaço geográfico estiverem perfeitamente identificados de modo unívoco (individualizados ou nomeados). A nomeação de um conjunto tão grande de elementos como são os pontos da superfície da Terra é feita de forma numérica, como já mencionada, e esses números, utilizados como endereço para individualizar cada ponto existente na Terra, podem ser chamados de

coordenadas terrestres ou coordenadas georreferenciadas². É com base em determinado sistema de coordenadas terrestres que se descreve geometricamente a superfície da Terra, bem como se representa a mesma em uma superfície plana. Os itens a seguir buscam fornecer uma visão geral de alguns sistemas de coordenadas terrestres mais citados no campo da geomática.

3.1.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

É o sistema de coordenadas terrestres mais conhecido e antigo, sendo os termos: “coordenadas geográficas” usualmente considerados como a forma genérica de expressar tanto as coordenadas astronômicas quanto às geodésicas. De acordo com Oliveira (1980), as coordenadas geográficas (de um lugar) são definidas por: *“Longitude e latitude astronômica ou geodésica de um lugar”*.

3.1.1.1 Meridianos e Paralelos

É comum localizar cada ponto da superfície terrestre pela interseção de um meridiano com um paralelo. Considerando-se a Terra uma esfera os meridianos são círculos máximos³ que passam pelos pólos geográficos dividindo o globo terrestre em duas partes iguais. Consequentemente, todos os meridianos se cruzam tanto no pólo norte quanto no pólo sul. Por convenção, a origem (0°) para a contagem das longitudes é o meridiano que passa pelo antigo observatório britânico de Greenwich, motivo que gerou a sua denominação mais conhecida: “Meridiano de Greenwich (Gr)”. Os meridianos, além de servirem para expressar as longitudes sobre a superfície terrestre, eles também servem de base para a contagem dos fusos horários.

Já os paralelos são círculos cujo plano é perpendicular ao eixo dos pólos e formam ângulo reto com os meridianos. O único paralelo que é um círculo máximo é o Equador que divide a Terra em dois hemisférios, um Norte e outro Sul, e é a origem (0°) para a contagem das latitudes. A partir desta origem, os círculos paralelos diminuem de tamanho conforme se aproximam dos pólos, até se transformarem num ponto.

A ilustração a seguir apresenta os meridianos e os paralelos sobre a esfera, numa visão da Terra sendo observada do espaço (Figura 4).

² Também conhecidas pelas denominações: coordenadas georreferidas ou geocoordenadas.

³ Os meridianos quando definidos num modelo de Terra elipsoidal, ao invés de serem “círculos máximos”, passam a ser “elipses” definidas pelas interseções do elipsóide com planos que contêm o seu eixo de rotação.

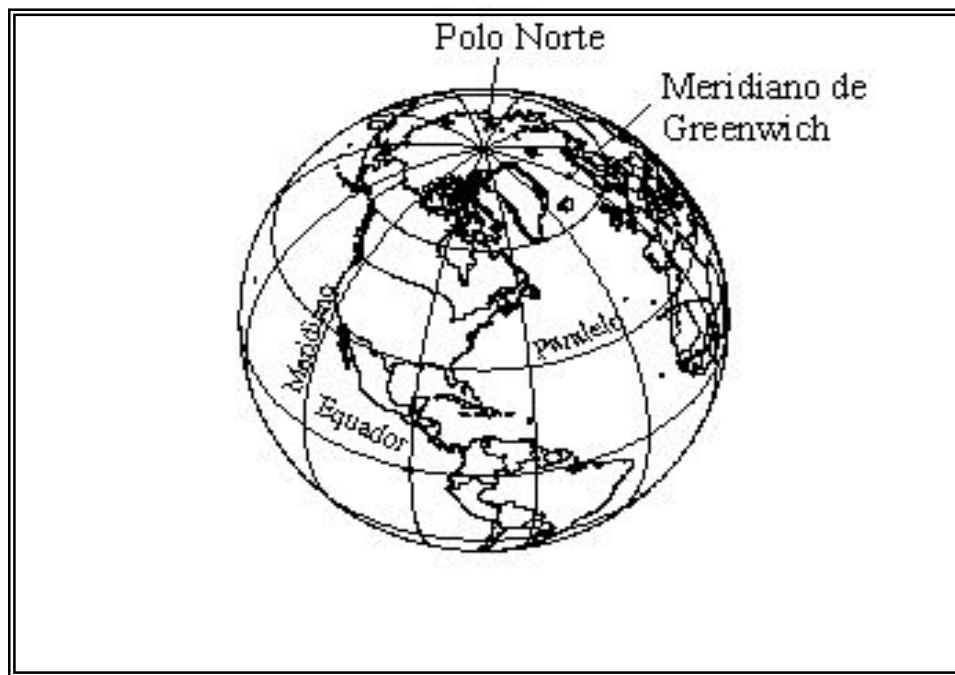


Figura 4: Meridianos e Paralelos.

Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

3.1.1.2 Sistema de Coordenadas Astronômicas

É o sistema de coordenadas angulares esféricas que permite a situação unívoca de pontos na esfera celeste, com relação a determinados planos e eixos fundamentais de referência. As coordenadas astronômicas podem ser definidas conforme a seguir:

a) Longitude Astronômica (λ):

Ângulo diedro compreendido entre um plano meridiano astronômico tomado como origem e o do ponto considerado medido sobre o plano do equador instantâneo. É medido de 0° a 360° ou de 0h a 24h a partir do meridiano de origem, no sentido positivo para Este. A longitude astronômica é a que resulta diretamente da determinação astronômica sobre corpos celestes. O mesmo que longitude instantânea (OLIVEIRA, 1980, p. 227).

b) Latitude Astronômica (φ):

Ângulo entre a vertical do ponto de observação e o plano do equador instantâneo, medido no plano do meridiano astronômico de 0° a 90° (positivo no hemisfério norte). Obtém-se o seu valor diretamente da observação astronômica, e está referido à superfície equipotencial que passa pelo lugar. O mesmo que latitude instantânea (OLIVEIRA, 1980, p. 214).

3.1.1.3 Sistema de Coordenadas Geodésicas

O sistema oriundo da geodésia⁴ se baseia nas coordenadas longitude (λ), latitude (ϕ) e altitude elipsoidal ou geodésica ou geométrica (h), definidas a seguir, que são elementos geométricos que determinam a posição espacial de um ponto a partir de uma superfície elipsoidal adotada como superfície de referência para o endereçamento dos pontos na superfície da Terra.

a) Longitude Geodésica (λ):

Ângulo compreendido entre o plano do meridiano geodésico do lugar e o plano de um meridiano de origem arbitrariamente escolhido, medido no plano equatorial geodésico a partir do meridiano de origem, de 0° a 360° no sentido positivo para este. A longitude geodésica difere da correspondente longitude astronômica pela magnitude da componente no primeiro vertical do desvio da vertical dividida pelo cosseno da latitude. O mesmo que longitude elipsoidal ou longitude geocêntrica (OLIVEIRA, 1980, p. 227).

b) Latitude Geodésica (ϕ):

Ângulo formado pela normal ao elipsóide no ponto de observação com o plano do equador elipsoidal. É medido a partir deste último de 0° a 90° com o sinal positivo no hemisfério norte e negativo no hemisfério sul. A latitude geodésica de um ponto difere da correspondente latitude astronômica numa quantidade igual à componente meridiana do desvio da vertical. O mesmo que latitude elipsoidal (OLIVEIRA, 1980, p. 215).

c) Altitude Elipsoidal ou Geodésica ou Geométrica (h):

Distância que separa o ponto considerado do elipsóide de referência, medida ao longo da normal a essa superfície (OLIVEIRA, 1980, p. 12)⁵.

A forma elipsoidal da Terra supramencionada é tratada no subitem seguinte e os referidos elementos geodésicos estão ilustrados abaixo (Figura 5).

⁴ É a ciência que estuda e trata de definir, com a máxima precisão possível, a forma, as dimensões, a velocidade angular de rotação e o campo de gravidade da Terra, e em relação ao sistema de coordenadas definir a origem e a orientação para a superfície matemática de referência.

⁵ O autor denomina esta altitude de altura geodésica ou elipsoidal.

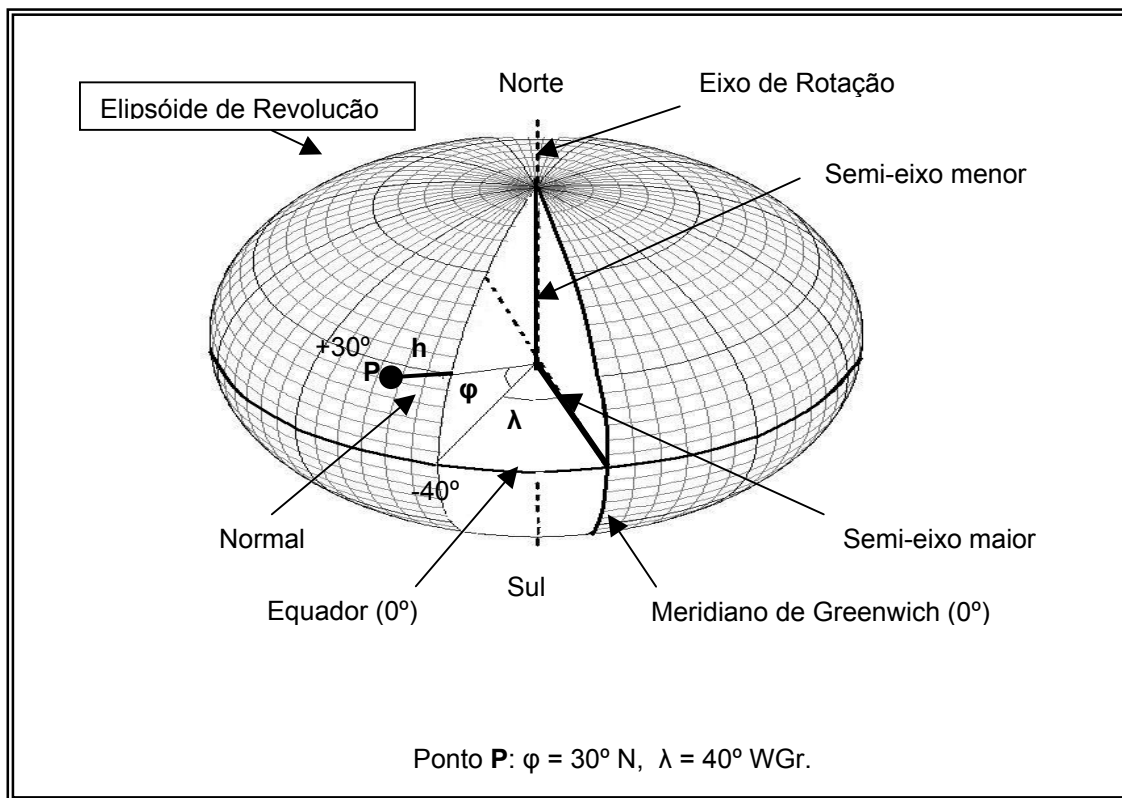


Figura 5: Latitude (φ), Longitude (λ) e altitude (h) geodésicas.

Fonte: Adaptado de Escobar (2001)

As Longitudes e Latitudes são os termos mais utilizados para expressar as coordenadas terrestres.

As longitudes, por convenção, têm sua origem no Meridiano de Greenwich. Elas normalmente são medidas no sentido leste de Greenwich por valores crescentes até “+180°” e no sentido oeste por valores decrescentes até “-180°”. Alguns especialistas expressam os valores desta coordenada sem o sinal, apondo logo a seguir dos valores positivos a letra “E” (leste em inglês) ou “EGr” ou dos valores negativos a letra “W” (oeste em inglês) ou “WGr”, por exemplo: +30° ou 30°E (ou 30°EGr), -45° ou 45°W (ou 45°WGr).

E as latitudes são medidas a partir do paralelo 0° (linha do equador), no sentido do Pólo Norte por valores que são crescentes até “+90°” e decrescente no sentido do Pólo Sul até “-90°”. Também podem ser expressas com o valor sem o sinal seguido das letras “N” ou “S” de acordo com sua posição no hemisfério Norte ou Sul, respectivamente. Por exemplo: +30 ou 30N e -20° ou 20°S.

3.1.1.3.1 Superfícies de Referência Geodésica

Nas determinações geodésicas, a superfície de referência utilizada é o elipsóide de revolução que é a forma geométrica gerada pela rotação de uma elipse em torno do seu eixo menor (eixo dos pólos), conforme ilustrado na Figura 5, e que deve ser posicionada com relação ao planeta Terra.

Por diversas razões técnicas, políticas, econômicas, etc., cada País tem utilizado um determinado elipsóide, que em geral é diferente dos outros. Na Tabela 3 a seguir encontram-se destacadas algumas das superfícies elipsoidais de referência utilizadas no Brasil. Em Silva (1999, p. 71) pode ser encontrada uma tabela mais ampla com outras superfícies utilizadas no mundo.

Tabela 3: Elementos dos Principais Elipsóides utilizados no Brasil.

ELIPSÓIDE	SEMI-EIXO MAIOR a (m)	INVERSO DO ACHATAMENTO 1/α
Hayford Datum Córrego Alegre	6378388	297.000000000
Astro Chuá Datum Chuá	6378388	297.000000000
UGGI (SAD-69) Datum Chuá	6378160	298.250000000
WGS 84	6378137	298.257223563

Fonte: Adaptado de Rocha (2000).

Além da citada superfície de referência (superfície elipsoidal) e da superfície real da Terra (superfície física ou topográfica), a geodésia considera uma terceira superfície que é a do geóide (superfície geoidal), conforme mostrado a seguir (Figura 6). O geóide⁶ é a superfície que se assemelha mais com a forma da Terra; os geodestas o define como:

Superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra (geope), coincidente com a superfície imperturbada dos oceanos, e que se prolonga por sob os continentes de modo tal que a direção do campo de gravidade lhe é sempre perpendicular (ESCOBAR, 2001).

⁶ É a superfície de referência para as altitudes do nivelamento geométrico (altitudes ortométricas que é a distância linear do geóide ao ponto, medida ao longo da vertical do lugar) e para as observações astronômicas, sua materialização é realizada pela determinação do nível médio dos mares, através da observação de séries cronológicas das variações do nível da água em marégrafos instalados em locais estratégicos na costa oceânica.

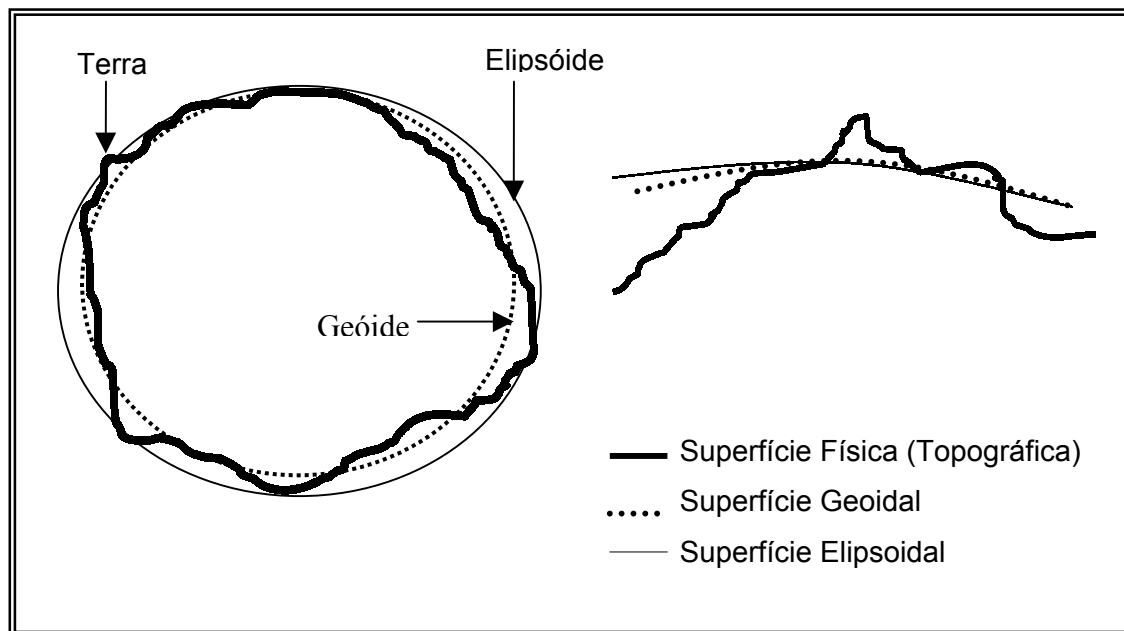


Figura 6: As três Superfícies de Referência.

Fonte: Adaptado de Escobar (2001)

3.1.1.3.2 Datum Geodésico

O Sistema de Coordenadas Geodésicas se baseia em um modelo de Terra elipsoidal e em um conjunto de parâmetros matemáticos que definem a amarração do elipsóide à superfície da Terra. Este sistema de referência é que permite a obtenção da posição de um ponto ou conjunto de pontos no espaço, de modo unívoco. Há dois tipos de data geodésicos: o Datum Horizontal – dado por um ponto de origem, onde o elipsóide é posicionado e orientado em relação à Terra, e o Datum Vertical – dado por um ponto origem onde o geóide é determinado pela média de uma série cronológica de registros de um marégrafo (nível médio dos mares).

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é o SAD-69. Ele é constituído por pontos geodésicos determinados no território nacional referidos ao elipsóide conhecido como Elipsóide de Referência Internacional 1967 (UGGI-1967), recomendado pela Associação Internacional de Geodésica da União Geodésica e Geofísica Internacional. Este elipsóide veio a ser ajustado ao continente sul-americano. O ponto origem (datum horizontal) é o vértice de triangulação Chuá, no Estado de Minas Gerais, com posicionamento e orientação conforme o IBGE (1997, p. 6):

- Latitude: $-19^{\circ} 45' 41,6527''$
- Longitude: $-48^{\circ} 06' 04,0639''$
- Azimute: Uberaba - $271^{\circ} 30' 04,05''$

E o ponto de origem da rede altimétrica nacional, com exceção do Estado do Amapá⁷, é o datum de IMBITUBA, correspondente ao nível médio do mar determinado pelo marégrafo localizado no porto de Imbituba, na cidade de mesmo nome no Estado de Santa Catarina. A referência de nível (RN 4X) é o ponto origem, com altitude de 8,6362m em relação ao nível médio do mar local.

3.1.2 Sistema Tridimensional de Coordenadas Cartesianas Geocêntricas

O Sistema Tridimensional de Coordenadas Cartesianas Geocêntricas é um sistema onde suas coordenadas, representadas pelas letras “X”, “Y” e “Z”, são definidas em relação a dois planos ortogonais, um é definido pelo Equador e outro pelo Meridiano de Greenwich. Ele possui a sua origem no centro da Terra, os eixos X e Y pertencem ao plano do Equador e o Z coincide com o eixo de rotação da Terra, conforme mostrado na ilustração a seguir (Figura 7). Este sistema é utilizado no posicionamento de satélites, bem como nas transformações entre os sistemas geodésicos. Um ponto sobre a superfície terrestre que tem sua localização em coordenadas cartesianas geocêntricas pode ter, também, seu endereçamento expresso em coordenadas geodésicas e vice-versa. As relações entre as coordenadas cartesianas e geodésicas podem ser encontradas na grande maioria da literatura especializada, e um passo a passo da transformação entre sistemas geodésicos pode ser encontrado em Silveira (1997). Lá as transformações de coordenadas referidas a um sistema geodésico para um outro são efetuadas a partir das equações diferenciais simplificadas de Molodenski. Atualmente os SIGs dispõem de ferramentas capazes de efetuar transformações entre Sistemas Geodésicos de Referência.

⁷ A rede altimétrica deste estado é referida ao datum de PORTO DE SANTANA.

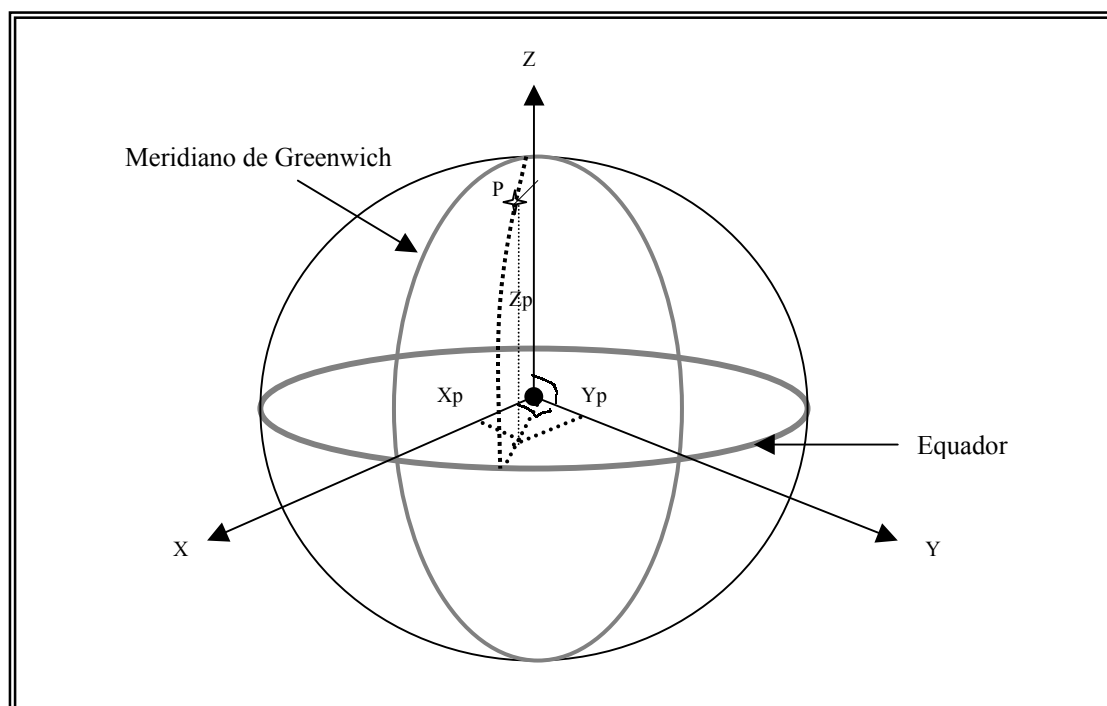


Figura 7: Sistema Tridimensional de Coordenadas Cartesianas Geocêntricas.

Fonte: Adaptado de Escobar (2001).

Vale ressaltar que o sistema de coordenadas cartesianas, no seu modelo bidimensional, também conhecido como sistema de coordenadas planas, é naturalmente usado para representar a superfície terrestre num plano.

3.2 Representação Cartográfica

O objetivo da Cartografia é a representação dos elementos que se encontram na superfície terrestre, na superfície da carta, buscando obter para cada ponto da Terra um ponto correspondente na carta e vice-versa. Para tal, a Cartografia vale-se da Representação Cartográfica⁸ como método para ser empregado a fim de se obter essa correspondência de pontos, com o controle das distorções inerentes à transformação do espaço da superfície curva da Terra para a superfície plana da carta. Segundo Escobar (2001), *“as projeções cartográficas estabelecem relações espaciais que possibilitam a representação gráfica da superfície terrestre ou parte desta em uma superfície plana ou desenvolvível em um plano”*.

⁸ Também conhecido como Projeção Cartográfica.

3.2.1 Classificação das Representações cartográficas

A representação de uma superfície curva em uma outra plana é o problema básico das Representações Cartográficas. As distorções são inevitáveis quando se representa uma porção da Terra numa superfície plana e podem se manifestar nas áreas, nos ângulos e nas distâncias que estão sendo transferidas da superfície terrestre. Assim, diferentes métodos de representação são utilizados visando alcançar resultados que atendam a um propósito específico.

Existe uma variedade de representações, de acordo com Bakker (1965) eles podem ser classificados considerando cinco aspectos: o método de construção, a situação do ponto de vista, a superfície de projeção, a situação da superfície de projeção e as propriedades que eles conservam. Outros cartógrafos, ainda, distinguem mais um aspecto nesta classificação é quanto ao tipo de contato entre as superfícies, onde a superfície de projeção pode ser tangente ou secante a superfície de referência. Todos estes aspectos classificatórios estão apresentados de forma esquemática na ilustração a seguir (Figura 8).

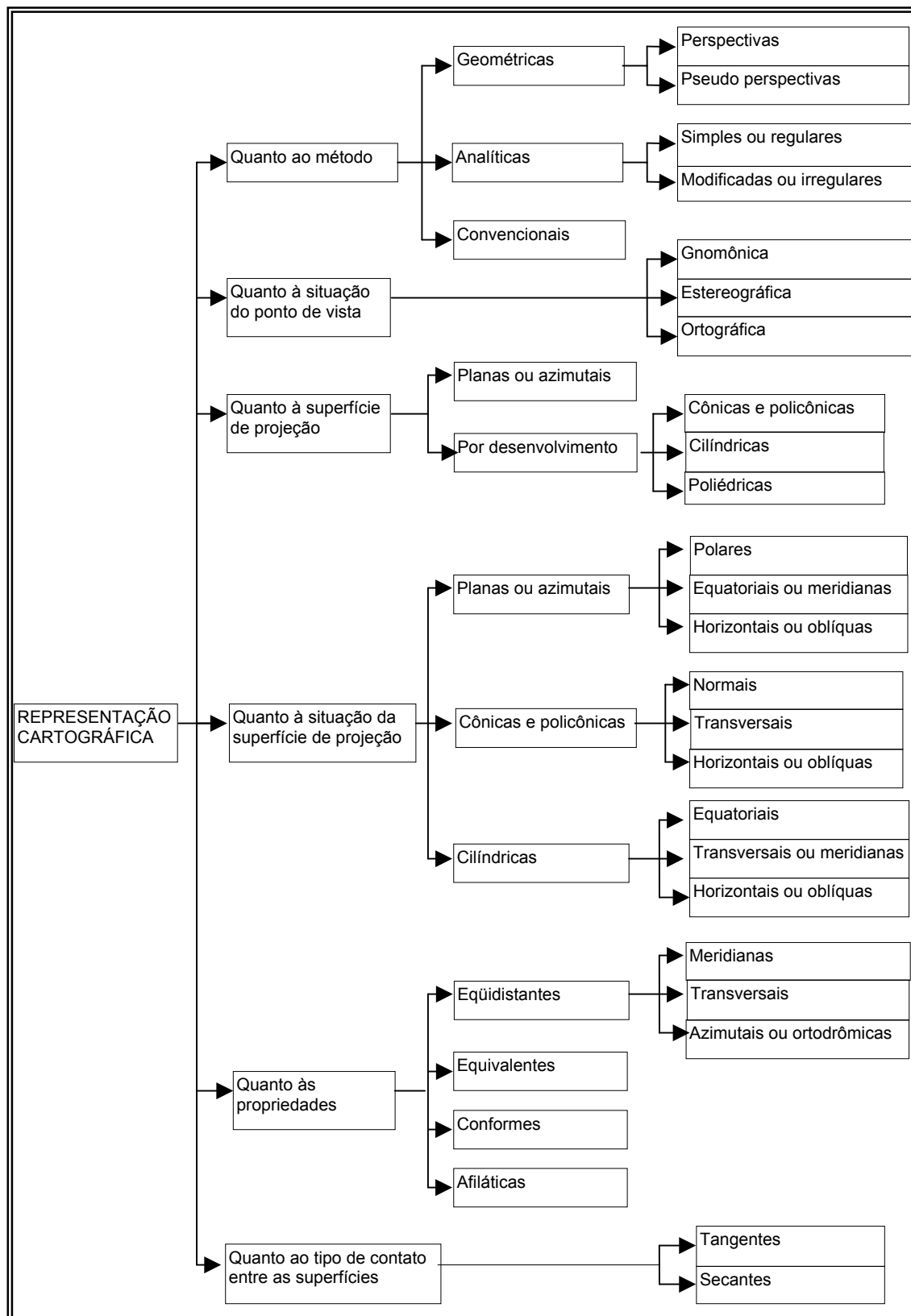


Figura 8: Resumo da classificação das Representações Cartográficas.

Fonte: Adaptado de Bakker (1965).

3.2.2 Propriedades das Representações Cartográficas

Talvez, o aspecto principal de análise de escolha da representação cartográfica mais adequada para ser utilizada num trabalho seja a propriedade que ela conserva. Na Tabela 4 estão descritas de forma resumida as características das propriedades das representações cartográficas.

Tabela 4: Propriedades das Representações Cartográficas.

PROPRIEDADES	CARACTERÍSTICAS
Eqüidistantes	Não apresentam deformações lineares, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme. A condição de eqüidistância só é obtida em determinada direção.
Equivalentes	Não apresentam deformações na área, isto é, as áreas são representadas conservando uma relação constante com as suas correspondentes na superfície terrestre.
Conformes	Não apresentam deformações angulares, isto é, os ângulos são conservados na representação. Pequenas áreas conservam a forma.
Afiláticas	Não apresentam quaisquer das propriedades acima. Mesmo assim sua construção pode ser justificada.

Fonte: Adaptado de Bakker (1965).

3.2.3 Representação Cartográfica Plana

O plano adotado como superfície para representação cartográfica pode ser tangente ou secante à superfície da Terra. Quando essa superfície é tangente à superfície terrestre a Representação Cartográfica Plana também é conhecida como Representação Cartográfica Azimutal, segundo Bakker (1965, p.14) isto é “*em virtude dos azimutes em torno do ponto de tangência serem representados sem deformações*”. A Representação Plana é classificada de acordo com a posição do ponto de tangência do plano em relação na superfície terrestre, conforme a seguir:

a) Polar (Figura 9a) - ponto de tangência está em um dos pólos (plano é perpendicular ao eixo da Terra).

b) Equatorial (Figura 9b) - ponto de tangência na linha do equador (plano é paralelo ao eixo da Terra).

c) Oblíqua (Figura 9c) - ponto de tangência está em um ponto qualquer da superfície da Terra (plano inclinado em relação ao eixo da Terra).

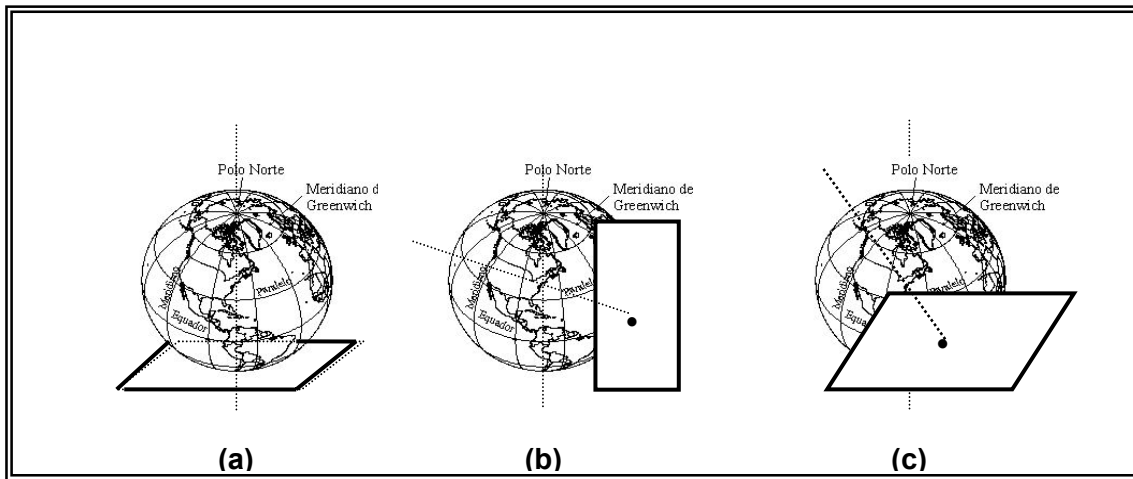


Figura 9: Representações Cartográficas Planas:(a) Polar, (b) Equatorial e (c) oblíqua.

Fonte: Adaptado de Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

3.2.3.1 Representação Plana Equidistante

A Representação Plana Equidistante é o caso geral de representação cartográfica que utiliza uma superfície plana para aplicação do método onde se deseja preservar distâncias. Esta condição só é obtida para uma determinada direção e, segundo essa direção, podem ser classificadas em equidistante meridianas, equidistante transversais e equidistante azimutais, conforme definidas a seguir:

- a) Representação Plana Equidistante Meridiana – são as que apresentam equidistância segundo os meridianos na modalidade Plana Polar.
- b) Representação Plana Equidistante Transversal – são as que apresentam equidistância segundo os paralelos na modalidade Plana Polar.

- c) Projeção Plana Eqüidistante Azimutal (ou Ortodrômica) – são as que não apresentam distorções nos círculos máximos que passam pelo ponto de tangência.

De acordo com Bakker (1965, p.17) “*as projeções eqüidistantes azimutais são sempre projeções planas*”. Este tipo de projeção é muito aplicado na produção de cartas onde se deseja uma escala verdadeira de distâncias e azimutes, como para navegação aérea e marítima, ou para orientação de antenas de transmissão de microondas, bem como em outras aplicações. Vale ressaltar a afirmativa feita pelo mesmo autor quando faz um resumo das propriedades da representação cartográfica eqüidistante azimutal:

A desigualdade de escalas em direções diferentes acarreta deformações nas áreas e alterações na forma. Tornando, essa projeção, desapropriada para a representação de extensas regiões. Entretanto, quando se necessita de uma carta com a finalidade específica de representar verdadeiras distâncias a um determinado ponto, essa projeção pode ser usada com excelentes resultados, fazendo-se o tal ponto centro da projeção (ponto de tangência). (BAKKER, 1965, p.32).

Em Snyder (1982) podem ser encontradas as fórmulas para a construção geométrica desta representação cartográfica, contemplando o seu desenvolvimento tanto na esfera como no elipsóide.

Um dos métodos desenvolvidos pela ESRI (2001a) para operação com a ferramenta “Buffer Wizard” do SIG ArcMap, denominado “*Feature Optimized Coordinate System*”, utiliza-se desta projeção. O algoritmo deste método cria um sistema temporário de coordenadas, baseado em uma projeção eqüidistante azimutal, para o processamento de “buffer” para cada feição que está sendo submetida àquela ferramenta. Uma vez criado, os buffers são reprojitados e gravados no sistema de coordenadas da estrutura de dados.

3.2.4 Índice de Nomenclatura das Folhas Topográficas

O Índice de Nomenclatura utilizado pela cartografia nacional se baseia no adotado para a Carta Internacional do Mundo (CIM) que são cartas na escala 1:1.000.000, também conhecidas como “Cartas ao Milionésimo”; elas possuem

algumas características topográficas e recobrem toda a superfície terrestre, elaborada segundo as recomendações da Conferência Técnica das Nações Unidas ocorrida no mês de agosto de 1962, na cidade de Bonn (Alemanha). No início da década de 70, o departamento de cartografia do IBGE publicou as especificações para a carta ao milionésimo (IBGE, 1970) de acordo com esta conferência a qual fez uma revisão das recomendações anteriores: Londres (1909) e Paris (1913). A CIM é definida como:

Carta na escala de 1:1.000.000, em folhas de formato uniforme, de quatro por seis graus, de características topográficas, cobrindo toda a extensão do globo terrestre, e que se destina prioritariamente à elaboração de cartas temáticas (OLIVEIRA, 1980, p. 60).

A área geográfica abrangida por uma carta ao milionésimo está definida por uma dimensão de 6° na direção dos meridianos (Fusos) por 4° na direção dos paralelos (Zonas). Os Fusos são definidos pela divisão do globo terrestre em sessenta faixas de amplitude de seis graus de longitude cada, contados por um número arábico em ordem crescente no sentido leste, a partir do antimeridiano de Greenwich. O primeiro fuso é identificado pelo número “1” que representa uma faixa do territorial compreendida entre os meridianos 180°W e 174°W e o último (Fuso 60) pelos meridianos 174°E e 180°E. Estas faixas estão divididas em Zonas delimitadas por paralelos de quatro em quatro graus, contados a partir do Equador tanto no sentido norte como no sul.

Para identificar as Zonas são utilizadas duas letras do alfabeto grego. A primeira letra identifica o hemisfério da Terra: norte (identificação pela letra “N”) e sul (identificação pela letra “S”). E a segunda letra que identifica propriamente as zonas, representada pelas letras de “A” a “U” que vai das latitudes de 0° até 84°, dividindo o globo terrestre em faixas de quatro graus de latitude tanto para o sentido do pólo norte como do sul. A divisão em Zonas do restante do globo terrestre, a partir da latitude 84° (N e S), é definida por faixas identificadas pelas letras “V” (84° a 88°) e “Z” (88° a 90°).

Uma visualização geral da nomenclatura da CIM é fornecida a seguir (Figura 10) para o reticulado regular (6°x4°) que corresponde às faixas territoriais limitadas entre as zonas “NU” e “SU”.

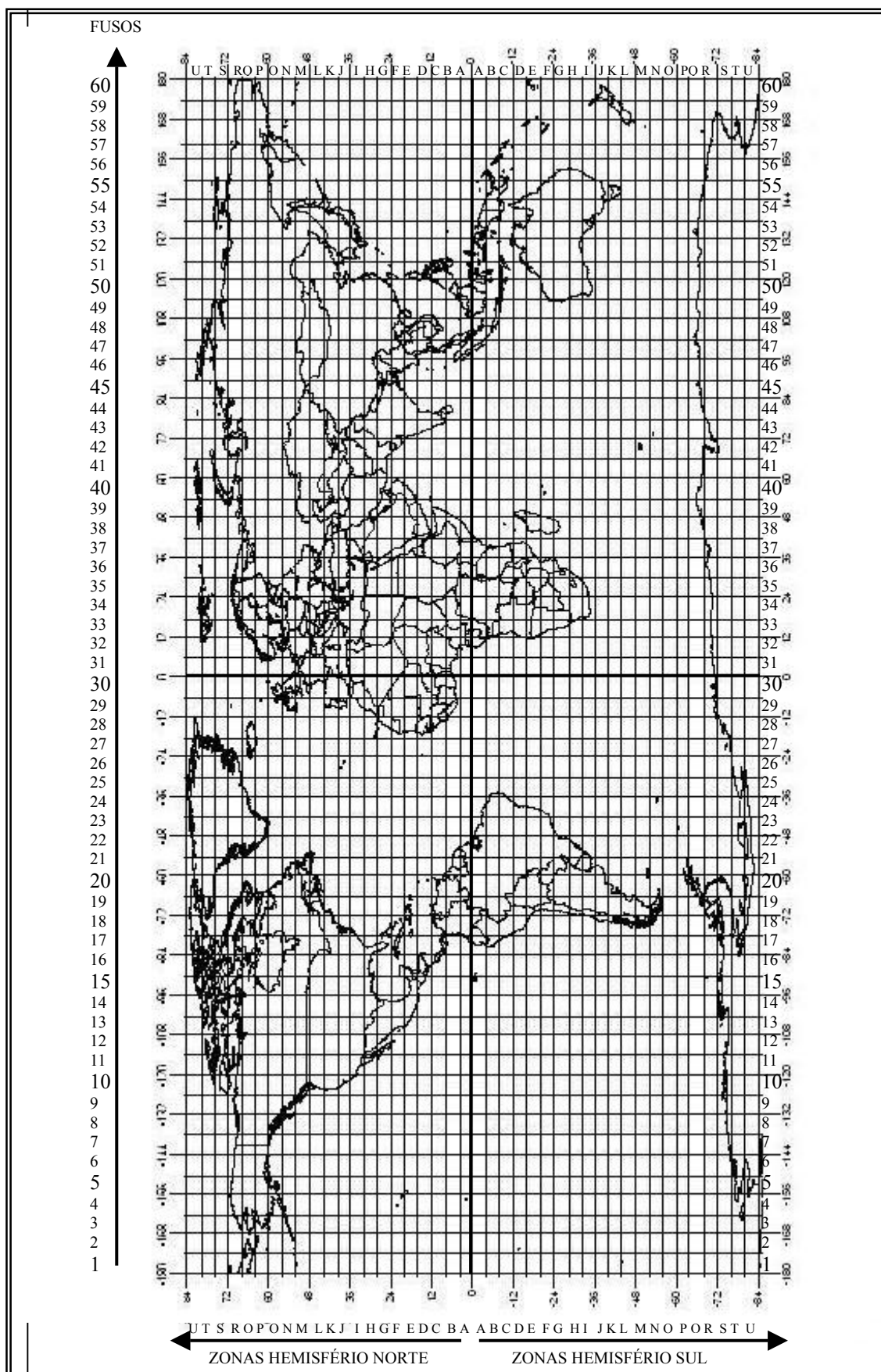


Figura 10: Divisão internacional do mundo em Fusos e Zonas entre as latitudes de 84°N e 84°S.

Fonte: Adaptado de IBGE (1997) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

O meridiano central (MC) do Fuso, ou da carta ao milionésimo, é obtido com base na variação de sua amplitude que é de 6° em 6°. O primeiro meridiano central possui longitude igual a 177°WGr (Fuso 1) e o último igual a 177°EGr (Fuso 60). Portanto, os meridianos centrais possuem valores de longitudes iguais a 3°, 9°, 15°, ..., 177° (para oeste e para este de Greenwich). A forma mais elementar de se determinar o meridiano central do fuso é quando se possui uma carta ao milionésimo, o MC do fuso se obtém pela média simples das longitudes dos limites oeste (λ_o) e este (λ_e) da carta, ou seja:

$$MC = (\lambda_o + \lambda_e)/2$$

Quando se conhece o fuso (F), o MC pode ser determinado pela fórmula a seguir:

$$MC = 6F - 183$$

A equação a seguir pode ser aplicada na determinação do fuso (F) onde se situa um ponto de longitude (λ) conhecida, sendo F o maior inteiro contido no resultado.

$$F \leq (180 + \lambda)/6 + 1$$

Na tabela a seguir (Tabela 5) estão os fusos que cortam o território do Brasil com o respectivo meridiano central.

Tabela 5: Fusos e respectivo Meridiano Central da CIM no Brasil.

FUSO	MC
18	-75°
19	-69
20	-63
21	-57
22	-51
23	-45
24	-39
25	-33

Como já mencionado, o Brasil é cortado por 8 Fusos e 11 Zonas, estando o território referenciado por 49 nomenclaturas da carta ao milionésimo. Contudo, o território nacional está representado, segundo o IBGE (1997), em apenas 46 cartas CIM, pois algumas delas possuem encartadas pequenas áreas vizinhas enquadradas por nomenclaturas adjacentes. No mapa do Brasil (Figura 11) encontra-se ilustrado o índice de nomenclatura destas cartas.

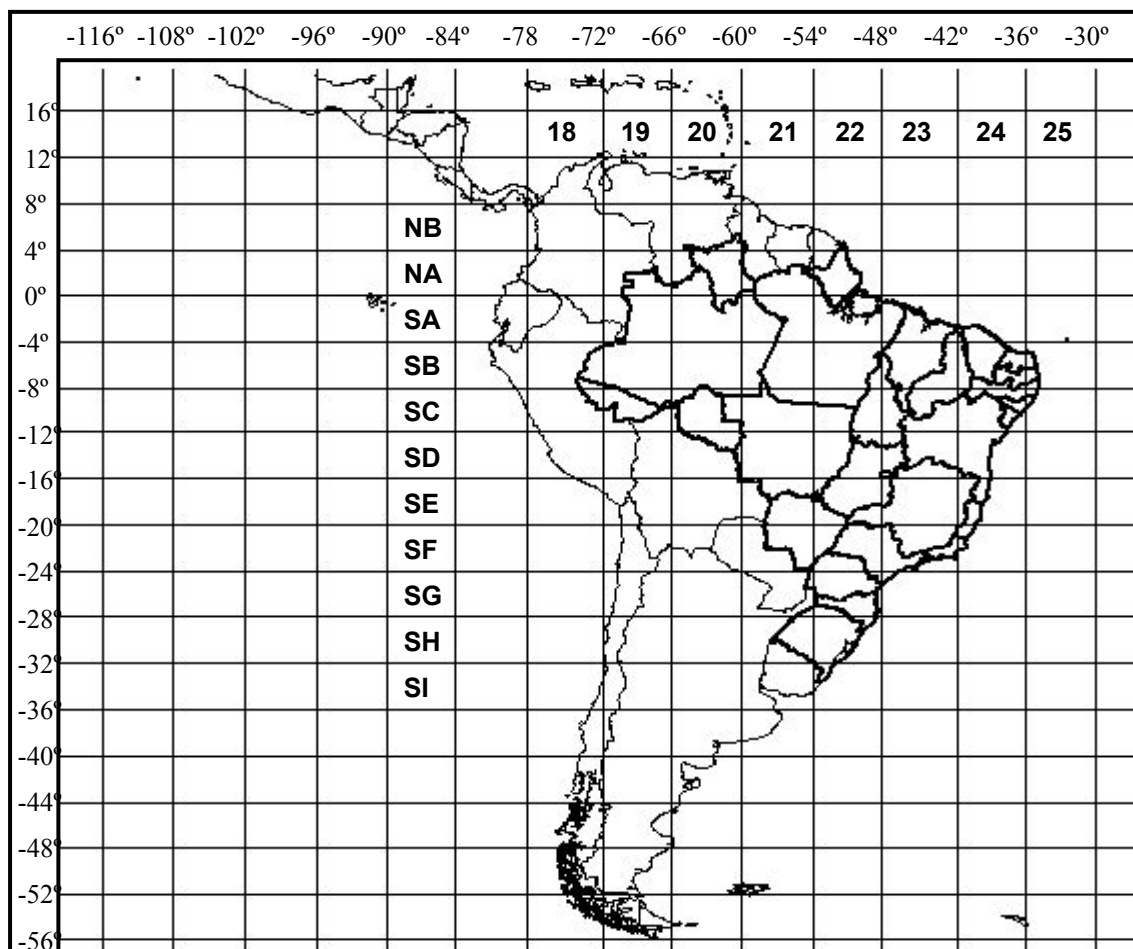


Figura 11: Nomenclatura da Carta Internacional do Mundo (CIM) no Brasil.
 Fonte: Adaptado de MMD (IBGE, 2000) e Data & Maps – World (ESRI, 1999a).

Por exemplo, no mapa acima pode ser observado que a carta ao milionésimo que recobre todo o Estado de Sergipe é identificada pela nomenclatura SC-24.

O índice de nomenclatura das cartas do mapeamento sistemático da cartografia nacional, para cartas em escalas que variam de 1:1.000.000 a 1:25.000, tem sua codificação mostrada na ilustração a seguir (Figura 12):

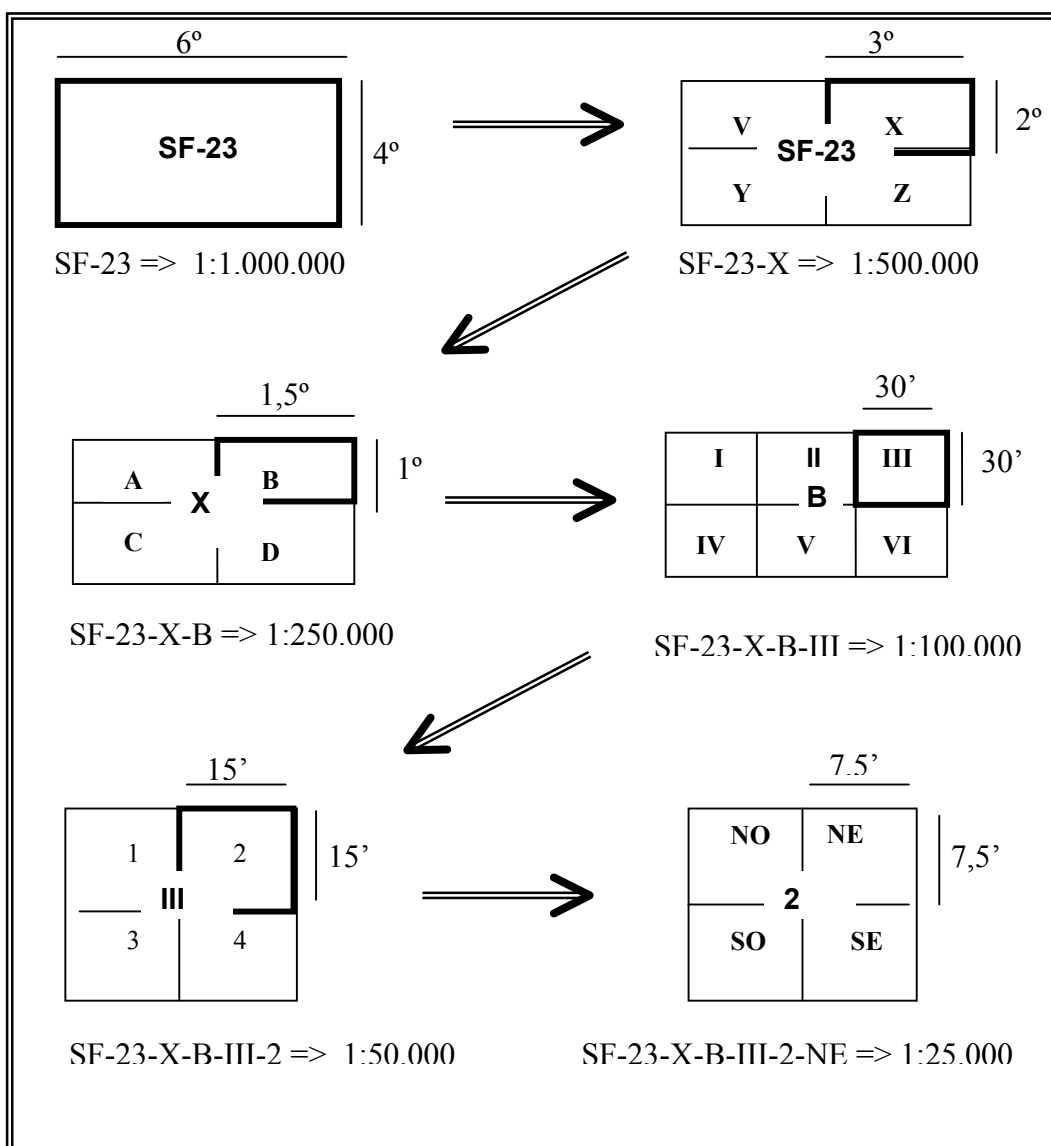


Figura 12: Índice de Nomenclatura das cartas topográficas a partir da CIM.

Fonte: Adaptado de Silva (1999).

3.2.5 Escala

O termo “escala”, usualmente empregado na cartografia, tem o significado de expressar, segundo Oliveira (1980, p. 133) a “*relação entre as dimensões dos elementos representados em um mapa e as correspondentes dimensões na natureza*” (OLIVEIRA, 1980, p. 133).

A necessidade de se reduzir o tamanho do que está na superfície terrestre (e que se deseja considerar) para representação em um mapa ou carta topográfica, pode

ser resolvida com o uso da escala adequada. Nos casos onde não há possibilidade de representação de elementos naturais ou artificiais devido às dimensões altamente reduzidas para expô-los na carta, a solução é dada pelo uso das simbologias adotadas nas convenções cartográficas.

Esta relação de escala pode ser expressa da forma a seguir:

$$\text{ESCALA} = \frac{d}{D}$$

Onde:

d = distância medida no documento cartográfico,

D= distância real correspondente à distância medida na superfície terrestre.

A condição de maior interesse é a de redução, onde $d < D$, que possibilita relacionar medidas de distâncias de uma superfície extremamente grande sobre outra de tamanho bastante reduzido. Como exemplo de escala temos “d” normalmente igual a unidade considerada e “D” como sendo múltiplo de 10, tal como a utilizada nas cartas topográficas, ou seja:

$$\text{ESCALA} = \frac{1}{100.000}$$

, expressada também como:

$$\text{ESCALA: } 1:100.000$$

Onde uma unidade na carta corresponde a cem mil unidades no terreno, por exemplo, 1cm na carta corresponde a 100.000cm (ou melhor: 1.000m ou 1 km) no terreno. Este é o tipo de escala denominada Escala Numérica. Existem outros tipos de escalas, como a Escala Gráfica. Mais detalhes sobre escala podem ser encontrados em IBGE (1997).

3.3 Sistema de Informação Geográfica

Numa concepção clássica do que seja um Sistema de Informação Geográfica, segundo Aronoff (1989): *“é qualquer conjunto de procedimentos, manual ou baseado em computador, usados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados”*. Após esta visão ampla do sistema, o mesmo passa a abordar SIG como um sistema baseado em computador que provê os quatro seguintes conjuntos de capacidades para manusear este tipo de dados: *“1. Entrada; 2. Gerenciamento (armazenamento e recuperação de dados); 3. Manipulação e Análise e 4. Saída”*.

Uma referência no tempo, onde a tecnologia SIG começou a se consolidar, pode ser considerada a partir do surgimento dos mapas temáticos, como destacado a seguir:

Em 1838, o Atlas que acompanhava o segundo relatório para a direção da Estrada de Ferro Irlandesa talvez tenha sido, lato sensu, o primeiro SIG. O Atlas consistiu em uma série de mapas que informava o contexto populacional, o fluxo de tráfego, a geologia e a topografia. Através de uma virtual operação de superposição dos diferentes atributos de uma determinada posição espacial, a direção da empresa podia tomar as decisões que achava pertinente [...].
(SILVA, 1999, p. 60 *apud* PARENT E CHURCH, 1987)

Um outro exemplo clássico encontrado na literatura para explicitar conceitos de Análise Espacial de Dados Geográficos, é citado a seguir:

Em 1854, Londres estava sofrendo uma grave epidemia de cólera, doença pela qual na época não se conhecia a forma de contaminação. Numa situação onde já haviam ocorrido mais de 500 mortes, o Dr. John Snow teve um “estalo”: colocar no mapa da cidade a localização dos doentes de cólera e dos poços de água, que eram a fonte principal de água dos habitantes da cidade. Com a espacialização dos dados o Dr. Snow percebeu que a maioria dos casos estava concentrada em torno do poço da “Broad Street” e ordenou o seu lacre, o que contribuiu em muito para debelar a epidemia. Este caso forneceu evidência empírica para a hipótese (comprovada posteriormente) de que o cólera é transmitido por ingestão de água contaminada. Esta é uma situação típica onde a relação espacial entre os dados muito dificilmente seria inferida pela simples listagem dos casos de cólera e dos poços. O mapa do Dr. Snow passou para a história como um dos primeiros exemplos que ilustra bem o poder explicativo da análise espacial. (CÂMARA, 2000)

Apesar das primeiras tentativas, na década de 50, para automatizar parte do processamento de dados com características espaciais acontecerem na Inglaterra (pesquisa em botânica) e Estados Unidos (estudos de volume de tráfego), os primeiros

SIGs surgiram de fato na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Não existiam monitores gráficos de alta resolução nem soluções comerciais prontas para o seu uso, cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão “Geographic Information System – GIS” foi criada e quando começaram a surgir os primeiros sistemas CAD (Computer Aided Design), ou Projeto Assistido por Computador, que serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada e, também, quando foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional.

Na década de 80, a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento, se beneficiando grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Inclusive, foi nesta época que ocorreu a introdução da tecnologia SIG no Brasil. Com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de banco de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações SIG. Na década de 90, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do SIG nas organizações, sempre incrementado pelos custos decrescentes dos equipamentos e programas, e, também, pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas. Este histórico foi resumido do INPE (2000).

Esta expansão da tecnologia entra pelo novo milênio como uma ferramenta básica para quem lida com informações espaciais da Terra e que, cada vez mais, vem se consolidando junto aos especialistas de vários campos da ciência. O presente trabalho pode ser considerado um exemplo disto; nele foi utilizado “buffer” de SIG, ferramenta básica da Análise de Proximidades dentro da Análise Espacial de Dados, para projetar o traçado dos limites da faixa de fronteira.

3.3.1 Formato de Dados Espaciais

Para armazenar e processar dados sobre informações da Terra, os SIGs lidam com dados que representam informações temáticas e espaciais. Os dados temáticos ou não gráficos são comumente denominados dados alfanuméricos ou descritivos e servem como atributos de caracterização das feições geográficas. E os dados espaciais ou gráficos caracterizam geometricamente as feições geográficas, a sua forma e posição. A organização e o processamento dos dados são formulados a partir de uma perspectiva temática sendo secundário os aspectos geométricos que dependem da formulação temática de uma determinada situação.

Há duas maneiras de representar dados espaciais: vetorial e matricial (varredura ou raster). A primeira considera que as feições geográficas na Terra possam ser definidas cada uma pela sua posição e forma, e ainda por outras características não geométricas. Já a segunda considera a superfície terrestre como um espaço contínuo onde os vários aspectos são representados na forma de atributos sendo designados valores para estes atributos que são dependentes da posição, inclusive da época em que os valores foram atribuídos. Segundo Molenaar (1998), a informação temática na abordagem de campo (Figura 13a) será ligada diretamente ao dado geométrico (posição da informação), e na abordagem estruturada a objetos esta ligação será indireta, porque ambos os dados geométrico e temático serão ligados ao identificador do objeto (Figura 13b).

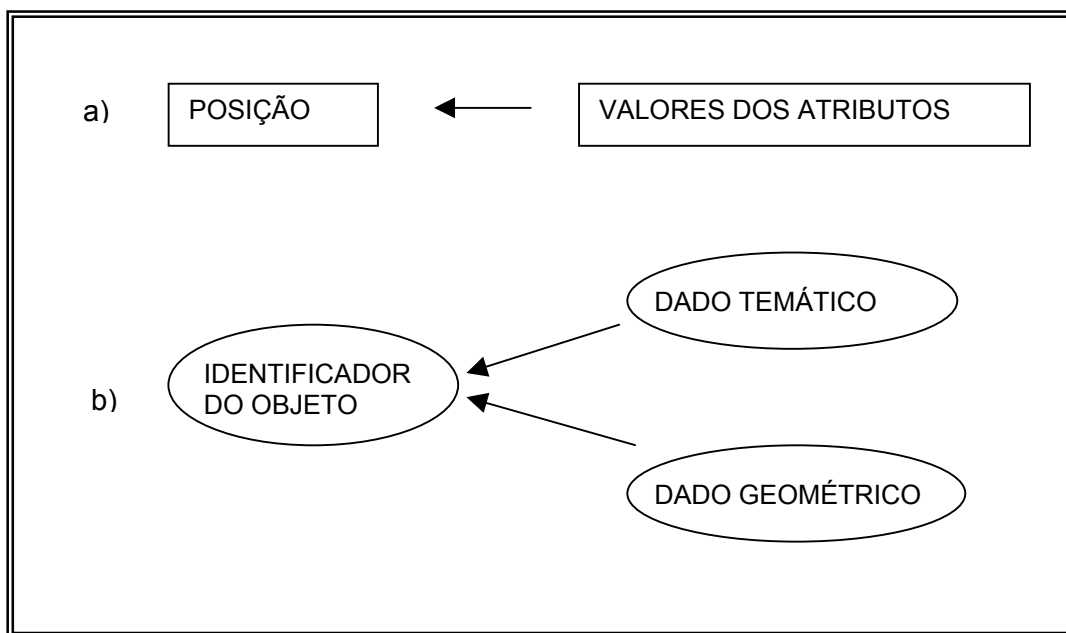


Figura 13: Dados espaciais para duas estruturas básicas: a) Formato Raster e b) Formato Vetorial. Fonte: Adaptado de Molenaar (1998).

A escolha da geometria a ser representada num SIG depende dos dados temáticos e de seu uso. Nas operações onde se pretende identificar feições geográficas, individualizáveis no terreno, que requerem maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. Por sua vez, onde se deseja representar fenômenos e grandezas que variam continuamente no espaço e realizar operações de álgebra de mapas a matricial se revela mais eficiente. Na transformação do formato vetorial para o formato raster ocorre perda de precisão, uma vez que bordas contínuas são discretizadas de acordo com a resolução da imagem de saída. Esta perda pode ser compensada pelo fato de que para as operações de análise geográfica no domínio varredura serem mais eficientes. Algumas comparações entre os dois formatos são apresentadas a seguir (Tabela 6):

Tabela 6: Comparação entre as estruturas vetorial e matricial.

ASPECTOS	FORMATO VETORIAL	FORMATO RASTER
Relações espaciais entre objetos.	Armazena informações sobre relacionamentos	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos.
Ligação com Banco de Dados.	Facilita associar atributo a elementos gráficos	Associa atributos apenas à classe do mapa.
Análise, simulação e modelagem.	Representação indireta de fenômenos contínuos. Álgebra de mapas é limitada.	Representa melhor fenômeno com variação contínua no espaço. Simulação e modelagem mais fáceis.
Algoritmos.	Problemas com erro geométrico.	Processamento mais rápido e eficiente.
Armazenagem.	Por coordenadas (mais eficiente).	Por matrizes.
Aplicações.	Redes: Concessionária de Água, Esgoto, Lixo, Energia, Telefonia, Transportes, etc.	Ambientais: Diagnóstico, Zoneamento, Planejamento, Gerenciamento, Manejo, Gestão Ambiental, etc.

Fonte: Rocha (2000, p. 57 apud Câmara & Medeiros, 1998).

Para os dados espaciais no formato raster, um mesmo elemento de uma imagem é representado por uma célula básica denominada “pixel” ou por um conjunto destas células. Estas células são endereçáveis pelo par de coordenadas: linha e coluna, onde estão associados valores que permitem reconhecer os objetos sob a forma de imagem digital (Figura 14). Enquanto os dados espaciais, no formato vetorial, podem ser expressos através de um dos três elementos geométricos básicos: ponto, linha ou área (Figura 15).

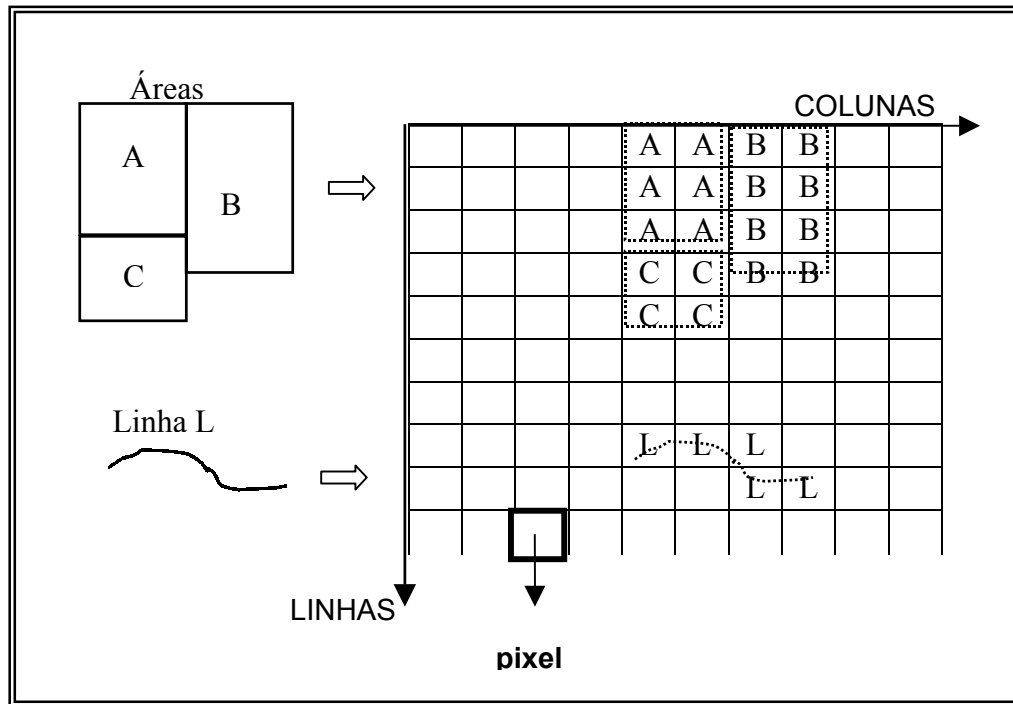


Figura 14: Elemento básico da estrutura raster.

Apesar de o presente trabalho contemplar dados geográficos em ambas as formas de representação, somente no formato vetorial se deu as transformações e operações de manipulação, não havendo a necessidade de transformação entre formatos de dados espaciais.

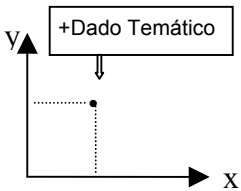
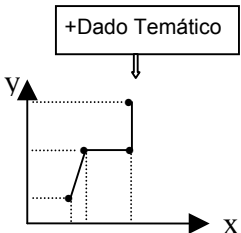
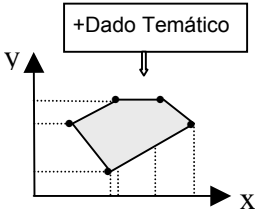
ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
<p>PONTO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - não possui dimensão espacial (0D); - possui apenas uma posição que é definida por um par de coordenadas xy (ex. Long / Lat); - representa um fenômeno da Terra ou uma feição geográfica que é muito pequena para ser mostrada como linha ou área num mapa. 	<p>Cidades, cemitérios, marcos de fronteira, poços de petróleo, etc.</p>
<p>LINHA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - possui uma dimensão espacial (1D); - é definida por, no mínimo, dois pares de coordenadas xy (dois pontos); - representa as feições geográficas no mapa que são muito estreitas para serem mostradas como área ou que, teoricamente, não tem espessura. 	<p>Rodovias, rios, limites, oleodutos, linha de costa, etc.</p>
<p>ÁREA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - possui duas dimensões espaciais (2D); - é definida por uma série de coordenadas xy formando segmentos de linhas que fecham uma área; - representa as feições geográficas que possuem extensão e que podem ser mostradas no mapa por um polígono. 	<p>Lagos, loteamentos, áreas desmatadas, extensão de estados e de municípios, etc.</p>
<p>Observação:</p> <p>Se considerar mais uma coordenada z além das coordenadas xy, o <u>elemento ponto</u> pode ter um atributo com altitude para expressar um ponto cotado qualquer, por exemplo, pico de uma montanha, ou o <u>elemento linha</u> expressando uma isolinha (formada por pontos com o mesmo valor de z).</p>		

Figura 15: Elementos básicos da estrutura vetorial.

3.3.2 Transformações de Dados Espaciais

Muitas operações em SIGs podem ser consideradas transformações de dados espaciais, como por exemplo, as transformações geométricas de um conjunto de coordenadas para outro, em função de mudança do sistema geodésico de referência ou na mudança da projeção cartográfica de trabalho e na apresentação de saídas em visões de perspectivas. Outras transformações de dados espaciais consistem nas mudanças entre e dentro dos principais tipos de dados espaciais dos objetos, tais como: de ponto para linha ou área; de linha para ponto ou área; e de área para ponto ou linha, bem como transformações entre estruturas de dados do modelo vetorial para o raster e vice-versa, ou entre estruturas de dados de um mesmo modelo. Algumas destas transformações são usadas regularmente em SIG, como as conversões de pontos para áreas ou entre estrutura de dados de um mesmo modelo. Outras, por exemplo, de áreas para linhas são raramente utilizadas e não estão comumente disponíveis como função em grande parte dos SIGs. A Tabela 7 mostra, em síntese, vários exemplos dessas transformações.

Os principais objetivos de se fazer transformações entre os tipos de dados nos SIGs são:

- 1) facilitar operações que são mais eficientes de serem realizadas sobre dados em uma forma que em outra; 2) para entrada e saída de dados mais adequados à finalidade desejada; e 3) para operações que requerem que atributos de vários conjuntos de objetos espaciais sejam reduzidos a uma única tabela de atributos, com um conjunto comum de objetos (BONHAM-CARTER, 1994, p. 140).

Tabela 7: Exemplos de Transformações Elementares de Dados Espaciais em SIG.

PARA: DE:	PONTO	LINHA	ÁREA
PONTO	Interpolação (1)	Contorno (2)	Polígono Thiessen (3)
LINHA	Interseção de Linhas (4)	Suavização de Linhas (5)	Zonas Buffer (6)
ÁREA	Amostra de pontos (7)	Eixo Médio (8)	Re-amostragem de Áreas (9)
<p>OBSERVAÇÕES:</p> <p>(1) Interpolação de um conjunto de pontos para outro, como uma grade construída previamente para se obter linhas de contorno.</p> <p>(2) Agrupamento de pontos de igual valor como isolinhas. Também junção de pontos em operações da matemática morfológica.</p> <p>(3) Generalização Voronoi ou Thiessen, polígonos de pontos distribuídos irregularmente.</p> <p>(4) Achando pontos de interseção entre linhas, como por exemplo: lineamentos ou falhas, cruzamentos.</p> <p>(5) Pelo movimento ou remoção de vértices para fazer a suavização de linhas.</p> <p>(6) Dilatação de linhas para criar corredores com raios especificados.</p> <p>(7) Adicionando atributos de área em pontos para uma tabela de atributo de ponto. O ponto pode ser centróide de polígono ou qualquer outro ponto, como por exemplo, posições de depósitos minerais.</p> <p>(8) Cada poligonal é reduzida a um “esqueleto” ou uma linha eixo médio do polígono.</p> <p>(9) Convertendo os valores de atributos de um conjunto de polígonos para outro conjunto de polígonos. Um exemplo é a conversão de densidade de população por região para população por província geológica.</p>			

Fonte: Adaptado de Bonham-Carter (1994).

3.3.3 Operações entre Objetos Espaciais

Várias operações podem ser feitas com os dados temáticos e espaciais das feições geográficas representadas tanto no formato raster quanto no formato vetorial. Para isso, algumas relações são estabelecidas, sobretudo as relações topológicas⁹ entre os objetos espaciais conforme exemplos resumidos na Figura 16 segundo Câmara et al (2000b, p. 5-10,11,12 apud CLEMENTINI et al, 1993), nos quais os autores fazem uma abordagem ampla sobre essas operações de análise geográfica. Outra abordagem sobre o assunto Molenaar (1998) faz em detalhes no seu estudo de modelagem de objetos espaciais para SIG.







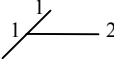

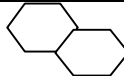







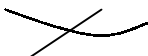
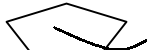
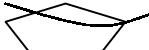
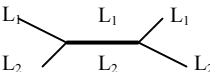
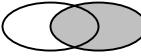


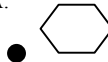



Situação em que o objeto espacial toca outro:		
PONTO-LINHA: 	PONTO-ÁREA: 	LINHA-ÁREA:   
LINHA-LINHA:  	ÁREA-ÁREA:  	
Situação em que um objeto está dentro de outro:		
PONTO-PONTO: 	PONTO-LINHA: 	PONTO-ÁREA: 
LINHA-ÁREA:  	ÁREA-ÁREA:  	
Situação em que um objeto cruza outro:		
LINHA-LINHA: 	LINHA-ÁREA:  	
Situação em que um objeto sobrepõe outro:		
LINHA-LINHA: 	ÁREA-ÁREA: 	
Situação em que os objetos estão disjuntos :		
PONTO-PONTO: 	PONTO-LINHA: 	PONTO-ÁREA: 
LINHA-LINHA: 	LINHA-ÁREA: 	ÁREA-ÁREA: 

Figura 16: Exemplos de relacionamentos topológicos.

Fonte: Adaptado de Câmara et al (2000b)

⁹ Topologia: parte da matemática na qual se investigam as propriedades das configurações que permanecem invariantes nas transformações biunívocas e bicontínuas (FERREIRA, 1975, p.1388); ou segundo (ROCHA, 2000) “o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações”.

3.3.4 Buffer

O termo “buffer” dentro da informática tem o significado geral de “localização temporária para o armazenamento de dados”, dando a idéia de espaço ou região devidamente endereçada na memória do computador ou de outro dispositivo destinado à guarda dos dados, conforme definição a seguir:

Buffer. Um local para armazenamento temporário de dados – uma parte reservada da memória onde os dados podem ser mantidos temporariamente à espera de uma oportunidade para que sua transferência entre dois dispositivos ou entre um dispositivo e a memória seja concluída. Alguns dispositivos como impressoras e adaptadores de impressão, costumam ter buffers próprios. (MICROSOFT, 1993, p.60).

Até então, poucos se aventuraram a elaborar uma definição que fosse adequada para o termo quando o mesmo está relacionado aos Sistemas de Informações Geográficas. Contudo, o termo “buffer” aplicado em SIG, pode ter também o significado de localização de um espaço ou região devidamente endereçado (delimitado por coordenadas terrestres), mas não necessariamente um local temporário, tal como sendo uma área (zona ou faixa) gerada ao redor dos objetos espaciais que representam alguma feição geográfica. Esta feição geográfica é definida por dois limites: um limite determinado por uma distância específica do objeto espacial selecionado (perímetro do buffer) e o outro pelo próprio limite do objeto espacial considerado, implicando na criação de novos objetos espaciais geográficos que são fundamentais dentro da Análise de Proximidade.

ESRI (2001e) define “buffer” como *“uma zona gerada a uma distância especificada ao redor das feições”*, diz ainda que *“buffer geográfico é a área que contém todos os pontos que estão fechados ou iguais a uma distância especificada para o buffer da borda da feição ou conjunto de feições”*.

Outra forma de retratar buffer está destacada a seguir, em uma abordagem sobre Análise de Proximidade:

A análise de proximidade, também conhecida como operação de buffer ou análise de corredores, consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa x e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame. A análise de proximidade pode ser efetuada ao redor de subdivisões geográficas 0-D, 1-D e 2-D, sempre gerando uma subdivisão geográfica 2-D.
(SILVA, 1999, p. 169)

Quando se utiliza uma operação buffer para gerar apenas uma área ao redor dos objetos essa operação é conhecida como “buffer simples”; e quando ela gera duas áreas, “buffer duplo”. E assim por diante, conforme a finalidade. A ilustração (Figura-17), a seguir, apresenta essas duas modalidades de operação buffer.

<div>OPERAÇÃO</div> <div>OBJETO</div>	BUFFER SIMPLES	BUFFER DUPLO
PONTO		
LINHA		
ÁREA		
<div> <div>a, a_1, a_2</div> <div>– buffer gerado ao redor dos objetos espaciais.</div> <div> <div>r, r_1, r_2</div> <div>– distância desejada igual ao raio da circunferência.</div> </div> <div> <div>d, d_1, d_2</div> <div>– distância desejada ortogonal ao segmento de linha.</div> </div> </div>		

Figura 17: Buffer Simples e Buffer Duplo.

Davis (2000) ressalta o buffer como sendo um dos recursos mais úteis em SIG. Ele define o mesmo como: “a capacidade de gerar polígonos que contornam um objeto a uma determinada distância... Sua principal função é materializar o conceito de ‘perto’ e ‘longe’, embora sem o componente fuzzy que caracteriza o raciocínio humano nestes termos”.

Ainda no mesmo artigo, o conceito de criação de buffer está explicitado a partir do chamado “buffers elementares” (Figura 18), ou seja:

[...] Em linhas e polígonos, o buffer é construído a partir da união de buffers elementares, que são construídos ao redor de cada segmento e cada vértice. Esses buffers elementares são simplesmente círculos, ao redor dos vértices, e retângulos ao redor dos segmentos, com lados paralelos a estes [...] (DAVIS, 2000).

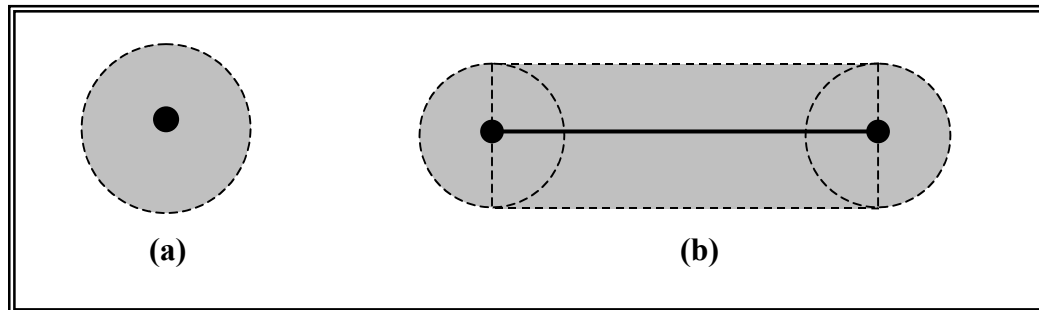


Figura 18: Buffer elementar ao redor d

Nesta linha de raciocínio, pode-se expressar os entendimentos abaixo para cada tipo de objeto considerado, no formato vetorial dos dados espaciais.

- a) Ponto – a feição “buffer” pode ser considerada uma área determinada pelo perímetro de uma circunferência de raio igual a uma distância especificada, com o centro coincidente com o objeto tipo ponto selecionado;
- b) Linha – a feição “buffer” pode ser considerada uma área determinada por dois corredores iguais, um de cada lado do objeto linha, com seus limites mais afastados (limites externos) traçados paralelamente a cada segmento da linha a uma distância especificada, sendo o contorno da área definidos pelo encontro dos segmentos projetados ou dos segmentos com arco de circunferência determinada com raio igual a largura do corredor e origem nos pontos inicial e final de cada segmento da linha;

- c) Área – a feição de “buffer” pode ser considerada uma área determinada por dois corredores formados ao longo do perímetro do objeto área, da mesma forma que nos objetos tipo linha (subitem “b”), sendo um corredor externo (buffer externo ou positivo) e outro interno (buffer interno ou negativo) ao polígono.

O “Buffer Wizard” do SIG ArcMAP da família ArcGIS foi a ferramenta adotada na presente proposta metodológica para se projetar a Linha Interna da Faixa de Fronteira (LIFF) utilizada para caracterizar os limites da Faixa de Fronteira do Brasil. Quando o buffer é criado, o “Buffer wizard” usa um sistema de referência espacial temporário chamado de “Buffer Processing Coordinate System – BPCS”. Segundo a ESRI (2001a), este artifício visa minimizar distorções, assim foram desenvolvidos algoritmos para que o usuário possa optar em trabalhar de acordo com a sua finalidade com quatro métodos, são eles:

1º Método: *“Coordinate System of the data frame (output)”* – o BPCS é baseado no sistema de coordenadas da estrutura de dados que está sendo utilizado. Este método produz buffers uniformes e sem distorção.

2º Método: *“Coordinate System of the features class (input)”* – o BPCS é baseado no sistema de coordenadas das feições que estão sendo objetos do “buffer”. Uma vez criado, os buffers são reprojetados e gravados no sistema de coordenadas da estrutura de dados.

3º Método: *“Feature Optimized Coordinate System”* – um BPCS é criado para cada feição que está sendo objeto do “buffer” e cada um está baseado em uma projeção eqüidistante azimutal. Uma vez criada, os buffers são re-projetados e gravados no sistema de coordenadas da estrutura de dados.

4º Método: *“Feature Set Optimized Coordinate System”* – o BPCS é criado baseado na distribuição espacial das feições do buffer. Uma projeção cilíndrica oblíqua (Hotine) é usada. Uma vez criada, os buffers são reprojetados e gravados no sistema de coordenadas da estrutura de dados. Este é o processo padrão da ferramenta “Buffer Wizard” do ArcMap.

3.4 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto¹⁰ possibilita expandir a percepção sensorial do ser humano, seja através da visão sinóptica proporcionada pela aquisição aérea ou espacial da informação, seja pela possibilidade de se obter informações em regiões do espectro eletromagnético inacessíveis à visão humana.

A concepção básica do dispositivo denominado “sensor” como o próprio nome sugere, é que seja algo sensível a algum tipo de energia e “remoto” por este dispositivo se encontrar distante do alvo de interesse. Inicialmente, esse dispositivo captava as radiações eletromagnéticas somente na banda espectral do visível e, no decorrer de sua evolução, passou a captar, também, nas bandas espectrais das microondas às ondas longas. Além das radiações eletromagnéticas outras também podem ser observadas, como as provenientes de campos acústicos ou potenciais. Dentre os vários sensores remotos, a câmara fotográfica pode ser considerada a mais tradicional. Com a evolução dos sensores remotos esses dispositivos começaram a funcionar cada vez mais distantes dos alvos. O efeito mais comum utilizado para se obter informações de um alvo de interesse é a energia eletromagnética emanada por ele, podendo ser medida em uma ou mais regiões do espectro eletromagnético, tais como dentro das bandas espectrais do visível e do infravermelho próximo, médio e termal.

Sensores são instalados junto com outros equipamentos para processamento e transmissão de dados em aeronaves e espaçonaves, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes da Terra, em suas mais diversas manifestações. Desta forma, a produção de informações por sensoriamento remoto tem sido uma das principais fontes de dados sobre a Terra. É a fonte que detém o maior volume de dados já produzidos pelo homem na atualidade. É vasta a literatura especializada que versa sobre este assunto. Noções e conceitos básicos de sensoriamento remoto podem ser vistos, por exemplo, em: IBGE (1997) ou NRCAN (2003).

¹⁰ Ciência de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno, através da análise dos dados obtidos por instrumentos localizados a alguma distância desses alvos e relacionados de alguma maneira com os recursos naturais ou ambientais da Terra (SANTOS, 2001).

3.4.1 Imagens Orbitais

A imagem orbital é obtida a partir de sensor instalado a bordo dos satélites artificiais. Num Sistema de Sensoriamento Remoto Orbital pode-se considerar sete elementos envolvidos, conforme ilustração e explicação resumida a seguir (Figura 19).

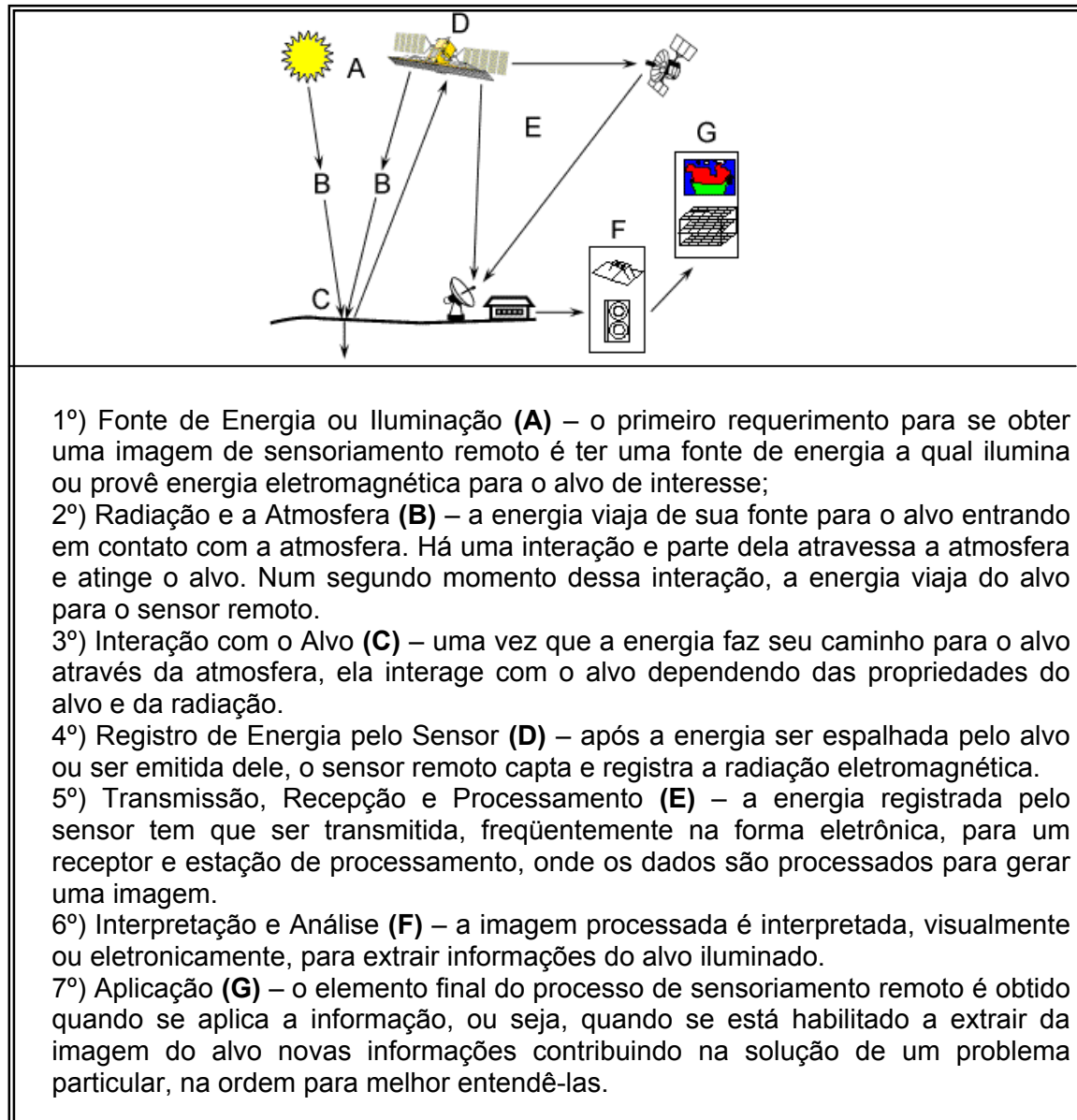


Figura 19: Elementos do Sistema de Sensoriamento Remoto Orbital.
Fonte: Adaptado de NRCAN (2003).

Como características das imagens orbitais¹¹ produzidas podem ser consideradas as seguintes: resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica, resolução temporal e largura da faixa das imagens.

Há vários sistemas de satélites voltados para geração de imagens orbitais, tais como: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, etc. A seguir, estão descritos detalhes do sistema que produziu as imagens orbitais usadas neste trabalho.

3.4.2 Sistema LANDSAT

O Sistema de satélites da série LANDSAT teve o seu primeiro satélite lançado em julho de 1972 (LANDSAT-1), com a denominação de ERTS-1, para experiências em processamento de imagens de satélites, como interpretação das informações sobre aspectos agrícolas, florestais, oceanográficos e geológicos. Em janeiro de 1975 foi lançado o LANDSAT-2 e em março de 1978 foi lançado o LANDSAT-3. Estes satélites são considerados de primeira geração da série do sistema. Eles utilizaram o “scanner multispectral” conhecido por “MSS”. Os satélites LANDSAT-4 e LANDSAT-5 foram lançados em fevereiro de 1983 e março de 1984, respectivamente. Estes, juntamente com o LANDSAT-6, que foi lançado em setembro de 1994, mas caiu sem entrar em operação, fazem parte da 2ª geração de satélites. Além do sensor MSS, eles carregavam um outro scanner mais desenvolvido, conhecido por TM, visando realizar a comparação de imagens. O último satélite da série (LANDSAT-7), lançado em dezembro de 1999, foi dotado com um sistema de scanner mais avançado denominado ETM+. Informações mais detalhadas sobre estes satélites podem ser obtidas nas páginas da internet dos responsáveis pelo projeto LANDSAT. São eles: National Aeronautics and Space Administration (NASA) e United States Geological Survey (USGS), bem como a National Aeronautics and Space Administration (NOAA).

Na Tabela 8 são mostradas algumas características orbitais dos satélites LANDSAT 5 (sensor TM) e 7 (sensor ETM+). Os sensores destes satélites produziram as imagens orbitais que deram origem aos mosaicos construídos pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites, as quais foram utilizadas neste trabalho para auxiliar na identificação de trechos dos limites internacionais do Brasil em acidentes naturais digitalizados de folhas topográficas.

¹¹ Explicações resumidas dessas características podem ser vista em Rocha (2000).

Tabela 8: Características das órbitas dos satélites LANDSAT 5 e 7.

PARÂMETROS ORBITAIS	LANDSAT 5 (TM)	LANDSAT 7 (ETM+)
Resolução espacial (metro)	30 e 120 (B-6).	30, 60 (B-6) e 15 (PAN).
Inclinação (grau)	98,2	98,2
Recobrimento da faixa (km)	185	183
Hora da Passagem pelo Equador	9:45	10:00 (± 15 min)
Ciclo de Cobertura (dias)	16	16
Duração do Ciclo (revoluções)	233	233
Altitude (km)	709	705

Os intervalos espectrais e as principais características e aplicações com as imagens orbitais obtidas por cada canal (banda) destes dois satélites estão resumidamente apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Principais características e aplicações por bandas das imagens orbitais dos Satélites LANDSAT 5 e 7.

BANDA	INTERVALO (μm)	CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
1	0,45 – 0,52	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a nuvens de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	0,52 – 0,60	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando a sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	0,63 – 0,69	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação (ex: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura

		<p>vegetal (ex: campo, cerrado e floresta).</p> <p>Permite a análise de variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>Permite o mapeamento de drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal.</p> <p>É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos.</p> <p>Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>
4	0,76 – 0,90	<p>Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água.</p> <p>A vegetação verde, densa e uniforme reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens.</p> <p>Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel).</p> <p>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia.</p> <p>Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais.</p> <p>Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto.</p> <p>Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas.</p> <p>Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé).</p> <p>Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>
5	1,55 – 1,75	<p>Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.</p> <p>Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.</p>
6	10,4 – 12,5	<p>Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.</p>

7	2,08 – 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.
PAN	0,5 – 0,9	Nova banda pancromática com resolução espacial de 15m, disponível somente no LANDSAT 7. Pode combinar três bandas multiespectrais com a precisão desta banda, resultando imagens sintéticas conhecidas como “Imagens de Fusão ou Merge”, com relevante ganho em termos de extração de informações.

Fonte: Adaptado de Rocha (2000, p.124 apud INPE, 1997)

Para imagens coloridas, o INPE recomenda as seguintes composições de bandas:

Bandas 1, 2 e 3: imagens em cor natural, com boa penetração de água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.

Bandas 2, 3 e 4: definem melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas profundas, e mostrando as diferenças na vegetação, aparece em tonalidades de vermelho.

Bandas 3, 4 e 5: mostram mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.

Bandas 2, 4 e 7: mostram a vegetação em tons verdes e permitem discriminar a umidade, tanto na vegetação como no solo.

(ROCHA, 2000).

3.4.3 Georreferenciamento de Imagens

O georreferenciamento de imagem (ou que alguns hoje também denominam de “registro de imagens”) é uma transformação geométrica das coordenadas da imagem (coluna/linha) para coordenadas terrestres de referência (longitude/latitude ou x/y). É comum o georreferenciamento de imagem a partir de transformações polinomiais do 1º e 2º graus que fazem vínculo entre as coordenadas de imagem e as coordenadas

no sistema de referência (geográficas ou de projeção) através de pontos de controle. Segundo o INPE (2000) o número mínimo de pontos de controle é três para o polinômio de 1º grau e seis para o polinômio de 2º grau.

Pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno, ou seja, são feições homólogas cujas coordenadas são conhecidas na imagem e no sistema de referência. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são candidatos naturais a pontos de controle (INPE, 2000).

Há várias maneiras de se obter coordenadas dos pontos de controle que dependem do fim desejado, tais como de mapas ou cartas topográficas, diretamente do terreno através de medições topográficas ou geodésicas, de dados vetoriais ou imagens georreferenciados. Como finalidades mais comuns de georreferir uma imagem podem ser destacadas: construção de mosaicos de imagens, realização de análise temporal a partir de imagens obtidas em tempos diferentes; integração de imagens obtidas por sensores diferentes e obtenção de informações tridimensionais a partir de imagens tomadas em posições diferentes.

As imagens de satélites usadas neste trabalho têm origem nos mosaicos preparados por estado e recortados em cenas correspondentes às áreas das folhas topográficas utilizadas pela cartografia nacional. Os parâmetros técnicos dos mosaicos, o método empregado na confecção dos mosaicos estaduais, bem como outros detalhes, podem ser vistos em EMBRAPA (2002), bem como o georreferenciamento dessas imagens que podem ser obtidas a partir das coordenadas do canto superior direito de cada recorte, segundo o seu enquadramento na área correspondente à folha topográfica identificada por sua nomenclatura internacional.

Alguns formatos de imagens armazenam informações de georreferenciamento no cabeçalho do arquivo da imagem e outros armazenam em arquivo no formato ASCII separado da imagem. Estes contêm os parâmetros de transformação do mundo real que são utilizados pela imagem e é denominado “Arquivo Mundo”. Ele pode ser criado por qualquer programa que faça edição de arquivos no formato ASCII. Por convenção, ESRI (1999b), o Arquivo Mundo possui a mesma denominação do arquivo que contém a imagem seguido da letra “w”, de “world”, após o sufixo (extensão). Exemplo: se o arquivo de imagem é denominado “MS12_17.jpg” o Arquivo Mundo terá a denominação “MS12_17.jpgw”. Há, também, outras convenções para denominação desses arquivos que consideram a primeira e a última letra da extensão do arquivo de imagem acrescida do “w”; ou para nome de arquivo de imagem sem extensão que é apenas acrescido da letra “w” no final do nome do arquivo Mundo e, ainda,

denominação de arquivo de imagem que possui apenas duas letras na extensão que, neste caso, é só acrescentar o “w” no final. Os parâmetros para este tipo de arquivo estão descritos a seguir, na ordem que devem ser armazenados (Tabela 10).

Tabela 10: Exemplo de Parâmetros de Transformação do Arquivo Mundo.

LINHA	PARÂMETROS (*)	DESCRIÇÃO
1ª	0.00027533	Escala x. Dimensão de um pixel na unidade do mapa na direção x.
2ª	0	Termo de rotação.
3ª	0	Termo de rotação.
4ª	- 0.00027533	Escala y. Dimensão de um pixel na unidade do mapa na direção y (**).
5ª	-57.8813326	Termo de translação. Coordenada x do centro do pixel do canto superior esquerdo da imagem.
6ª	-17.4936674	Termo de translação. Coordenada y do centro do pixel do canto superior esquerdo da imagem.
<p>(*) Os valores dos parâmetros neste exemplo estão em grau decimal – escala 1:25.000.</p> <p>(**) A escala y é negativa porque as origens de uma imagem e de um sistema de coordenadas geográficas são diferentes. A origem de uma imagem está localizada no canto superior esquerdo enquanto que no sistema de coordenadas do mapa a origem está localizada no canto inferior esquerdo. O valor da linha na imagem é incrementado da origem para baixo enquanto que o valor da coordenada y no mapa é incrementado da origem para cima.</p>		

Fonte: Adaptado de ESRI (1999b).

Os parâmetros apresentados na Tabela referem-se ao georreferenciamento de um recorte de imagem de satélite contido no arquivo denominado MS12_17.jpg. Assim, o resultado do processo de criação dos parâmetros do Arquivo Mundo pode ser visto a seguir:

MS12_17.jpgw:

0.00027533

0

0

-0.00027533

-57.8813326

-17.4936674

Quando este arquivo está presente, o processo de cálculo do SIG¹² para georreferenciamento da imagem é feito a partir das equações:

$$x_1 = Ax + By + C$$

e

$$y_1 = Dx + Ey + F$$

Onde,

x_1 = coordenada x do pixel calculado sobre o mapa;

y_1 = coordenada y do pixel calculado sobre o mapa;

x = número da coluna de um pixel na imagem;

y = número da linha de um pixel na imagem;

A = valor positivo do tamanho do pixel (1ª linha);

B = 0 (sem rotação da imagem - 3ª linha);

C = valor da longitude (5ª linha);

D = 0 (sem rotação da imagem - 2ª linha);

E = valor negativo do tamanho do pixel (4ª linha);

F = valor da latitude (6ª linha);

¹² O SIG aqui tratado refere-se ao software Arcview da ESRI.

Capítulo 4: Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil – Proposta Metodológica

4.1 Definições

A Linha de Base Reta da Fronteira (LBRF) é a linha constituída por segmentos de retas definidos pelas coordenadas geográficas dos marcos de fronteira e pelas coordenadas geográficas dos pontos digitalizados de trechos selecionados dos limites dos municípios fronteiriços que se localizam entre os citados marcos, com a finalidade específica de servir de base para a projeção da linha dos cento e cinquenta quilômetros de largura da Faixa de Fronteira do Brasil em cada estado fronteiriço brasileiro.

Marcos de fronteira são pontos, materializados ou sinalizados de alguma forma no terreno, que determinam os limites internacionais do Brasil. Esses marcos são estabelecidos pelas Comissões Brasileiras Demarcadoras de Limites (CBDL) em operações conjuntas com representantes dos países contíguos ao Brasil, nos trabalhos de demarcação do território brasileiro.

Trechos selecionados dos limites dos municípios fronteiriços são partes da linha dos limites fronteiriços dos municípios confrontantes ao território do País adjacente ao Brasil, identificados a partir de uma análise cartográfica feita na região de fronteira próxima à divisa internacional, com o auxílio de recortes de imagens orbitais e/ou de cartas topográficas, considerando-se, especialmente, a análise dos limites territoriais do país delimitados por acidentes geográficos naturais existentes entre os marcos de fronteira.

Limites de municípios fronteiriços são pontos formadores da linha de contorno dos municípios localizados junto à linha de limite terrestre do País, oriundos da digitalização dos limites municipais lançados em cartas topográficas de maior escala daquelas existentes no Arquivo Gráfico Municipal (AGM) e que compõem os arquivos sem supressão de pontos (escala 1:250.000) da Malha Municipal Digital do Brasil (MMD), ambos arquivos produzidos e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Recortes de imagens orbitais são pedaços de cenas das imagens geradas pelos sensores remotos dos satélites LANDSAT-7/ETM+ e LANDSAT-5/TM, com combinação das bandas espectrais 5,4,3/RGB em composição colorida falsa cor, correspondendo às áreas territoriais definidas pela articulação das folhas topográficas adotada pela cartografia nacional. Estes recortes foram adequados a partir de mosaicos elaborados para os estados brasileiros que foram processados (ajuste

geométrico, equalização radiométrica, balanço de cores, mosaicagem, recorte e reprojeção) e disponibilizados comercialmente no formato JPEG pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites.

A Linha Interna da Faixa de Fronteira (LIFF) é a linha constituída por pontos localizados a cento e cinqüenta quilômetros da LBRF, com a finalidade de definir o limite interno da Faixa de Fronteira do Brasil. Esta linha é projetada para dentro do território nacional por segmentos de reta paralelos aos da referida linha de base reta, na largura da faixa, e ligados por arcos de círculos de mesmo raio, com vértices situados nas interseções dos segmentos de reta, quando esses segmentos têm sua localização nas reentrâncias do território nacional.

O Limite da Faixa de Fronteira (LFF) é definido pelas linhas: LBRF, LIFF e limites estaduais.

A Faixa de Fronteira do Brasil é definida por lei como sendo a faixa interna de 150 km (cento e cinqüenta quilômetros) de largura, paralela à linha divisória terrestre do território nacional, considerada área indispensável à Segurança Nacional.

4.2 Critérios

A) A LBRF deverá ser representada no ambiente digital como objeto tipo linha. Na sua constituição, poderão ser desconsiderados pontos que se enquadrem em uma das seguintes situações:

A₁) Marcos de fronteiras localizados lado a lado, na direção transversal à LBRF, na maioria das vezes com a mesma denominação, sendo um marco no território brasileiro e outro no território do País vizinho. Neste caso, este último deverá ser desconsiderado na composição da LBRF.

A₂) Pontos dos segmentos de reta dos limites dos municípios fronteiriços determinados por acidentes naturais a serem intercalados entre os marcos de fronteira que conflitam com a tendência dos limites internacionais em direção ao marco a ser ligado.

B) A LIFF deverá ser representada no ambiente digital por um objeto tipo linha. Na sua constituição deverão ser consideradas as seguintes preposições:

B₁) As determinações de distâncias deverão ser desenvolvidas sobre um sistema de representação cartográfica que preserve em verdadeira grandeza medidas lineares para determinadas direções dentro da porção territorial correspondente à largura da faixa de fronteira.

B₂) Para os casos das reentrâncias do território brasileiro serão utilizados arcos de círculos de raio igual à largura da faixa de fronteira, com vértices localizados nas interseções dos segmentos de reta definidores das reentrâncias territoriais que constituem a linha de base reta adotada. Estes arcos serão os projetados para dentro do território nacional delimitados pelos pontos de interseção com os segmentos projetados paralelamente a LBRF.

C) O LFF em cada estado fronteiriço deverá ser representado no ambiente digital por um objeto tipo área.

D) A Faixa de Fronteira do Brasil deverá ser representada no meio digital por um objeto do tipo área a ser caracterizada espacialmente no nível de país por uma das condições a seguir:

D₁) Por um único polígono - pela união dos traçados das seguintes feições geográficas: LBRF, LIFF e as linhas de limites dos estados fronteiriços do Amapá e do Rio Grande do Sul com o Oceano Atlântico, nos trechos definidos entre as linhas LBRF e LIFF;

D₂) Por vários polígonos - pela união dos traçados das feições geográficas correspondentes à Faixa de Fronteira do Brasil de cada estado fronteiriço.

E) As linhas de limites dos estados e municípios fronteiriços deverão ser as produzidas pelo IBGE, a partir da digitalização de pontos dos limites dos municípios lançados nas cartas topográficas de maior escala existentes no AGM, e que fazem parte do arquivo fonte da MMD, sem supressão dos pontos digitalizados.

4.3 Procedimentos

Uma visão geral do sistema de caracterização espacial da Faixa de Fronteira do Brasil é fornecida no Diagrama de Contexto a seguir (Figura 20), onde está mostrado o relacionamento externo com as três fontes de dados envolvidas no desenvolvimento do método proposto. Logo a seguir, é fornecida outra visão com mais detalhe para o primeiro nível do Diagrama de Fluxo de Dados - DFD (Figura 21), apresentando uma rápida concepção dos principais processos e fluxos de dados envolvidos.

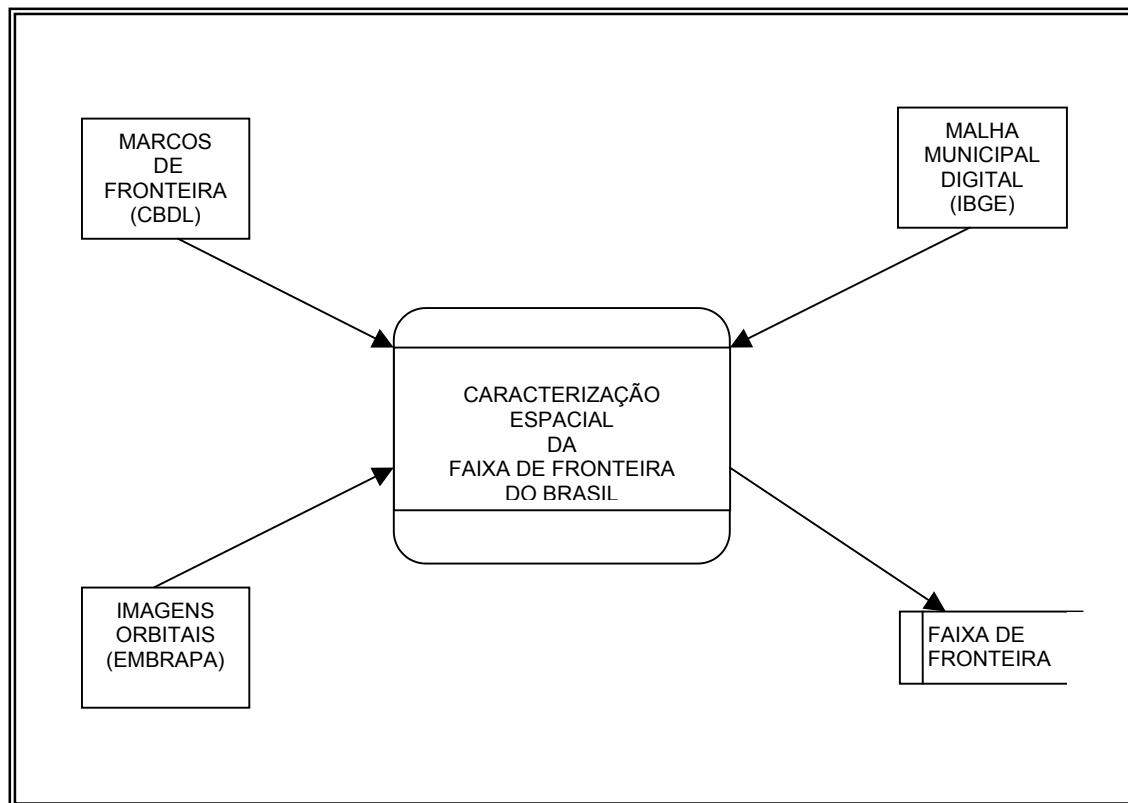


Figura 20: Diagrama de Contexto da Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil.

Dentro do ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG) escolhido para serem desenvolvidos os trabalhos de caracterização espacial da Faixa de Fronteira do Brasil, deverão ser incluídos os dados primários necessários para produzir as novas feições geográficas: LBRF e LIFF, procedendo de acordo com os itens que se seguem.

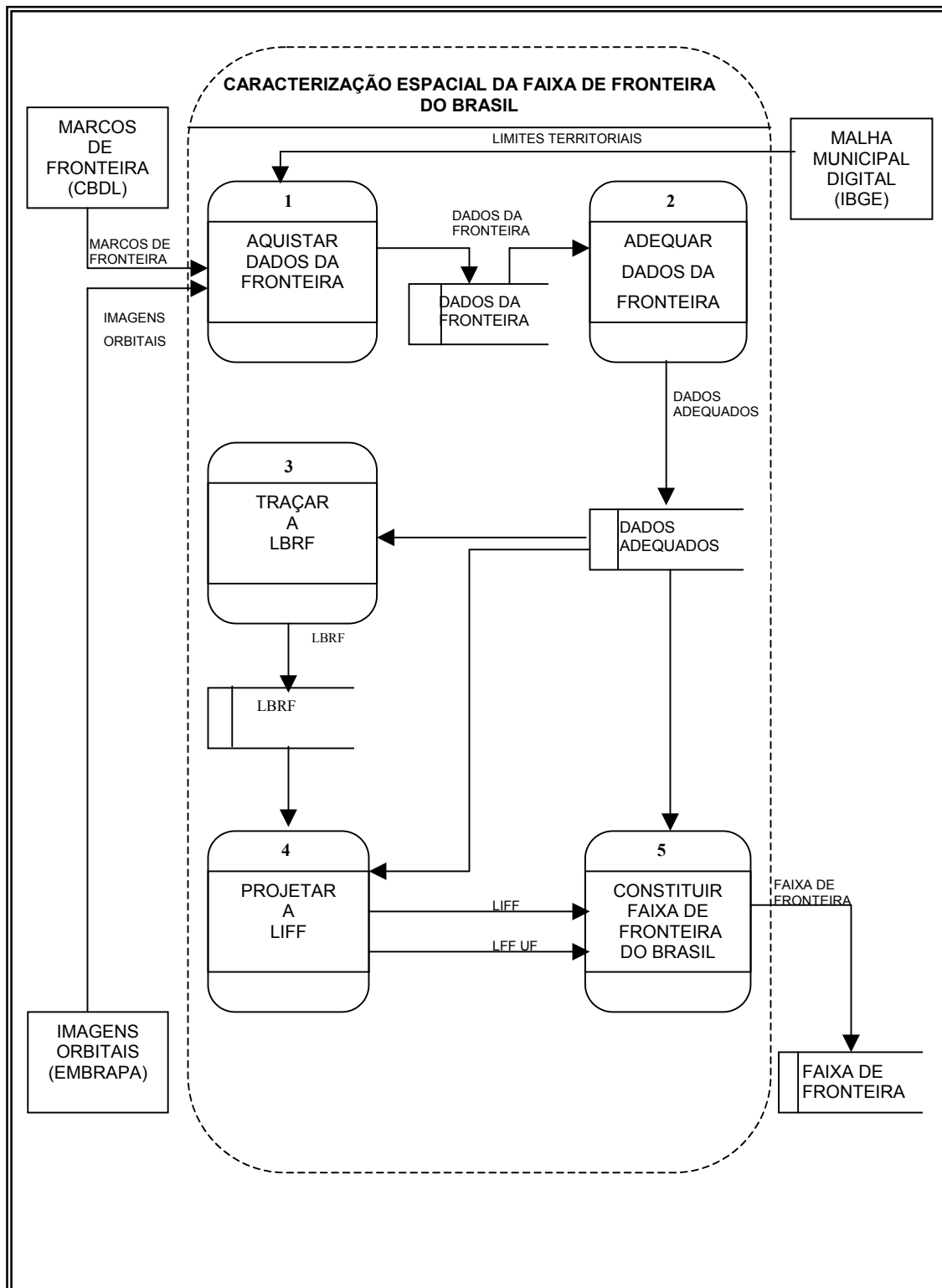


Figura 21: Diagrama de Fluxo de Dados da Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil - Nível 1.

4.3.1 Para Aquisição dos Dados da Fronteira

Os dados das feições geográficas que devem ser obtidos para caracterização espacial da faixa de fronteira são: os marcos de fronteira e os pontos definidores dos limites municipais dos Estados fronteiriços, bem como recursos cartográficos para os trabalhos de identificação de trechos dos limites territoriais localizados em acidentes naturais, tais como: folhas topográficas e recortes de imagens orbitais, conforme procedimentos a seguir:

1º) Obter dados digitais dos marcos de fronteiras. Tais dados estão disponíveis em relações por unidade da federação, no formato “html” ou “txt”, podendo ser obtidos na “home page” da internet ou nas sedes das Comissões Brasileiras Demarcadoras de Limites: PCDL e SCDL, endereços em DF (2000). A ilustração a seguir (Figura 22) mostra alguns dos “layouts” das relações com os dados de marcos de fronteira que estão disponibilizados na internet.

Relacao de Marcos da Fronteira Brasil-Argentina

Figura 22: Exemplos das relações com dados dos marcos de fronteira na Internet.
Fonte: PCDL e SCDL.

À PCDL compete executar trabalhos nas fronteiras setentrionais (Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia e Peru) e a SCDL compete executar trabalhos nas fronteiras meridionais (Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai).

2º) Obter dados digitais dos limites dos estados e municípios fronteiriços. Tais dados são produzidos pelo Departamento de Cartografia do IBGE, a partir da digitalização dos limites municipais lançados em folhas topográficas de maior escala existente na região. Eles estão armazenados em arquivos contendo os dados digitalizados dos limites municipais sem supressão de pontos, usados como fonte nos trabalhos de produção do CD ROM da Malha Municipal Digital do Brasil (MMD). As coordenadas já estão referidas ao “Datum SAD/69” e podem ser obtidos nos formatos utilizados pela maioria dos SIG existentes no mercado, tais como: “E00”, “DXF”, “DGN” e “SHP”, a partir de aquisição junto à referida instituição. Na ilustração (Figura 23), a seguir, são apresentados exemplos desses dados.

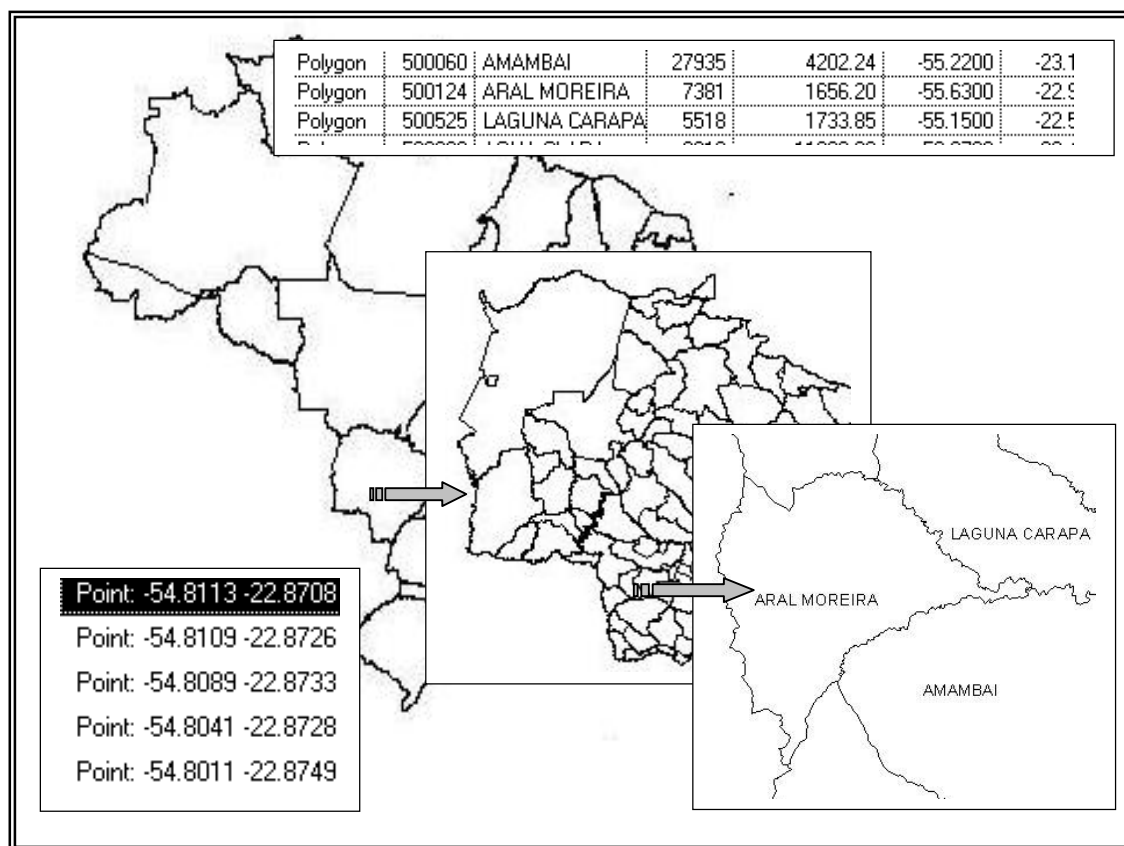


Figura 23: Exemplos de dados da Malha Municipal Digital (MMD) do IBGE.

3º) Obter os dados dos recortes de imagens orbitais. Tais dados são recortes de imagens orbitais do Sistema LANDSAT 5 e 7, produzidos e comercializados em mosaicos estaduais pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites, no sistema de coordenadas geográficas referidas ao “Datum SAD/69”, no formato “JPEG” (sem perdas de compressão), para as escalas padronizadas das cartas topográficas utilizadas pela cartografia nacional, entre as escalas 1:25.000 e 1:250.000, disponíveis em CD ROM da Coleção Brasil Visto do Espaço. Na ilustração a seguir (Figura 24) pode ser visto um exemplo desse recorte de imagem orbital que faz parte do mosaico do Estado do Mato Grosso do Sul.

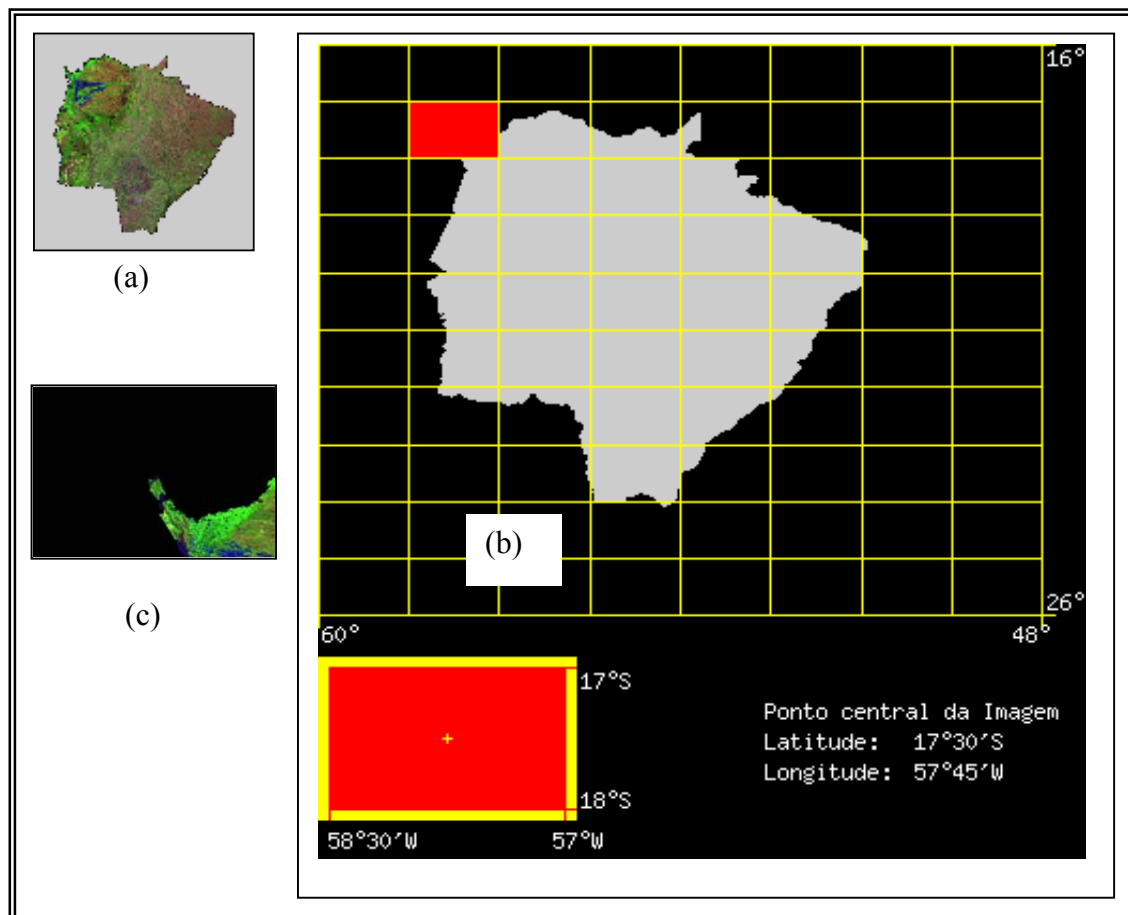


Figura 24: Recorte de imagens orbitais do Estado do Mato Grosso do Sul:

(a) Mosaico, (b) Articulação das folhas topográficas para a escala 1:250.000 e (c) Recorte de imagem de satélite da folha com a nomenclatura internacional “SE-21-V-D”.

Fonte: CD Coleção Brasil Visto do Espaço (EMBRAPA, 2002b).

4.3.2 Para Adequação dos Dados de Entrada

Dos dados de entrada do sistema, o único que se encontra em condições de utilização imediata, sem a necessidade de se realizar qualquer tipo de tratamento para execução no ambiente de trabalho, são os limites territoriais dos estados e municípios de fronteira. Com relação aos demais, há necessidade de se proceder algum tratamento, no sentido de homogeneizar os dados para utilização em SIG, conforme abaixo.

1º) Adequar os dados dos marcos de fronteira: abrir arquivo contendo a relação de marcos de fronteira do Estado selecionado; editar relação em programa para eliminar os registros inconvenientes, manipular ponteiro e outras variáveis, efetuar cálculos para conversão de coordenadas dos marcos para grau decimal ou radianos; se necessário, referir as coordenadas dos marcos ao mesmo sistema de referência geodésica, SAD/69, efetuando transformações de coordenadas entre sistemas geodésicos; e exportar dados para o formato do SIG a ser utilizado. Exemplos de resultados de alguns passos estão ilustrados a seguir (Figura 25).

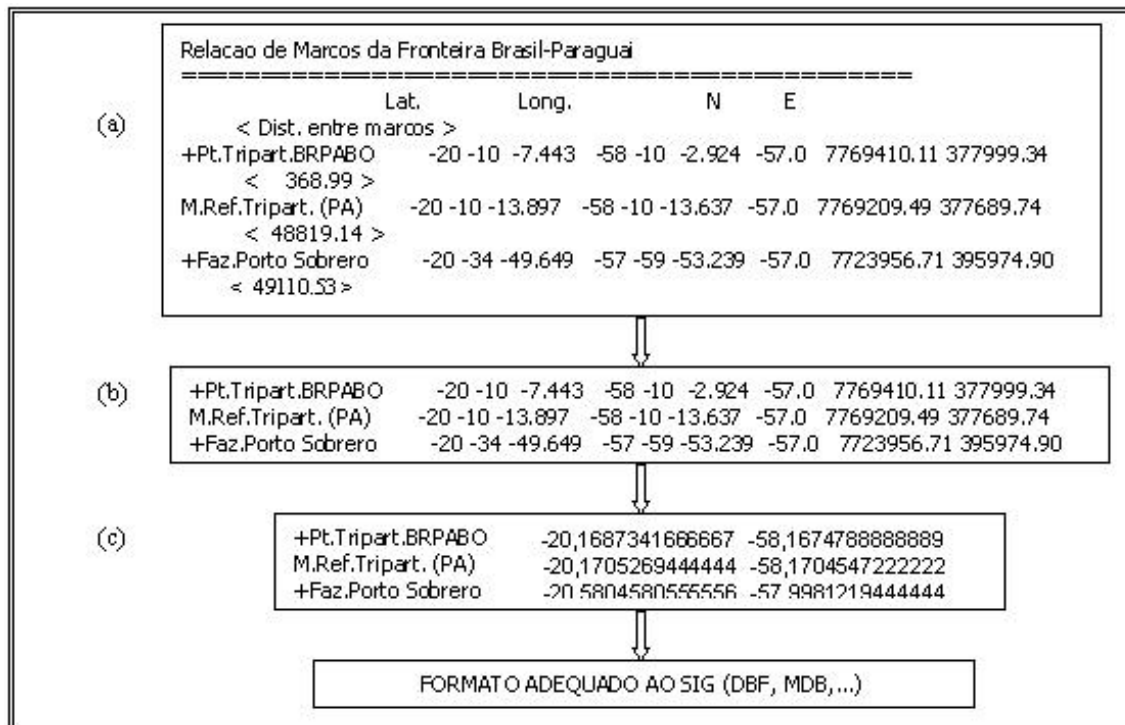


Figura 25: Exemplos dos dados de alguns passos da adequação de dados.

(a) dados na forma primitiva; (b) dados com as linhas inconvenientes eliminadas; (c) dados com as coordenadas convertidas para grau decimal.

2º) Adequar os dados dos recortes de imagens orbitais: selecionar os arquivos com as cenas de interesse na fronteira para cada estado fronteiriço; identificar parâmetros de resolução e superposição das cenas conforme escala do recorte; registrar as imagens a partir das informações de escala e coordenadas do canto superior esquerdo do enquadramento segundo a articulação das folhas topográficas para cada recorte da imagem orbital gerar arquivos ASCII com os parâmetros de georreferenciamento¹³,

Para a seleção dos arquivos, a partir do mosaico das imagens do estado fronteiriço acessar várias vezes no recorte mais ao norte na região de fronteira até alcançar o recorte relativo à articulação das folhas topográficas para a escala de interesse. A Figura 26 mostra um exemplo desta seleção.

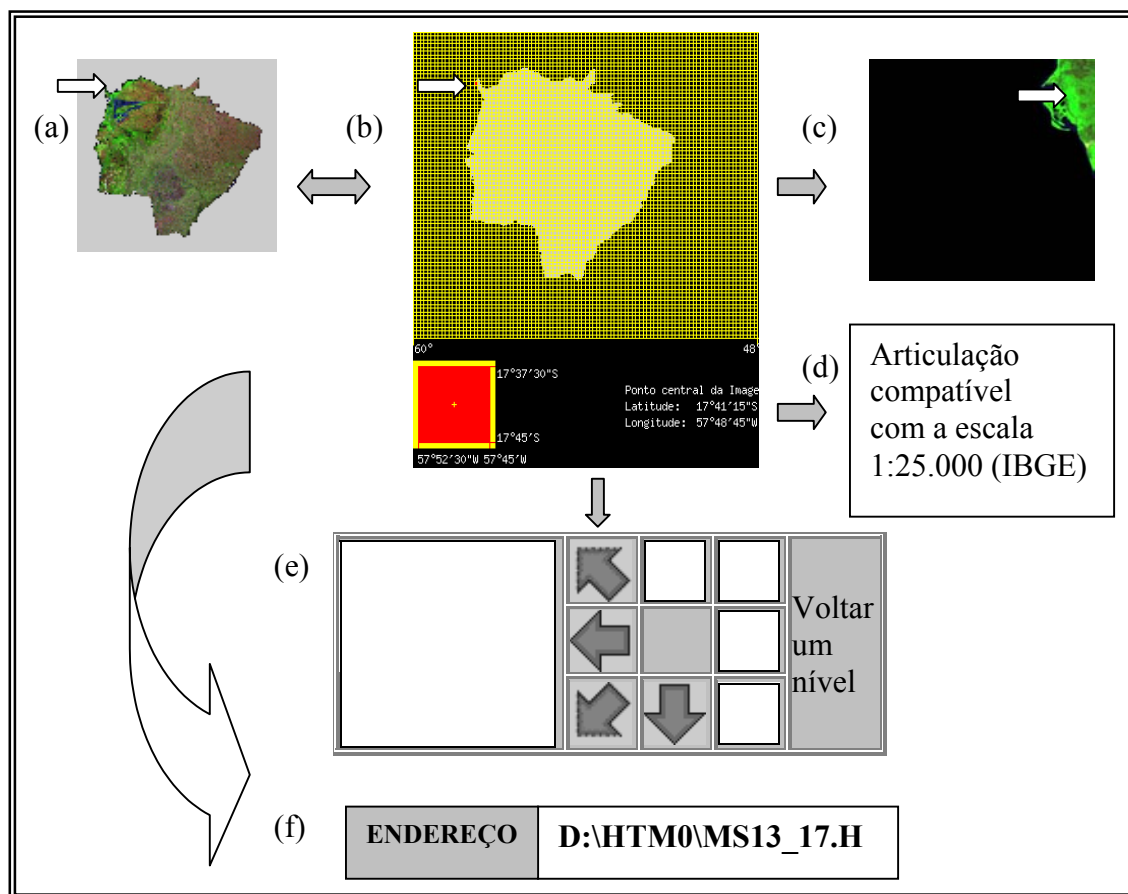


Figura 26: Exemplo de navegação para selecionar recortes de imagens orbitais do Mato Grosso do Sul na escala 1:25.000: (a) mosaico com "links" para os recortes de imagens; (b) Reticulado dos recortes de imagens no estado; (c) recorte da imagem orbital selecionada; (d) mensagem sobre a escala de articulação do recorte; (e) comandos para navegação pelos recortes das imagens do estado e (f) caixa de endereço do navegador de internet onde se obtém o nome comum ao arquivo de imagem.

Fonte: Adaptado das Telas do Programa de Navegação no Mosaico (EMBRAPA, 2002b).

¹³ Para georreferenciar os recortes das imagens orbitais, proceder conforme item 3.4.3.

Os parâmetros de resolução e superposição das cenas das imagens orbitais de acordo com os recortes feitos segundo as articulações das folhas topográficas utilizadas pela cartografia nacional, para as escalas entre 1:250.000 (Nível 3) e 1:25.000 (Nível 0) são obtidos na página da internet no sítio da Embrapa (2002a). Um trecho da tabela contendo esses parâmetros pode ser visualizado a seguir (Tabela 11) e essas informações para todos os Estados fronteiriços do Brasil estão reunidas no presente trabalho, conforme Anexo 1.

Tabela 11: Exemplo da tabela com dimensão e resolução dos recortes de imagens de satélites.

Estado	Largura da Imagem	Largura Total	Comprimento da Imagem	Comprimento Total	Tamanho do Pixel (m)	Tamanho do Pixel (graus decimais)	Nível
Acre							
AC	346	400	231	270	960	0,00866800	3
AC	346	400	231	270	480	0,00433400	2
AC	462	500	462	500	120	0,00108350	1
AC	462	500	462	500	60	0,00054175	0
Alagoas							
AL	459	500	306	350	360	0,00326904	3
AL	459	500	459	500	120	0,00108968	2
AL	459	500	459	500	60	0,00054484	1
AL	459	500	459	500	30	0,00027242	0
Amapá							
AP	345	400	230	270	960	0,00870608	3

Fonte: EMBRAPA Monitoramento de Satélites.

4.3.3 Para o Traçado da LBRF

No processo para traçar a LBRF serão utilizadas coordenadas de marcos de fronteira e dos pontos definidores dos limites dos municípios e estados fronteiriços e, para auxiliar nos trabalhos de análise cartográfica, os recortes de imagens orbitais da região de fronteira, bem como programas de computadores com funções de edição e manipulação de objetos espaciais geográficos.

1º) Identificar os limites fronteiriços da MMD: disponibilizar no ambiente de trabalho os limites municipais da MMD dos estados envolvidos com a faixa de fronteira; converter os elementos gráficos para o nível de complexidade do tipo linha; selecionar as linhas da lateral correspondente à divisa internacional dos limites dos municípios fronteiriços compreendidos entre os pontos interestaduais e criar com essas linhas selecionadas uma nova feição geográfica no ambiente de trabalho. A Figura 27 mostra em destaque esta linha.

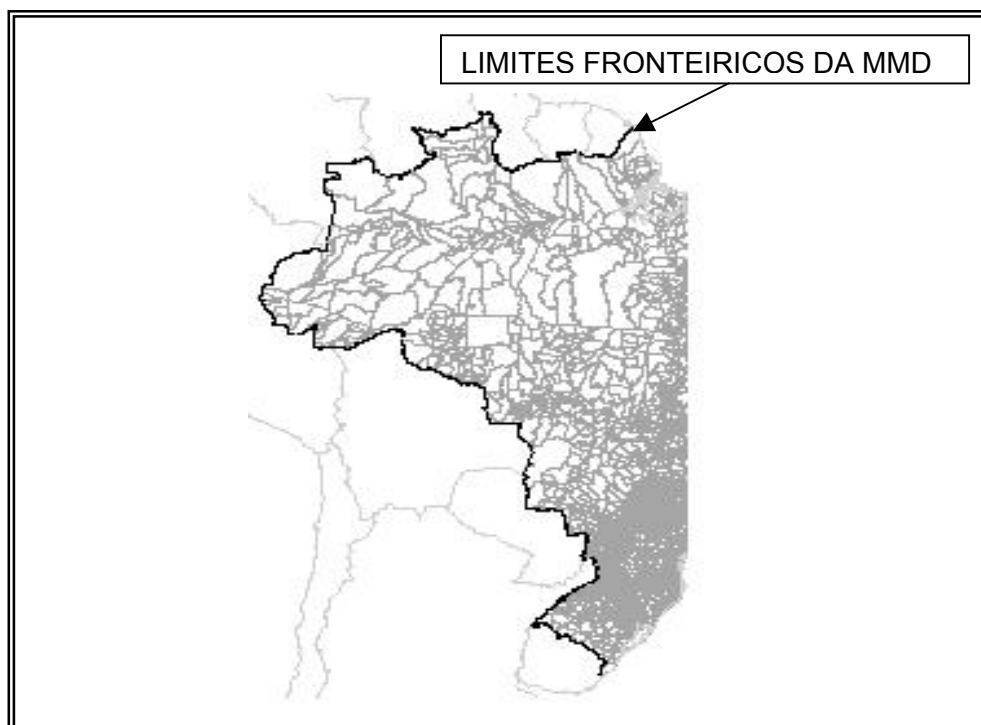


Figura 27: Limites Fronteiriços da MMD.

2º) Criar objeto espacial marcos de fronteira: disponibilizar no ambiente SIG adotado os dados dos marcos de fronteira e gerar, a partir de suas coordenadas, um tema desta feição geográfica como objeto do tipo ponto.

3º) Disponibilizar recortes de imagens orbitais: inserir no ambiente SIG adotado os arquivos contendo os recortes de imagens selecionados e ativar os mesmos como se fosse um “pano de fundo”.

4º) Construir o traçado da LBRF: editar os limites fronteiriços da MMD; analisar a geografia da fronteira¹⁴, considerando todas as feições geográficas envolvidas; ligar os pontos dos segmentos dos limites fronteiriços da MMD aos marcos de fronteira nos trechos analisados e salvar a edição. A ilustração a seguir (Figura 28) mostra exemplos destas ligações.

¹⁴ Esta análise consiste basicamente na identificação de trechos dos limites fronteiriços da MMD que deverão ser selecionados para formação da LBRF, a partir de sua localização em acidentes naturais que podem ser observados nas imagens de satélites ou em cartas topográficas.

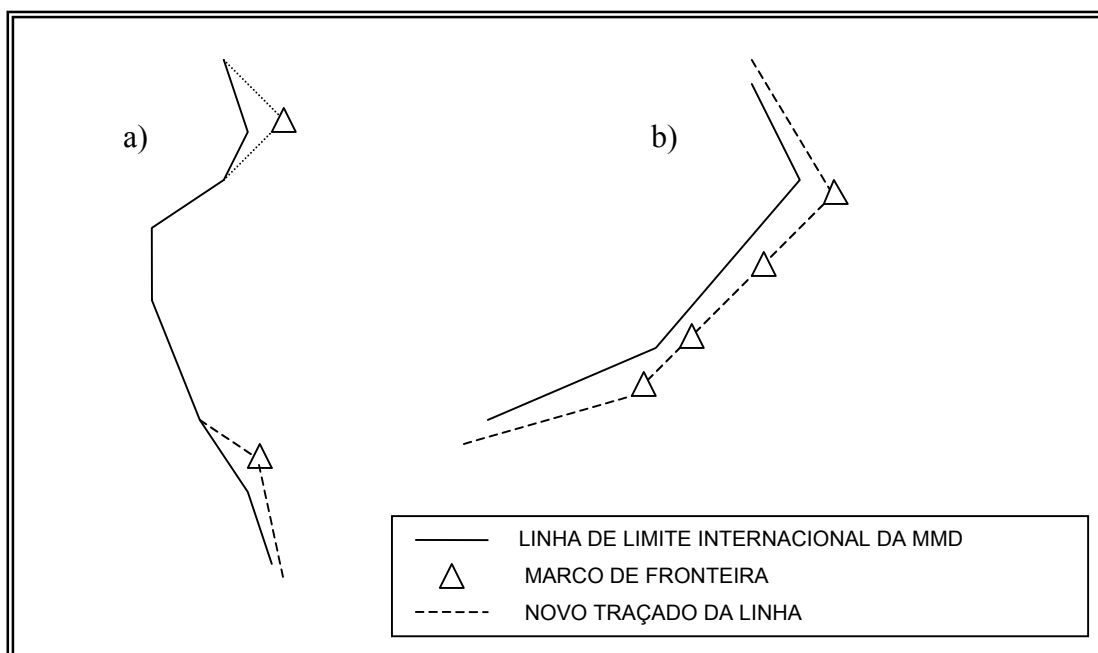


Figura 28: Exemplos de ligações entre os segmentos da linha de limite internacional da MMD e os marcos de fronteira: a) ligação com deslocamento de vértices dos trechos dos limites internacionais da MMD definidos por acidentes naturais e b) ligação com deslocamento de vértices e quebra de segmento de trechos dos limites internacionais da MMD definidos por linha seca.

4.3.4 Para Projeção da LIFF

No processo de construção do traçado da Linha Interna da Faixa de Fronteira (LIFF) - largura da faixa - serão utilizadas a LBRF produzida de acordo com os procedimentos descritos no item anterior; a linha dos limites dos Estados fronteiriços e ferramentas de transformações de dados espaciais, de geoprocessamento e de “buffer”, conforme a seguir:

1º) Preparar o ambiente de trabalho: configurar o ambiente do SIG adotado de acordo com o método¹⁵ de trabalho e outros parâmetros necessários à transformações de dados espaciais e de medidas de distâncias.

¹⁵ Para projeção da LIFF considerou-se o método disponível na ferramenta Buffer do ArcMap do ArcGIS 8.2 da ESRI (vide subitem 3.3.4.).

2º) Criar buffer: selecionar a LBRF no ambiente de trabalho; executar a ferramenta buffer do SIG fornecendo os parâmetros necessários para projeção da largura da faixa.

3º) Construir o traçado do LFF: executar ferramenta de geoprocessamento para obter a interseção do buffer com os limites do estado fornecendo os parâmetros necessários ao processamento. A ilustração a seguir (Figura 29) fornece um visual da interseção das feições geográficas envolvidas no processamento.

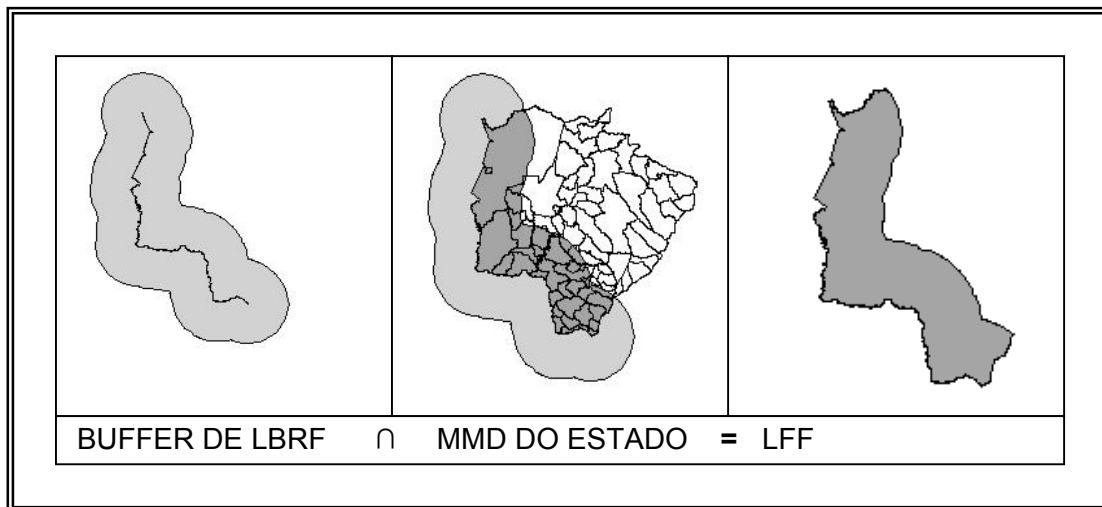


Figura 29: Feições geográficas envolvidas com o processamento do Limite da Faixa de Fronteira.

4º) Gerar a LIFF Estadual: selecionar o trecho do traçado da LLFF que corresponde à parte do seu perímetro localizado mais internamente ao território, compreendido entre os limites estaduais (se for o caso).

4.3.5 Para a Constituição da Faixa de Fronteira do Brasil

A Faixa de Fronteira do Brasil para cada estado fronteiro já está caracterizada, a partir da LFF gerada no processamento da interseção do buffer com os limites do estado (subitem anterior).

Assim, como o interesse é num objeto espacial que possibilite selecionar municípios ou outros elementos dentro da faixa de fronteira, para constituição da Faixa de Fronteira do Brasil em nível de país, procede-se à união dos polígonos delimitados pela LFF de cada estado brasileiro. Tal procedimento pode ser executado utilizando-se de ferramenta de SIG.

CAPÍTULO 5: Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul – Estudo de Caso

5.1 Considerações Iniciais

Para aplicação da metodologia proposta para Caracterização Espacial da Faixa de Fronteira do Brasil, foi escolhido o Estado do Mato Grosso do Sul que atendeu a dois requisitos fundamentais estabelecidos para escolha: o primeiro foi de que se deveria escolher um Estado fronteiriço que possuísse pelo menos uma reentrância significativa em seu território, permitindo assim observar a aplicação do método proposto, no tocante à geração de círculo de raio igual à largura da faixa de fronteira e com vértice na interseção dos segmentos da LBRF adotada, segundo o desenvolvimento de “buffer” elementar, o qual foi a ferramenta de SIG usado para se projetar a Linha Interna da Faixa de Fronteira; e, o segundo, foi de que o Estado fronteiriço possuísse fronteira com mais de um País vizinho, contíguo ao território nacional.

Um outro aspecto que também colaborou na escolha do Estado do Mato Grosso do Sul foi de que a última grande alteração ocorrida no quadro municipal da Divisão Territorial do Brasil (DTB), instalações de municípios realizadas em janeiro/2001, não incluiu novos municípios dentro da faixa de fronteira no estado, de acordo com informações obtidas do cadastro de municípios do IBGE, facilitando assim a utilização de informações textuais e gráficas mais atualizadas dentro da região em questão sem que houvesse conflitos entre elas.

Há vários “softwares” utilizados nos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) no mercado que dispõem da técnica de “buffer” dentro da Análise Espacial de Dados com o objetivo de analisar proximidades entre os objetos espaciais, além de possuírem funções internas ou utilitários para transformações entre sistemas geodésicos de referências de coordenadas terrestres e representações cartográficas. Uma investigação feita na ferramenta “buffer” do “software” ArcMap da família ArcGis da ESRI implicou na escolha deste programa para projeção da LIFF. Nele, foram verificadas algumas facilidades que se mostraram bem eficientes para aplicação desta técnica de projeção de distâncias dentro dos padrões cartográficos pretendidos pela presente metodologia, conforme mencionado no subitem 3.3.4, correspondente à projeção da aludida linha para o interior do País. Outros programas de computador também foram utilizados nos processos empregados neste estudo de caso, escolhidos por simples conveniência. Na Tabela 12 estão identificados tais programas dentro dos processos em que cada um está envolvido.

Tabela 12: Programas de computador utilizados nos principais processamentos.

ENTRADA	PROCESSOS	SAÍDA
Internet Explorer/word		
- Dados primários de Marcos de Fronteira (html).	Aquisição de dados Adequação de dados	- Dados de Marcos de Fronteira (txt).
Access		
- Dados de Marcos de Fronteira (txt).	Adequação de dados	- Dados selecionados e transformados de Marcos de Fronteira (dbf).
ArcView		
- Dados selecionados e transformados de Marcos de Fronteira (dbf). - Limites estaduais e municipais (dgn e shp). - Buffer de LBRF - Recorte de imagens orbitais	Traçado da LBRF Constituição da Faixa de Fronteira	- LBRF (shp) - LFF (shp) - Mapas (shp)
Microstation		
- Limites municipais da MMD (dgn)	Traçado da LBRF	- limites municipais da MMD segmentados (dgn)
ArcMap		
- LBRF	Projeção da LIFF	- Buffer de LBRF

A princípio, foi pensado em utilizar-se somente de folhas topográficas para auxiliar a análise cartográfica a ser realizada na região com a finalidade de identificar trechos dos limites dos municípios fronteiriços junto à linha de fronteira internacional. Isto, com o objetivo de dar maior densidade à linha definida pelos marcos de fronteira, em busca de uma melhor definição da linha de base reta a ser construída na fronteira (LBRF). Assim, previa-se a impressão, via “plotter”, de cartogramas contendo as feições geográficas envolvidas, na mesma escala das folhas topográficas utilizadas na

elaboração da Malha Municipal Digital do Brasil. Esta idéia veio a ser substituída pelos recortes de imagens orbitais disponibilizados comercialmente pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites durante o desenrolar dos trabalhos.

5.2 Aquisição dos Dados da Fronteira

a) Dos Marcos de Fronteira

Os dados dos marcos de fronteira dos limites internacionais do Brasil com os Países contíguos ao território do Estado do Mato Grosso do Sul foram obtidos, via internet, do sítio da Segunda Comissão Brasileira Demarcadora de Limites (SCDL), em duas relações armazenadas no formato “html”. Uma relação contendo os dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai e a outra contendo os dados dos marcos de fronteira da parte sul de Brasil-Bolívia. Elas foram copiadas do navegador de internet para dentro de um documento do processador de texto Word. Ambas relações foram incorporadas ao presente trabalho na forma original, conforme Anexo 2 e Anexo 3, respectivamente.

A quantidade total de marcos de fronteira considerada na fronteira internacional do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul foi de 1039, conforme mostrado na Tabela 13 juntamente com outras informações pertinentes ao estudo de caso.

Tabela 13: Quantidade de Marcos de Fronteira no limite internacional do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.

RELAÇÃO DE MARCOS DE FRONTEIRA	QUANTIDADE DE MARCOS RELACIONADOS	QUANTIDADE DE MARCOS USADOS	OBSERVAÇÃO
BR-PA	916	910	-1 (+Foz do Apa = duplicado) -2 (+Pt.Tripart.BRPABO e M. Ref. Tripart.(PA)= BR-BO) -3 (caso de marcos lado a lado)
BR-BO (Parte Sul)	402	122	-278 (fora dos limites no MS) -2 (caso de marcos lado a lado)
TOTAIS	1318	1032	- 286 marcos excluídos.

b) Dos Limites Territoriais da MMD

Os dados dos limites territoriais relativos às linhas de divisa dos estados e municípios fronteiriços foram obtidos junto ao Departamento de Cartografia do IBGE. Esses dados gráficos e não gráficos dos limites dos estados brasileiros e dos limites dos municípios do Estado do Mato Grosso do Sul são oriundos do arquivo fonte, sem supressão de pontos, consolidados na escala de 1:250.000 para produzir a Malha Municipal Digital do IBGE. Os arquivos foram adquiridos no formato “shp” contendo o contorno dos estados brasileiros, em nível de Brasil, e no formato “dgn” contendo os limites municipais em nível de estado.

c) Dos Recortes de Imagens Orbitais

Os dados dos recortes das imagens orbitais foram obtidos do CD Mato Grosso do Sul da Coleção Brasil Visto do Espaço adquirido da EMBRAPA Monitoramento de Satélites. Tais dados estão disponibilizados em arquivos “html” e “jpeg” dentro de diretórios organizados por formato de arquivo e nível de escala. A Figura 30 mostra a organização dos dados dentro do CD.

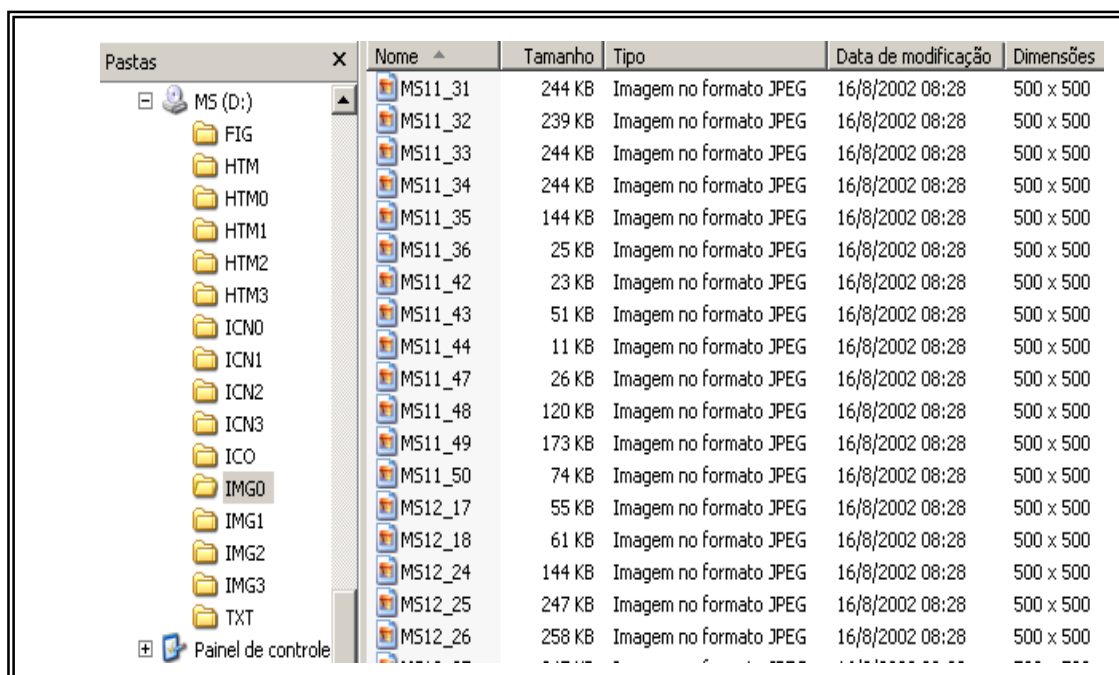


Figura 30: Organização das pastas contendo arquivos com as imagens orbitais do CD Coleção Brasil Visto do Espaço.

Com o objetivo de propiciar uma melhor visualização dos trechos dos limites territoriais na fronteira foram selecionados os recortes de imagens orbitais com maior

nível de detalhamento que recobrem a fronteira internacional, ou seja: os recortes com resolução espacial de 30m, na escala de 1:25.000, os quais estão armazenados nos arquivos da pasta ING0, correspondendo a 119 arquivos com os recortes das imagens. Neste caso, “ING” significa pasta de arquivos de imagens armazenadas no formato “jpeg” e o número seguinte “0” significa o nível de escala dos recortes de imagem desta pasta. Também, foram selecionados os recortes de imagens orbitais com menor nível de detalhamento, escala 1:250.000, para visualizar a área da faixa, bem como visualizar todo o estado. A Tabela 14 mostra a quantidade destes recortes de imagens por escala dentro do estado.

Tabela 14: Quantidade de Recortes de Imagens Orbitais no Estado do Mato Grosso do Sul, no formato “jpeg”, por escala.

NÍVEL DE ESCALA	QUANTIDADE DE RECORTES (ARQUIVOS)	QUANTIDADE DE RECORTES UTILIZADOS	ESCALA
0	2099	119	1:25.000
1	555	0	1:50.000
2	156	0	1:100.000
3	34	34	1:250.000

Também foram baixadas da internet informações sobre resolução e superposição das imagens orbitais recortadas para composição do mosaico do estado, segundo articulação das folhas topográficas, conforme Anexo 1.

5.3 Adequação dos Dados de Entrada

Os dados de entrada relativos aos marcos de fronteira e aos recortes de imagens orbitais foram preparados em termos de adequação de formato e estrutura de arquivos, coordenadas geográficas e georreferenciamento de imagens. Já os dados relativos aos limites estaduais e municipais, foram adquiridos nas condições adequadas ao ambiente de trabalho.

a) Dos Marcos de Fronteira

De posse dos dados relativos aos marcos de fronteira Brasil-Paraguai e Brasil-Bolívia (parte sul), baixados da Internet, procedeu-se no ambiente dos softwares Word e Access a adequação dos dados, conforme sequência de passos a seguir:

PASSO 1: Abriu-se cada arquivo com o processador de texto Word para eliminação das linhas indesejáveis sobre título, cabeçalho e nota no final de arquivo. A seguir, configurou-se os dados do documento alterando-se os tipo e tamanho da fonte visando padronizar os dados no ambiente de trabalho e, principalmente, proporcionar um visual da tabulação dos dados e das quebras de linhas facilitando a exclusão das mesmas. Daí excluiu-se as linhas indesejáveis e, depois, os dados foram salvos como “somente texto com quebra de linha”, em um arquivo no formato “txt”. Uma visão da execução deste passo com os dados dos marcos de fronteira dos limites entre Brasil e Paraguai é fornecida a seguir (Figura 31).

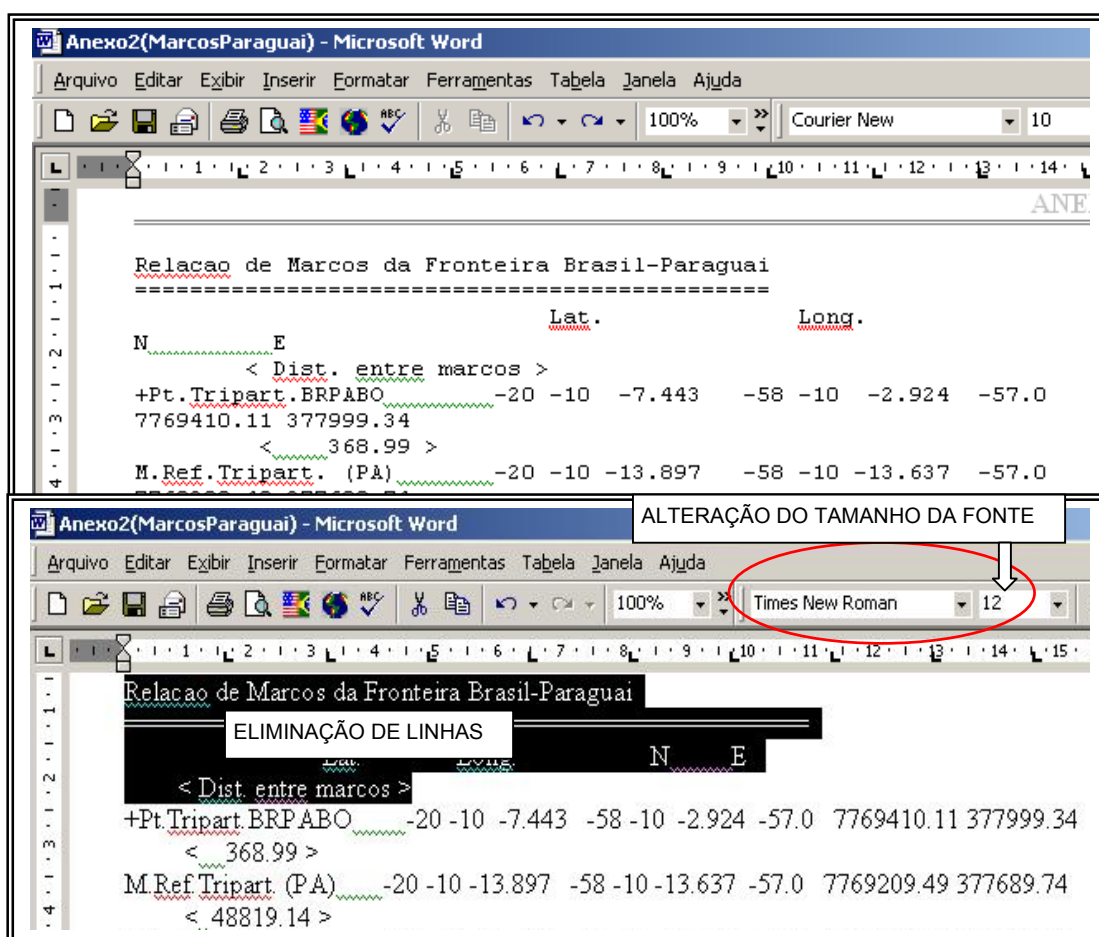


Figura 31: Exemplo de preparação dos dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai.

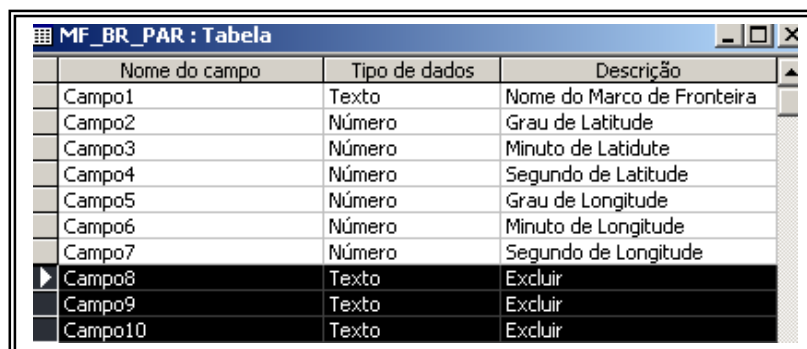
PASSO 2: Os dados do arquivo “txt” foram importados para um objeto do tipo tabela do software Access, na qual foi criada uma estrutura adequada de tabela para receber todos os dados do arquivo “txt”, como mostrado nas Figuras 32 e 33.



	Campo1	Campo2	Campo3	Campo4	Campo5	Campo6	Campo7	Campo8	Campo9	Campo10
▶	+Pt.Tripart.BRPABO	-20	-10	-7443	-58	-10	-2924	-57.0	7769410.11	377999.34
	< 368.99 >									
	M.Ref.Tripart. (PA)	-20	-10	-13897	-58	-10	-13637	-57.0	7769209.49	377689.74
	< 48819.14 >									
	+Faz.Porto Sobrero	-20	-34	-49649	-57	-59	-53239	-57.0	7723956.71	395974.90
	< 49110.53 >									

Figura 32: Dados dos marcos de fronteira Brasil-Paraguai importados para uma Tabela do software Access.

PASSO 3: Excluiu-se os campos da Tabela com os dados que não seriam utilizados, permanecendo somente as informações de identificação do nome e suas coordenadas geográficas, conforme mostra a Figura 33.



	Nome do campo	Tipo de dados	Descrição
	Campo1	Texto	Nome do Marco de Fronteira
	Campo2	Número	Grau de Latitude
	Campo3	Número	Minuto de Latitude
	Campo4	Número	Segundo de Latitude
	Campo5	Número	Grau de Longitude
	Campo6	Número	Minuto de Longitude
	Campo7	Número	Segundo de Longitude
▶	Campo8	Texto	Excluir
	Campo9	Texto	Excluir
	Campo10	Texto	Excluir

Figura 33: Estrutura da Tabela Access com exclusão de campos.

PASSO 4: Criou-se um objeto do tipo consulta com critério para excluir os registros com a presença do caractere de menor (“<”) no campo que identifica o nome do marco de fronteira (campo1) a fim de eliminar os registros indesejáveis, e para transformar as coordenadas geográficas de grau, minuto e segundo para grau decimal, a partir da criação de dois campos calculados. A Figura 34 mostra a estrutura deste objeto consulta e logo a seguir é fornecido um exemplo deste campo calculado que foi usado para transformação do valor da coordenada de latitude.

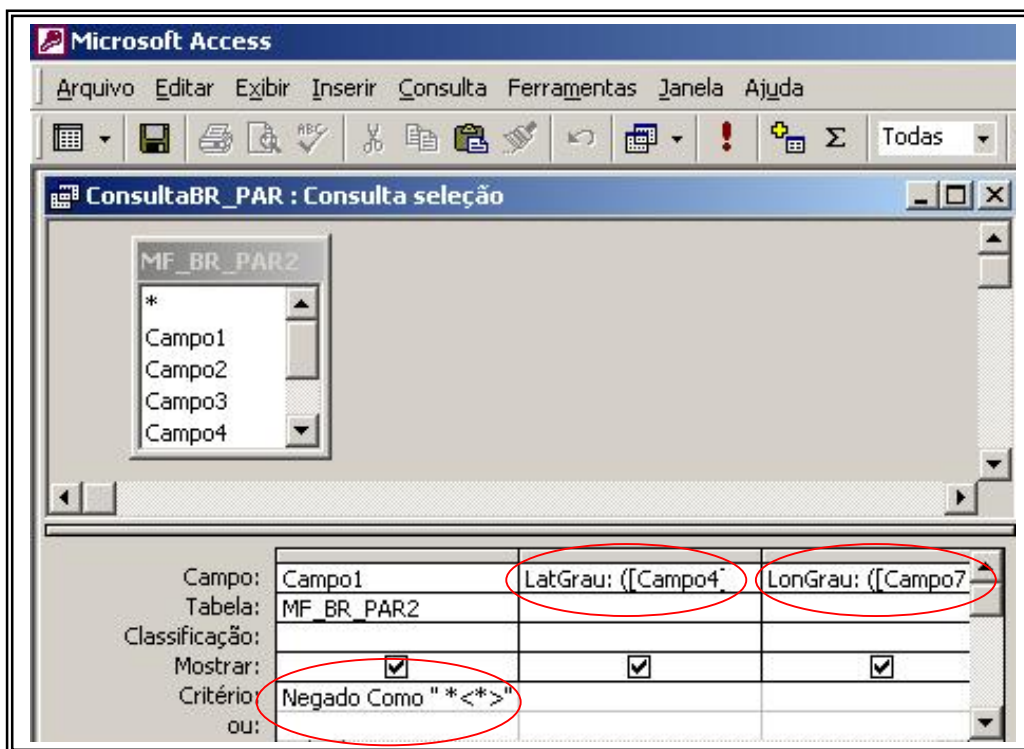


Figura 34: Consulta em Access para eliminação de registros e transformação de unidades de grau sexagesimal para grau decimal.

Um exemplo de campo calculado pode ser visto a seguir na expressão criada para transformação dos valores da coordenada de latitude de grau sexagesimal para grau decimal utilizando-se do objeto Consulta dentro do ambiente do Access. O resultado está na ilustração abaixo (Figura 35).

LatGrau: ([Campo4]/60+[Campo3])/60+[Campo2]

Onde:

LatGrau = nome do novo campo gerado na Consulta;

Campo4 = campo da Tabela com os segundos de latitude;

Campo3 = campo da Tabela com os minutos de latitude;

Campo2 = campo da Tabela com os graus de latitude.

Campo1	LatGrau	LonGrau
+Pt.Tripart.BRPABO	-20,1687341666667	-58,1674788888889
M.Ref.Tripart. (PA)	-20,1705269444444	-58,1704547222222
+Faz.Porto Sobrero	-20,5804580555556	-57,9981219444444

Figura 35: Resultado da Consulta Seleção do Access após o processo de Adequação de Dados.

PASSO 5: Exportou-se os dados resultantes da aplicação do objeto consulta feita na tabela de dados para o formato “dbf” que é nativo do “software” dBase e usado pelos programas da família ArcGis da ESRI, como pode ser visto na Figura 36.

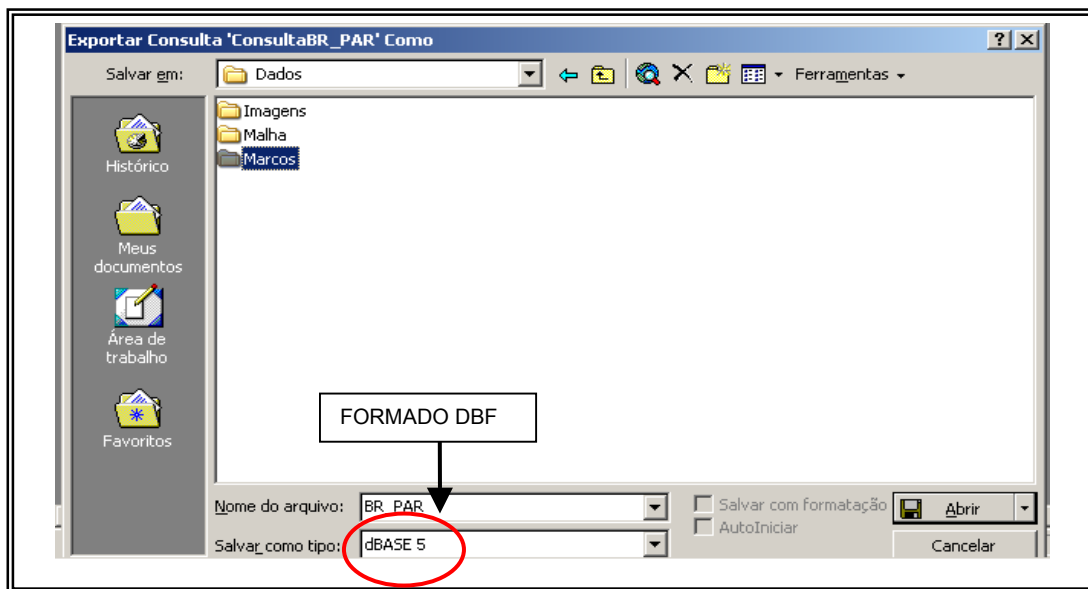


Figura 36: Exportação dos dados resultantes da consulta feita na Tabela do Access para o formato “dbf”.

b) Dos Recortes de Imagens Orbitais

De posse dos dados relativos aos recortes das imagens orbitais do estado realizou-se no ambiente do software ArcView a adequação dos dados, conforme seqüência de passos a seguir¹⁶.

Para acessar as imagens é recomendável que se navegue no CD, via aplicativo “html” (auto-executável), a fim de identificar, por intermédio do mosaico e de outras informações da grade de articulação das áreas¹⁷ das folhas topográficas, a denominação dos arquivos contendo os recortes de imagens orbitais na região de fronteira os quais deseja-se selecionar na pasta que contém as imagens no formato “raster” (jpeg) para georreferenciamento.

PASSO 1: Identificou-se o nome do arquivo em “html” no campo de endereço de arquivos na página do navegador, após clicar várias vezes na imagem do mosaico, no extremo norte do estado, na fronteira internacional do Brasil, até o nível

¹⁶ Passos relativos à adequação dos recortes de imagens orbitais na escala de 1:25.000. Os passos são semelhantes para outros níveis de escala.

¹⁷ Áreas definidas segundo o Índice de Nomenclatura das Folhas Topográficas (subitem 3.2.4).

correspondente à escala de 1:25.000, a fim de selecionar a imagem de interesse na pasta IMG0, com o mesmo nome do arquivo da imagem identificada, porém, no formato “jpeg”. O primeiro arquivo de imagem selecionado foi o denominado “MS12_17.JPG”, conforme seqüência apresentada na Figura 37.

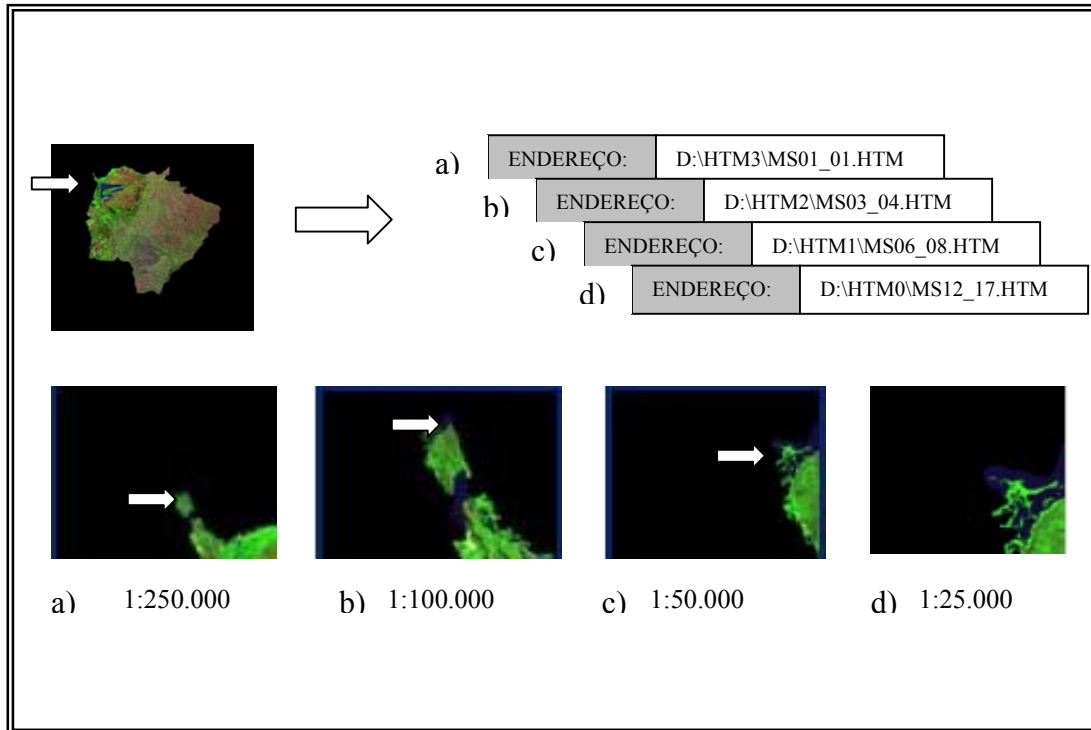


Figura 37: Seleção dos recortes das imagens orbitais conforme escala.

PASSO 2: Montou-se um esquema de quadrículas sobre a região de fronteira para lançamento de longitudes e latitudes de algumas posições estratégicas do reticulado, auxiliando assim a identificação dos arquivos de interesse para georreferenciamento das imagens orgitais, tendo em vista que a denominação do arquivo é composta pela SIGLA DO ESTADO + N° DA LINHA + N° COLUNA + EXTENSÃO. Os números de linha e de coluna se referem à grade de articulação das folhas topográficas dentro da escala escolhida, assim, o arquivo selecionado corresponde a um recorte de imagem que abrange uma área de 7' 30" por 7' 30", sem considerar a faixa de superposição existente entre os recortes. Um exemplo deste esquema pode ser observado na ilustração a seguir (Figura 38).

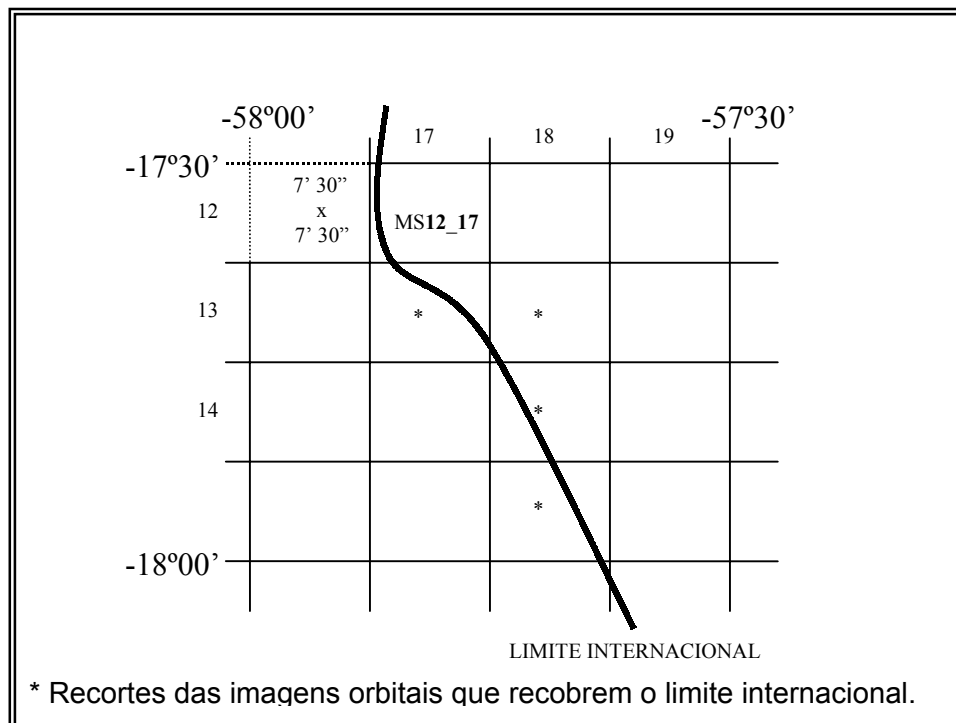


Figura 38: Exemplo de esquema de quadrículas sobre a linha de limite internacional do Brasil para auxiliar no georreferenciamento dos recortes das imagens orbitais na escala 1:25.000.

E, também, visando agilizar o georreferenciamento dos recortes das imagens orbitais, construiu-se uma tabela de conversão dos minutos e segundos do grau sexagesimal para grau decimal das coordenadas geográficas possíveis de uso na articulação dos recortes da escala de 1:25.000 para grau decimal (Tabela 15).

Tabela 15: Conversão dos minutos e segundos de grau sexagesimal para grau decimal para auxiliar a criação dos arquivos de georreferenciamento.

GRAU SEXAGESIMAL	GRAU DECIMAL
0° 07' 30"	0,125°
0 15	0,25
0 22 30	0,375
0 30	0,5
0 37 30	0,625
0 45	0,75
0 52 30	0,875

PASSO 3: Obteve-se as coordenadas geográficas do canto superior esquerdo (CSE) do reticulado apresentado na página do navegador, onde está posicionado o recorte da imagem orbital correspondente à área da folha topográfica na escala selecionada, logo abaixo da grade de articulação. Por exemplo, no caso do primeiro recorte de imagem identificado, arquivo MS12_17, estas coordenadas são: Latitude = -17° 30' e Longitude = -57° 52' 30". A ilustração, a seguir, destaca o referido reticulado da página do navegador (Figura 39).

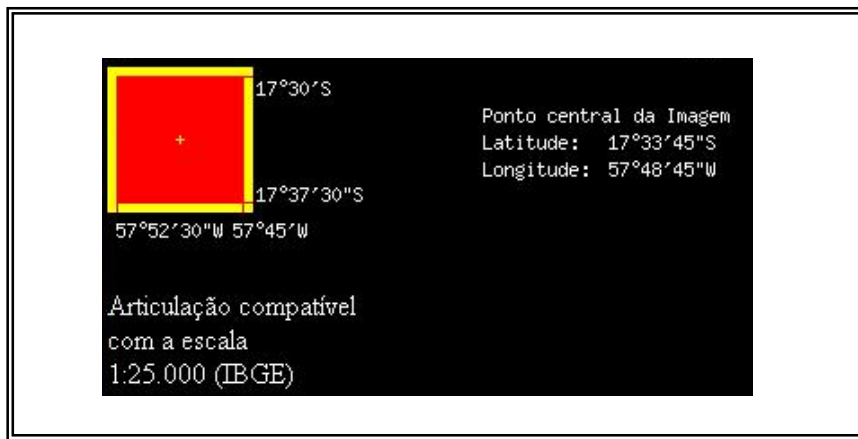


Figura 39: Informações sobre as coordenadas geográficas do recorte da imagem orbital selecionada.

PASSO 4: Calculou-se o tamanho do pixel em grau decimal, com a aplicação de uma regra de três simples, conforme fórmulas a seguir, a partir das informações sobre os recortes das imagens orbitais do estado¹⁸ (Anexo 1).

$$\boxed{T_{px} = \frac{L_x}{L_i}} \quad e \quad \boxed{T_{py} = \frac{C_x}{C_i}}$$

Onde:

T_{px} = Tamanho do pixel em x;

L_x = Largura da área do recorte em grau decimal;

L_i = Largura da imagem em pixel;

T_{py} = Tamanho do pixel em y;

C_x = Comprimento da área do recorte em grau decimal;

C_i = Comprimento da imagem em pixel

¹⁸ A Tabela atual da EMBRAPA contendo informações sobre os recortes de imagens orbitais já dispõe de uma coluna informando o tamanho do pixel, em grau decimal, para todos os estados e níveis de escala.

Neste exemplo, obtêm-se no Anexo 1 as dimensões da imagem (em pixel):
Largura = 454 e Comprimento = 454.

Como o tamanho do pixel é igual tanto da direção das longitudes quanto na direção das latitudes, temos:

$$\begin{aligned} 454 \text{ pixel} &\rightarrow 7' 30'' (=0,125^\circ) \\ 1 \text{ pixel} &\rightarrow X \end{aligned}$$

$$\text{Ou seja: } \underline{T_{px} = T_{py} = X} = 0,125^\circ/454 = 0,00027533^\circ$$

PASSO 5: Calculou-se a área de superposição do recorte (borda), a partir das informações sobre os recortes das imagens de satélites do estado. Do Anexo 1 obtêm-se, além das dimensões da imagem (454x454), a largura e o comprimento totais, sendo ambos iguais a 500 pixels no estado em questão. O cálculo para se conhecer o tamanho desta borda (área existente além da área útil do recorte segundo a articulação das folhas topográficas) pode ser feito com o formulário abaixo, de acordo com o critério adotado na elaboração dos recortes¹⁹.

Tamanho da borda nas laterais oeste (LO) e leste (LL)

$$LO = (Largura \text{ Total} - Largura \text{ da Imagem})/2$$

$$LL = Largura \text{ Total} - (Largura \text{ da Imagem} + LO)$$

Tamanho da borda nas laterais norte (LN) e sul (LS)

$$LN = (Largura \text{ Total} - Largura \text{ da Imagem})/2$$

$$LS = Largura \text{ Total} - (Largura \text{ da Imagem} + LN)$$

No georreferenciamento deste recorte na escala de 1:25.000, aplicando-se as fórmulas acima, têm-se uma borda de 23 pixels em todas as laterais, devido às larguras e comprimentos dos recortes serem iguais e não existir diferença ímpar entre as dimensões.

Assim, se 1 pixel vale 0,00027533 tem-se uma borda = 0,006332599°, portanto:

$$LO = LL = LN = LS = 23 \text{ pixels} = 0,006332599^\circ$$

¹⁹ Quando a diferença entre as extensões da área total e da área útil da imagem de uma determinada direção do recorte (largura ou comprimento da imagem) for ímpar o critério estabelecido pela Embrapa Monitoramento de Satélites é de que as laterais leste ou sul do recorte será 1 pixel maior que a outra lateral, conforme a direção considerada.

PASSO 6: Determinou-se as coordenadas do ponto de georreferenciamento (PG), ampliando a quadrícula relativa à área da folha topográfica em questão, no ponto de coordenadas lidas do canto superior esquerdo (CSE), com o valor da borda calculada para as laterais oeste e norte do recorte da imagem, utilizando-se das fórmulas a seguir:

$$\text{Latitude de PG} = \text{Latitude de CSE} + \text{LN}$$

$$\text{Longitude de PG} = \text{Longitude de CSE} - \text{LO}$$

As coordenadas lidas no CSE da quadrícula da folha SE-21-V-D-V-1-NE são: Latitude = $-17^{\circ} 30'$ ($-17,5^{\circ}$) e Longitude = $-57^{\circ} 52' 30''$ ($-57,875^{\circ}$). Assim, para o recorte de imagem do arquivo MS12_17 as coordenadas do ponto de georreferenciamento foram:

$$\text{Latitude de PG} = -17,5^{\circ} + 0,006332599^{\circ} = -17,4936674^{\circ}$$

$$\text{Longitude de PG} = -57,875^{\circ} - 0,006332599^{\circ} = -57,8813326^{\circ}$$

PASSO 7: Criou-se o arquivo ASCII com os parâmetros de georreferenciamento ("World File"), de acordo com as convenções estabelecidas para este tipo de arquivo, ou seja: mesma denominação do arquivo que contém os dados da imagem acrescido da letra "w" na sua extensão. O arquivo criado para o recorte da imagem armazenada em MS12_17.jpg ficou com a seguinte denominação: MS12_17.jpgw e com o conteúdo ilustrado a seguir (Tabela 16).

Tabela 16: Exemplo dos parâmetros de georreferenciamento do recorte da imagem orbital - arquivo MS12_17.jpgw no formato ASCII.

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO
0.00027533	= valor positivo do tamanho do pixel na direção de X
0	
0	
-0.00027533	= valor negativo do tamanho do pixel na direção de Y
-57.8813326	= longitude do ponto (canto superior esquerdo do reticulado)
-17.4936674	= latitude do ponto (canto superior esquerdo do reticulado)

Fonte: Adaptado de ESRI (1999b).

PASSO 8: Seguiu-se por intermédio dos comandos do navegador de consultas dos recortes (Figura 40) para identificação dos demais arquivos até a seleção de todos recortes das imagens de satélites que recobrem os limites internacionais; reiniciando esta seqüência de passos, sempre navegando no sentido norte-sul junto ao extremo oeste do estado.



Figura 40: Vista dos comandos do Navegador de Consulta aos recortes de imagens orbitais adjacentes.

5.4 Traçado da LBRF

Para o traçado da Linha de Base Reta da Fronteira foram realizados os seguintes procedimentos: identificou-se os segmentos de reta (lines) definidores da lateral fronteira dos limites municipais criando-se um tema com eles; gerou-se um tema de eventos com as coordenadas dos marcos da fronteira internacional no MS (Brasil - Paraguai e Brasil - Bolívia); identificou-se os trechos dos limites municipais junto à divisa internacional, com auxílio dos recortes de imagens de satélites que recobrem a área de interesse na região, intercalando-se os mesmos entre os marcos de fronteira.

PASSO 1: Segmentou-se no ambiente do programa “Microstation” os limites municipais no formato DGN oriundo da MMD do IBGE. Primeiro selecionou-se todos os elementos em torno de uma “fence” e depois, aplicou-se a ferramenta “drop element”, a fim de separar os elementos “lines” da “polyline” para possibilitar a edição dos trechos dos limites municipais. Isto, após ter dado carga do arquivo (f50.dgn) contendo os limites municipais do estado, conforme ilustrado a seguir (Figura 41). Depois, salvou-se o arquivo contendo os elementos geométricos (segmentos do tipo “lines”) como “MunMS250.dgn”. Nesta operação ocorreram na “polyLine” a quebra de

78 elementos geométricos do tipo “Complex shape” e “Shape” para 92357 elementos geométricos do tipo “line”.

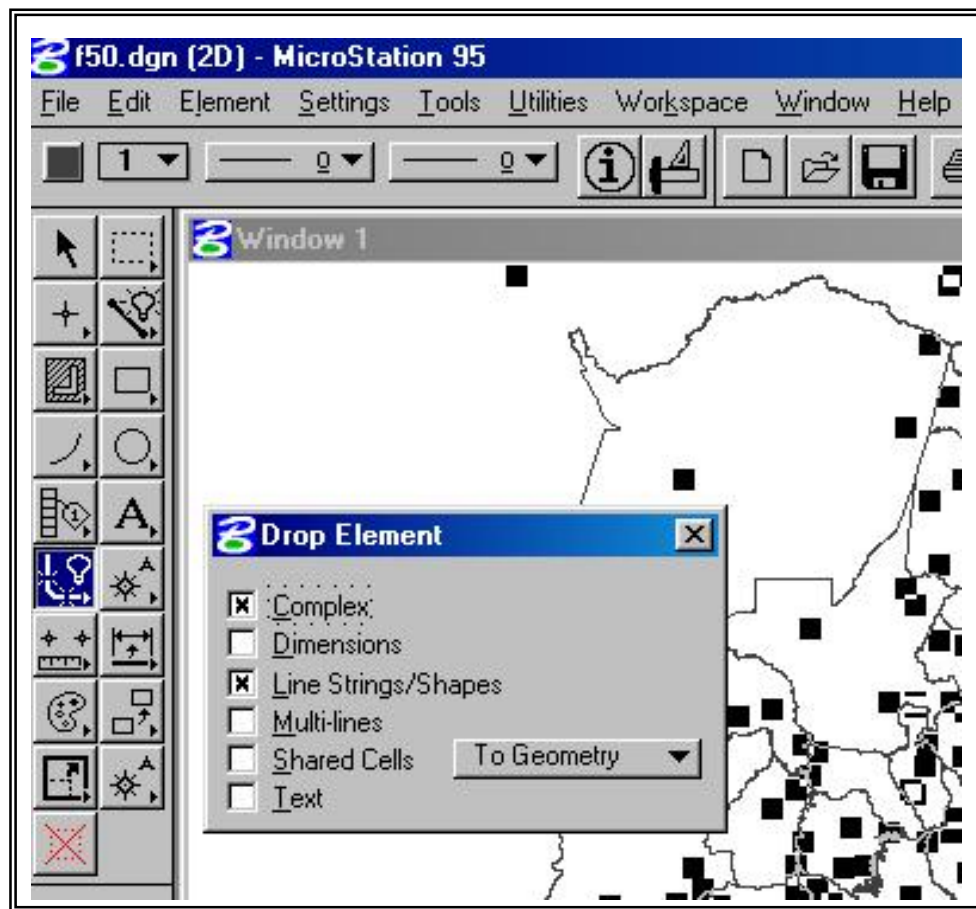


Figura 41: Segmentação dos limites da MMD do IBGE em linhas menos complexas no ambiente do Microstation.

PASSO 2: Configurou-se o ambiente do software ArcView, procedendo habilitação da extensão²⁰: “File => Extensions => CAD Reader”, para se trabalhar com dados de CAD, e alterações de outras informações²¹ para adequação da interface de dados gráficos: “View => Properties”. Neste momento, convém salvar logo o projeto com um nome e local apropriados.

PASSO 3: Criou-se dois temas: um com os dados da MMD do Estado do Mato Grosso do Sul e outro com os do Brasil. Daí, selecionou-se os dados de limites dos municípios fronteiriços do estado junto à fronteira internacional, entre os limites

²⁰ Na oportunidade, configurou-se também as extensões: “Database Access”, “geoprocessing”, “graticules and Measured Grids” e “JPEG (JFIF) Image Support”.

²¹ Nome da “View” e unidades no mapa, de coordenadas para grau decimal e de distância para metros. Não havendo necessidade de alterar a projeção (“default: Projections of the word type geographic”).

estaduais norte e sul, com a ferramenta “Select feature”. Deste modo, foram identificados 3465 segmentos que compõem a linha dos limites fronteiros dos municípios (LLF) que foram convertidos para dentro de um arquivo SHP e, logo a seguir, inseridos no ambiente de trabalho, conforme ilustrado na figura a seguir (Figura 42).

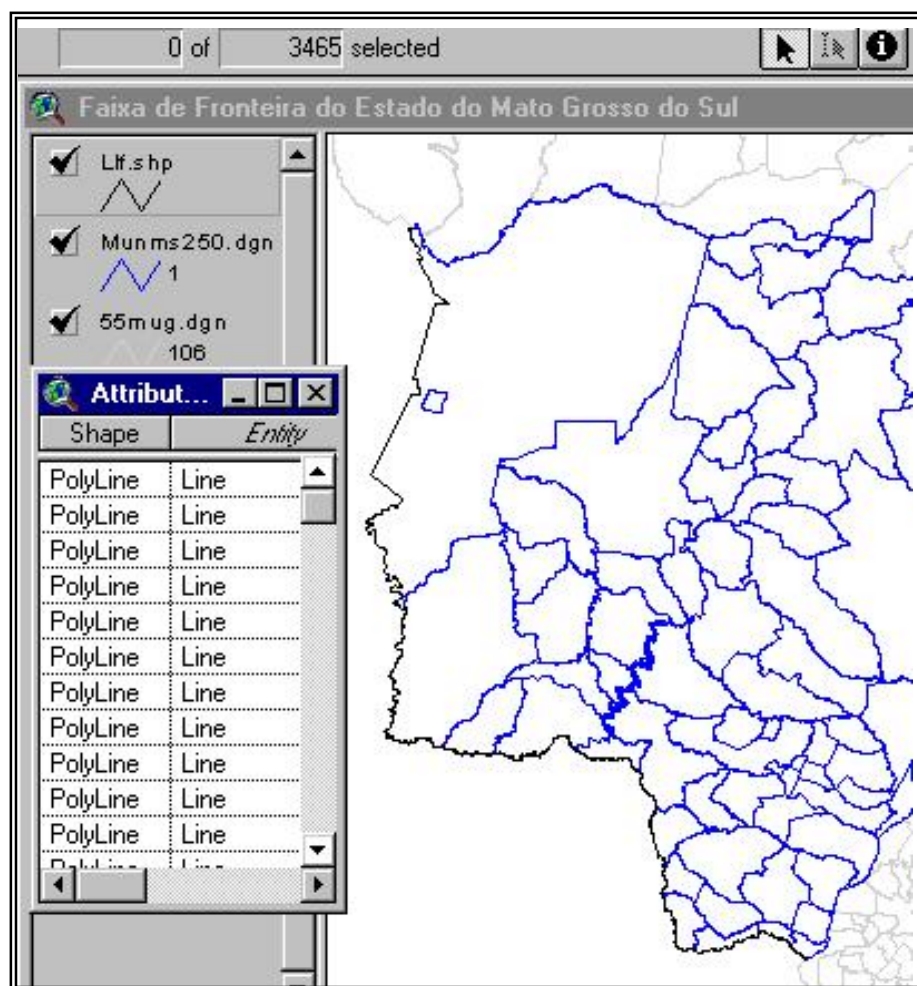


Figura 42: Tela do ArcView mostrando o ambiente de construção da linha de limite fronteiro.

PASSO 4: Inseriu-se no ambiente de trabalho os arquivos com os dados dos marcos de fronteira entre Brasil-Bolívia (parte sul) e Brasil-Paraguai, como tabelas do ArcView: “Project => Add Table”.

PASSO 5: Criou-se dois temas no ambiente de trabalho a partir das coordenadas dos marcos de fronteiras: “View => Add Event Theme”²². Convém, logo a seguir, ajustar os símbolos gerados no momento da adição dos temas.

²² Observar que o campo “X field” corresponde a Longitude e o campo “Y field” a Latitude.

PASSO 6: Inseriu-se como tema no ambiente de trabalho do Arcview as imagens orbitais que foram processadas de acordo com o item referente à adequação de dados, ou seja: identificadas com relação à cobertura da região de fronteira (1:25.000) e ao estado (1:250.000) que foram georreferenciadas a partir de dados sobre os recortes correspondentes às respectivas áreas das folhas topográficas.

A ilustração (Figura 43), a seguir, mostra o ambiente do ArcView após os passos 4,5,6 e 7.

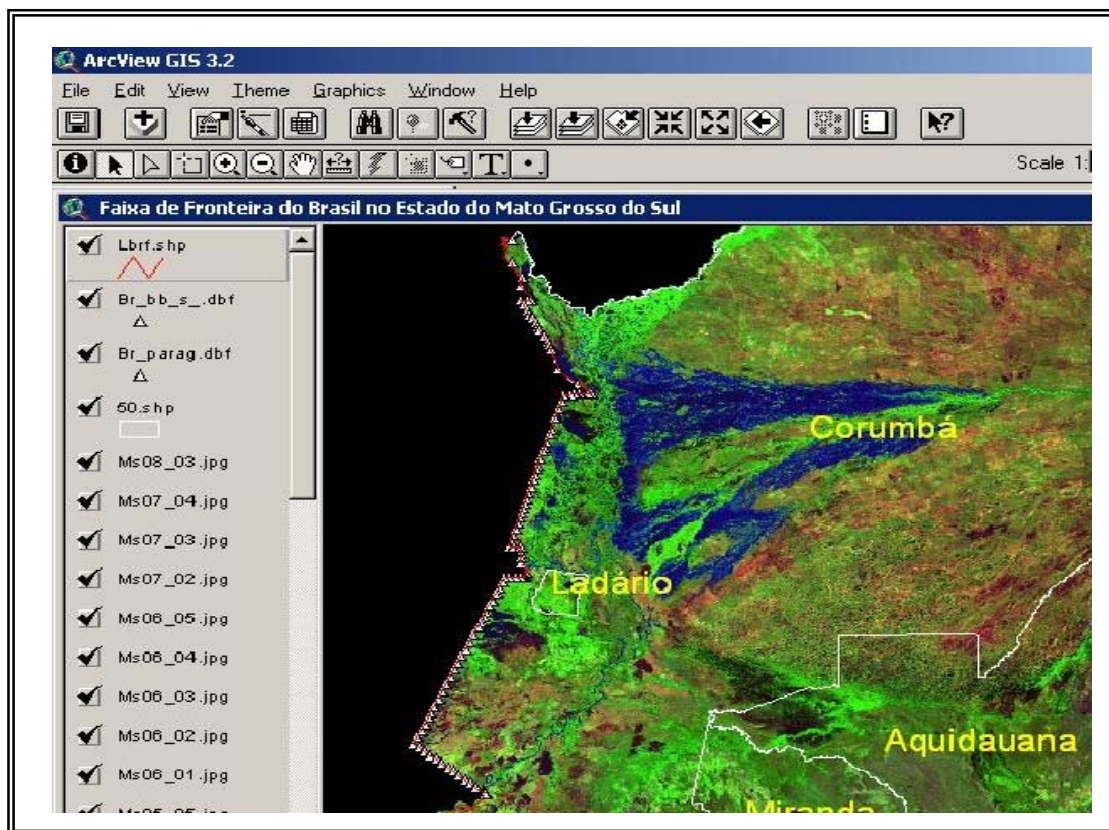


Figura 43: Tela do ArcView com as principais feições geográficas envolvidas.

PASSO 7: Editou-se a linha de limite fronteiro já renomeada para LBRF. Com as imagens de satélites e o tema da feição geográfica LBRF ativados na janela gráfica, selecionou-se o tema²³ para edição, ou seja: na janela “View” clicar no tema LBRF e depois “Theme => start editing”. A edição significa conectar ao marco de fronteira os pontos definidores dos segmentos da LLF mais próximos dele, objetivando intercalar trechos da LLF entre os marcos de fronteira ou quebrar o segmento incluindo um ou mais marcos de fronteira, traçando assim um novo alinhamento da linha com os marcos de fronteira, por exemplo, nos casos onde os limites são linhas secas. Estes casos são apresentados na ilustração a seguir (Figura 44).

²³ A caixa de comando do tema LBRF (retângulo envolvente à esquerda da janela “View”) fica ressaltada com relação as outras e seu perímetro fica circundado por uma linha tracejada.

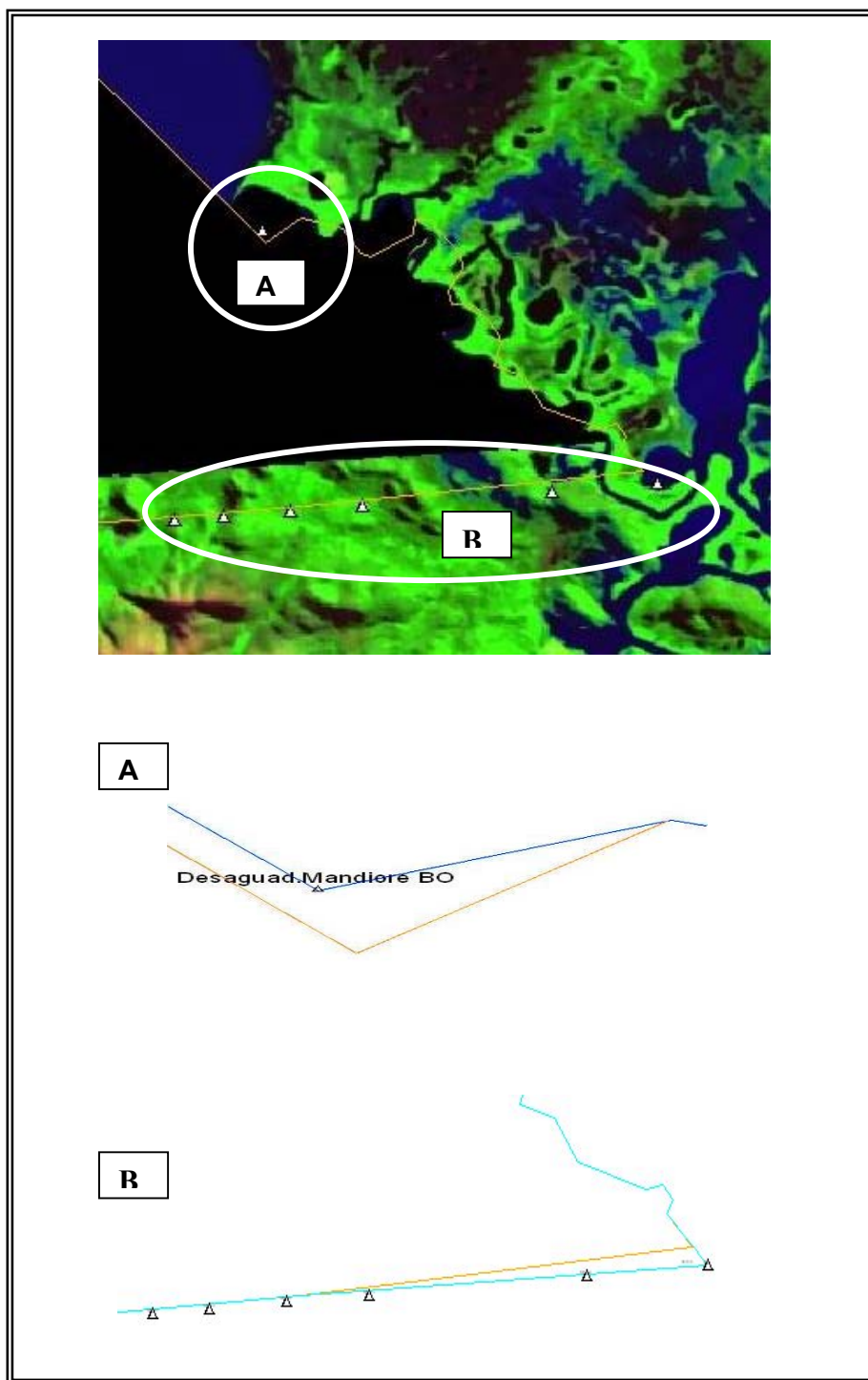


Figura 44: Exemplo de dois casos na edição da LBRF.

A - um simples caso de deslocamento dos segmentos de reta para o marco de fronteira;

B - um deslocamento dos segmentos de reta para o marco de fronteira com aumento do nº de segmentos de reta.

5.5 Projeção da LIFF

Para projeção da Linha Interna da Faixa de Fronteira foram realizados os seguintes procedimentos: configurou-se o ambiente do SIG ArcMap com relação ao método de operação da ferramenta “Buffer Wizard” a fim de executar um algoritmo que cria um BPCS sobre um sistema de representação cartográfica plana eqüidistante azimutal²⁴ que processa o “buffer” objeto a objeto espacial. Daí, criou-se um tema no ambiente de trabalho com o resultado do processamento do “buffer” com 150 km de distância da LBRF, conforme a seguir:

PASSO 1: Configurou-se o ambiente do ArcMap com o utilitário de configuração avançada do ArcGis (“Advanced ArcMap Setting”), localizado no diretório “utilites” do ArcGis. Após a execução do aplicativo, na aba “Miscellaneous” e na seção destinada ao “Buffer Wizard” selecionar o método “Feature Optimized Coordinate System” e a seguir aplicou-se a escolha do método, conforme tela do utilitário mostrada na Figura 45.

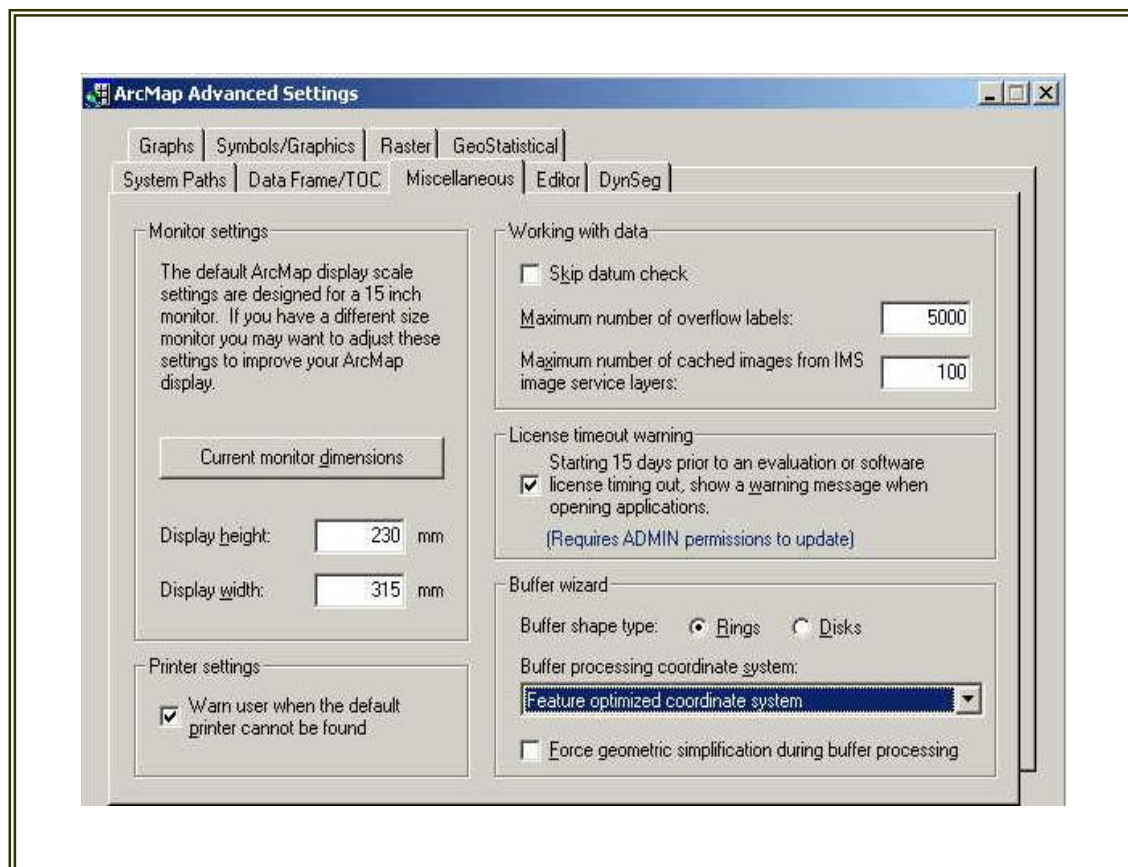


Figura 45: Tela do utilitário de configuração do software ArcMap.

²⁴ Vide 3º Método do “Buffer Wizard” (no final do subitem 3.3.4).

PASSO 2: Criou-se um tema no ambiente do software ArcMap com a feição geográfica LBRF de onde gerou-se outro tema com “buffer” de 150 km de distância deste objeto espacial, considerando a opção que resulta na união dos buffers elementares gerados. O resultado pode ser visto na Figura 46.

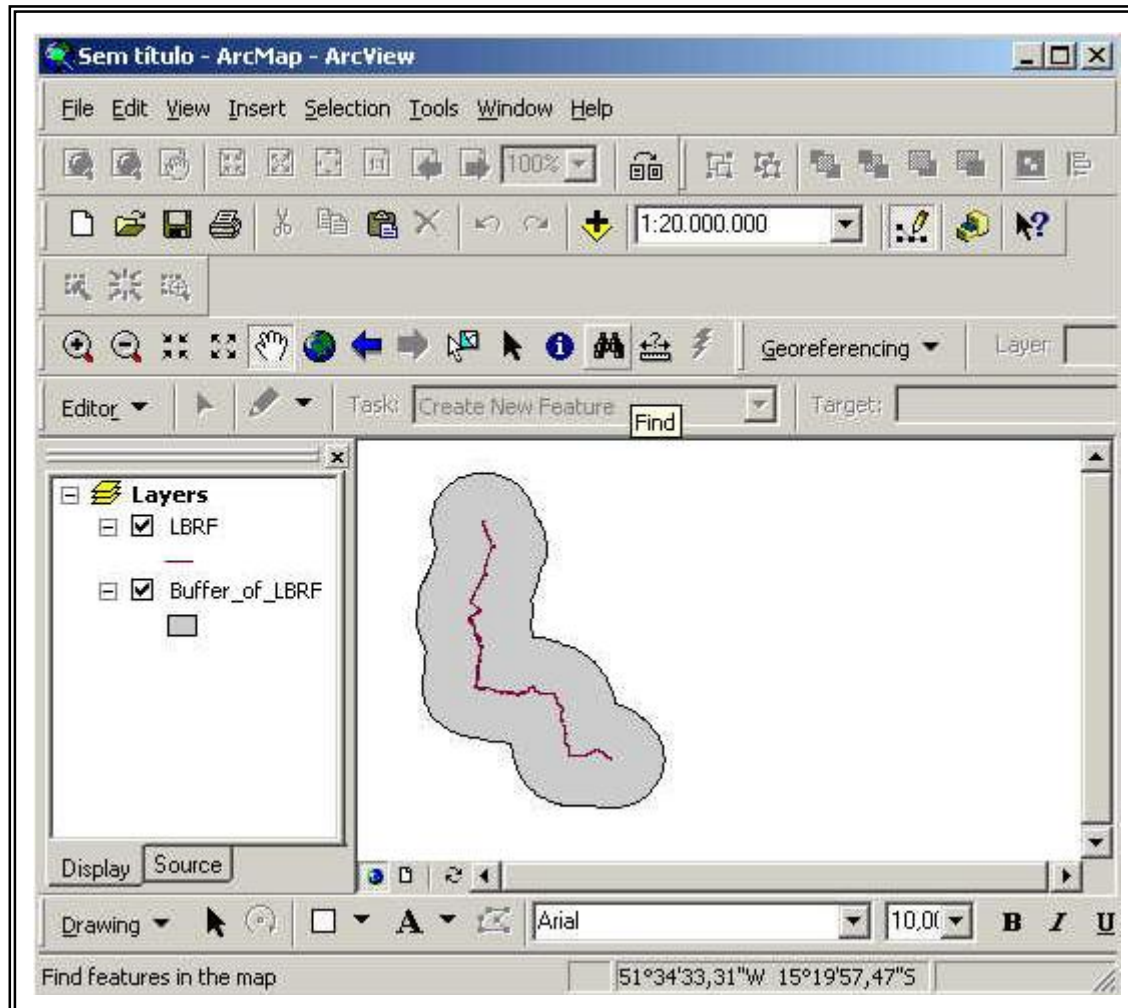


Figura 46: Tela do ArcMap após a criação do buffer de 150 km da LBRF.

PASSO 3: Inseriu-se o tema “buffer of LBRF” criado no ArcMap no ambiente de trabalho do ArcView, visando executar operações de interseção com a malha estadual do país.

PASSO 4: Processou-se a ferramenta “Geoprocessing Wizard” para cortar do tema buffer a área da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, a partir do tema correspondente à malha municipal do estado, conforme mostrado na ilustração a seguir (Figura 47).

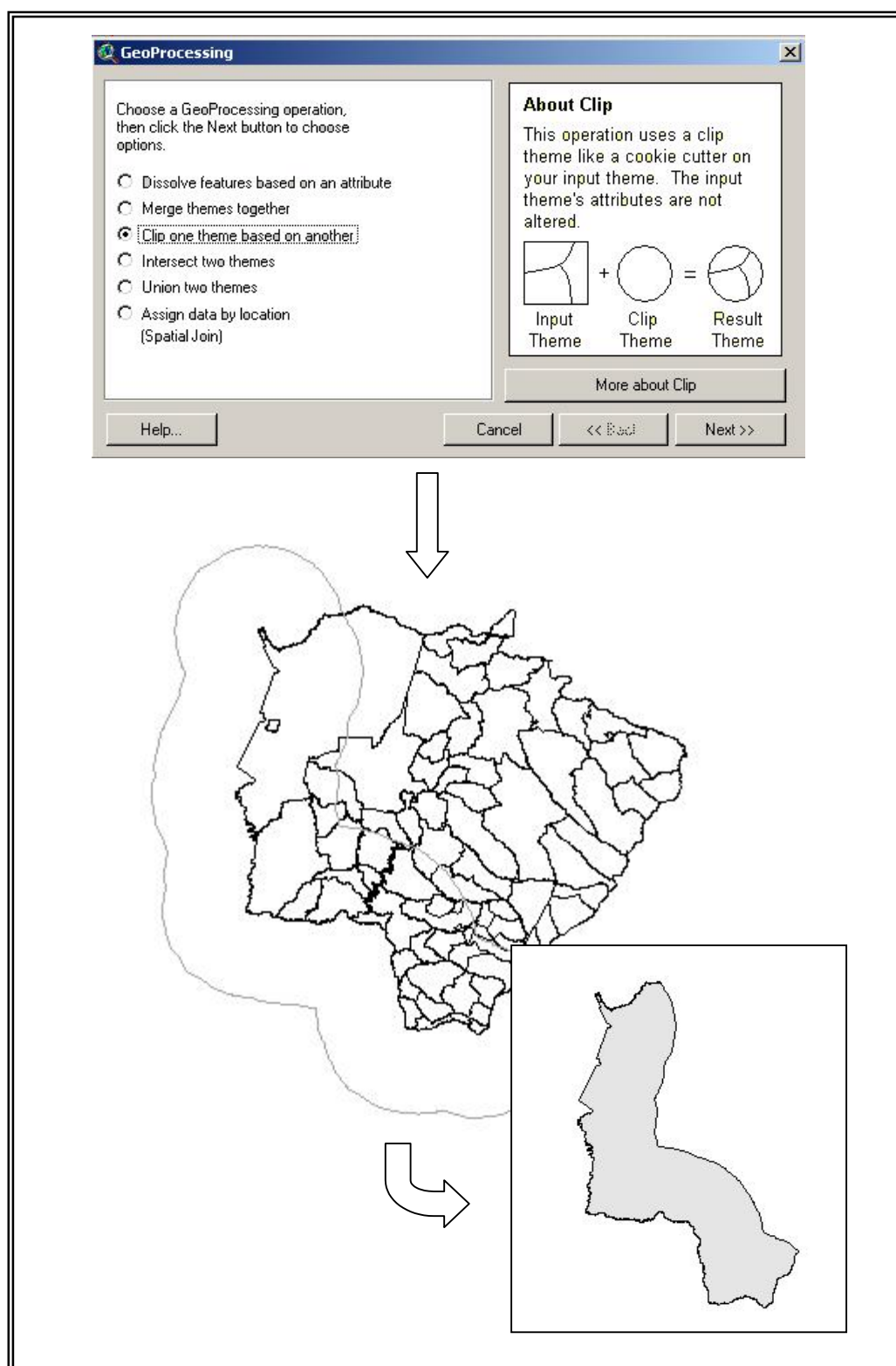


Figura 47: Limites da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.

5.6 Constituição da Faixa de Fronteira do Brasil

Como o interesse é num objeto espacial que possibilite selecionar municípios ou outras áreas dentro da faixa de fronteira, não há necessidade de desmembramento da LIFF; processa-se a identificação dos municípios da faixa de fronteira a partir da LFF estadual sobre a malha municipal.

PASSO 1: Com os temas malha municipal e faixa de fronteira estadual no ambiente de trabalho do Arcview, selecionou-se o primeiro como tema ativo.

PASSO 2: Processou-se a ferramenta “Geoprocessing Wizard” do ArcView (Figura 48) para se obter por interseção com a faixa de fronteira estadual (LFF) os municípios com área localizada dentro da Faixa de Fronteira do Brasil. O resultado pode ser visto no Mapa (Apenso 1) e na Relação dos Municípios (Apenso 2) da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.

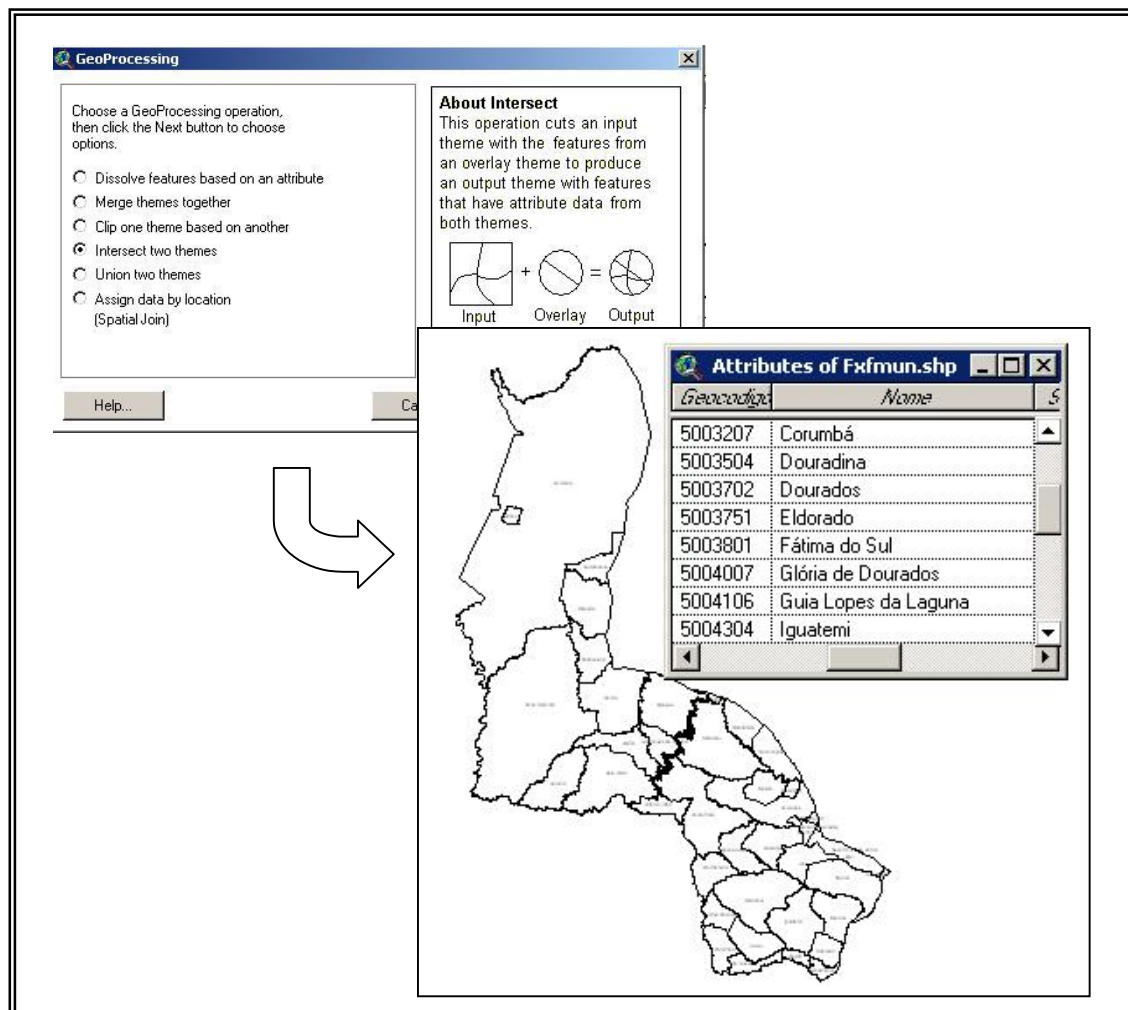


Figura 48: A Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul.

5.7 Considerações Finais

Com relação ao estudo de caso vale considerar o seguinte:

a) O resultado da aplicação da presente metodologia no Estado do Mato Grosso do Sul (Apenso 2), se comparado com a identificação de municípios da Faixa de Fronteira do Brasil do cadastro do IBGE no mesmo estado (Anexo 4), apresenta uma divergência no total de municípios localizados parcial ou totalmente dentro desta faixa. Pela aplicação desta metodologia, identifica-se pequena área do município de Nova Alvorada do Sul dentro da faixa, além dos 44 municípios constantes na relação oficial, conforme pode ser visto no Mapa da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul (Apenso 1).

A identificação do município de Nova Alvorada do Sul dentro da faixa de fronteira foi confirmada utilizando-se programas de cálculos geodésicos (problema inverso), considerando-se o cálculo da distância geodésica a partir de coordenadas de pontos selecionados no limite do referido município e na LBRF (marco de fronteira) mais próximos.

b) No corte do tema buffer pelo tema malha municipal do estado, se invertido, ou seja: se o buffer cortasse a malha municipal teríamos a faixa de fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul, dispensando o próximo passo; porém, não teríamos os limites da faixa de fronteira (LFF) que possibilita o seu uso a qualquer momento sobre outras bases de dados mais atualizadas.

c) Com relação à análise feita nos trechos dos limites de municípios fronteiriços com o objetivo de identificação e seleção de trechos dos limites para intercalar entre os marcos de fronteira, vale considerar que os recortes de imagens de satélites utilizados foram suficientemente adequados para tal finalidade, mesmo diante do deslocamento observado após o georreferenciamento dos mesmos segundo a articulação das folhas topográficas.

d) Um melhoramento poderia ser realizado no “controle terrestre” dos recortes das imagens de satélites utilizados, tomando-se como referência o contorno dos limites territoriais da MMD e os marcos de fronteira e considerando-se o afastamento médio em pixel nas direções norte-sul e leste-oeste dos acidentes naturais visíveis nas imagens. Este melhoramento poderá ser efetivado pelo desenvolvimento de um

programa de computador com uma interface com o usuário permitindo o mesmo proceder tais ajustes.

e) Outro programa poderia ser desenvolvido com o objetivo de otimizar o processo de identificação dos recortes de imagens de satélites, segundo a articulação das folhas topográficas. O algoritmo seria baseado na denominação dos arquivos que contêm os recortes de imagens, na área que eles recobrem (escala) e a articulação da folha topográfica que cada um corresponde. Tal procedimento se justificaria, tendo em vista a possibilidade da presente metodologia ser aplicada em mais dez unidades da federação.

f) Convém considerar a visualização de coordenadas no ArcView com mais casas decimais de grau decimal, procedendo a configuração do mesmo com o script a ser implementado no projeto (ESRI, 2001c).

Capítulo 6: Conclusões

6.1 Quanto aos Limites da Faixa de Fronteira

Pelo simples fato de inexistir os limites da Faixa de Fronteira do Brasil tanto no mundo real quanto no virtual, já seria motivo suficiente para justificar o presente tema de estudo. Os resultados da maneira que foram alcançados se traduzem em algo tecnicamente aceitáveis, à medida que a linha de limite da fronteira foi desenvolvida e representada no meio digital com o que há de melhor hoje no País, em termos de dados espaciais georreferenciados de limites internacionais. Assim como a medição de distâncias ortogonais feitas a partir da mesma foi determinada dentro de padrões consagrados pela comunidade técnico-científica, realizadas sobre a representação cartográfica mais adequada para este fim, ou seja, a Plana Equidistante Azimutal. Inclusive, o tratamento dispensado para os casos especiais de reentrâncias territoriais que foram solucionados por meio do desenvolvimento de arcos de circunferências de raios iguais a 150 km, definidos entre os segmentos de reta projetados para dentro do território nacional, preservou a distância correspondente à largura da faixa de fronteira determinada em lei.

A aplicação da presente metodologia de caracterização espacial da Faixa de Fronteira do Brasil no restante dos estados brasileiros fronteiriços pode ser considerada operacionalmente viável, valendo apenas estudar e desenvolver algumas otimizações no sentido de minimizar tempo com a edição da LBRF a ser construída no ambiente digital e, como já citado nas considerações finais do estudo de caso, na automatização do georreferenciamento dos recortes de imagens de satélites, inclusive, com ajustes para melhorar o seu enquadramento diante dos limites municipais da MMD do IBGE.

6.2 Quanto à Linha de Base Reta da Fronteira

A linha de base (LBRF) desenvolvida no meio digital com a finalidade específica de servir para projeção do limite da faixa de fronteira (LIFF), foi (e pretende ser) construída com o que há de mais preciso hoje no País para representar no meio digital a divisa internacional do Brasil definida por meio de acidentes geográficos naturais, ou seja, a digitalização feita pelo IBGE dos limites municipais lançados em cartas topográficas nas escalas um para cinquenta, cem e duzentos e cinquenta mil. Daí, desses limites foram identificados e selecionados segmentos de linhas e intercalados

entre os marcos de fronteira internacionais e amarrados com as coordenadas de maior precisão dos mesmos.

Após a conclusão da LBRF ao longo da divisa internacional dos estados fronteiriços da Região Sul do País, a mesma pode ser adotada como linha de base para projeção da Faixa da Grande Fronteira do Mercosul, em atendimento à Lei 10.466, de 29 de maio de 2002, que instituiu o Programa Grande Fronteira do Mercosul.

6.3 Trabalhos Futuros

- a) Apresentar proposta para a Diretoria de Geociências do IBGE visando a aplicação da metodologia nas demais Unidades da Federação que estão envolvidas com a Faixa de Fronteira do Brasil.
- b) Estudar a elaboração de um SIG que contemple a Faixa de Fronteira do Brasil: em uma primeira etapa, com informações de percentual de área dos municípios parcialmente dentro da faixa de fronteira, informações de perímetros e outras distâncias e informações básicas relevantes, e numa segunda etapa, informações de projetos apresentados, em andamento e concluídos pelos municípios concorrentes aos auxílios financeiros, bem como sobre uma base cartográfica mais detalhada. Esta última etapa, considerando uma parceria com o Ministério da Integração Nacional.
- c) Elaborar programa para georreferenciar os recortes das imagens de satélites disponibilizados pela EMBRAPA Monitoramento de Satélites, de acordo com os arquivos “txt” disponibilizados na internet, contendo os parâmetros de dimensão e resolução das cenas recortadas, bem como de rotina para ajustar os recortes das imagens considerando o reconhecimento da posição de alguns marcos de fronteira e a localização em acidentes geográficos naturais dos limites fronteiriços dos municípios digitalizados da MMD.
- d) Aproveitar os resultados do presente estudo para caracterização espacial da Faixa da Grande Fronteira do Mercosul.

Referências Bibliográficas

AEB2000. Anuário Estatístico do Brasil / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Seção 1 – Caracterização do Território*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. V.60, p.1-1 – 1-199. ISSN 0100-1299.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: a management perspective*. WDI Publication, 1989. Ottawa, Canadá. Chapter 2, p. 31-44. ISBN 0-921804-00-8.

ARSEGO, A. M; CONJUNSKI, E. N.; SANTANA, A. B; et al. *Regularização Fundiária na Faixa de Fronteira do Estado do Paraná – Etapa III – Jurídico*. Congresso Brasileiro de Cadastro Multifinalitário. CD COBRAC-2002. Florianópolis, SC, 6 a 10 out. 2002.

BAKKER, M. P. R. de. *Cartografia. Noções Básicas*. Diretoria do Serviço Geográfico da Marinha, DH 13-1, 1965. 242 p, 23 cm. Inclui índice.

BECKER, B. K. *A fronteira em fins do século XX – oito proposições para um debate sobre a Amazônia*. 4º Congresso Brasileiro de Geógrafos – “Geografia Sociedade e Estado”. São Paulo, 1984. Volume II - livro 2 – Contribuições Científicas, p. 57 – 74.

BONHAM-CARTER, G.F. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. In Spatial Data Transformations*. Kindlington: Pergamon, 1994. Chapter 6, p. 139-175. British Library: ISBN 0-08-041867-8 (hardcover) and ISBN 0-08-042420-1 (flexicover).

BRASIL. Senado Federal. *Normas Jurídicas (Referência)*. Pesquisa à base de dados de Legislação Brasileira: as constituições e legislação sobre a faixa de fronteira. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/legisla.htm>>. Último acesso em 9 jul. 2002.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. e CARVALHO, M. S. *Análise Espacial e Geoprocessamento*. INPE, São José dos Campos, SP, 2000. Capítulo 1 do Livro de Análise Espacial de Dados Geográficos, organizado para dar suporte aos cursos de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto e Computação do INPE e em Sistema de Informação Espacial da Escola Politécnica da USP.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C.; CORDEIRO J.P. et al. *Operações de Análise Geográfica*. São José dos Campos, SP, 2000b. Capítulo 5 do Livro de Análise

Espacial de Dados Geográficos, organizado para dar suporte aos cursos de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto e Computação do INPE e em Sistema de Informação Espacial da Escola Politécnica da USP.

CAMPANHOLE, A.; CAMPANHOLE, H. L. *Constituições do Brasil*. São Paulo: Atlas, 1992. 10ª edição.

CSN. Conselho de Segurança Nacional. *Auxílio aos Municípios da Faixa de Fronteira*. Instruções, de 28 de julho de 1981. Brasília, DF.

DAVIS, C. *Criação de Buffers*. InfoGEO. - Revista de Geoinformação, Curitiba, PR, ano 3, nº 15, p. 34-35, set./out. 2000.

DF, Divisão de Fronteira do Ministério das Relações Exteriores. Brasília. *Divisão de Fronteiras*. Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/daa/df.htm>>. Acesso em 29 set. 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Métodos de Elaboração e Navegação nos Mosaicos*. Em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/meto.htm>> e <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/txt/nave.htm>>. Acesso em 29 out. 2002.

____ Embrapa Monitoramento por Satélites. Coleção Brasil Visto do Espaço: CD Mato Grosso do Sul, Campinas, SP, 2002. *Recortes de Imagens de satélites LANDSAT 7/ETM+, jun.-ago./2001, bandas 5,4,3/RGB*. Arquivos *.JPG, 119 cenas na escala 1:25.000 e 34 na escala 1:250.000: entre 8 e 296 Kb.

ENGEL, J.M. Artigo: *As Comissões Brasileiras Demarcadoras de Limites*. Breve Notícia Histórica. Disponível em: <<http://www.info.incc.br/wrmkkk/cbdlis.html>>. Acesso em 21 mai. 2002.

ESRI (1999a), Enviromental Systems Research Institute. *ESRI Data & Maps CD-ROM*. Califórnia, USA, 1999. CD#1, World.

____ (1999b). *How images are registered to a map*. Help Topics, Georeferencing Images. ArcView's help GIS 3.2, 1999.

____ (2001a). *How does the ArcMap Buffer Wizard calculate buffers, and how can I change the method that it uses?* Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 17560, 28 mar. 2001 (Last Modified: 27 jan. 2003).

____ (2001b). *Change the processing parameters for the ArcMap Buffer Wizard.* Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 17341, 21 mar. 2001 (Last Modified: 27 jan. 2003).

____ (2001c). *Increase the decimal precision in the Shape Properties dialog (ArcView 3.x).* Frequently Asked Questions. ESRI Support Center. Article id: 19949, 2 jul. 2001 (Last Modified: 24 jul. 2002).

____ (2001d). *ArcMap Advanced Settings Registry Keys.* Documento do ArcMap Advanced Settings Utilites do ArcMap. ArcMap GIS 8.x.

____ (2001e). *How the Buffer Wizard works with coordinate systems.* ArcGIS Desktop Help. Coordinate systems and the Buffer Wizard. Buffer. ArcGIS 8.2.

ESCOBAR, I.P. *Sistemas Geodésicos de Referência, Geóide e Projeções Cartográficas.* Notas de aula e material didático da disciplina de Cartografia Geral. Curso de Mestrado em Engenharia de Computação – Geomática, UERJ. Rio de Janeiro, 2001.

FERREIRA, A.B.H. e J.E.M.M. EDITORES. *Novo Dicionário Aurélio.* Rio de Janeiro, 1975. Editora Nova Fronteira S/A. 1ª edição, XVIII, 1500p.

FIGUEIREDO, A. H. Texto sobre o caráter histórico de Estado e de fronteira e outros pontos abordados no capítulo 2: Contexto da Faixa de Fronteira do Brasil, desta dissertação (contribuição da pesquisadora). Rio de Janeiro, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Cartografia. *Especificações da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM).* Rio de Janeiro, 1970, 63p.

____ *Documentação Técnica da Malha Municipal Digital do Brasil.* CD-ROM. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. ISBN 85-240-0672-2.

_____. *Dados da Malha Municipal Digital do Brasil*. Arquivo fonte, sem supressão de pontos, consolidados para escala 1:250.000. Base de dados, 2000.

_____. *Noções Básicas de Cartografia*. Rio de Janeiro, 1997. Apostila do Curso do Programa Anual de Treinamento do IBGE. 128p.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. *Apostila do Curso GIS Introdução*. São José dos Campos, SP, 2000.

KRUKOSKI, W. R. M. *Fronteiras e Limites*. Rio de Janeiro. Artigo disponível em: <<http://www.info.incc.br/wrmkkk/artigo.html>>. Acesso em 21 mai. 2002.

MACHADO, L.O.(2003a) *Limites, Fronteiras e Redes*. Rio de Janeiro. Artigo disponível em: <<http://acd.ufri.br/fronteiras/pesquisa/fronteira/p02pub001.htm>>. Acesso em 28 mai. 2003.

_____(2003b). *Limites e Fronteiras: da alta diplomacia aos circuitos da ilegalidade*. Artigo disponível em: <<http://acd.ufri.br/fronteiras/pesquisa/fronteira/p02pub02.htm>>. Acesso em 28 jun. 2003.

MARTIN, A. R. *Fronteiras e Nações*. São Paulo: Contexto, 1992. Coleção Repensando a Geografia. 91p. ISBN 85-7244-012-7.

MD. Ministério da Defesa. *Política de Defesa Nacional*. Brasília, DF, 1996. Documento disponível em: <http://www.defesa.gov.br/politicadedefesa/politicadedefesa.html>.

MI. Ministério da Integração Social. *Programa de Desenvolvimento Social da Faixa de Fronteira*. Acesso a vários documentos ao longo de 2002, disponíveis em: <<http://www.integração.gov.br/programasintegrados/programaseações>>.

MICROSOFT. *Microsoft Press Dicionário de Informática Inglês-Português e Português-Inglês*. Tradutor: Fernando B. Ximenes. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1993. ISBN 85-7001-748-0. (Edição original: ISBN 1-55615-231-0, Microsoft Press a Division of Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

MOLENAAR, M. An Introduction to the Theory of Spatial Object Modelling for GIS. Taylor & Francis Ltd, London, UK, 1998. ISBN 0-7484-0775-8 (cased), ISBN 0-7484-0774-X (paper).

MPO. Ministério do Planejamento e Orçamento. *Comentários e Recomendações sobre Programa de Desenvolvimento Social da Faixa de Fronteira*. Documento disponível em: <http://aval_ppa2000.planejamento.gov.br/content/programas/PD/8?progPD08.htm>

NRCAN. Natural Resources Canada. *Fundamentals of Remote Sensing*. Canada Centre for Remote Sensing. <<http://ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/tutorials-e.html>>. Acesso em 17 fev. 2003.

OLIVEIRA, C. de. *Curso de Cartografia Moderna*. IBGE, 2ª edição. Rio de Janeiro, 1993. 152p. ISBN 85-240-0465-7.

_____. *Dicionário Cartográfico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. viii, 448 p. Biblioteca Central, RJ-IBGE/80-06.

PEREIRA, R. B. R. *O Barão do Rio Branco e o Traçado das Fronteiras do Brasil*. Artigo na Revista Brasileira de Geografia, abril-junho/1945, p. 187-244.

ROCHA, C.H.B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG: Edição do Autor, 2000. 220p. Inclui Bibliografia. ISBN 85-901483-1-9.

SANTOS, U. P. dos. *Sensoriamento Remoto*. Notas de aula e material didático da disciplina de Sensoriamento Remoto. Curso de Mestrado em Engenharia de Computação – Geomática, UERJ. Rio de Janeiro, 2001.

SILVA, A. de B. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999, 236p. Coleção Livro-Texto. ISBN 85-268-0493-6

SILVA, D. P. e. *Vocabulário Jurídico*, volume 2, D-I. Rio de Janeiro, São Paulo. Editora Forense, 1ª edição, 1963, p. 720.

SILVA, M. M. F. *Geografia das Fronteiras no Brasil*. Artigo na Revista Brasileira de Geografia, outubro-dezembro/1942, p. 749-770.

SILVEIRA, L. C. da. *Transformação de Sistemas Geodésicos*. Artigo da Revista Relato GPS, Edição 01, junho/97. p. 8 – 19.

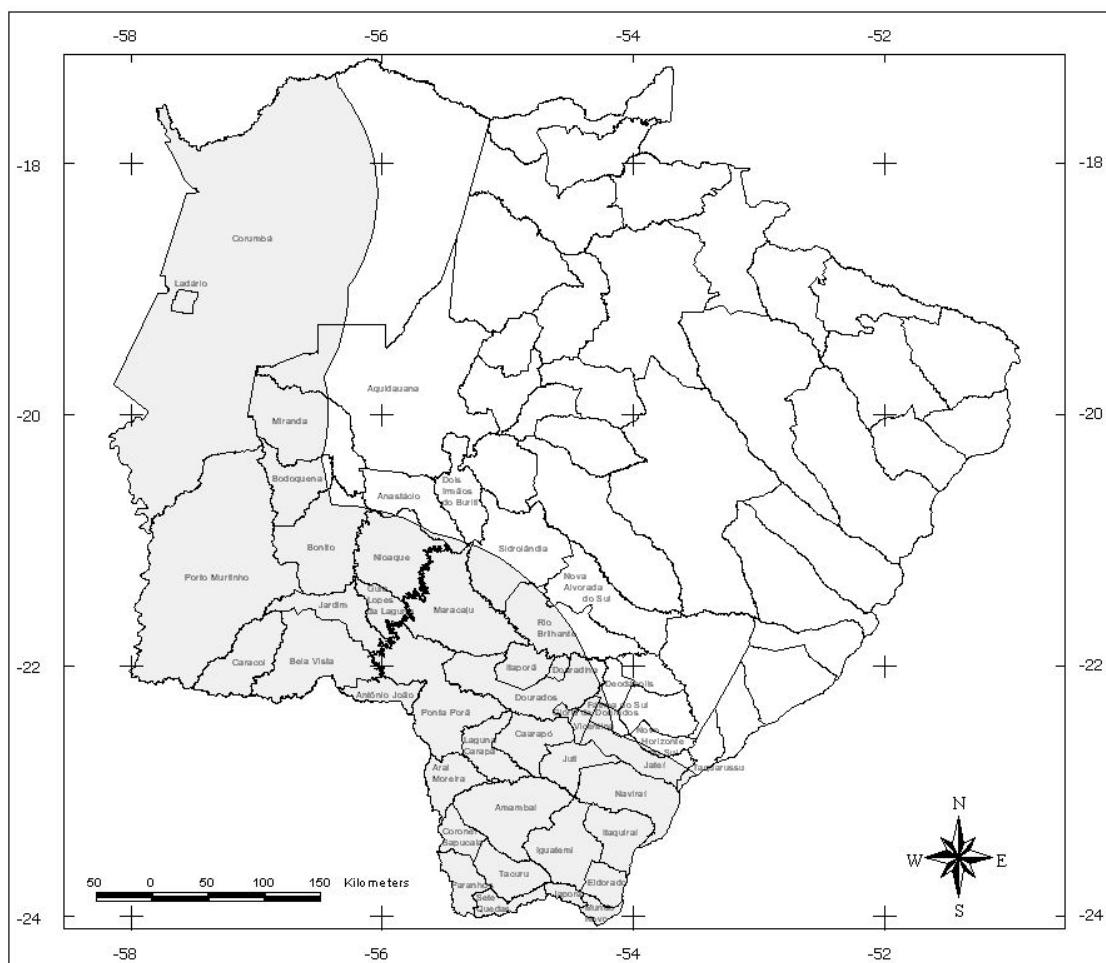
SNYDER, J. P. *Map Projections used by the U.S. Geological Survey*. Geological Survey Bulletin 1532. Washington, USA: 1982. p.179 – 192.

STEIMAN, R. *A geografia das cidades de fronteira: um estudo de caso de Tabatinga (Brasil) e Letícia (Colômbia)*. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFRJ, 2002. Linha de Pesquisa Limites e Fronteiras Internacionais.

Relação de Apenso

- Apenso 1: Mapa da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Estado do Mato Grosso do Sul (segundo a presente metodologia).
- Apenso 2: Relação de Municípios da Faixa de Fronteira do Brasil no Estado do Mato Grosso do Sul (segundo a presente metodologia).

FAIXA DE FRONTEIRA DO BRASIL Estado do Mato Grosso do Sul



RELAÇÃO DE MUNICÍPIOS DA FAIXA DE FRONTEIRA DO BRASIL

Estado do Mato Grosso do Sul

(segundo a metodologia proposta)

GEOCÓDIGO	NOME
5000609	Amambaí
5000708	Anastácio
5000906	Antônio João
5001102	Aquidauana
5001243	Aral Moreira
5002100	Bela Vista
5002159	Bodoquena
5002209	Bonito
5002407	Caarapó
5002803	Caracol
5003157	Coronel Sapucaia
5003207	Corumbá
5003454	Deodápolis
5003488	Dois Irmãos do Buriti
5003504	Douradina
5003702	Dourados
5003751	Eldorado
5003801	Fátima do Sul
5004007	Glória de Dourados
5004106	Guia Lopes da Laguna
5004304	Iguatemi
5004502	Itaporã
5004601	Itaquiraí
5004809	Japorã
5005004	Jardim
5005103	Jateí
5005152	Juti

5005202	Ladário
5005251	Laguna Carapã
5005400	Maracaju
5005608	Miranda
5005681	Mundo Novo
5005707	Naviraí
5005806	Nioaque
5006002	Nova Alvorada do Sul
5006259	Novo Horizonte do Sul
5006358	Paranhos
5006606	Ponta Porã
5006903	Porto Murtinho
5007208	Rio Brilhante
5007703	Sete Quedas
5007901	Sidrolândia
5007950	Tacuru
5007976	Taquarussu
5008404	Vicentina

Relação de Anexos

- Anexo 1: Tabela de Dimensão e Resolução dos Recortes de Imagens Orbitais dos Estados Fronteiriços – 2 folhas
- Anexo 2: Relação de Marcos de Fronteira Brasil-Paraguai – 27 folhas.
- Anexo 3: Relação de Marcos de Fronteira Brasil-Bolívia (Parte Sul) – 12 folhas.
- Anexo 4: Municípios Brasileiros da Faixa de Fronteira – Divisão Territorial de Janeiro/2001 (Relação do IBGE) – 24 folhas.