

ANTONIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO

**ANÁLISE GEO-AMBIENTAL MULTITEMPORAL:
O ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE COXIM
E DA BACIA DO TAQUARIZINHO
(MS - BRASIL)**

Tese apresentada como requisito final à
obtenção do título de Doutor em Geologia.
Curso de Pós-Graduação em Geologia,
com área de Concentração em Geologia
Ambiental, Setor de Ciências da Terra,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Alberto Pio Fiori - UFPR

Co-orientadores:

Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani - UFPR

Prof. Dr. Paulo César Soares - UFPR

CURITIBA

2000

ANTONIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO

**ANÁLISE GEO-AMBIENTAL MULTITEMPORAL :
O ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE COXIM
E DA BACIA DO TAQUARIZINHO (MS - BRASIL)**

Tese aprovada como requisito final à obtenção do título de Doutor em Geologia no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de Concentração em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores :

Orientador :

**Prof. Dr. Alberto Pio Fiori
Departamento de Geologia – UFPR**

**Prof. Dr. Paulo Meneses
Universidade de Brasília**

**Profa. Dra. Paulina Setti Riedel
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho**

**Prof. Dr. Tomoyuki Ohara
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

**Prof. Dr. Eivo Fassbinder
Departamento de Geologia – UFPR**

Curitiba, 07 de Abril de 2000.

**Aos Meus Pais que me ensinaram o caminho !
E aos meus filhos, a quem espero ensiná-lo !**

"Maravilhar-se é o primeiro passo para um descobrimento".

Louis Pasteur

Microbiologista francês.

"É preciso reivindicar o valor da palavra, poderosa ferramenta que pode mudar nosso mundo mesmo nessa época de satélites e computadores".

William Golding

Escritor Inglês.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Comissão de Orientação : Prof. Dr. Alberto Pio Fiori, Prof. Dr. Eduardo Luís Mantovani e Prof. Dr. Paulo Cesar Soares da Universidade Federal do Paraná e, durante o Doutorado-Sanduíche, aos Prof. Dr. Luigi Carmignani e Dr. Leonardo Disperati da Universidade de Siena (Itália). Agradece em destaque ainda à União Européia (EU contract : EBRIC18CT960073) e a CAPES (proc. BEX 1004/98-0) pelas bolsas de estudo.

A minha família que doou do seu tempo para me permitir concluir este trabalho.

Ao Prof. Dr. Elvo Fassbinder pelas proveitosas discussões.

A bibliotecaria Eliane Stroparo bem como ao pessoal da secretaria do curso de pós-graduação, que forneceu parte do material de impressão dos volumes finais desta tese, em especial ao Edson da Silva Lima Filho.

A Profa. Meryl Adelman (UFPR) pela correção e sugestões ao *abstract*.

A todos colegas do Laboratório do Projeto Pantanal na UFPR bem como aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Geologia da UFPR. Em especial a Ivonete Cesar Puia que auxiliou na digitalização das cartas de solos e geomorfologia.

Ao pessoal da copiadora Passeio, em especial a Néia, Alexandra e Cesar Tizzot que muito ajudaram na impressão das cartas dos anexos.

A tutti gli amici del laboratorio di telerilevamento del Dipartimento di Scienze della Terra della Università degli Studi di Siena. Ed anche a tutti gli amici dell'ENEA di Pisa. (Aos colegas do Laboratório de Sensoriamento Remoto na UNISI bem como aos colegas do ENEA de Pisa).

Al pedologo Rosario Napoli per l'appoggio nella creazione della carta della segmentazione dell'immagine Landsat . (Ao pedólogo Rosario Napoli pelo apoio para a criação da carta utilizada na segmentação da imagem Landsat).

SUMÁRIO

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
Lista de Fotografias	xi
Lista de Pranchas	xii
Resumo	xiii
Abstract	xiv
1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Área de Estudo	3
3.1. Problemática da Área de Estudo	5
3.2. Geologia	7
3.2.1. Principais Unidades Geológicas Aflorantes na Área de Estudo	10
3.2.1.1. Grupo Cuiabá	10
3.2.1.2. Suite intrusiva São Vicente	11
3.2.1.3. Grupo Paraná	12
3.2.1.3.1. Formação Ponta Grossa	12
3.2.1.3.2. Formação Furnas	13
3.2.1.4. Grupo Itararé	15
3.2.1.4.1. Formação Aquidauana	15
3.2.1.5. Grupo Guatá	16
3.2.1.5.1. Formação Palermo	16
3.2.1.6. Grupo São Bento	17
3.2.1.6.1. Formação Serra Geral	17
3.2.1.6.2. Formação Botucatu	18
3.2.1.7. Formação Bauru	18
3.2.1.8. Litologias	19
3.2.1.8.1. Depósitos Detríticos	19
3.2.1.8.2. Coberturas Detríticas e Lateríticas Pleistocênicas	20
3.2.1.9. Formação Pantanal	20
3.2.1.10. Aluviões	21
3.3. Solos	22
3.3.1. Descrição das classes de solos do Pantanal	23
3.3.1.1. Agrupamento das classes de solos	23
3.3.1.1.1. Solos não-hidromórficos	23
3.3.1.1.1.1. Latossolo Vermelho-Escuro Álico	23
3.3.1.1.1.2. Latossolo Roxo Distrófico	24
3.3.1.1.1.3. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico	26
3.3.1.1.1.4. Podzólico Vermelho-Amarelo	27
3.3.1.1.1.5. Cambissolo	29
3.3.1.1.1.6. Areias Quartzosas	30
3.3.1.1.1.7. Solos Litólicos	31
3.3.1.1.2. Solos hidromórficos	32
3.3.1.1.2.1. Podzol Hidromórfico	32
3.3.1.1.2.2. Planossolo distrófico	33
3.3.1.1.2.3. Solonetz Solodizado	34
3.3.1.1.2.4. Gleí Pouco Húmico	34

3.3.1.1.2. 5. Areias Quartzosas Hidromórficas	35
3.3.1.1.2. 6. Laterita Hidromórfica Distrófica	36
3.3.2. Termos empregados	36
3. 4. Geomorfologia	38
3.4. 1. Planalto de Maracajú Campo-Grande	38
3.4. 2. Planalto do Taquari – Itiquira	39
3.4. 3. Planícies e Pantanais Mato-grossenses	40
3.4.3. 1. Pantanal do Taquari	43
3.4.3. 2. Pantanal do Negro	43
4. Uso e Ocupação do Solo	44
4. 1. Nomenclatura CORINE	45
4.1. 1. Quarta Classe CORINE	47
5. Material e Métodos	48
5. 1. Resultados Metodológicos Alcançados	49
5. 1. 1. Normatização do Método para a análise multitemporal	50
5.1.1. 1. Digitalização das Cartas Topográficas	51
5.1.1. 2. Transferência dos dados para o ambiente SIG	52
5.1.1. 3. Interpretação das Imagens.	54
5.1.1.3. 1. Pré-Processamento	55
5.1.1.3.1. 1. Restauração da Imagem	55
5.1.1.3.1. 2. Realce da Imagem	56
5.1.1.3. 2. Análise da Imagem	56
5.1.1.3.2. 1. Seleção das Áreas de Treinamento	57
5.1.1.3.2. 2. Classificação da Imagem	72
5.1.1.3. 3. Precisão e Confiabilidade das Classificações	74
5.1.1.3.3. 1. <i>Threshold</i> do Histograma de Distância	78
5.1.1.3.3. 2. Segmentação da Imagem	81
5.1.1.3.3. 3. Vetorialização e Atribuição das Classes CORINE	83
5.1.1. 4. Classes CORINE adotadas neste trabalho	84
5.1.1. 5. Análise Multitemporal	98
6. Resultados	100
6.1. Bancos de Dados de Camapuã e Coxim	100
6.2. Classificação das Imagens	109
6.3. Análise Multitemporal	114
6.4. Aplicação da USLE sobre a Bacia do Taquarizinho	121
6.4. 1. Localização e características da área analisada	121
6.4. 2. A USLE	122
6.4. 3. Geração do modelo digital do terreno	123
6.4. 4. Obtenção das variáveis independentes	126
6.4.4. 1. Fator R	126
6.4.4. 2. Fator K	126
6.4.4. 3. Fator LS	129
6.4.4. 4. Fator CP	133
6.4. 5. Perda média anual de solo na Bacia do Taquarizinho	139
7. Conclusão	157
Anexo I – Mapa Geológico da área de estudo	159
Anexo II – Mapa de Solos da área de estudo	161
Anexo III – Mapa Geomorfológico da área de estudo.....	163
Anexo IV – Obtenção de <i>Coverages Arc® Info®</i> , à partir de arquivos digitalizados com o uso do <i>Macromedia® FreeHand®</i>	165
Referências Bibliográficas	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 : Mapa mostrando a localização da área de estudo e as principais unidades fisiográficas do Pantanal	4
Figura 02 : Relação geográfica da área e a articulação das cartas topográficas	5
Figura 03 : "Pantanaís que compõe o Pantanal Matogrossense	41
Figura 04 : Esquema teórico para uma nomenclatura de tipos de cobertura dos solos	45
Figura 05 : Esquema reduzido do processo desenvolvido para a análise multitemporal	50
Figura 06 : Etapa de digitalização das cartas topográficas	52
Figura 07 : Etapa de Transferência dos dados para o ambiente SIG	53
Figura 08 : Etapa de Interpretação e Processamento das Imagens de Satélite	54
Figura 09 : Processo de Georreferenciação	55
Figura 10 : <i>Stretch</i>	56
Figura 11 : Processo de Classificação Automática	57
Figura 12 : Área de treinamento "lat1"	58
Figura 13 : Área de treinamento "lat2"	58
Figura 14 : Comparação da classe "lat" em uma imagem landsat TM e no campo	59
Figura 15 : Área de treinamento "for1"	59
Figura 16 : Área de treinamento "for2"	60
Figura 17 : Área de treinamento "cv"	60
Figura 18 : Comparação das classes "for", "cv" e "cel" em imagem landsat TM e no campo	61
Figura 19 : Área de treinamento "rif"	62
Figura 20 : Comparação da classe "rif" em imagem landsat TM e no campo	62
Figura 21 : Área de treinamento "ver1"	63
Figura 22 : Área de treinamento "ver2"	64
Figura 23 : Comparação da classe "ver2" em uma imagem Landsat TM e no campo	64
Figura 24 : Área de treinamento "sujo"	65
Figura 25 : Área de treinamento "br"	66
Figura 26 : Área de treinamento "cel"	68
Figura 27 : Área de treinamento "pv"	68
Figura 28 : Área de treinamento "org"	69
Figura 29 : Comparação das classes "org", "cv" e "pv" em imagem Landsat TM e no campo	69
Figura 30 : Área de treinamento "lag"	70
Figura 31 : Área de treinamento "fiu"	70
Figura 32 : Área de treinamento "umi"	71
Figura 33 : <i>Signature Editor</i> do <i>Erdas® Imagine®</i>	72
Figura 34 : Exemplo de imagem Landsat Classificada	73
Figura 35 : Figura mostrando a influência das nuvens no visível e no infravermelho	73
Figura 36 : Divisão imaginária da cena Landsat 225-073	74
Figura 37 : Possibilidades de forma para o histograma de distância	79
Figura 38 : Gráfico com os resultados da classe "sujo", com e sem treshold	80
Figura 39 : Mapa mostrando a segmentação da cena landsat 225-073 utilizada	82
Figura 40 : Esquema mostrando a intersecção de <i>coverages Arc® Info®</i>	99
Figura 41 : Gráfico com os tipos de uso dos solos de 1966, referentes à Folha Camapuã	103
Figura 42 : <i>Coverage</i> de uso do solo 1966 referente a folha Camapuã	103
Figura 43 : Gráfico com os tipos de uso dos solos de 1966, referentes à Folha Coxim	104
Figura 44 : <i>Coverage</i> de uso do solo 1966 referente a folha Coxim	104

Figura 45 : Coverages de topografia e hidrografia da folha Coxim	105
Figura 46 : Modelo digital do terreno em 2D referente a folha Camapuã	106
Figura 47 : Modelo digital do terreno em 3D referente a folha Camapuã	106
Figura 48 : Modelo digital do terreno em 3D referente a folha Coxim	107
Figura 49 : Carta de <i>slope</i> referente a folha Camapuã	108
Figura 50 : Carta de <i>aspect</i> referente a folha Camapuã	108
Figura 51 : Carta de <i>hillshade</i> referente a folha Camapuã	109
Figura 52 : Carta do uso do solo de 1985, referente a folha Coxim	110
Figura 53 : Gráfico com os tipos de uso dos solos de 1985, referentes à Folha Coxim	111
Figura 54 : Carta do uso do solo de 1996, referente a folha Coxim	112
Figura 55 : Gráfico com os tipos de uso dos solos de 1996, referentes à Folha Coxim	113
Figura 56 : Gráfico comparativo da análise multitemporal para a Folha Coxim	114
Figura 57 : Gráfico da análise multitemporal 1966 – 1985	116
Figura 58 : Carta da comparação Multitemporal 1966 – 1985	117
Figura 59 : Gráfico da análise multitemporal 1966 – 1996	118
Figura 60 : Carta da comparação Multitemporal 1966 – 1996	118
Figura 61 : Gráfico da análise multitemporal 1985 – 1996	119
Figura 62 : Carta da comparação Multitemporal 1985 – 1996	120
Figura 63 : Localização da bacia do Rio Taquarizinho	122
Figura 64 : Modelo digital do terreno da bacia do Rio Taquarizinho	125
Figura 65 : Esquema gráfico mostrando <i>sinks</i> e <i>peaks</i>	125
Figura 66 : Comando <i>fill</i> de Arc® Info®	126
Figura 67 : <i>Coverage</i> de isoerodentes para a Bacia do Alto Paraguai	127
Figura 68 : Esquema ilustrativo dos parâmetros L e S	129
Figura 69 : Carta de <i>slope</i> referente a bacia do Rio Taquarizinho	131
Figura 70 : Carta de <i>aspect</i> reclassificado para a bacia do Rio Taquarizinho	132
Figura 71 : Carta do fator LS referente a bacia do Rio Taquarizinho	134
Figura 72 : <i>Coverage</i> de uso do solo de 1966 referente a bacia do Rio Taquarizinho	137
Figura 73 : <i>Coverage</i> de uso do solo de 1985 referente a bacia do Rio Taquarizinho	138
Figura 74 : <i>Coverage</i> de uso do solo de 1996 referente a bacia do Rio Taquarizinho	139
Figura 75 : Carta do fator A de 1966 referente a bacia do Rio Taquarizinho	140
Figura 76 : Comparação entre as cartas de o uso do solo e do fator A para 1966	141
Figura 77 : Carta do fator A de 1985 referente a bacia do Rio Taquarizinho	142
Figura 78 : Gráficos comparativos das mudanças no uso do solo na bacia do Taquarizinho	143
Figura 79 : Comparação entre as cartas do fator LS e do fator A para 1985	144
Figura 80 : Carta do fator A de 1996 referente a bacia do Rio Taquarizinho	145
Figura 81 : Comparação entre as cartas do uso do solo e do fator A para 1996	146
Figura 82 : Comparação entre as cartas do fator A para 1966, 1985 e 1996	147
Figura 83 : Carta da Razão de Erosão 1966 / 1985 para a bacia do Rio Taquarizinho	150
Figura 84 : Carta da Razão de Erosão 1966 / 1996 para a bacia do Rio Taquarizinho	151
Figura 85 : Carta da Razão de Erosão 1985 / 1996 para a bacia do Rio Taquarizinho	152
Figura 86 : Mudanças no uso do solo de 1966 a 1985 na bacia do Taquarizinho	153
Figura 87 : Mudanças no uso do solo de 1966 a 1996 na bacia do Taquarizinho	154
Figura 88 : Mudanças no uso do solo de 1985 a 1996 na bacia do Taquarizinho	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Nomenclatura de Cobertura do Solo criada pelo Projeto CORINE	46
Tabela 2 : Exemplo de quarta classe CORINE (Reggione Toscana, inédito)	47
Tabela 3 : Teste de precisão para a classificação de imagem	74
Tabela 4 : Agrupamento das classes segundo o tipo de cobertura que representam	75
Tabela 5 : Precisão da classificação para o uso dos solos com o agrupamento	76
Tabela 6 : Precisão da classificação para o uso dos solos com o agrupamento após o <i>threshold</i> ..	78
Tabela 7 : Comparação dos percentuais da classe "rif"	79
Tabela 8 : Associações consideradas para a segmentação da imagem	81
Tabela 9 : Resultado final do teste de precisão para a imagem de 1996	82
Tabela 10 : Resultado final do teste de precisão para a imagem de 1985	83
Tabela 11 : Relação entre as classes de uso do solo da classificação automática e do CORINE ..	84
Tabela 12 : Classes CORINE utilizadas nesta tese	85
Tabela 13 : Códigos atribuídos a legenda de uso do solo de 1966 para a interseção	99
Tabela 14 : Códigos atribuídos a legenda de uso do solo de 1985 e 1996 para a interseção	100
Tabela 15 : Tabela de exemplo da comparação multitemporal	100
Tabela 16 : Tabela com os valores dos tipos de cobertura dos solos de 1966 da folha Camapuã ..	102
Tabela 17 : Tabela com os valores dos tipos de cobertura dos solos de 1966 da folha Coxim	102
Tabela 18 : Tabela com os valores dos tipos de cobertura dos solos de 1985 da folha Coxim	111
Tabela 19 : Tabela com os valores dos tipos de cobertura dos solos de 1996 da folha Coxim	113
Tabela 20 : Percentuais dos diferentes tipos de uso dos solos para a folha Coxim	114
Tabela 21 : Tabela com os resultados da análise 1966 / 1985 da folha Coxim	116
Tabela 22 : Tabela com os resultados da análise 1966 / 1996 da folha Coxim	117
Tabela 23 : Tabela com os resultados da análise 1985 / 1996 da folha Coxim	119
Tabela 24 : Atributos da <i>coverage</i> das curvas de nível da Bacia do Taquarizinho	124
Tabela 25 : Atributos da <i>coverage</i> de pontos cotados da Bacia do Taquarizinho	124
Tabela 26 : Atributos da <i>coverage</i> da hidrografia da Bacia do Taquarizinho	124
Tabela 27 : Atributos da <i>coverage</i> da pedologia da Bacia do Taquarizinho	128
Tabela 28 : Valores do Fator K para a Bacia do Taquarizinho	128
Tabela 29 : Valores do Fator CP para a Bacia do Taquarizinho	135
Tabela 30 : Classificação do grau de erosão hídrica	148
Tabela 31 : Valores totais de erosão laminar para a Bacia do Taquarizinho	148
Tabela 32 : Áreas do tipos de uso dos solos de 1966 da Bacia do Taquarizinho	155
Tabela 33 : Áreas do tipos de uso dos solos de 1985 da Bacia do Taquarizinho	155
Tabela 34 : Áreas do tipos de uso dos solos de 1996 da Bacia do Taquarizinho	156

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 01 : Afloramento de filitos do Grupo Cuiabá	8
Fotografia 02 : Afloramento da Formação Aquidauana	9
Fotografia 03 : Afloramento da Formação Ponta Grossa	12
Fotografia 04 : Afloramento da Formação Furnas	14
Fotografia 05 : Arenito "pele-de-onça"	14
Fotografia 06 : Perfil de solo em latossolo vermelho álico	25
Fotografia 07 : Perfil de solo em podzol vermelho amarelo	28
Fotografia 08 : Perfil de solo em areias quartzosas álicas	31
Fotografia 09 : "Cordilheira"	41
Fotografia 10 : "Vazante"	42
Fotografia 11 : Classes "cv", "for1" e "cel" no campo	61
Fotografia 12 : Pastagem (classes "ver1" e "pv")	63
Fotografia 13 : Pastagem (classe "ver1")	63
Fotografia 14 : Pastagem (classe "ver2")	65
Fotografia 15 : Classe "sujo"	65
Fotografia 16 : Classe "sujo"	66
Fotografia 17 : Queimada em área de floresta	67
Fotografia 18 : Queimada em área de campo	67
Fotografia 19 : Classe "cel"	68
Fotografia 20 : Rio Coxim	70
Fotografia 21 : Classe "umi"	71
Fotografia 22 : Classe "umi"	71

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 01 : Critérios para a classificação CORINE 1.1.	86
Prancha 02 : Critérios para a classificação CORINE 2.1.1.	87
Prancha 03 : Critérios para a classificação CORINE 2.1.2.	88
Prancha 04 : Critérios para a classificação CORINE 2.3.1.	89
Prancha 05 : Critérios para a classificação CORINE 3.1.1.	90
Prancha 06 : Critérios para a classificação CORINE 3.2.1.	91
Prancha 07 : Critérios para a classificação CORINE 3.2.2.	92
Prancha 08 : Critérios para a classificação CORINE 3.3.2.	93
Prancha 09 : Critérios para a classificação CORINE 3.3.3.	94
Prancha 10 : Critérios para a classificação CORINE 3.3.4.	95
Prancha 11 : Critérios para a classificação CORINE 4.1.1.	96
Prancha 12 : Critérios para a classificação CORINE 5.1.1.	97
Prancha 13 : Critérios para a classificação CORINE 5.1.2.	98

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um método de trabalho de análise multitemporal, para a avaliação das mudanças ambientais de áreas naturais ocorridas em um determinado período de tempo. O trabalho foi desenvolvido sobre parte da bacia do Pantanal, no Estado do Mato Grosso do Sul, englobando a área de Coxim (correspondente à folha Coxim, 1:250.000 - DSG, 1982b – Divisão do Serviço Geográfico do Exército). Foram ainda utilizados os dados da folha Camapuã (1:250.000 - DSG, 1982a). A análise multitemporal foi executada em três diferentes momentos, 1966, 1985 e 1996. Os dados de 1966, referentes ao uso dos solos e topografia, foram obtidos da digitalização das cartas do DSG (1:250.000 - DSG, 1982 a, b). Os dados de uso e ocupação dos solos 1985 e 1996, foram obtidos à partir da classificação e análise de imagens *Landsat TM*. Descreve-se ainda todo o processo de obtenção das informações para a criação do banco de dados georreferenciado, utilizado na análise multitemporal, desde a digitalização, classificação da imagens, integração em ambiente SIG até a interpretação final. Além disto, é apresentada uma normatização para a digitalização de cartas, dispensando o uso da mesa digitalizadora. Os resultados foram testados e utilizados na aplicação da Equação Universal de Perdas dos Solos em uma área de teste dentro da base de dados criada (Bacia do Rio Taquarizinho, próxima a Rio Verde do Mato Grosso). Para o tipo de uso do solo foi proposto o uso da legenda desenvolvida pelo projeto CORINE (*Coordination on Environment* – Heymann *et al.* 1994) da União Européia, que, com as devidas modificações, mostrou-se muito eficaz também no Brasil. Os resultados mostram as mudanças no tipo de uso dos solos, se transformando, principalmente, de sistemas naturais a agropecuários, com conseqüências no aumento da erosão laminar dos solos. As mudanças observadas no tipo de uso do solo da área estudada são grandes. Na década de 60 as matas e cerrados cobriam cerca de 89% da superfície representada pela Folha Coxim. Em 1985 este valor estava reduzido para 30%, alcançando 40% da superfície em 1996. Este desmatamento teve sérias conseqüências para a erosão dos solos. Com o uso da Equação Universal de Perdas dos Solos, pode-se observar que o desmatamento implicou num aumento de até mais de 50 vezes na taxa de erosão laminar dos solos.

ABSTRACT

MULTITEMPORAL GEO-ENVIRONMENTAL ANALYSIS : A CASE STUDY OF COXIM AND TAQUARIZINHO BASIN (MATO GROSSO DO SUL - BRAZIL).

The main goal of this thesis is the application of a working method for the multitemporal analysis and geo-environmental evaluation of natural areas. In this work, which focuses on a humid area context (Pantanal Sul Mato-grossense), analysis of the Coxim pilot area (Coxim sheet - 1:250.000 – DSG, 1982b) was carried out. For the land use legend development, data on the Camapuã sheet (1:250.000 – DSG, 1982a) was also analyzed. Multitemporal analysis of the Coxim sheet area was carried out over in three separate moments: 1966, 1985 and 1996. The data from 1966 have been taken from the DSG/IBGE (Geographic Division of Brazilian Army and Brazilian Institute for Geography and Statistics) sheets. The 1985 and 1996 land cover data sets have been obtained from Landsat TM images interpretation. The entire process of acquiring information for the creation of a geocoded basis data bank for multitemporal analysis is described, from the digitalization process, image classification, GIS data integration to the final interpretation. Moreover, a digitizing methodology that discards the digitizing table is presented. An accuracy test on image classification has been carried out and the resulting data bank has been applied in a case study which integrates the Universal Soil Loss Equation (USLE) over a sample area inside the data bank (Taquarizinho Basin, near Rio Verde do Mato Grosso - MS). Changes in land use have been great. During the 60s, forests and "cerrado" covered about 89% of the Coxim sheet surface. In 1985, this value has been reduced to 30 % of the surface, shifting to 40 % in 1996. The results have shown that the land use has shifted from a natural system to grazing and agricultural systems, with a consequent increase in laminar soil erosion. The USLE application has shown that deforestation has led to 50 time increase on soil laminar erosion index.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem um enfoque metodológico e os resultados obtidos na área de estudo representam a aplicação prática da metodologia desenvolvida. Esta tese está inserida num projeto maior, "Dinâmica Geo-ambiental da região do Pantanal-Chaco: análise multitemporal e modelo previsional" (*Geo-environmental dynamics of Pantanal-Chaco: multitemporal study and previsional modeling*), ou simplesmente Projeto Pantanal, financiado pela União Européia.

São quatro os países participantes do projeto, sendo dois europeus (Itália e Portugal) e dois sul-americanos (Brasil e Paraguai), ficando a coordenação geral do projeto e das atividades na Europa a cargo do Professor Luigi Carmignani (Universidade de Siena - Itália) e a coordenação das atividades na América do Sul, a cargo do Professor Alberto Pio Fiori (Universidade Federal do Paraná – orientador principal desta tese).

O projeto global apresentado junto a União Européia propõe, principalmente, uma investigação multitemporal, visando a compreensão das mudanças nos sistemas deposicionais e ambientais do Sistema Pantanal Mato-grossense. A duração do Projeto Pantanal é de quatro anos, com o início dos trabalhos no mês de dezembro de 1996. Esta tese foi desenvolvida durante os três primeiros anos, sobre uma das "áreas-piloto" deste projeto.

A compreensão destas interações e a geração de recomendações técnicas e de mudança de hábitos apropriados à estabilidade desta múltipla interação de fatores, constitui a principal meta do Projeto Pantanal.

Como neste projeto trabalham pesquisadores do Brasil, Itália, Portugal e Paraguai, em seus próprios países, é muito importante padronizar o método de trabalho para que os resultados produzidos por diferentes pesquisadores em diferentes países possa ser comparável e utilizável em conjunto. Deste modo o enfoque metodológico é um dos mais importantes a ser considerado no Projeto Pantanal e explica a importância desta tese neste contexto.

2. OBJETIVOS

Os principais objetivos do presente trabalho são:

- 1) Aplicação e normatização de um método de análise multitemporal e criação de bancos de dados georreferenciados e multitemporais para a avaliação da dinâmica ambiental de áreas naturais ameaçadas pela atividade humana.
- 2) Aplicação da técnica no estudo da evolução geo-ambiental de parte do Sistema Pantanal nos últimos 30 anos, especialmente na área de Coxim. Foram empregadas imagens de satélite de 1985 e 1996, informações de uso do solo de 1966 das cartas do DSG (Divisão do Serviço Geográfico do Exército) – IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), trabalhos de campo e técnicas SIG e de Sensoriamento Remoto.
- 3) Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo em uma área-modelo, para a avaliação da erosão laminar dos solos de 1966, 1985 e 1996.
- 4) Elaboração de mapas de erosão e uso e ocupação dos solos dos anos de 1966, 1985 e 1996.

3. ÁREA DE ESTUDO.

O Pantanal mato-grossense constitui uma planície de baixa altitude, variando dos 80 aos 200 m acima do nível do mar, englobando uma área de aproximadamente 140.000 km², no território brasileiro, e mais cerca de 300.000 km² no vizinho Chaco. Está localizada no contexto da bacia do Alto Rio Paraguai que, por sua vez, possui uma área em torno dos 500.000 km² (Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP, 1997).

A área de estudos possui cerca de 3500 km² e está situada entre as latitudes de 18° e 20° S e longitudes de 54° e 55°30' W (Figura 1). Compreende a região de Coxim, Rio Verde do Mato Grosso, Pedro Gomes, São Gabriel D'Oeste (Serra de Maracajú) e Camapuã. Esta área é compreendida pelas cartas Camapuã e Coxim (DSG 1982a, b – escala 1:250.000) e coberta pelas imagens *Landsat 5 TM 225-073* (órbita-ponto - conforme a Figura 2)

A escolha da região deve-se ao fato desta englobar as principais unidades fisiográficas presentes no Pantanal Mato-grossense (planície, encosta e planalto), além de ser uma zona que sofreu grande influência antrópica, principalmente nos últimos trinta anos.

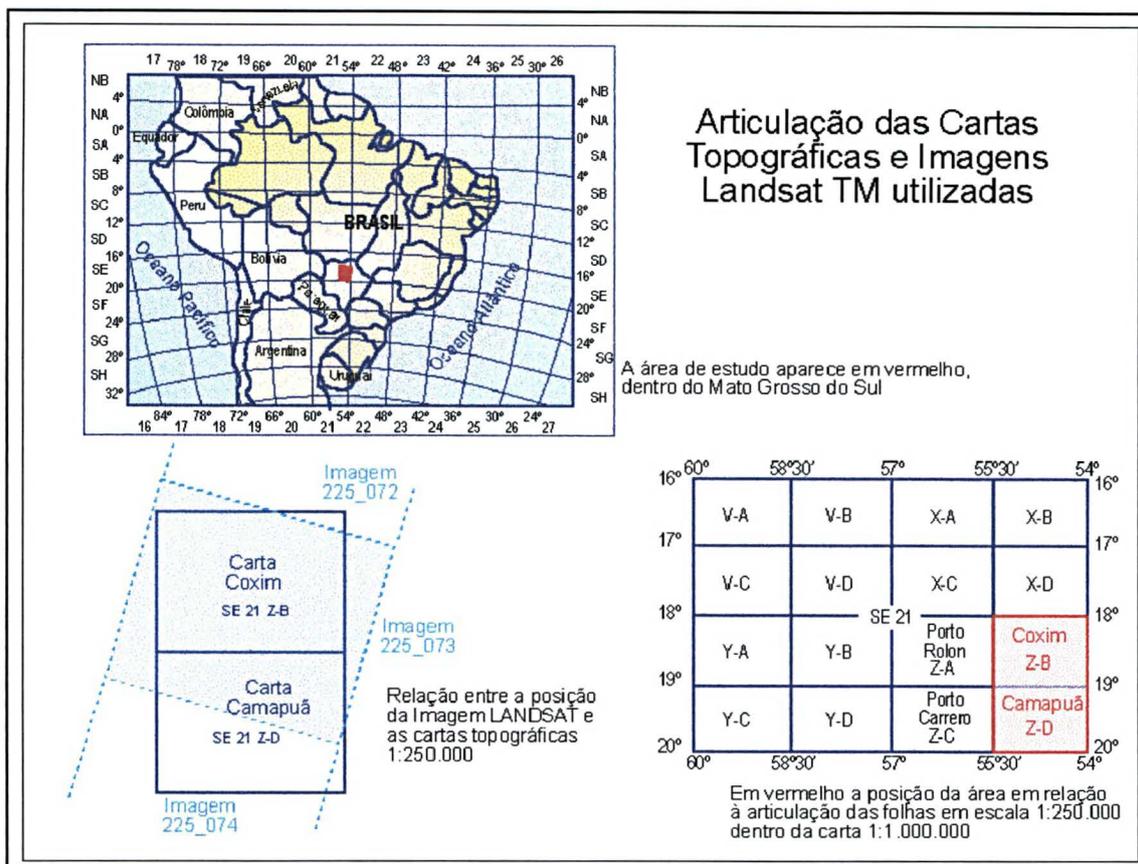


Figura 2 : Esquema mostrando a relação geográfica da área de estudo e a articulação das cartas topográficas

3. 1. Problemática da Área de Estudo

A região do Pantanal é caracterizada por uma dinâmica ambiental particular. O regime das cheias faz com que o solo seja fertilizado a cada ano por sedimentos aluviais que contêm substâncias orgânicas e sais solúveis e, assim, a região suporta uma atividade pastoril extensiva das mais importantes no mundo. A área se constitui em um ecossistema altamente sensível à atividade antrópica.

Durante as últimas três décadas, verificaram-se transformações no uso do solo nas regiões elevadas na borda do Pantanal, situadas a leste, com destruição da vegetação nativa, constituída no sul, por uma vegetação arbustiva e no norte, por uma floresta. O desenvolvimento de métodos de cultivos intensivos, de forma extensiva, principalmente nas partes elevadas, vem colocando o ecossistema em desequilíbrio.

O desmatamento sistemático vem produzindo uma intensa denudação do solo e sua rápida erosão, com sérias conseqüências sobre o regime de fluxo das águas nas áreas baixas da região Pantanal-Chaco, tais como assoreamento dos rios e perda de fertilidade dos solos.

Como exemplo da velocidade de urbanização, pode-se citar o caso de São Gabriel D'Oeste. Na carta de uso do solo da década de 1966 (DSG, 1982b) a cidade não está presente e, atualmente, é uma importante área urbana. Neste município é praticado um intenso manejo agrícola, com mecanização e uso de modernas técnicas agrícolas. O desenvolvimento nesta região foi iniciado no início dos anos 70.

3.2. Geologia

A Bacia do Pantanal constitui uma área subsidente nos últimos 10 milhões de anos, tendo já acumulado cerca de 400 m de espessura de sedimentos areno-argilosos, em uma calha quase norte-sul, associada a falhas ativas atualmente. Seu interior, em especial o depocentro, ajusta-se a movimentos atuais do lineamento Transbrasiliano, que parece ter importante papel no posicionamento da descarga atual do rio Taquari (Soares *et al.* 1996).

Ao redor da bacia, o relevo é formado por pequenas montanhas e escarpas resultantes da erosão regressiva devido ao soerguimento do escudo marginal, com altitudes de até 1100m. Os dados de campo, de poços e gravimétricos indicam, segundo Soares *et al.* 1996, uma geometria falhada e flexural para o embasamento. Estes autores interpretaram os elementos neotectônicos com base nos traços retilíneos de pedimentos, terraços aluviais e nos lineamentos sobre toda a área geográfica abrangida pela bacia.

O arcabouço geológico da Bacia do Alto Paraguai compreende várias unidades litoestratigráficas, com idades variando desde o Arqueano até os aluviões Holocênicos. As mais antigas, denominadas Complexo Xingú e Complexo Rio Apa, representam o Complexo Cristalino Brasileiro na região, substrato sobre o qual se sucederam os diversos eventos geológicos da área (PCBAP, 1997).

A maior parte da planície denominada de Pantanal está situada sobre a bacia sedimentar homônima e, segundo Shirawa (1994), posicionada sobre um arco estrutural ou charneira flexural. Está situada sobre a plataforma Sulamericana, entre a Bacia do Paraná e a bacia de antepaís frontal ao cavalgamento andino.

O embasamento da Bacia do Pantanal, exposto a sul, norte e oeste, é formado por rochas metamórficas gnáissicas antigas (Arqueano), por faixas metamórficas de xistos e filitos meso e neoproterozóicos (Grupo Cuiabá), e sedimentos siliciclásticos e carbonáticos neoproterozóicos (Grupo Corumbá), estes últimos, correlatos às seqüências Bambuí e Una. Na parte leste, afloram rochas arenosas do Fanerozóico da Bacia do Paraná (Soares *et al.*, 1996).

Na área de estudo, o embasamento está representado pelo Grupo Cuiabá. Nos trabalhos de campo foram identificados xistos e filitos pertencentes à unidade (Fotografia 01).

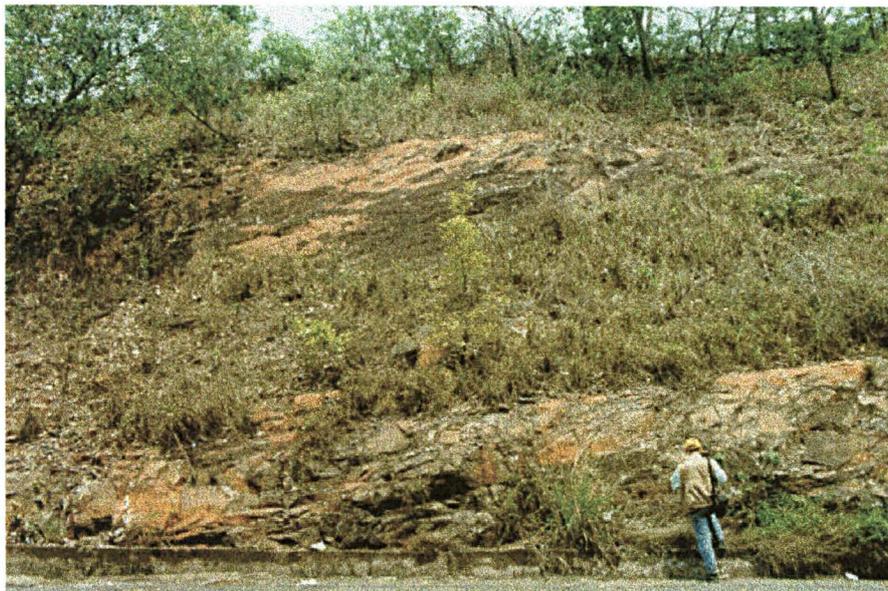


Fotografia 01 : Afloramento de filitos do Grupo Cuiabá. Observar o alto grau de mergulho das camadas, destacadas com linhas pretas (setembro de 1998).

Sobre as rochas do Grupo Cuiabá depositaram-se os sedimentos do Grupo Aguapeí, originados por movimentos transgressivos e regressivos, caracterizando ambiente costeiro e epinerítico (de acordo com PCBAP, 1997). Segundo estes autores existem, intrudidas nessas unidades, rochas ácidas, básicas e ultrabásicas das Suites Intrusivas Rio Alegre, Alumiador e Guapé, dos Grupos Amoguijá e Serra do Rio Branco e das Intrusivas Rincon Del Tigre e Gabro Morro do Triunfo. Já no final do Pré-Cambriano, ocorre a Suíte Intrusiva São Vicente e as Vulcânicas de Mimoso, intrusivas nos metassedimentos do Grupo Cuiabá que apresenta duas fases de sedimentação, uma de ambiente marinho e outra de glaciomarinho

Seguiu-se um período de estabilidade tectônica nas bacias que se formaram a norte e a sul, sendo essas preenchidas por sedimentos carbonáticos dos Grupos Alto Paraguai e Corumbá, respectivamente. Ao sul da Bacia do Alto Paraguai, ocorre o Grupo Jacadigo ao qual se associam jazidas de ferro e manganês (PCBAP, 1997).

No Paleozóico, a região foi submetida a intenso processo de erosão e subsidência, dando origem à Bacia Sedimentar do Paraná, constituída pelas formações Furnas, Ponta Grossa, Aquidauana (Fotografia 02), Palermo, Irati e Corumbataí.



Fotografia 02 : Afloramento de arenitos da Formação Aquidauana, mostrando estratificação cruzada. Próximo a Rio Verde do Mato-Grosso (setembro de 1998).

No final do Jurássico e início do Cretáceo, a região se transformou em um ambiente com características aquosas e eólicas, onde se depositaram as Formações Pirambóia, Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Ainda no Cretáceo, sobre uma plataforma estável, depositou-se ao norte, uma seqüência de sedimentos arenosos que constituem o Grupo Parecis, representado pelas formações Salto das Nuvens e Uriariti. Mais a leste, nos domínios da Bacia do Paraná, depositaram-se os arenitos calcíferos do Grupo Bauru, de ambiente continental/fluvial com contribuição lacustre (RADAMBRASIL, 1982b).

No fim do Mesozóico, houve um período de estabilidade, originando uma vasta planície aplainada recobrando, ao norte, o Grupo Parecis e a sudeste, grande parte da Bacia do Paraná. Trata-se de unidade edafoestratigráfica denominada "Coberturas Detrito Lateríticas", constituída por material argilo-arenoso associado a crostas ferruginosas. Ainda no Terciário, antigos falhamentos foram reativados, aliados as fases orogênicas que atuaram nos Andes e que deram origem a abatimentos representados pela Bacia do Rio

Paraguai, coberta pelos sedimentos quaternários das formações Pantanal e Guaporé, e ainda pelos calcários ricos em fósseis da Formação Xaraiés (PCBAP, 1997).

Finalmente, os aluviões fluviais, que são representados pelos depósitos que se formam ainda hoje, principalmente nas planícies de inundação dos rios dentro da Bacia do Pantanal (ver mapa Geológico e seção geológica esquemática no Anexo I). É importante salientar que, embora o mapa geológico seja apresentado em escala 1:1.000.000, os dados foram levantados na escala 1:250.000 pelo RADAMBRASIL (1982b)

3.2.1. Principais Unidades Geológicas Aflorantes na Área de Estudo

As descrições das principais unidades aflorantes na área de estudo estão apresentadas a seguir (ver ainda o Mapa Geológico - Anexo I) :

3.2.1.1 Grupo Cuiabá - PScb

Generalidades

Essa unidade é composta por filitos, grafitosos ou não, xistos, metarenitos, metarcóseos, metassiltitos, metaparaconglomerados, quartzitos, metagrauvas, mármores, e milonitos.

O termo Grupo Cuiabá foi utilizado pela primeira vez por Hennies (1996). A este conjunto litológico, conhecido anteriormente como Série Cuiabá. Corrêa e Couto (1972) reconheceram metamorfismo regional de epizona, enquadrado na fácies xisto verde. Os autores fizeram menção à grande ocorrência de veios de quartzo cortando ou percolando essas rochas. Sua espessura foi estimada por Corrêa *et al.* (1976) em mais de 1000 metros, muito embora não tenham estabelecido base, nem topo para a mesma.

Nogueira *et al.* (1978) distinguiram 19 tipos litológicos para essa unidade, agrupando-os em duas grandes sub-unidades, uma clástica inferior, e outra, clástica-química superior, predominantemente carbonática.

Os estudos mais recentes datam de 1980, realizados por Luz *et al.*, os quais dividiram o Grupo Cuiabá em nove subunidades litoestratigráficas, das quais apenas uma não teve sua posição estratigráfica definida, permanecendo como Grupo Cuiabá Indiviso. A idade estabelecida para o Grupo em questão, foi Pré-Cambriana Superior.

Inúmeras datações foram feitas, e os resultados obtidos apresentavam uma grande diversidade de resultados, variando de 489 ± 19 Ma a 639Ma, sendo a primeira interpretada por Tassinari (1981) como sendo a época de resfriamento regional da última orogênese que afetou aquelas rochas. A segunda foi obtida em ardósia, pertencente ao Grupo Cuiabá, sendo considerada idade mínima para essa seqüência.

Distribuição na área de estudo

A faixa de ocorrência desta unidade na área de estudo acompanha a borda oeste da escarpa da Bacia do Paraná. Nesses locais, essa unidade ocupa uma faixa estreita e descontínua com largura média em torno de 2km onde predominam filitos e xistos, com intercalações de metarenitos e metarcóseos.

Cabe citar que desde os primórdios do século XVIII, quando foi descoberta a ocorrência de ouro na região de Cuiabá, o mesmo se constituiu no fator de colonização inicial daquela região (PCBAP, 1997).

3.2.1. 2 Suíte Intrusiva São Vicente - $\epsilon O\gamma c$, $\epsilon O\gamma n$ e $\epsilon O\gamma t$.

Generalidades

Esta Suíte é constituída por um corpo subvulcânico, de características pós-tectônicas, representada por diferentes tipos litológicos, entre os quais se destacam adamelitos pórfiros, microadamelitos porfiriticos, adamelitos grosseiros, tonalitos e cataclásitos. Estas rochas são intrusivas nas do Grupo Cuiabá onde ocasionaram modificações litoestruturais, oriundas de metamorfismo térmico (PCBAP, 1997).

A idade desta Suíte, em datação realizada pelo método K/Ar por Amaral *et al.* (1966) em amostra de biotita, revelou um valor em torno de 504 ± 12 MA. Pelo método Rb/Sr quatro amostras estudadas por Almeida & Mantovani (1975) deram em rocha total, um valor de 483 ± 8 MA, o que a coloca no final do Ciclo Brasileiro.

Distribuição na área de estudo

Ocorre bordejando, de maneira descontínua, a escarpa que baliza o lado oriental da Planície Pantaneira, na região de estudo. Nas cabeceiras dos rios Negro e Feioso e no extremo SW da área. As exposições do Granito São Vicente recebem nomes locais de Granito Coxim ($\epsilon O\gamma c$), Granito Rio Negro ($\epsilon O\gamma n$) e Granito Taboco ($\epsilon O\gamma t$).

3.2.1. 3 Grupo Paraná

Generalidades

O termo Paraná foi introduzido na estratigrafia da Bacia do Paraná por Moraes Rêgo (1930) para designar como série Paraná, o pacote sedimentar representado pelas Formações Furnas e Ponta Grossa, ambas aflorantes na área de estudo.

3.2.1.3. 1 Formação Ponta Grossa - Dpg

Generalidades

As primeiras referências às rochas posteriormente denominadas de Formação Ponta Grossa, foram feitas por Derby (1878), em área próxima à cidade homônima, no Estado do Paraná. Muhlmann *et al.* (1974) consideram a Formação Ponta Grossa como sendo formada por folhelhos, folhelhos-sílticos cinza escuros a pretos, localmente carbonosos e fóssilíferos, com intercalações de arenitos cinza-claros, finos, argilosos e micáceos, com até 5m de espessura (Fotografia 03).



Fotografia 03 : Afloramento de folhelhos da Formação Ponta Grossa próximo a Rio Negro (dentro do círculo há um martelo de geólogo como referência de escala. Setembro de 1998).

A idade Devoniana, aceita pela maioria dos autores (RADAMBRASIL, 1982b; Schneider *et al.* 1974; Muhlmann *et al.* 1974; Assine 1996 e PCBAP 1997) baseia-se na abundante fauna de trilobitas, braquiópodes e quitinozoários. Sua espessura em superfície é variável, em função da erosão e problemas estruturais. Schneider *et al.* (1974) identificaram

em subsuperfície valores da ordem de 200 a 300m. Assine (1996) cita o poço 2-AP-1RR (localizado em Apucarana - PR), onde a espessura chega a 654m.

Quanto à sua posição estratigráfica, a mesma sotopõe-se aos sedimentos da Formação Aquidauana, em contato discordante erosivo. Em áreas restritas é recoberta pela Formação Botucatu e pelo Grupo Bauru, além das coberturas detrítico-lateríticas e aluviões recentes. Sobrepõe-se à Formação Furnas em contato concordante e gradual.

O ambiente de sedimentação dessa unidade é marinho, segundo Oliveira (1964), sob condições redutoras, zona nerítica e clima frio. PCBAP (1997) cita que alguns autores defendem a variação na profundidade de deposição, baseando-se na divisão em membros feita por Ludwig & Ramos (1965), os quais teriam a seguinte seqüência na deposição: Membro Inferior - ambiente infranerítico transgressivo; Membro Médio - ambiente batial e Membro Superior - ambiente infranerítico regressivo.

Distribuição na área de estudo

Na área em questão, nas imediações das Serras de Maracajú e do Pantanal, os afloramentos dessa unidade são encontrados ao norte da área em uma faixa entre as formações Furnas e Aquidauana e de forma mais descontínua ao sul.

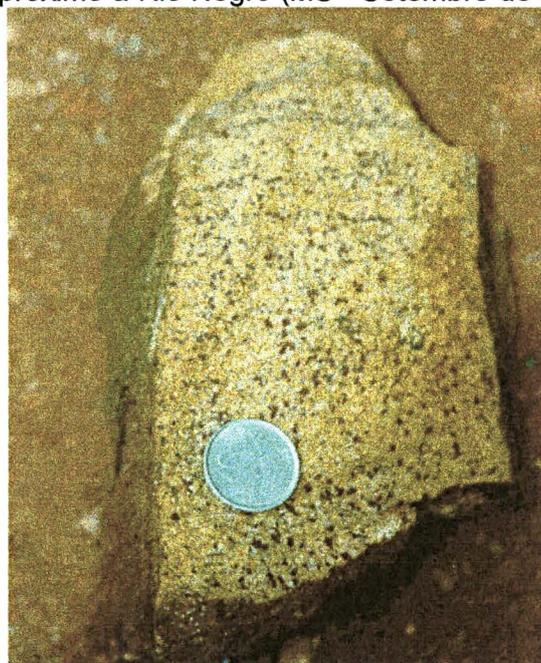
3.2.1.3. 2 Formação Furnas - SDF

Generalidades

As primeiras referências sobre esse pacote de sedimentos foram feitas por Derby (1878) na escarpa da Serrinha no Estado do Paraná. Oliveira (1912) chamou de "*Greze das Furnas*" os arenitos descritos na serra homônima. Posteriormente, Oliveira (1927) definiu esses sedimentos como constituindo a base da seqüência devoniana no Estado do Paraná, indicando como seção tipo as exposições da serra das Furnas. Almeida (1948) relata a ocorrência dessa formação nos Estados de Goiás e Mato Grosso, descrevendo-a no interflúvio das bacias hidrográficas do Amazonas e do Prata. O referido autor reconheceu a presença deste arenito na região de Rio Verde de Mato Grosso, estendendo-o daí para o Vale do Rio das Mortes, a norte. Para a Chapada dos Guimarães, a oeste e para a Serra Azul, a leste (Fotografias 4 e 5).



Fotografia 04 : Afloramento de arenitos da Formação Furnas, na Serra de Maracajú, próximo a Rio Negro (MS - Setembro de 1998).



Fotografia 05 : "Arenito Pele-de-Onça" (RADAMBRASIL, 1982b), mineralizado com ferro. Trata-se de um detalhe do arenito do afloramento mostrado na foto anterior (fotografia 04 – Arenito da Formação Furnas).

Em razão do substrato irregular e ação dos processos erosivos, a Formação Furnas apresenta uma espessura muito variável. Em superfície, na Serra do Pantanal, Corrêa *et al.* (1976) constataram valores máximos de 200 a 250m. Schneider *et al.* (1974) registraram uma espessura máxima em subsuperfície de 343m, obtida no poço 2 - TL-L-MT, na cidade de Três Lagoas-MS. Estratigraficamente, a Formação Furnas constitui a base do Grupo Paraná, assentando-se discordantemente sobre os metassedimentos do Grupo Cuiabá e as intrusivas ácidas do Granito S.Vicente (PCBAP, 1997). A idade da unidade é amplamente aceita como indo do Siluriano Inferior ao Devoniano Inferior.

Assine (1996) considera que a Formação Furnas é de idade Devoniana, embora afirme não haverem dados disponíveis que possam precisar o início de sua sedimentação. Afirma, ainda, que as formações Furnas e Ponta Grossa constituem unidades geneticamente associadas e parcialmente contemporâneas, fazendo parte de uma mesma seqüência tectono-sedimentar.

Litologicamente, a Formação Furnas é constituída por arenitos esbranquiçados e avermelhados, médios a grosseiros, com estratificações plano-paralelas e cruzadas. Apresenta também lentes conglomeráticas e intercalações de camadas silto-argilosas.

Distribuição na área de estudo

É representada por uma faixa com largura média de 20km e direção SW-NE que corta toda área e constitui os contrafortes das Serras do Pantanal e Maracajú.

3.2.1. 4 Grupo Itararé

3.2.1.4. 1 Formação Aquidauana - PCa

Generalidades

Essa unidade foi primeiramente descrita por Derby (1895) que a comparou com os arenitos da chapada da zona de Cuiabá de idade Devoniana. Para seu estudo, esse autor realizou um perfil entre o Rio Miranda e o Planalto Basáltico de Campo Grande. O nome Aquidauana foi proposto por Lisboa (1909).

A Série Aquidauana (de Almeida, 1954) é constituída essencialmente por uma seqüência sedimentar com intensa variação fáciosológica, predominantemente arenosa e de coloração vermelho-arroxeadada, na qual distinguem-se três níveis: Superior, formado por arenitos com estratificação cruzada e siltitos vermelho-tijolo, finamente estratificados; Médio, com arenitos finos a muito finos, estratificação plano-paralela e intercalações de siltitos,

folhelhos e diamictitos subordinados; Inferior, contendo arenitos avermelhados com lentes de diamictitos, intercalações de argilitos, arenitos grosseiros esbranquiçados, arcóseos e conglomerado basal. Sua espessura, segundo Almeida (1954) varia de 200 a 500m aproximadamente.

Baseando-se nas relações de contato, na geometria dos corpos que a compõe, nas estruturas sedimentares e características litológicas, Fiori e Landim (1980) definiram o ambiente de sedimentação dessa unidade como lacustre periglacial. As diferenças litológicas presentes nesta unidade, representam as fácies proximais e distais deste ambiente deposicional.

Distribuição na área de estudo

A Formação Aquidauana ocupa uma faixa de largura média em torno de 30km que se estende no sentido SW-NE, cortando toda a área de estudo.

Com relação às rochas do Grupo Paraná o contato é erosivo, tanto sobre a Formação Furnas quanto Ponta Grossa, com os grupos Cuiabá e Corumbá, o contato é discordante. O contato superior a leste é discordante erosivo com sedimentos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral (PCBAP, 1997).

3.2.1. 5 Grupo Guatá

Generalidades

O nome do Grupo foi proposto por Gordon Jr (1947) para designar os siltitos e arenitos aflorantes nas imediações da cidade de Guatá (Santa Catarina) englobando como formações, as camadas Rio Bonito (não aflorante na área) e Palermo definidas por White (1908).

3.2.1.5. 1 Formação Palermo - Pp

Generalidades

É constituída por siltitos róseos e esbranquiçados, localmente vermelho-arroxeados, em geral silicificados; bancos de sílex esbranquiçados com estratificação ondulada, oolítico e/ou pisolítico, coquinas silicificadas e conglomerado basal. A denominação Palermo é originária da localidade homônima no município de Lauro Muller (SC), foi descrita por White (1908) e incluída na Série Tubarão.

Maack (1947) designou a unidade de Formação *Post Glacial* ou Camadas Palermo, afirmando que a mesma não tem qualquer relação com a Glaciação Gondwânica.

Daemon e Quadros (1969 *apud*. Muhlmann *et al.* 1974 e de acordo com Scheneider *et al.* 1974), baseados na microflora rica em esporos dissecados nos siltitos desta formação, identificaram em estudos palinológicos indícios que possibilitaram colocá-la no Permiano Médio a Superior.

A Formação Palermo possui uma espessura máxima de 282m, medida em poço realizado em Alegrete-RS. A espessura média situa-se em torno de 60m. O ambiente de sedimentação da Formação Palermo é marinho com pequenas variações na profundidade e temperatura, bem como na intensidade local das correntes (RADAMBRASIL 1982b).

Distribuição na área de estudo

Em planta, na área de estudo, aparece como "manchas" ao leste de Pedro Gomes e a nordeste de São Gabriel d'Oeste.

3.2.1. 6 Grupo São Bento

Generalidades

White (1908) denominou de Série São Bento, as rochas eruptivas da Serra Geral, Gres São Bento e as camadas vermelhas ocorrentes na Serra do Rio do Rastro, correspondentes às formações Serra Geral, Botucatu e Rio do Rastro.

Vários autores estudaram as litologias que hoje compõem o Grupo São Bento, destacando-se entre eles Almeida (1954), Beurlen (1956), Muhlmann *et al.* (1974) e Corrêa *et al.* (1976), que separaram o Grupo São Bento em duas formações, principalmente no Estado de Mato Grosso do Sul, denominadas de Formação Botucatu e Serra Geral. A primeira é constituída por arenitos eólicos, com estratificações cruzadas de grande porte, localmente com *facies* fluvio-lacustre, enquanto a segunda é constituída por derrames básicos e lentes de arenitos eólicos intertrapeados em sua porção basal.

Em superfície, a maior espessura encontrada para esse Grupo gira em torno de 120m. Consoante definição de Souza Jr. E Del'Arco (1978), o Grupo São Bento compõe-se das Formações Pirambóia (não aflorante na área de estudo), Botucatu e Serra Geral.

3.2.1.6. 1. Formação Serra Geral

Generalidades

A Formação Serra Geral foi produto de derrames basálticos causados por um tectonismo de distensão que deu origem a grandes fendas pelas quais fluiu o magma. Os

furos de sonda realizados pela Petrobrás registraram, para os basaltos Serra Geral, 1529m em Presidente Prudente-SP (Schneider *et. al.*, 1974). A idade dessas rochas foi alvo de pesquisa realizada por diversos autores, prevalecendo atualmente a realizada por Teixeira (1980), que por meio de datações obtidas pelo método Rb/Sr e comparadas com as obtidas pelo método K/Ar preexistentes, definiu uma época em torno de 130 MA, admitindo uma Idade Jurocretácica para a Formação Serra Geral.

Distribuição na área de estudo

A Formação Serra Geral aparece no sul da área recobrimdo os arenitos Botucatu. O contato entre ambos é perfeitamente definido, marcado pela ocorrência de quebra de relevo bem acentuada.

3.2.1.6. 2. Formação Botucatu

Generalidades

A Formação Botucatu, tendo como base as correlações feitas com a Formação Serra Geral, é colocada no Triássico Superior, podendo se estender para o Jurássico, tendo em vista o intertrapeamento com o magmatismo basáltico Serra Geral., sendo que furos de sonda realizados pela Petrobrás registraram 464m para o arenito Botucatu na região de Taquari-MT (Gonçalves e Schneider, 1970).

O ambiente sedimentar para a Formação Botucatu é desértico, sendo os sedimentos de origem eólica. Para alguns autores, onde a unidade apresenta uma coluna geológica mais completa, foram observados sedimentos de ambiente deposicional fluvio-lacustre em sua porção basal.

Distribuição na área de estudo

A Formação Botucatu apresenta-se expressivamente distribuída na área da escarpa das Serras de Maracajú, São Gabriel e Camapuã.

3.2.1. 7 Formação Bauru - Kb

Generalidades

Essa unidade é constituída por arenitos às vezes calcíferos, vermelhos e róseos de granulação média a grosseira, mal classificados com grânulos e seixos esparsos, com níveis conglomeráticos muitas vezes calcíferos. É comum a presença de lentes de conglomerados de matriz argilosa, vermelha e também níveis de sílex (RADAMBRASIL 1982b).

O termo Bauru foi primeiramente empregado por Gonzaga de Campos (1905, *apud* Almeida, 1946) para identificar sedimentos areno-calcíferos da bacia do Rio Paraná, no Estado de São Paulo. Em 1980, Soares *et al.*, propuseram a elevação da Formação Bauru à categoria de Grupo, no Estado de São Paulo, onde o mesmo seria constituído pelas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantino e Marília. Schobbenhaus Filho & Oliva (1979), indicaram a presença, a sul de Camapuã, da Formação Caiuá, constituída por arenitos ortoquartzíticos finos a médios com estratificações cruzadas do tipo eólico.

A idade da Formação Bauru é Cretáceo Superior, alicerçada pelo conteúdo fossilífero, além de cobrir os derrames basálticos da Formação Serra Geral de idade juró-cretácica comprovada (Mendes e Petri, 1971). A sua espessura é bastante variável, indo de 40m na Serra das Torrinhas e a noroeste de Areado, até 250m no planalto da Maracajú, na serra da Restinga.

Distribuição na área de estudo

Ocorrem no nordeste e sudeste da área, respectivamente nas regiões do Morro da Onça e Serra das Torrinhas e na Serra de Camapuã.

3.2.1. 8 Litologias

Durante os trabalhos do Projeto RADAMBRASIL (1982b) na área de Coxim/Camapuã, foram definidas duas unidades, "Depósitos Detritos" e "Coberturas Detríticas e Lateríticas Pleistocênicas", as quais foram chamadas simplesmente de "Litologias" e mantidas fora das demais unidades estratigráficas clássicas.

3.2.1.8. 1 Depósitos Detríticos - Qd

Generalidades

Sob esta denominação o Projeto RADAMBRASIL (1982b) mapeou em conjunto os elúvios, colúvios, alúvios e lateritos ferruginosos que ocorrem nas áreas aplainadas da Depressão do Rio Paraguai, acompanhando a Serra do Pantanal.

A idade quaternária, atribuída a estes depósitos, relaciona-se às fases erosivas que devem ter atuado na região após a abertura da Depressão do Rio Paraguai e às particularidades dos sedimentos, na sua maioria colúvio-aluviais.

Distribuição na área de estudo

Na área de estudo encontram-se na quebra topográfica entre a escarpa da Serra de Maracajú e o Pantanal Sul Matogrossense.

3.2.1.8. 2 Coberturas Detríticas e Lateríticas Pleistocênicas - TQdl

Generalidades

Esta unidade Edafoestratigráfica (formada por processos pedogenéticos) é composta por depósitos caracterizados pela presença de conglomerados, sedimentos areno-siltosos, parcial ou totalmente laterizados, na forma de cones de dejeção coalescentes ou carapaças ferruginosas. Ocorrem nas áreas de pediplanos da depressão do Rio Paraguai, envolvendo serras e *inselbergs* da região. Atribui-se a estes depósitos Idade Quaternária antiga, sendo formados sob condições de clima seco ou semi-árido (RADAMBRASIL, 1982b).

De acordo com Del'Arco *et al.* (1982), esses depósitos colúvio-aluvionares "acham-se distribuídos nas periferias dos relevos montanhosos".

Distribuição na área de estudo

Na área de estudo encontram-se ao norte, ao lado da borda da Bacia sedimentar do Paraná e a oeste de Pedro Gomes.

3.2.1. 9. Formação Pantanal - Qp

Generalidades

A Formação Pantanal é constituída por sedimentos arenosos, siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos, semi-consolidados a inconsolidados. Formam depósitos fluviais e lacustres, em áreas periodicamente sujeitas a inundações ocasionais. Segundo o PCBAP (1997) a diferenciação pedológica se dá em função da variação do lençol freático.

Oliveira e Leonardos (1943) criaram a denominação Formação Pantanal para caracterizar a maior parte das seqüências sedimentares que ocorrem na Depressão do Rio Paraguai, englobando vários de seus afluentes. Estes depósitos recentes formam uma planície contínua e quase sem interrupção, que se estende por uma área de aproximadamente 100.000 km².

Os dados de sondagem realizada pela Petrobrás e levantamento geofísico, mostram um sistema de falhamentos tipo *Horsts e Grabens*, onde a espessura é

extremamente variável, indo de 62m próximo a Porto S. Rosa, na confluência dos Rios Paraguai e Aquidabã, a 302,4m em Porto São José, margem direita do Rio Cuiabá (PCBAP, 1997).

O ambiente no qual se depositou a Formação Pantanal foi, segundo Almeida (1959), "uma imensa planície aluvial, ainda em processo de entulhamento". Já para Del'Arco *et al.* (1982), "O ambiente de deposição da Formação Pantanal tem sido fluvial e lacustre". Ainda segundo esses autores, quando da abertura da Depressão do Rio Paraguai, predominava na região um clima semi-árido, responsável pela elaboração do Pediplano Pleistocênico, da Formação Xaraiés e dos Depósitos Detríticos.

Distribuição na área de estudo

A Formação Pantanal constitui a unidade litoestratigráfica de maior extensão em toda a área compreendida pela Bacia do Rio Paraguai. Limita-se a norte com as proximidades das cidades de Cáceres, Cuiabá e Poconé; a sul, estende-se para além do Rio Apa, que constitui a fronteira entre o Brasil e o Paraguai. A leste, as cidades de Miranda, Aquidauana, Coxim e Rondonópolis formam um anel envolvente, e a oeste, ela se estende para os países vizinhos Paraguai e Bolívia.

Suas relações de contatos são feitas de maneira discordante com as rochas Pré-Cambrianas, Silurianas e Devonianas, tendo seus depósitos mais recentes coberto acumulações Quaternárias mais antigas, como a Formação Xaraiés e Depósitos Detríticos (Del'Arco *et al.*, 1982).

Na área de estudo corresponde a toda a sua porção oeste, sendo separada das demais unidades aflorantes pelo sopé da escarpa da Serra de Maracajú.

3.2.1. 10 Aluviões Fluviais - Ha

São sedimentos inconsolidados constituídos essencialmente por areia, silte, argila e cascalho oriundos da decomposição química, física e biológica das rochas preexistentes, sendo transportados e depositados em planícies de inundação dos principais rios da área de estudo (rio Taquari, rio Coxim, rio Negro e o vazante Feioso).

Normalmente apresentam, em média, espessuras de 2m sendo facilmente identificados em fotografias aéreas, mostrando formas típicas de planície aluvial, tais como ilhas aluviais, diques marginais, meandros, lagos ou pequenas ínsuas e barras em pontal. À medida que as drenagens vão se aproximando do seu perfil de equilíbrio em fase de senilidade, estes aluviões vão se alargando e tornando-se mais contínuos.

3. 3. Solos

O regime de chuvas, caracterizado por um período de chuvas e outro de seca, exerce um papel fundamental para os solos do Pantanal. Neste sentido Fiori & Oka Fiori (1998), distinguiram, individualizados pelo regime hídrico, dois grandes ecossistemas acentuadamente contrastantes: terras inundáveis e terras não-inundáveis, com forte diferenciação quanto às relações solo-água-vegetação-fauna.

Estes autores propõem ainda a existência, na área da Bacia do Alto Paraguai, de três grandes unidades ambientais, que são o Pantanal, os relevos residuais e depressões a ele adjacentes, e o planalto propriamente dito.

Enquanto no planalto, nas áreas de ocorrência das formações cretácicas da Bacia Sedimentar do Paraná e Sedimentos dos Parecis, com capeamento Terciário detrítico-laterítico no topo, ocorrem solos mais evoluídos e a vegetação de cerrado tende a predominar, as depressões e os relevos residuais apresentam em geral solos mais jovens, originados de rochas pré-cambrianas, com predomínio de vegetação de porte florestal.

O Pantanal, por sua vez, tem na planura geral que o caracteriza, nos sedimentos recentes que o constituem, no caráter hidromórfico dos seus solos e sobretudo em seu complexo sistema fluviomorfológico (Adámoli, 1995), exuberância de fauna e complexidade da vegetação, que vai desde formações de aspecto homogêneo, constituídas quase só por uma única espécie, até verdadeiros complexos vegetacionais onde convivem indivíduos de quase todos os grandes ecossistemas brasileiros.

As diferenças altimétricas são bastante acentuadas, com as áreas mais altas do planaltos e serras oscilando entre 800 e 1.065m. Por outro lado, na planície, as cotas são da ordem de 80 a 150m. O clima se caracteriza por duas estações bem definidas, um período seco e outro chuvoso, com temperaturas médias anuais entre 23 e 25°C, mas com ocorrência de frentes frias que registram temperaturas em torno de 0°C. A precipitação média anual, com cerca de 1.500mm varia em média entre 800mm nas regiões rebaixadas e 1.700mm nas áreas altas (Ross *et al.*, 1995).

Os principais rios que drenam a Bacia do Alto Paraguai, além do rio Paraguai, são: Jauru, Cabaçal, Sepotuba, Cuiabá, São Lourenço, Piquiri, Correntes, Taquari, Coxim, Negro, Aquidauana, Miranda, Nabileque e Apa. Na área de estudo se destacam o Taquari e o Negro no Pantanal e o Coxim, Rio Verde, Taquarzinho e o Aquidauana sobre o planalto.

Uma observação que se faz necessária é a utilização de adjetivos para a classificação de parâmetros, tais como grande, forte, muito ou pouco, não são corretas do ponto de vista técnico-científico. Porém para a classificação de solos tais termos são já consagrados e largamente utilizados pela literatura, sendo mantidos desta forma neste trabalho.

3.3. 1. Descrição das Classes de Solos do Pantanal

A descrição e caracterização das classes dos solos da área de estudo é aqui feita de acordo com o Projeto PCBAP (1997), o Projeto RADAMBRASIL (1982b) e Fiori & Oka Fiori (1998), uma vez que não é nosso objetivo a realização de uma campanha sistemática para o estudo dos solos do Pantanal. Entretanto, a utilização das informações e do mapa Pedológico do Pantanal, gerados pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b) e pelo Projeto PCBAP (1997), foi importante para o desenvolvimento dos estudos da dinâmica ambiental do Pantanal, principalmente para a avaliação da erosão laminar dos solos.

A representação cartográfica da pedologia da área de estudo, pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b – Anexo II) é feita por meio de associações de solos. Assim, alguns dos tipos de solos presentes na área de estudo, não são descritos como classe principal, mas dentro das associações criadas pelo referido projeto, conforme indicado no texto.

Dentro da área de estudo os limites entre as associações de solos proposta pelo Projeto PCBAP (1997) e pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b) coincidem. Embora o mapa de solos do RADAMBRASIL (1982b – Anexo II) seja apresentado em escala 1:1.000.000, os seus dados foram levantados na escala 1:250.000.

3.3.1. 1. Agrupamento das classes de solos

Para maior facilidade de compreensão, as classes de solos foram reunidas em três grupos: solos minerais não-hidromórficos, solos hidromórficos minerais e outros solos. Esta classificação é baseada no trabalho de Salomão & Antunes (1998).

3.3.1.1. 1. Solos não-hidromórficos

3.3.1.1.1. 1. Latossolo Vermelho-Escuro Álico.

Esta classe compreende solos minerais não-hidromórficos, altamente intemperizados, que se caracterizam por possuírem horizonte B latossólico de cor avermelhada nos matizes 10R a 3,5YR, com teores de Fe_2O_3 entre 8 e 18%, quando argilosos ou muito argilosos, e

normalmente inferiores a 8% quando de textura média, e com atração magnética fraca ou nula (Camargo *et al.*, 1987; EMBRAPA, 1988b). São solos normalmente muito profundos, com espessura do *solum* raramente inferior a dois metros, de elevada permeabilidade e em geral bem acentuadamente drenados. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, Bw, C, com reduzido incremento de argila em profundidade. Constituem características marcantes destes solos, baixos teores de sílica e ausência de minerais primários pouco resistentes, sendo solos de reduzida susceptibilidade à erosão.

Os solos dessa classe desenvolvem-se em relevo que vai do plano ao suavemente ondulado, sob vegetação de floresta densa, aberta, mista com palmeiras, caducifólia e de campo cerrado. São formados a partir de sedimentos do Terciário-Quaternário e das formações Aquidauana, Botucatu, Bauru, Ponta Grossa e Furnas (RADAMBRASIL, 1982b).

Ocorrem desde o sul até o extremo norte da área, sobretudo nos planaltos e, bem mais restritamente, nas depressões adjacentes ao Pantanal Mato-grossense, em relevo plano e suave ondulado. Apresentam horizonte A moderado, caráter álico ou distrófico e textura bastante variável, desde média a muito argilosa (Fotografia 06).

Os solos dessa classe são muito usados para o cultivo de soja, arroz e café, principalmente os de textura argilosa, localizados próximo de São Gabriel do Oeste e Pedro Gomes, onde áreas muito extensas são ocupadas por lavouras com emprego de tecnologia avançada (RADAMBRASIL, 1982b).

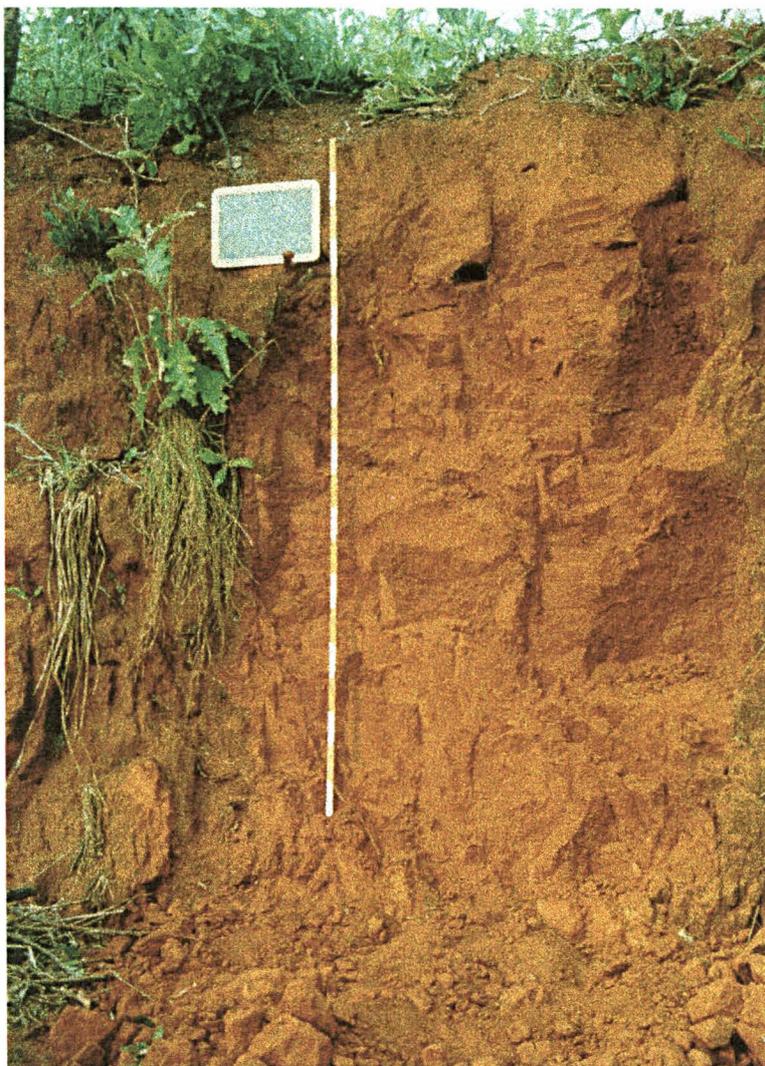
Na carta anexa, aparecem sob a legenda LEa 1, 3, 4 e 8; ou dentro das associações com LRd 1 e 2; LVa 2 e 3; PE 5; AQa 3 e 4.

3.3. 1.1.1. 2. Latossolo Roxo Distrófico.

O Latossolo Roxo é um dos mais importantes solos tropicais do ponto de vista agrícola pela sua fertilidade natural. Morfologicamente assemelha-se muito ao Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, apesar da diferença de coloração entre eles e também por apresentarem profundidades bastante diferentes. A diferença essencial está em que o Latossolo Roxo apresenta teores de óxidos de ferro, titânio e manganês bem mais elevados que os demais latossolos. São solos altamente intemperizados, o que é evidenciado principalmente pela baixa razão silte/argila e pelos baixos valores de K_i e K_r (RADAMBRASIL 1982b e PCBAP, 1997).

Nesta classe estão compreendidos solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B latossólico de coloração vermelho-escura, de tonalidade arroxeadas, em matiz mais vermelho que 4YR e com teores de Fe_2O_3 na terra fina iguais ou superiores a 18%

(Camargo *et al.*, 1987; EMBRAPA, 1988a). O material do horizonte B apresenta elevada susceptibilidade magnética, sendo facilmente atraído por um ímã, que constitui a principal característica de identificação no campo. São em geral muito profundos, acentuadamente drenados e apresentam seqüência de horizontes A, Bw, C.



Fotografia 06 : Perfil de solo em um latossolo vermelho álico (próximo a São Gabriel D'Oeste. Escala em decímetros, setembro de 1998).

Este tipo de solo está relacionado à decomposição de rochas basálticas, e são encontrados próximo à São Gabriel do Oeste e desenvolvem-se a partir da alteração dos basaltos da Formação Serra Geral.

Esses solos ocorrem associados a Terra Roxa Estruturada, Terra Roxa Estruturada latossólica e, em especial na parte sul-oriental, a Latossolo Vermelho-Escuro, em relevos plano e suave ondulado (RADAMBRASIL, 1982b).

Apresentam grandes variações quanto à saturação por bases e alumínio, mas predominam solos distróficos e eutróficos, com horizonte A moderado ou chernozêmico,

este somente nos eutróficos, sobre horizonte Bw de cores vermelho-escuras nos matizes 2,5YR ou 10R e de textura argilosa ou muito argilosa. Devido à ocorrência expressiva de óxidos de ferro e alumínio, esse horizonte, em geral bastante espesso, apresenta estrutura granular fortemente desenvolvida, o que confere a tais solos porosidade e permeabilidade elevadas (RADAMBRASIL, 1982b).

Com boas características físicas e topográficas, além de um potencial nutricional relativamente bom, pois, mesmo nos solos álicos, onde o conteúdo de alumínio trocável é baixo, é intensa a atividade agropastoril nesses solos. Requerem no entanto, apesar de apresentarem boa resistência à erosão, tratos conservacionistas adequados conforme o declive do terreno e o tipo de uso.

Na carta anexa, aparecem sob a legenda LRd 1 e 2, e ainda na associação LEa 5.

3.3.1.1.1. 3. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Compreende solos com horizonte A fraco a moderado e B latossólico, que apresentam características análogas às do Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro. São solos de perfis profundos, fertilidade natural baixa e saturação de bases baixa nos solos distróficos e raramente com saturação de média a alta, caracterizando os solos eutróficos desta unidade (Camargo, 1975). A distinção entre o Latossolo Amarelo e o Latossolo Vermelho-Escuro está no primeiro possuir um maior teor de óxido de ferro em relação ao segundo.

Nesta classe estão compreendidos solos minerais, não-hidromórficos, caracterizados por possuírem horizonte B latossólico, virtualmente sem atração magnética, com cores no matiz 4YR ou mais amarelas, associadas a teores de Fe_2O_3 relativamente baixos, normalmente entre 7 e 11%, e índice K_i inferior a 1,5 (Camargo *et al.*, 1987; EMBRAPA, 1988a). São solos em geral muito profundos, de elevada permeabilidade, bem acentuadamente drenados, apresentando seqüência de horizontes A, Bw, C, com reduzido incremento de argila em profundidade.

Segundo o RADAMBRASIL (1982b) estes solos são formados a partir de rochas das formações Palermo, Botucatu, Guaporé, Ponta Grossa, Araras e Grupo Cuiabá. Os solos distróficos desta unidade originam-se a partir de litologias do Grupo Cuiabá; enquanto os associados às outras litologias acima referidas são de caráter eutrófico.

À semelhança com os Latossolos Vermelho-Escuros, aos quais muitas vezes encontram-se associados na paisagem, ocorrem em áreas de planalto e depressões que

contornam o Pantanal, em relevo plano e suave ondulado. Ocupam no entanto áreas bem menos expressivas que aqueles.

Apresentam horizonte A moderado, textura média ou argilosa e conteúdo de bases trocáveis muito baixo, por vezes com saturação por alumínio elevada e, como os Latossolos Vermelho-Escuros, reside na baixa fertilidade natural a sua principal limitação ao uso agrícola. Devido às suas boas condições físicas e topográficas são também aptos à utilização intensiva, mas práticas conservacionistas devem ser empregadas para possibilitar uma produção continuada, minimizando os riscos de degradação, sobretudo nos solos com maiores conteúdos de areia.

São utilizados principalmente para pastagens de braquiária e cultivos de soja e milho. Na carta anexa, aparecem sob a legenda LVA 2, 3, 5, 6 e 7; ou em associações LEa 6 e 10; PVa 4 e Aqa 4

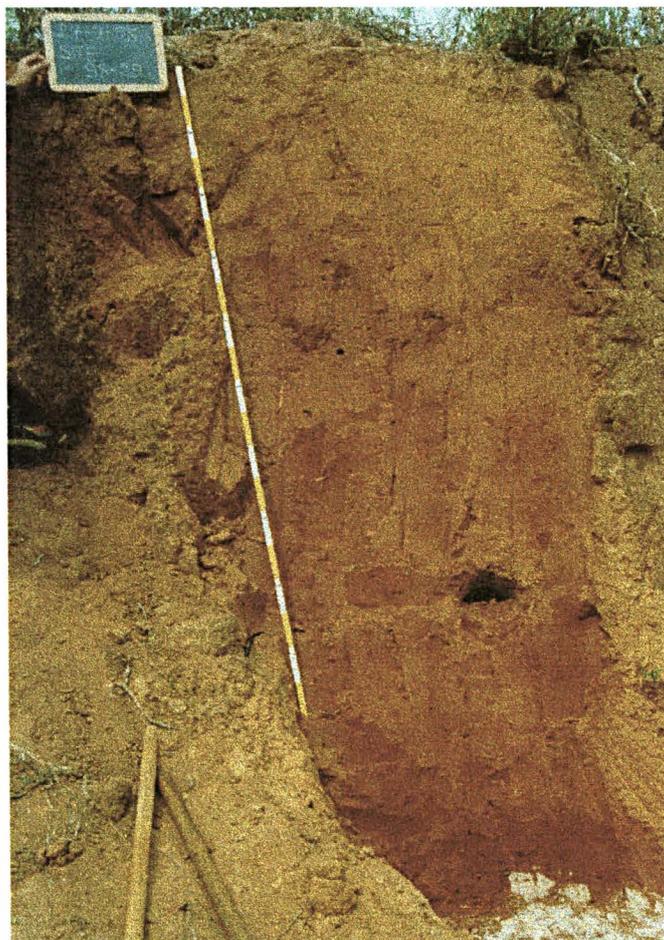
3.3.1.1.1. 4. Podzólico Vermelho-Amarelo.

O termo Podzólico Vermelho-Amarelo apareceu pela primeira vez na literatura em 1948, sugerido pelo *Soil Survey Americano*. A Divisão de Grandes Grupos de Solos (Lemos *et al.*, 1960), reúne os *Red Podzolic Soils* e os *Yellow Podzolic Soils*, mapeados nos Estados Unidos. Tratam-se de solos bem desenvolvidos, bem drenados, normalmente ácidos e que possuem um horizonte A fraco ou moderado sobre um horizonte B textural, contendo argila de baixa atividade. Nesta classe estão compreendidos solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B textural de cores vermelhas a amarelas e teores de Fe_2O_3 normalmente inferiores a 11%. Apresentam seqüência de horizontes A, Bt, C ou A, E, Bt, C (Camargo *et al.*, 1987), podendo o horizonte A ser de qualquer tipo, exceto chernozêmico, caso o horizonte Bt contenha argila de atividade alta (Ta), e húmico, quando além de Ta o solo seja álico.

Esses solos são muito abundantes na Bacia do Alto Paraguai, sendo encontrados desde as áreas de planalto às depressões adjacentes ao Pantanal Mato-grossense. Desenvolvidos a partir de litologias bastante diversificadas, apresentam grande variação nas características físicas, químicas e morfológicas. Assim, ocorrem solos com argila de atividade baixa ou alta, embora sejam estes menos freqüentes, e horizonte A moderado, chernozêmico ou proeminente, sobrejacente a horizonte Bt ou a horizonte E, cuja ocorrência é bastante comum. A textura é em geral arenosa/média e média/argilosa, em alguns casos com presença de cascalhos, sendo muito conspícuo o caráter abrupto.

Em áreas menos significativas ocorrem ainda solos com caráter plântico, concrecionário e epiconcrecionário. São profundos ou pouco profundos, verificando-se com menor frequência solos rasos. Quanto à saturação por bases, são álicos, distróficos ou eutróficos.

Na área de estudo aparecem bordejando a escarpa que corta a área de sul à norte (PE 3, 5, 6 11 ou em associação PVd 20 e 21) e em uma mancha ao norte de Camapuã (PE 2). Aparecem ainda sob as associações de legenda LEa 1 e 7; LVa 3 e 7; PE 2, 3 e 5; HLd 7; PLd 3 e 8; AQa 6 e 10; Ra 1 e Rd 4 (ver ainda a Fotografia 7).



Fotografia 7 : Perfil de solo em Podzólico Vermelho Amarelo (próximo a Rio Verde. Escala em decímetros, setembro de 1998).

O horizonte B textural apresenta em geral estrutura em blocos angulares e subangulares com diferentes graus de desenvolvimento, associada com cerosidade comum a abundante e moderada a forte. Nos solos desenvolvidos a partir de sedimentos quaternários, no entanto, é fraco o desenvolvimento estrutural e a cerosidade, quando não ausente, ocorre apenas em grau fraco, sendo os solos identificados pela elevada relação

textural. É freqüente também naqueles originados de arenitos a ocorrência de horizonte Bt constituído por lamelas.

Em função dos diferentes tipos de litologias e formas de relevo, esta classe de solo apresenta uma grande variação nas propriedades físicas e morfológicas. Assim, solos formados a partir do Grupo Paraná - Formação Ponta Grossa - apresentam horizonte A moderado ou chernozêmico, com ou sem cascalhos e/ou concreções, argila de atividade alta e baixa e estão concentrados próximos às cidades de Rondonópolis, Rio Negro e Taboco, em relevo ondulado e fortemente ondulado e são em sua maioria utilizados com pastagem, sendo que as culturas aí existentes apresentam excelente produtividade (RADAMBRASIL, 1982 b).

A pecuária entretanto, representa a maior atividade econômica nesses solos. Já os solos formados a partir da Formação Botucatu são de textura média, livres de cascalho ou concreções, e estão localizados próximo a Camapuã, em relevo ondulado e são utilizados em sua totalidade com pastagem. Os solos originados a partir da Formação Pantanal ocorrem sob vegetação de floresta, em áreas pouco elevadas, dentro do Pantanal Mato-Grossense, próximo ao rio São Lourenço. São solos profundos e apresentam saturação com sódio superior a 5% nos horizontes inferiores.

Enquanto os solos álicos e distróficos dessa classe requerem calagem e adubação para minimizar o efeito tóxico do alumínio e corrigir a baixa fertilidade natural, nos eutróficos, com médios a altos valores de soma e saturação por bases, o alumínio praticamente inexistente, o que lhes confere condições favoráveis à implantação de qualquer empreendimento agropecuário.

Também o relevo em que se situam geralmente não constitui impedimento à mecanização, mas práticas conservacionistas devem ser efetuadas para minimizar os efeitos erosivos, principalmente naqueles com caráter abrupto, devido à sua elevada susceptibilidade à erosão.

São solos na sua maioria de fertilidade baixa ou por vezes média (distróficos), podendo ocorrer também fertilidade natural alta (eutróficos) e de textura que vai de média a argilosa.

3.3.1.1.1. 5. Cambissolo

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente, subjacente a horizonte A de qualquer tipo, excluído o chernozêmico quando a argila do horizonte Bt for de atividade alta (Camargo *et al.*, 1987). São solos pouco

evoluídos, de características bastante variáveis, mas em geral pouco profundos ou rasos e com teores de silte relativamente elevados. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, Bi, C, com modesta diferenciação entre eles.

Esses solos são pouco expressivos na Bacia do Alto Paraguai, na área de estudo estão representados por duas “manchas”, uma próxima a Rio Negro e outra a Nova Esperança (sob legenda da associação PE2 - 11).

Vale ressaltar que os solos álicos originados de rochas do Grupo Cuiabá são rasos, com textura cascalhenta, em muitos casos pedregosos, situados em relevo forte ondulado e ondulado, o que, aliado à baixa fertilidade natural impõe sérias restrições à utilização agrícola. O uso com pastagem é, assim, a forma de aproveitamento mais aconselhável (RADAMBRASIL, 1982a).

Ao contrário dos anteriores, aqueles relacionados às litologias da Formação Diamantino, situados no limite nordeste da Bacia, são pouco profundos, com textura média, e estão livres de cascalhos e pedregosidade. Tais características, aliadas às condições de relevo plano e suave ondulado em que ocorrem, favoráveis portanto à mecanização, condicionam boas perspectivas para uso agrícola, desde que corrigidas as deficiências nutricionais.

3.3.1.1.1. 6. Areias Quartzosas

Nesta classe estão compreendidos solos minerais, não-hidromórficos, pouco evoluídos, de textura arenosa em toda a extensão do perfil e seqüência de horizontes A, C.

Ocupam extensões muito significativas por toda a Bacia do Alto Paraguai, e ocorrem sob a legendas de Areias Quartzosas (AQa – álicas ou AQd – distróficas) ou ainda por toda a área de estudo com as seguintes legendas LEa 5, 9, 10 e 11; LVa 6; PE 2; HP 1, 2 e 3; Pva 2; PLd 2 e 5; Ra 1 e 2). E mesmo no Pantanal, no contexto dos Rios Negro, Feioso e Taquari, aí associados a Podzóis Hidromórficos e Areias Quartzosas Hidromórficas.

Apresentam horizonte A moderado e horizonte C de cores claras e avermelhadas; em função do material de origem. São permeáveis, excessivamente drenados e sem estrutura desenvolvida, ou muito fracamente, sendo assim constituídos basicamente por grãos simples. São também muito baixos os valores de soma de bases, além de, na maioria das vezes, ser elevada a saturação por alumínio (Fotografia 08).

Esses fatores, aliados à baixa capacidade de retenção de umidade, intensa lixiviação e elevada susceptibilidade à erosão, sobretudo quando sujeitos a fluxo de água concentrado, que pode provocar a instalação de grandes vossorocas, tornam estes solos

praticamente inviáveis para uso agrícola, sendo sua utilização restrita a pastagens, desde que bem manejadas.



Fotografia 08 : Perfil de solo em Areias Quartzosas Álicas (próximo a Rio Verde. Escala em decímetros, setembro de 1998).

3.3.1.1.1. 7. Solos Litólicos

Os solos litólicos ou litossolos caracterizam-se pela ausência de um horizonte B no perfil. São constituídos por solos onde um horizonte A, por vezes chernozêmico, moderado ou mais freqüentemente fraco, repousa diretamente sobre a rocha, ou mesmo sobre um horizonte C em evolução. São bastante rasos e de textura e fertilidades variáveis (distróficos e eutróficos), dependendo da rocha matriz. Como material de origem desses solos aparecem granitos, gnaisses, arenitos, efusivas básicas, etc.

Quanto à sua distribuição na área em estudo, excetuando-se as depressões, planícies e pantanais, encontram-se em todas as demais paisagens, sempre relacionados a locais com relevo movimentado e bordas de platôs (possuem as legendas R, Ra álicos, Rd distróficos e Re eutróficos, ou ainda em LEa 7; LVa 7; PE 11; PVa 4; AQa 8 e 10).

Os solos álicos e distróficos localizam-se na serra de Aquidauana, na face noroeste do Planalto Maracajú - Campo Grande, em litologias das formações Aquidauana, Botucatu e

Furnas e do Grupo Cuiabá. Na serra de Maracajú, são originados dos basaltos da Formação Serra Geral (RADAMBRASIL, 1982 a, b).

Quanto às possibilidades de uso, esta classe apresenta uma série de limitações naturais, como topografia desfavorável para mecanização, pequena profundidade e em muitos casos, presença excessiva de cascalhos e/ou concreções, que funcionam como impedimento ao desenvolvimento de raízes, além das limitações de ordem química no caso dos álicos e distróficos.

Tendo em vista a magnitude dos problemas que apresentam, a preservação da fauna e da flora constitui a recomendação para estes solos, embora em alguns casos possam ser aproveitados com restrições para pastagem e/ou silvicultura.

3.3.1.1. 2. Solos hidromórficos

3.3.1.1.2. 1. Podzol Hidromórfico

Esta classe compreende solos minerais hidromórficos, com horizonte B podzólico, precedido por horizonte E ou raramente A (Camargo *et al.*, 1987), e em geral de textura arenosa ao longo de todo o perfil.

Distribuídos em toda a parte da área de estudos correspondente ao Pantanal (a W e NW). São formados a partir de sedimentos da Formação Pantanal, com maior ocorrência na região conhecida como Leque do Taquari, principalmente nas áreas da Nhecolândia, caracterizadas por sua feição geomorfológica singular, com grande concentração de lagoas, regionalmente conhecidas como baías, entre campos e cordilheiras (áreas mais altas, não sujeitas a inundação), em associação com Areias Quartzosas Hidromórficas e Areias Quartzosas. São solos pobres, com baixa concentração de bases, moderadamente ácidos, portanto distróficos e às vezes álicos (possuem legendas HP 1, 2 e 3; HLd 10; PLd 2, 4 e 14; HAQd 1;).

Apresentam seqüência de horizontes A, E, Bs, C, com nítida diferenciação entre eles, textura arenosa e caráter álico ou distrófico. O horizonte Bs apresenta, em geral, cor amarela ou com mosqueados amarelados e em alguns perfis há, neste horizonte, ocorrência de concreções endurecidas de ferro e/ou manganês. São solos pobres, com baixa saturação por bases, moderadamente a fortemente ácidos.

Devido às condições de inundação a que estão sujeitos, as áreas ocupadas por estes solos são utilizadas exclusivamente com pastagem natural, aproveitando os extensos campos nativos do Pantanal.

3.3.1.1.2. 2. Planossolo distrófico

Os planossolos são solos podzolizados, que apresentam drenagem deficiente devido principalmente a um horizonte de grande compactação, com elevado conteúdo em argila, constituindo um plano de argila que o torna o horizonte Bt semi-impermeabilizado.

Tratam-se de solos com horizonte A extremamente lavado, assentado sobre um horizonte B textural endurecido, nitidamente delineado e que teve sua formação devida à deposição de elevado conteúdo de argila e, pela oscilação do lençol freático, ou mesmo pela permanência de água no período chuvoso, devido ao deficiente poder de percolação do solo.

Esta classe compreende solos minerais, geralmente hidromórficos, com horizonte B textural e mudança textural abrupta, de tal forma marcante que, no solo seco, forma-se uma fratura de separação entre esse e o horizonte A, ou mais tipicamente E, sobrejacente. No horizonte B, de densidade aparente relativamente elevada e em geral policrômico, observa-se a ocorrência de cores de redução, evidenciando drenagem ruim ou imperfeita (Camargo *et al.*, 1987).

São solos típicos de relevo plano e ocorrem em todo o Pantanal Mato-grossense, desde o norte, até o sul, desenvolvidos a partir de depósitos sedimentares da Formação Pantanal (legendas PLd 2, 3, 4, 5, 8 e 14, ou ainda associado em HGPd 1; HGPe 3; PE 6; HP 2; HLd 10 e 13; HGPe 3).

Apresentam horizonte A do tipo moderado, em geral seguido de horizonte E bastante espesso, que alcança até 120 cm de profundidade. No horizonte B, bastante impermeável, são comuns feições relacionadas à alta umidade, como presença de mosqueados e cor cinza, que evidenciam condições redutoras. Em alguns casos, apresentam caráter plíntico, e concrecionário.

São encontrados solos com argila de atividade baixa ou, alta e caráter álico, distrófico, ou eutrófico. Em algumas áreas, localizadas preferencialmente a noroeste e ao sul do Pantanal, a presença de teores de sódio em nível elevado confere a esses solos caráter solódico, (saturado com sódio entre 5 e 20%). Devido a importância desse elemento em termos de uso agrícola, os solos com este caráter foram considerados, para fins de legenda, como grupo distinto. A textura predominante é arenosa/média, ocorrendo também solos com textura arenosa/argilosa e média/argilosa.

Aliada à pouca disponibilidade de nutrientes e acidez nociva, nos solos distróficos e álicos, e à elevada concentração de sódio nos de caráter solódico, a drenagem imperfeita e

o regime de alagamento no período chuvoso a que estão submetidos restringem o aproveitamento desses solos ao uso com pastagem natural.

3.3.1.1.2. 3. Solonetz Solodizado

O solos Solonetz são caracterizados pela presença de carbonatos de sódio no perfil. Em solos alcalinos ocorrentes em áreas de depressão, durante a época das chuvas, há acumulação de soluções alcalinas de matéria orgânica. No período seco se tornam depósitos negros superficiais, chamados de álcali negro (Robinson, 1949). Pode formar-se uma estrutura colunar na parte negra e ao serem removidos os sais e iluviadas as argilas dispersas, criam-se zonas argilosas e mosqueadas no subsolo, com baixa permeabilidade. Nas paredes verticais das estruturas colunares, podem aparecer depósitos de sais.

Esta classe compreende solos minerais, em geral hidromórficos, com horizonte B nátrico abaixo de um horizonte E álico ou não, ou mais raramente abaixo de um horizonte A, com o qual apresenta grande contraste quanto à estrutura e textura (Camargo *et al.*, 1987). Há predomínio de solos com argila de atividade alta, elevados valores de soma e saturação por bases e seqüência de horizontes A, E, Btn, Cn.

O horizonte A mais comum é do tipo moderado, ocorrendo A chernozêmico em alguns casos. O horizonte Btn, com cores que variam nos matizes de 10YR a 2,5 Y, e cromas geralmente inferiores a 2 apresenta estrutura fortemente desenvolvida, em blocos angulares ou subangulares e colunar, e uma permeabilidade extremamente baixa, o que impede o movimento de descida da água e contribui para aumentar os riscos de alagamento.

São formados a partir de sedimentos da Formação Pantanal e ocorrem, na área de estudo, ao norte do Rio Taquari (com a simbologia HLd 13) e ao sul, próximo a escarpa da Serra de Maracajú (com a simbologia PLd 8). Quando secos, estes solos apresentam-se extremamente duros, o que, aliado à alta saturação por sódio ($\geq 20\%$) e à facilidade de alagamento nas épocas chuvosas, restringe seu uso à pastagem.

3.3.1.1.2. 4. Gleí Pouco Húmico

Esta unidade é representada por solos formados a partir de deposições recentes, mal drenados, fortemente ácidos quando distróficos, pouco profundos e de textura argilosa dominante (com simbologia HAQa 2; HGPe e HGPd).

São muito semelhantes aos Gleis Húmicos, diferindo por apresentarem coloração bem mais clara e menor concentração de matéria orgânica no horizonte A, com valores que não excedem a 5%. A saturação e conteúdo de bases trocáveis nesses solos são bastante variáveis, desde baixos (solos distróficos) a elevados (solos eutróficos) e estão relacionados à natureza e à idade dos sedimentos dos quais foram desenvolvidos e à qualidade da água que os saturam. Esta classe compreende solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei subjacente a horizonte A do tipo moderado (Camargo *et al.*, 1987) ou mesmo fraco. São característicos de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes ou periódicos. As condições anaeróbicas, resultantes da má drenagem do perfil, dão ao solo características de intensa gleização, resultantes dos processos de redução que se intensificam nestas condições.

São originados a partir de sedimentos recentes, referidos ao Quaternário, normalmente constituídos por camadas sedimentares de natureza heterogênea. Assim, suas características são muito diversificadas, com ocorrência de textura desde média a muito argilosa, argila de atividade alta ou baixa e caráter álico, distrófico ou eutrófico (RADAMBRASIL, 1982 b).

Na área de estudo ocorrem em dois locais, o primeiro ao norte, próximo a Fazenda Lambari (HGPD1) e o outro ao sudoeste, no vazante Santa Clara (HGPe3).

3.3.1.1.2. 5. Areias Quartzosas Hidromórficas

As areias Quartzosas Hidromórficas são solos areno-quartzosos, geneticamente pouco desenvolvidos, sujeitos à flutuação do lençol freático, responsável por cores acinzentadas, que refletem condições redutoras no perfil. Esta classe compreende solos minerais hidromórficos, essencialmente arenosos (teor de argila no B inferior a 15%), excessivamente drenados, com baixa ou nenhuma concentração de materiais decomponíveis, com seqüência de horizontes A, C e com composição granuométrica nas classes texturais areia ou areia franca. Pela quantidade de areia não são plásticos e nem pegajosos.

Os solos álicos (HAQa 2) ocorrem em pequenas manchas nas várzeas de alguns rios e ribeirões no nordeste da área de estudo, relacionadas aos aluviões atuais. Já os distróficos (HAQd 1), ocorrem mais expressivamente distribuídos nas planícies e pantanais, sobre sedimentos quaternários da Formação Pantanal - possuem ainda simbologia AQa 7; LEa 5, 9, 10 e 11; LVa 6; PE 2; HP 1, 2 e 3; PVa 2; PVd 21; PLd 2 e 5; AQa 7; Ra 1 e 2).

Dada à sua localização, estão sujeitos a alagamento constantes ou periódicos, com presença de lençol freático próximo à superfície do terreno, conferindo-lhes características hidromórficas, apresentando mosqueados brancos e bruno-amarelados no horizonte C. Apresentam horizonte A moderado e caráter álico ou distrófico.

Devido à baixa fertilidade natural, textura muito arenosa e lençol freático próximo à superfície durante todo ou parte do ano, é técnica e economicamente inviável sua exploração com culturas, sendo mais utilizado com pastagem de vegetação nativa.

3.3.1.1.2. 6. Laterita Hidromórfica Distrófica

Caracteriza-se por apresentar seqüência de horizonte A, Btpl, sendo o horizonte A do tipo moderado ou chernozêmico assentado sobre um horizonte plântico, que ocorre em todo ou parte do horizonte B textural, sempre dentro dos primeiros 30 cm (RADAMBRASIL, 1982b).

O horizonte Btpl apresenta estrutura freqüentemente maciça, granular e em blocos subangulares e a textura entre média e muito argilosa.

A natureza química é muito diversificada, principalmente em função da heterogeneidade dos diversos sedimentos que originaram estes solos.

Ocorrem na área de estudo entre a escarpa da serra de Maracajú e o Vazante Feioso (HLd 7 e 10) e ao norte, na área do Corixo Vermelho (HLd 13).

3.3. 2. Termos Empregados

Quanto à pedregosidade - Utilizada para qualificar áreas em que a presença superficial ou subsuperficial de quantidades expressivas (3% ou mais) de calhaus (2 a 20 cm) e/ou matacões (20 a 100cm) interfere no uso das terras, sobretudo referente ao emprego de máquinas e implementos agrícolas. Tem como objetivo subsidiar a avaliação da aptidão agrícola das terras no que se refere às limitações à mecanização. Foram utilizadas as seguintes especificações (Fiori & Oka Fiori, 1998) :

Pedregosa - indica a ocorrência de calhaus e/ou matacões ao longo de todo o perfil, ou na parte superficial até profundidades superiores a 40cm.

Epipedregosa - indica a ocorrência de calhaus e/ou matacões na parte superficial ou dentro do solo até a profundidade máxima de 40cm.

Endopedregosa - indica a ocorrência de calhaus e/ou matacões a partir de profundidades maiores que 40cm.

Quanto ao relevo – Classificação utilizada para subsidiar a avaliação da aptidão agrícola no tocante às limitações à mecanização e à susceptibilidade à erosão, circunstâncias de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos.

Os quais tem implicação nas formas de modelado (formas topográficas) de áreas de ocorrência das unidades de solo.

Foram utilizadas as seguintes especificações, de acordo com as classes de relevo definidas a seguir (Fiori & Oka Fiori, 1998) :

Plano - superfície de topografia plana, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades entre 0 e 3%.

Suave ondulado - superfície de topografia pouco movimentada apresentando declives suaves da ordem de 3 a 8%.

Ondulado - superfície de topografia pouco movimentada apresentando declives moderados, entre 8 e 20%.

Forte ondulado - superfície de topografia movimentada com declives fortes, variáveis de 20 a 45%.

Montanhoso - superfície de topografia vigorosa, que apresenta desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, variáveis de 45 a 75%.

Escarpado - superfícies muito íngremes, com vertentes de declives muito fortes, que ultrapassam 75%.

3. 4. Geomorfologia

O mapa geomorfológico da área, bem como um perfil topográfico, digitalizados da base cartográfica produzida pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b), encontram-se no Anexo III (além deste, utilizou-se os dados levantados pelo Projeto PCBAP, 1997). Embora o mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982b – Anexo II) seja apresentado em escala 1:1.000.000, os seus dados foram levantados na escala 1:250.000.

Os elementos de geomorfologia foram utilizados tanto para a criação do DEM (*digital elevation model* - modelo digital do terreno) quanto para a classificação automática das imagens, mais especificamente, durante a escolha das áreas de treinamento.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1982b – Figura 3) na área de estudo estão presentes dois tipos principais de relevo : O altiplano, composto pelo Planalto de “Maracajú – Campo Grande” e o de “Taquari – Itiquira”. E a planície representada pelos “pantaneais” Negro e Taquari.

3.4. 1. Planalto de Maracajú Campo-Grande

Corresponde à terminação dos planaltos localizados na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná. O Projeto RADAMBRASIL (1982b) utilizou os dados de altimetria para dividir este relevo em três compartimentos.

O compartimento superior, que engloba altimetrias entre 500 e 800 metros e ocupa todo o leste da área, apresenta um relevo alçado a mais de 700 m, que tem uma continuidade através de formas dissecadas em amplos interflúvios de topo plano (t51 e t41 - conforme legenda do Mapa Geomorfológico, Anexo III). A borda deste relevo, identificada como Serra de São Gabriel, é marcada por escarpas erosivas com desníveis relativos que, em alguns trechos, são inferiores a 100 m e, em outros, pouco acima.

Este compartimento é constituído por litologias da Unidade Edafoestratigráfica Detrítico Laterítica (TQdl – Anexo I) e cretáceas da Formação Bauru, e é circundado por rochas eruptivas da Formação Serra Geral (vide cap. 3.2.).

O segundo compartimento, que comporta altimetrias que vão de 500 a 700 m, abrange toda a faixa marginal e borda do planalto que tem, na toponímia regional, a

denominação de Serra de Maracajú. A borda escarpada representa uma frente de *cuesta* festonada, disposta na direção SSW-NNE, seguindo uma leve curvatura.

O contato do planalto com a depressão é marcado por frentes de *cuesta*, em cujas vertentes a drenagem já instalou estreitas faixas de relevos dissecados do tipo aguçado (a13, a22, a23 - conforme legenda do Mapa Geomorfológico, Anexo III). Este contato pode ser marcado por *cornija* com pedimentos na base (Epd) ainda conservados. Neste trecho afloram rochas pré-cambrianas do Grupo Cuiabá. No topo do planalto, correspondendo ao reverso da *cuesta*, ocorrem formas dissecadas (t41, t31, t22, t11) e aplanadas (Ep), e, secundariamente, formas convexas (c11, c12, c21, c22) e tabulares (Et).

O compartimento inferior, com altitudes variando de 300 a 500 m, ocupa a parte central da área de estudo. É balizado a oeste pelo compartimento intermediário e a leste pela Serra de São Gabriel D'Oeste. Neste destaca-se um relevo dissecado em forma aguçadas (a22) identificado como Serra Negra, que separa o nível topográfico de 300 a 500 m em dois patamares.

Para leste, o patamar superior, inserido nas litologias da Formação Botucatu e eruptivas básicas da Formação Serra Geral, apresenta um relevo dissecado em formas de topo plano (t21, t31, t32 e t51) e convexas (c11, c21, c22). O patamar inferior, localizado a oeste da Serra Negra, apresenta um relevo mais modesto, esculpido em rochas da Formação Aquidauana, com formas convexas (c11, c22, c23) e tabulares (t31, t32).

O compartimento inferior ocorre, ainda, em ambas as margens do Rio Taquari. É caracterizado por um relevo conservado, mapeado como superfície pediplanada (Ep). O trecho correspondente à margem direita do rio constitui a borda do planalto, identificada como Serra do Pantanal. Aí as litologias do Arenito Furnas se colocam à mostra através de escarpas que se comportam como paredões abruptos ("aparados"). Sobre o planalto, a NE e NW da superfície pediplanada, foram mapeadas formas de topo plano (t21 e t31).

3.4. 2. Planalto do Taquari - Itiquira

Ocupa a parte leste e nordeste da área de estudo e representa parte da borda oeste da bacia sedimentar do Paraná. O RADAMBRASIL (1982b) divide esta unidade geomorfológica em dois compartimentos. O superior com altimetrias que vão de 500 a 800 m. Na área de estudo aparece a conexão do planalto representativo deste compartimento com o planalto de Maracajú - Campo-Grande, através de um relevo dissecado em rochas

das formações Serra Geral e Botucatu. Encontram-se formas tabulares (t21, t33, t51) e aguçadas (a22, a11). Estas ultimas correspondem a Serra de Camapuã. Que representa o contato com a unidade vizinha.

O segundo compartimento, dito intermediário, com altimetrias entre 300 e 500 m, também faz contato com o Planalto de Maracajú - Campo-Grande, na área de estudo a Serra das Torrinhas, marcada por escarpas com menos de 100 m, faz parte do limite ocidental do compartimento definido pelo RADAMBRASIL (1982b). Talhado em rochas das formações Botucatu e Aquidauana, apresenta formas tabulares (t21, t31, t32, t41), convexas (c11), aguçadas (a11, a12) e erosivas tabulares (Et).

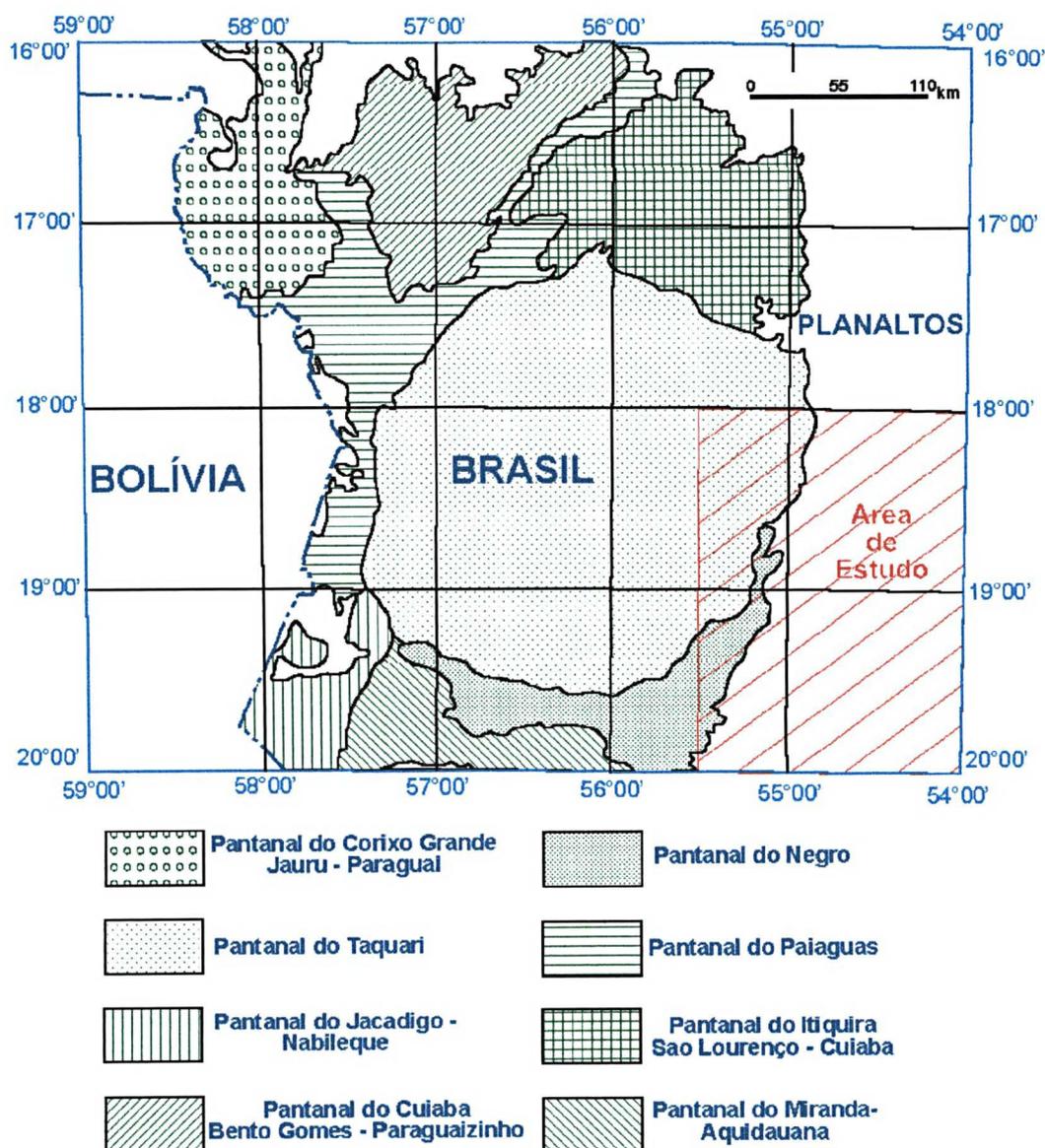


Figura 3 : Os oito “pantanais” que compõe o Pantanal Mato-grossense (Digitalizado de RADAMBRASIL, 1982b).

3.4.3. Planícies e Pantanaís Matogrossenses

O Pantanal foi dividido em oito tipos diferentes pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b), conforme pode ser observado na figura 3. Na área de estudo encontram-se os “Pantanaís” do Negro e do Taquari, associados aos rios que lhes dão o nome.

Os pantanaís possuem feições bastante peculiares e de terminologia tipicamente regional. É o caso das “baías”, “cordilheiras”, “vazantes” e “corixós”.

As “baías” constituem áreas deprimidas, contendo água, às vezes salobra, delineando formas circulares, semi-circulares ou irregulares.

As “cordilheiras” são pequenas elevações do terreno situadas entre duas “baías” e em média com 2m acima do espelho d’água das mesmas. Constituem áreas quase nunca alagadas, sendo atingidas apenas durante cheias excepcionais, servindo de sítios para as sedes das fazendas e de abrigo para o gado nos períodos das cheias (Fotografia 09).



Fotografia 09 : No segundo plano da fotografia, toda a parte seca, coberta por árvores, corresponde a uma cordilheira (Pantanal do Taquari - setembro de 1998).

As “vazantes” compreendem as amplas depressões situadas entre as “cordilheiras”. Na época de enchente servem de escoadouro entre as “baías”, adquirindo o caráter

de curso fluvial intermitente, com vários quilômetros de extensão. Entretanto, o RADAMBRASIL (1982b) cita que muitas vezes as vazantes têm caráter perene, fato provavelmente ligado à proximidade do lençol freático à superfície (Fotografia 10).



Fotografia 10 : Trecho de vazante (Pantanal do Taquari, setembro de 1998 - na estação seca) do Pantanal de Rio Negro.

Os “corixós” correspondem a pequenos cursos de água de caráter perene, conectando baías contíguas. Comparados às “vazantes” possuem maior poder erosivo, e a incisão é muito maior no sentido linear, originando canais estreitos e mais profundos.

Em quase todos os “pantanais” ocorrem três feições de acumulação inundáveis e áreas de acumulação recente (Apf, Apfl, Apl, Aptf e Atf - conforme legenda no Mapa Geomorfológico, Anexo III). Porém, a diferente disposição dos sedimentos confere características distintas a eles. Alguns apresentam leques aluviais, outros uma maior densidade de baías ou de diques marginais. Além disto há uma maior diversidade de aspectos pedológicos e botânicos.

Os pantanais constituem uma vasta superfície rebaixada, recoberta por sedimentos quaternários, cuja deposição ainda não cessou. Segundo o RADAMBRASIL (1982b) sua gênese se deve às movimentações tectônicas terciárias e às fases erosivas e deposicionais que se seguiram. Contudo, sua evolução atual esta relacionada principalmente à atuação de fatores externos, onde a dinâmica fluvial tem um papel relevante.

Duas feições geomorfológicas distintas são identificáveis nos pantanais : as planícies e as áreas de acumulação inundáveis. A primeira compreende as planícies fluviais (Apf) ou fluviolacustres (Apfl) e se encontra intimamente relacionada ao rio Paraguai e seus tributários. A segunda (Aai) situa-se em posição interfluvial em relação à drenagem de maior importância e apresenta um padrão de drenagem indecisa composta por “corixós”, “vazantes” e “baías”.

As planícies estão modeladas em depósitos aluviais holocênicos, ao longo das bacias de drenagem e são caracterizadas por apresentarem diques marginais, ilhas e lagoas.

3.4.3. 1. Pantanal do Taquari

É constituído pelo leque sedimentar do Rio Taquari, chamado de "Macro Leque" pelo Projeto RADAMBRASIL (1982b) e "Leque Gigante" por Soares *et al.* (1996), pois possui uma área de cerca de 50.000 km² com um eixo de cerca de 250 km de comprimento.

Este pantanal ocorre na parte NW da área de estudo, onde os espraiamentos do Rio Taquari, se expandem para oeste, com ambas as margens assinalando áreas de inundação fraca (Aai1), média (Aai2) e forte (Aai3).

No interflúvio Taquari-Negro, além das feições marcadas por fraca e mediana inundação, registrou-se uma área caracterizada como planície fluviolacustre. Assim, o setor nordeste é marcado por uma área de fraca inundação, cujas feições geomórficas, pedológicas e vegetais são semelhantes à área de Aai1, vinculada aos sedimentos arenosos da Formação Pantanal que constitui a principal litologia do pantanal.

3.4. 3. 2. Pantanal do Negro

O Pantanal do Negro ocorre parte leste da área de estudo, “encaixado” entre o Pantanal do Taquari e os pedimentos (Epd) da escarpa da Serra de Maracajú. Nesta região recebe também a denominação particular de Pantanal da Nhecolândia e engloba áreas de acumulação inundáveis dos tipos Aai1, Aai2, Aai3 e áreas de planícies fluviais e fluviolacustres. Como ocorre nos demais pantanais, as litologias pertencem à Formação Pantanal.

4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Dentro do contexto do projeto CORINE - "*Coordination of information on the environment*" (CORINE, 1992 e Heymann *et al.* 1994), firmado pelos países membros da Comunidade Européia em 27 de junho de 1985, foi desenvolvido, como parte deste, o Projeto de Cobertura dos Solos do CORINE, com o objetivo de fornecer uma base de informações geográficas localizadas, consistente, do tipo de cobertura dos solos dos Estados Membros da Comunidade Européia.

O projeto de cobertura dos solos deveria prover o Projeto CORINE, e o maior número possível de usuários, com informações que deveriam ser homogêneas, completamente comparáveis por todos os países envolvidos e ser atualizáveis periodicamente. Por estas características, a legenda de cobertura dos solos do CORINE (com algumas modificações descritas à frente) foi adotada como legenda base neste trabalho e no Projeto Pantanal, onde, como já explicado, pesquisadores do Brasil, Itália, Portugal e Paraguai, produzem, nos seus respectivos países, dados que deverão ser analisados em conjunto.

Três elementos do Projeto de Cobertura dos Solos do CORINE são determinados pela natureza da informação desejada (Heymann *et al.* 1994) :

- a escala de mapeamento usada;
- a definição da unidade de área e o tamanho da menor unidade mapeável;
- a nomenclatura de cobertura dos solos.

Dos três elementos principais, neste trabalho, por comodidade gráfica, os dados finais são apresentados em escalas variadas, porém analisados na escala 1:250.000 em ambiente SIG e 1:100.000 na interpretação das imagens, enquanto que o CORINE, nível 3, é apresentado na escala 1:100.000 (Heymann *et al.* 1994). A unidade de área é aquela definida como "área de estudo" no início deste trabalho e a menor superfície mapeável nesta tese foi considerada 25 hectares.

Por fim, a nomenclatura para a interpretação da cobertura dos solos utilizada nesta tese, se baseia naquela criada pelo Projeto de Cobertura do Solo do CORINE (Heymann *et*

al. 1994). A nomenclatura original, adotada na Europa, e aquela modificada, adotada neste trabalho, são explicadas a seguir.

4. 1. Nomenclatura CORINE

A “estrutura lógica” teórica sobre a qual foi desenvolvida a nomenclatura criada pelo Projeto de Cobertura do Solo do CORINE (Heymann *et al.* 1994) está representada na figura 4, e que engloba todos os tipos possíveis de cobertura dos solos.

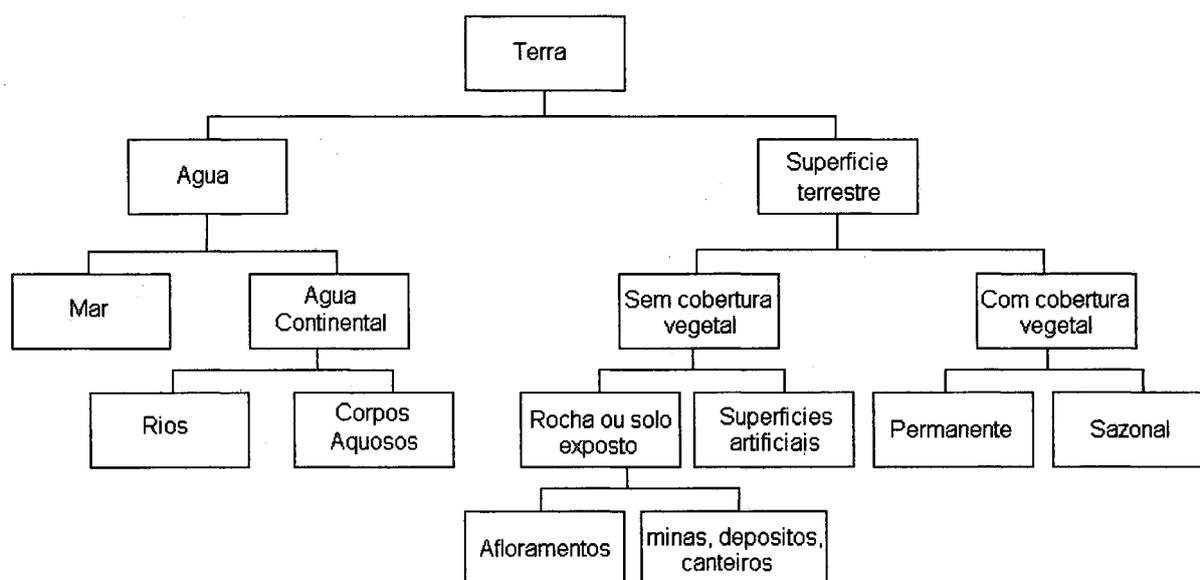


Figura 4 : Esquema teórico para a construção de uma nomenclatura de tipos de cobertura dos solos (Heymann *et al.* 1994).

A nomenclatura CORINE (Tabela 1) compreende três níveis :

- O primeiro, com cinco itens, indica as categorias maiores de cobertura dos solos no planeta (resumidas em um maior ou menor grau).
- O segundo nível, com 15 itens, é para o uso em escalas 1:500.000 e 1:1.000.000 .
- O terceiro nível, com 44 itens, é usado em escala 1:100.000 .

Um quarto nível pode ser adicionado, para alguns, ou todos os itens, seguindo os seguintes pré-requisitos :

- os itens adicionais devem incluir todos os tipos de cobertura do solo cobertos pelo item de nível três (códigos de quatro caracteres são usados somente por estes itens).
- os novos itens criados não podem se relacionar com mais de um item nível três.

- o mapeamento de cobertura do solo tipo CORINE (que é nível três), deve ser finalizado antes de iniciar o mapeamento de nível quatro.

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1. Superfícies Artificiais	1.1. Padrão Urbano 1.2. Áreas Industriais, comerciais e de transporte 1.3. Mina, depósito de lixo e local de construção 1.4. Áreas vegetais, não agrícola, artificiais	1.1.1. Padrão Urbano Contínuo 1.1.2. Padrão Urbano Descontínuo 1.2.1. Unidades industriais ou comerciais 1.2.2. Rodovias, ferrovias e terrenos associados 1.2.3. Áreas portuárias 1.2.4. Aeroportos 1.3.1. Local de extração mineral 1.3.2. Áreas de descarga e depósitos de lixo 1.3.3. Locais em construção 1.4.1. Áreas verdes urbanas 1.4.2. Áreas de lazer e esporte
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada 2.2. Culturas permanentes 2.3. Pastos 2.4. Áreas agrícolas heterogêneas	2.1.1. Terra arada não irrigada 2.1.2. Terra constantemente irrigada 2.1.3. Campos de arroz 2.2.1. Vinhas 2.2.2. Pomares e árvores frutíferas 2.2.3. Oliveiras 2.3.1. Pastagens 2.4.1. Culturas anuais associadas com culturas permanentes 2.4.2. Padrões de cultivo complexos 2.4.3. Terra ocupada principalmente por agricultura, com áreas significativas de vegetação natural 2.4.4. Área agro-florestais
3. Florestas e áreas semi-naturais	3.1. Florestas 3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada 3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.1.1. Floresta Latifoliada 3.1.2. Floresta de Coníferas 3.1.3. Floresta Mista 3.2.1. Pradaria Natural 3.2.2. Vegetação Arbustiva (<i>moors e heathland</i>) 3.2.3. Vegetação esclerófito 3.2.4. Área com vegetação arbustiva em evolução 3.3.1. Praias, dunas e planícies arenosas 3.3.2. Rocha Nua 3.3.3. Área de vegetação esparsa 3.3.4. Área Queimada 3.3.5. Geleiras e neves perenes
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais 4.2. Zonas úmidas costeiras	4.1.1. Pântanos internos 4.1.2. Turfeira 4.2.1. Pântanos salgados 4.2.2. Salinas 4.2.3. Planície Intra-maré (<i>Intertidal flats</i>)
5. Corpos Aquosos	5.1. Águas continentais 5.2. Águas marinhas	5.1.1. Cursos de água 5.1.2. Corpos de água 5.2.1. Lagoas Costeiras 5.2.2. Estuários 5.2.3. Mares e oceanos

Tabela 1 : Nomenclatura de Cobertura do Solo criada pelo Projeto CORINE (Heymann *et al.* 1994).

Enfim, deve se ter atenção no sentido de que os itens criados sejam compatíveis com a escala, tamanho da menor área mapeável e as informações básicas (dados obtidos por satélite, por exemplo).

4.1. 1. Exemplo de Uso da Quarta Classe do CORINE

Os trabalhos do CORINE na região da Toscana – Itália (Reggione Toscana, 1990), acrescentaram uma quarta classe aos terrenos agrícolas (Tabela 2), isto para adaptar-se às próprias peculiaridades da região. O restante das demais classes não foi alterado.

2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada	2.1.1. Terra arada não irrigada	2.1.1.1. Viveiros e Culturas protegidas	
			2.1.1.1. Outras Culturas	
		2.1.2. Terra constantemente irrigada		
		2.1.3. Campos de arroz		
	2.2 Culturas permanentes	2.2.1. Vinhas		2.2.1.1. Culturas permanentes mistas com leve predominância de vinhas
				2.2.1.2. Outras Vinhas
		2.2.2. Pomares e árvores frutíferas		2.2.2.1. Culturas permanentes mistas com leve predominância de arvores
				2.2.2.2. Árvores frutíferas que recaem em áreas irrigadas
				2.2.2.3. Castanheiras
			2.2.2.4. Outras árvores frutíferas	
	2.2.3. Oliveiras		2.2.3.1. Culturas permanentes mistas com leve predominância de oliveiras	
			2.2.3.2. Outras oliveiras	
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastagens		
2.4. Áreas agrícolas heterogêneas	2.4.1. Culturas anuais associadas com culturas permanentes			
	2.4.2. Padrões de cultivo complexos			
	2.4.3. Terra ocupada principalmente por agricultura, com áreas significativas de vegetação natural			
	2.4.4. Área agro-florestais			

Tabela 2 : Exemplo de quarta classe CORINE (Reggione Toscana, 1990).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho, tem por base a aplicação de um método para a interpretação multitemporal, dentro de um ambiente SIG, das imagens de satélite de diferentes períodos e dos dados de uso do solo da década de 60, confrontados a um banco de dados georreferenciado e multitemporal.

As imagens empregadas são *Landsat 5 TM* de 1985 e 1996 (*Landsat*, 1985b e 1996b), foram utilizadas as cenas completas 225-073 (órbita-ponto) de 28/09/96 e 16/10/85, além de dois pequenos *sub-sets* (segmentos da imagem original) da cena 225-072 (mais a norte, *Landsat*, 1985a e 1996a) de 12/09/96 e 13/08/85 (a articulação destas imagens aparece na Figura 2). A escolha destas datas se deve primeiramente por ser durante a estação seca e também por coincidir com o período de preparo da terra, facilitando assim a identificação de áreas agrícolas.

As cartas topográficas, com legenda de uso dos solos, são do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e do D.S.G. (Divisão do Serviço Geográfico do Exército). Os dados contidos são de década de 1960 (reimpressão de 1982 – DSG 1982a, b).

Os métodos e as técnicas empregados foram centradas nos seguintes conjuntos de tarefas:

- 1) Compilação, processamento e integração da informação obtida em ambiente SIG.
- 2) Aquisição de dados em campo.
- 3) Obtenção da carta de cobertura do solo de 1966, à partir da digitalização das cartas do IBGE/DSG, à escala 1:250.000 (DSG 1982a, b).

Para a obtenção dos diferentes tipos de uso dos solos que compõem a legenda de uso dos solos de 1966, foram digitalizadas as cartas Coxim e Camapuã.

- 4) Processamento, análise e interpretação multitemporal de imagens de satélite. Imagens *Landsat* de 1985 e 1996 serão processadas e comparadas.

Visando encontrar o maior número possível de classes, foram classificadas as cenas 225-073 completas de 1985 e 1996 (*Landsat*, 1985b e 1996b), além de um pequeno *sub-set* da imagem 225-072 das mesmas datas (*Landsat*, 1985a e 1996a).

- 5) Cruzamento dos bancos de dados de 1966, 1985 e 1996, em ambiente SIG, para a análise multitemporal propriamente dita, sobre a folha Coxim.

No contexto do Projeto Pantanal, este trabalho representa a análise multitemporal de uma das áreas piloto (Folha Coxim – DSG 1982a). O principal resultado esperado é o desenvolvimento de um método de trabalho sobre as áreas piloto e, a partir destas, sua aplicação para toda a Bacia do Pantanal, resultando na sua compreensão, dentro de uma visão sistêmica de entidade natural, submetida a tensões internas e externas, e a transformação destas informações em guias complementares para o desenvolvimento sustentado desta região.

O trabalho aqui apresentado representa uma normatização de método de trabalho que pode ser aplicado por diferentes pesquisadores em diferentes ambientes de trabalho, gerando bancos de dados totalmente comparáveis entre si. Estes bancos podem ainda ser atualizáveis ou adaptáveis a outros casos de estudo.

5. 1. Resultados Metodológicos Alcançados

Os sistemas e técnicas de sensoriamento remoto (principalmente aqueles ligados ao projeto Landsat MSS e TM), estabelecidos à partir do início dos anos setenta, podem permitir o estudo da evolução ambiental da região do Pantanal desde o início da intensificação dos processos antrópicos através de análises multitemporais.

Estudos multitemporais foram conduzidos, de fato, com resultados satisfatórios em várias regiões do mundo interessadas em evidenciar mudanças ambientais (Gordon, 1980; Travaglia *et al.*, 1995; Steininger, 1996, Righini *et al.* 1998, Righini *et al.* 1999 e Disperati *et al.* 1998).

Assim, o presente estudo foi conduzido através da elaboração e análise, em ambiente SIG (*Arc® Info®*, ESRI, 1997a - *ERDAS® Imagine®*, Erdas, 1995 e 1997a), utilizando-se principalmente os dados provenientes de imagens de satélite Landsat TM de diferentes datas e cartas topográficas.

5. 1. 1. Normatização do método para a análise multitemporal

A figura 5 mostra o esquema simplificado do método de análise multitemporal, compreende todo o processo de obtenção, gerenciamento e análise dos dados. Este método, aplicado à área da folha Coxim (DSG 1982b), constitui-se de diversos passos, explicados à seguir.

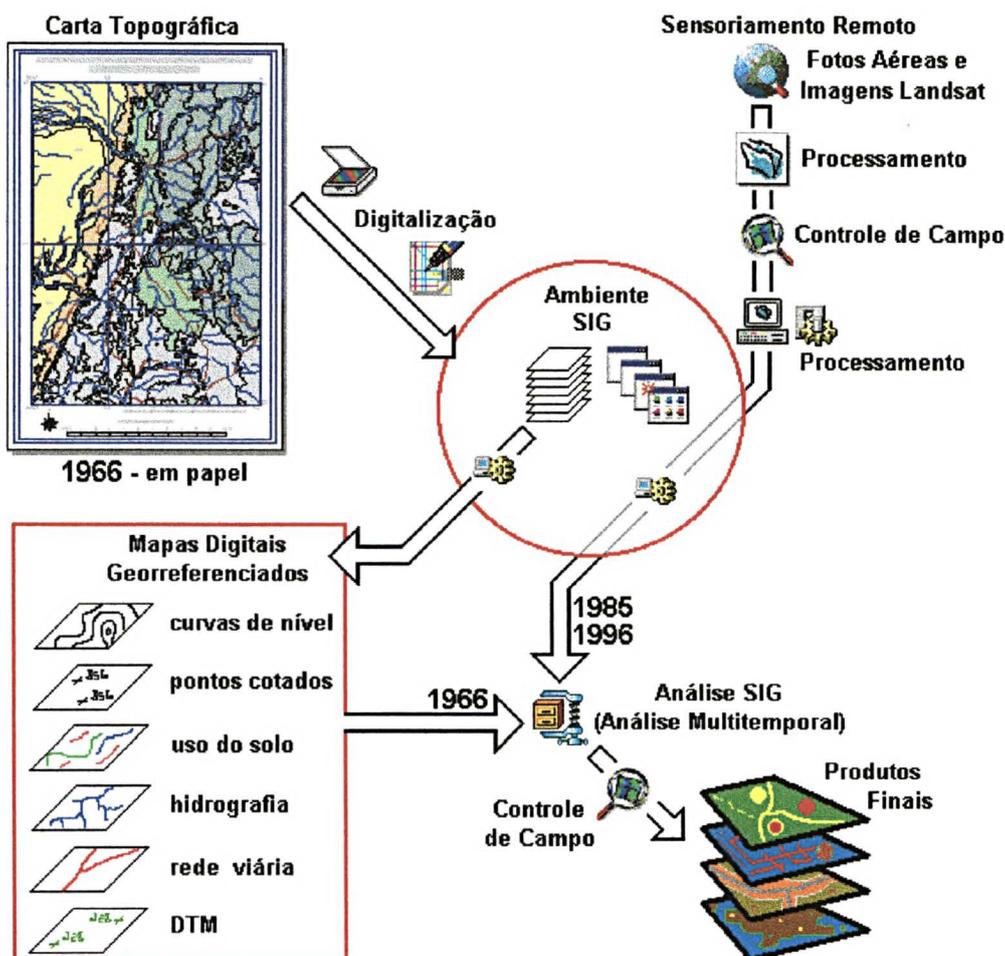


Figura 5 : Esquema reduzido do método de análise multitemporal proposto neste trabalho.

Como primeiro passo, a carta topográfica é escaneizada, devendo o arquivo resultante (formato *raster*) ser convertido para o formato vetorial e introduzido em ambiente SIG (o processo de vetorialização dos dados se encontra detalhado no Anexo V - Obtenção de *Coverages Arc Info*[®], à partir de arquivos digitalizados com o *Macromedia*[®] *FreeHand*[®]).

Foram utilizadas as cartas topográficas da DSG - Divisão do Serviço Geográfico do Exército e do IBGE (às escalas 1:250.000, ambas de 1966. DSG 1982a, b) como fonte dos dados para a carta base.

Dentro do ambiente SIG, os dados destas cartas fornecem a base topográfica (curvas de nível, pontos cotados), a hidrografia, a malha viária e o uso do solo de 1966. Os dados de todas as cartas devem ser transferidos para uma única base de dados (ver detalhes no item 5. 1. 1. 2. - transferência dos dados para o ambiente SIG, à seguir).

Com técnicas de sensoriamento remoto são trabalhadas imagens de satélite Landsat TM de 1985 e 1996, e os dados obtidos também são inseridos em ambiente SIG (ver detalhes no item 5. 1. 1. 3. - interpretação das imagens, à seguir). Sendo efetuado ainda um controle de campo para verificar a acuidade do resultado das interpretação das imagens.

Ainda em ambiente SIG, os dados extraídos das cartas topográficas são cruzados com aqueles fornecidos pelas imagens de satélite, tendo-se como produto final, um banco de dados SIG de toda região de estudo. Existe um conflito entre a diferença da natureza dos dados vindos das cartas topográficas e aqueles obtidos das imagens de satélite. Como será explicado à frente, este problema foi solucionado através de uma reclassificação comum às duas fontes de dados.

Assim estes dados podem ser comparados entre si, gerando os subsídios para a análise da evolução geo-ambiental da área (ver detalhes no item 5. 1. 1. 5. análise multitemporal).

A seguir são detalhadas estas etapas de trabalho :

5. 1. 1. 1. Digitalização das Cartas Topográficas

A primeira a parte do trabalho, a digitalização da carta topográfica, para a criação da carta de uso dos solos de 1966 (em formato vetorial), compreende duas etapas (Figura 6). Na primeira, a carta é escanerizada. Obtém-se assim uma imagem no formato *raster*, a qual é corrigida geometricamente (com o uso de *softwares* como *Erdas-Imagine*[®] - Erdas 1995 e 1997a ou *Cartha*[®] for Windows[®] - Cartha 1995) para eliminar possíveis distorções do papel ou decorrentes da escanerização. A imagem corrigida é exportada para o formato .TIF, formato compatível com a maiorias dos editores de imagens raster (Figura 6).

Numa segunda etapa, esta imagem, já geometricamente corrigida, é vetorializada com o uso de um software como o *Macromedia*[®] *FreeHand*[®] (Macromedia, 1995 e 1997 ou o *AutoDesk*[®] *AutoCAD*[®] - Autodesk, 1997) que permite uma excelente qualidade de vetorialização, principalmente para curvas, se comparado a uma mesa digitalizadora.

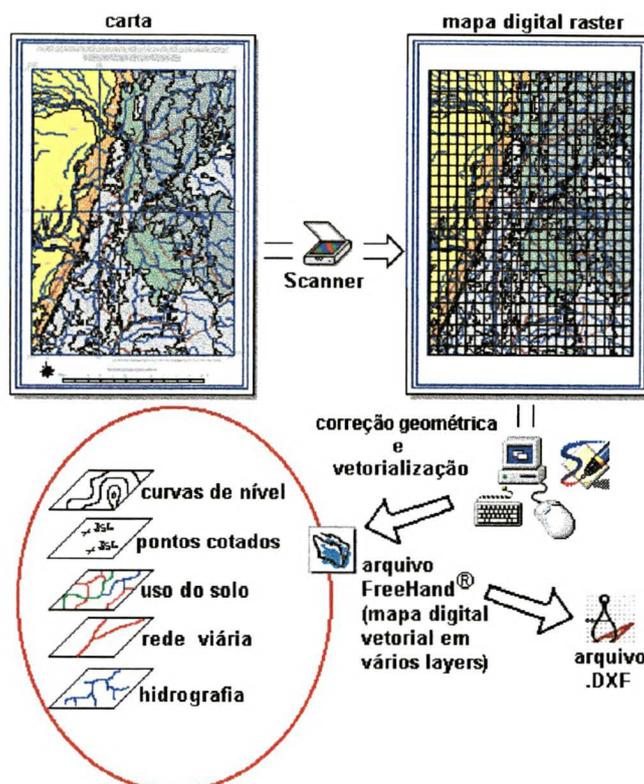


Figura 6 : Etapa de digitalização das cartas topográficas, correção geométrica e vetorialização.

O trabalho no *Macromedia® FreeHand®* (Macromedia, 1995 e 1997) é semelhante àquele com fotografias aéreas e *overlays*, desenhando-se em um *layer* (ou plano de informação) vetorial diretamente sobre a imagem raster. São digitalizadas, em *layers* diferentes, as curvas de nível, os pontos cotados, o uso do solo (de acordo com a legenda da carta topográfica), as estradas e a hidrografia, sendo esta última digitalizada, ainda, por bacia hidrográfica, para facilitar a sua recuperação e análise morfométrica posteriormente.

O arquivo resultante, já vetorial, é convertido de .FH7 (formato proprietário do *Macromedia® FreeHand®* - Macromedia, 1995 e 1997) para o formato .DXF (*AutoDesk®*, comumente aceito como forma de entrada vetorial pelos *softwares* SIG).

5. 1. 1. 2. Transferência dos dados para o ambiente SIG

O arquivo .DXF resultante é importado para o ambiente SIG (neste caso o *Esri® Arc Info®* - Esri, 1997a). Com operações SIG (extração diferenciada, interseção, adição e subtração de *coverages*) gera-se a base de dados topográficos e do uso do solo de 1966 (Figura 7).

A estrutura de *layers* gerada no *FreeHand*[®] é transformada numa estrutura de *coverages Arc Info*[®]. Esta composta pela base topográfica (curvas de nível e pontos cotados, para a criação de um modelo digital do terreno), drenagem (a qual pode ser isolada por bacia), uso do solo e a rede viária principal.

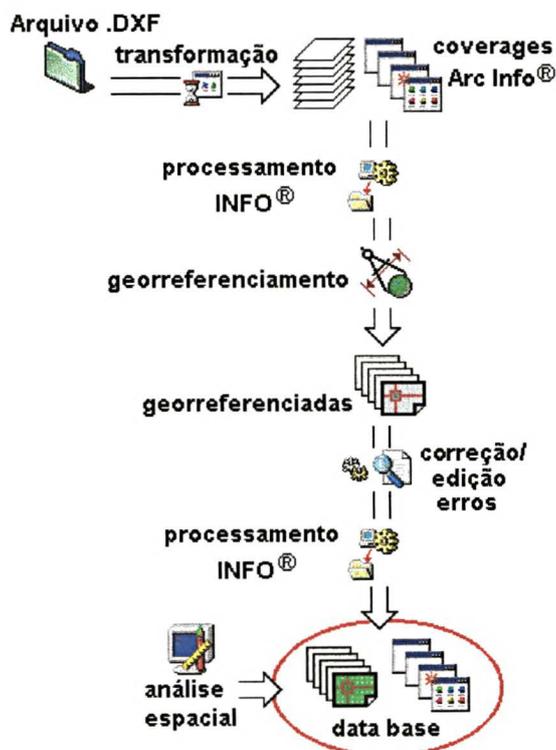


Figura 7 : Etapa de Transferência dos dados de arquivos .DXF para o ambiente SIG.

Em ambiente SIG estas *coverages* (ou planos de informação em *Arc Info*[®] - Esri, 1997a), com os dados do uso do solo de 1966, são a seguir georreferenciadas, de modo a dar-lhes um sistema de coordenadas e permitir a correção de eventuais problemas de digitalização.

5. 1. 1. 3. *Interpretação das Imagens.*

A figura 8 mostra um esquema reduzido da etapa de trabalho sobre as cenas de satélite (Landsat TM), que é a mesma tanto para as imagens de 1985, quanto para as de 1996. Tal etapa faz parte do método para análise multitemporal (ver Figura 5) e é detalhada em itens, na seqüência.

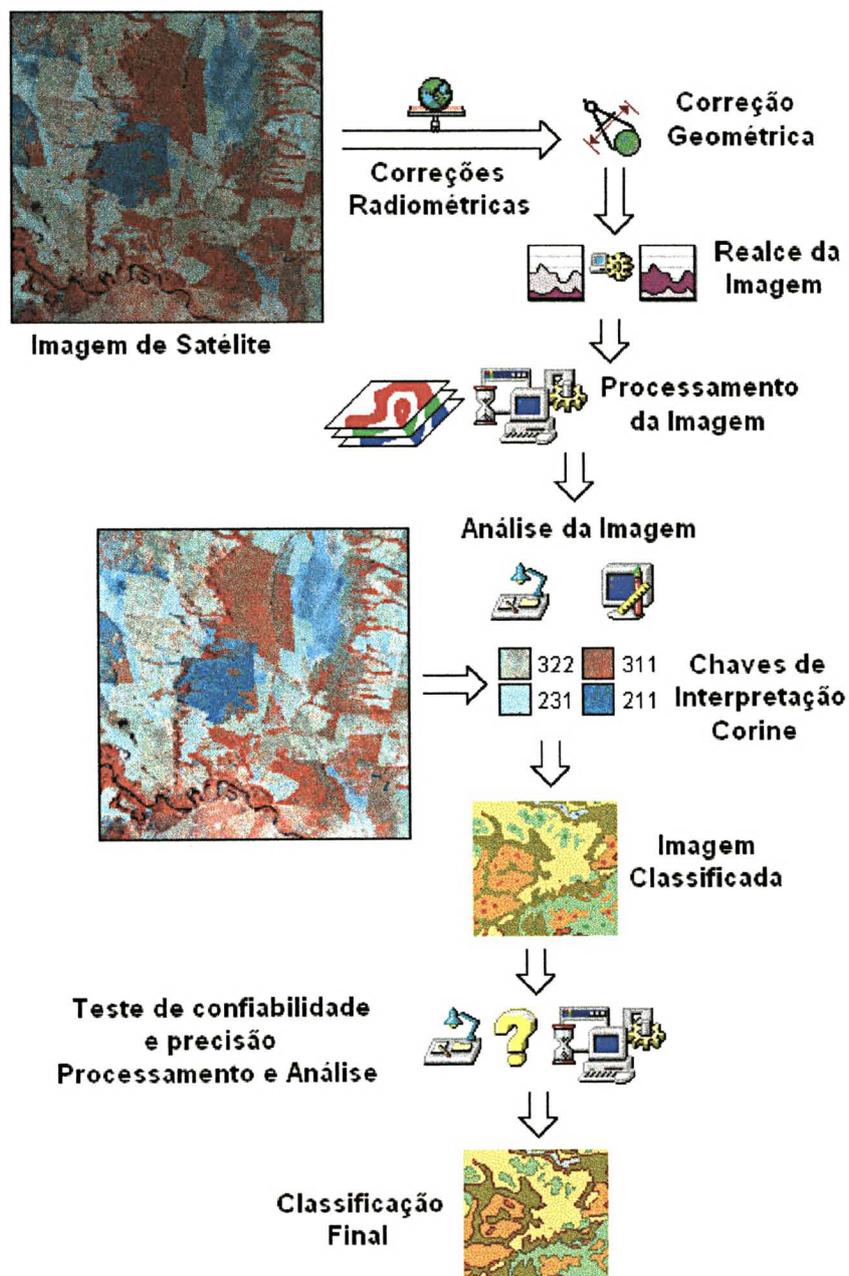


Figura 8 : Etapas de interpretação e processamento das imagens de satélite.

5. 1. 1. 3. 1. Pré-Processamento

5. 1. 1. 3. 1. 1. Restauração da Imagem

Numa primeira etapa as imagens, com o uso do *Erdas® Imagine®* (Erdas, 1995 e 1997a) sofrem um pré-processamento, quando são corrigidas geometricamente. As correções radiométricas devem ser efetuadas neste ponto. As imagens utilizadas nesta tese não necessitaram deste tipo de correção.

Correção Geométrica : devido à curvatura terrestre e ao relevo, o intervalo de amostragem por toda a imagem não é uniforme. Devido a órbita do satélite próxima aos pólos (e não exatamente polar), as linhas de amostragem não são exatamente leste/oeste. Além disto, devido à rotação terrestre, as feições ortogonais do terreno não o serão sobre a imagem (fazendo com que a orientação da imagem não seja norte-sul). Estas distorções podem ser modelizadas e sistematicamente corrigidas. Parte deste erro já vem corrigido pelas agências distribuidoras das imagens.

Para transformar a imagem geometricamente, em exato acordo com sistema de coordenadas dos mapas e *layers* de dados SIG, deve ser aplicada a esta imagem uma projeção e um sistema de coordenadas geográfico. Para tanto são necessários pontos de controle ao solo (*ground control points*) com coordenadas conhecidas.

A correção geométrica envolve a aplicação de uma grade (*grid*) corrigida (com um sistema de coordenadas de terreno) sobre a imagem (distorcida), reposicionando-a (por reamostragem), *pixel a pixel*, de acordo com este *grid* de referência, fazendo com que os *pixels* armazenem as novas informações de posicionamento geográfico (Figura 9).

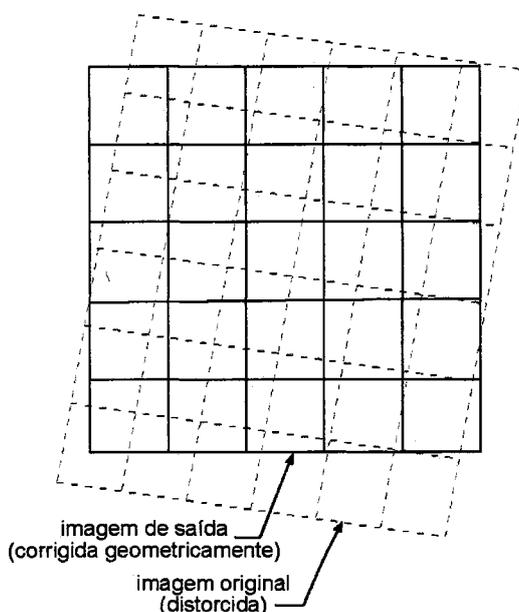


Figura 9 : Desenho esquemático mostrando a relação entre uma imagem georreferenciada e aquela distorcida (Modificado de Lillesand & Kiefer, 1994).

5. 1. 1. 3. 1. 2. Realce da Imagem

Com o objetivo de melhorar a qualidade visual da imagem, para facilitar os trabalhos de interpretação sobre a mesma, pode-se fazer um realce de imagem, sem contudo perder os dados do arcabouço radiométrico neste processo.

Realce Espectral : com o objetivo de melhorar a visualização de detalhe, é aconselhável que o conjunto de dados possa utilizar toda a amplitude possível, em níveis de cinza, para exibir a imagem no monitor (Figura 10).

O realce espectral (linear) é feito por *default* (padrão) pela maioria dos editores de imagens de satélite. A distribuição dos níveis de cor é recalculada estatisticamente de modo a possuir uma maior distribuição das frequências dos níveis de cinza.

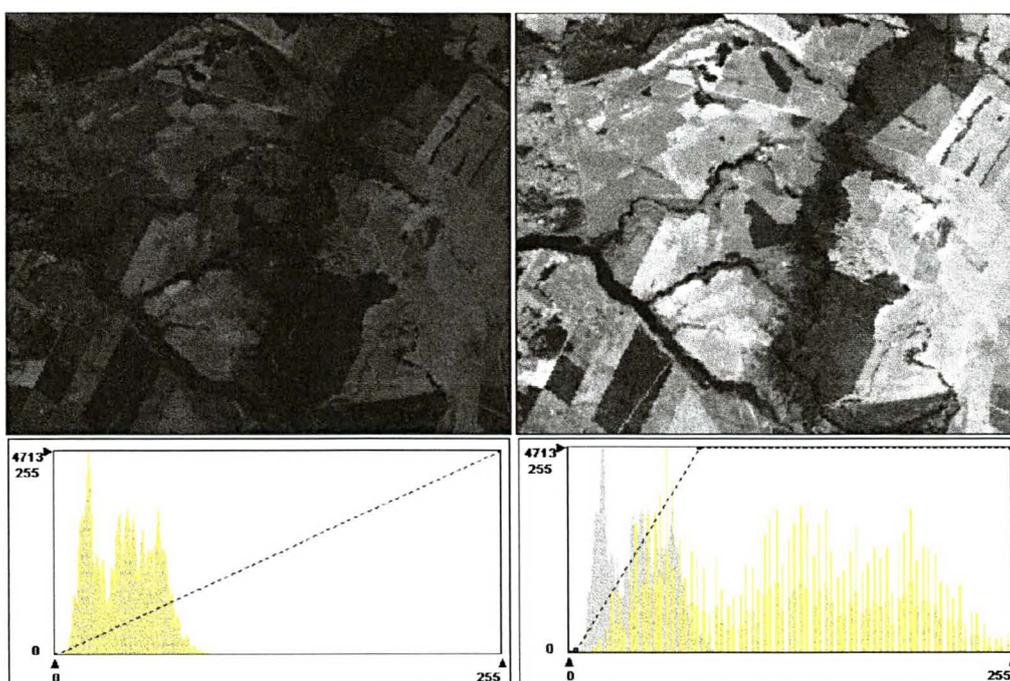


Figura 10 : a imagem da esquerda não possui o "stretch" do seu histograma de frequência, enquanto a da direita sim. Embora sejam visualmente diferentes, as informações do arcabouço radiométrico foram mantidas.

5.1.1.3. 2. Análise da Imagem

O objetivo nesta etapa é a automatização da obtenção das informações, à partir da imagem de satélite. Para tanto pode-se utilizar a classificação automatizada das imagens.

A classificação automática supervisionada redivide a imagem em classes baseadas nas áreas de treinamento (*training samples*) fornecidas ao sistema pelo usuário. Métodos estatísticos (máxima verossimilhança) são utilizados para classificar o *pixel* de acordo com sua máxima semelhança a cada uma das diferentes classes criadas durante o processo

(Figura 11). Durante a classificação, os *pixels* com informações em dúvida podem ser classificados posteriormente.

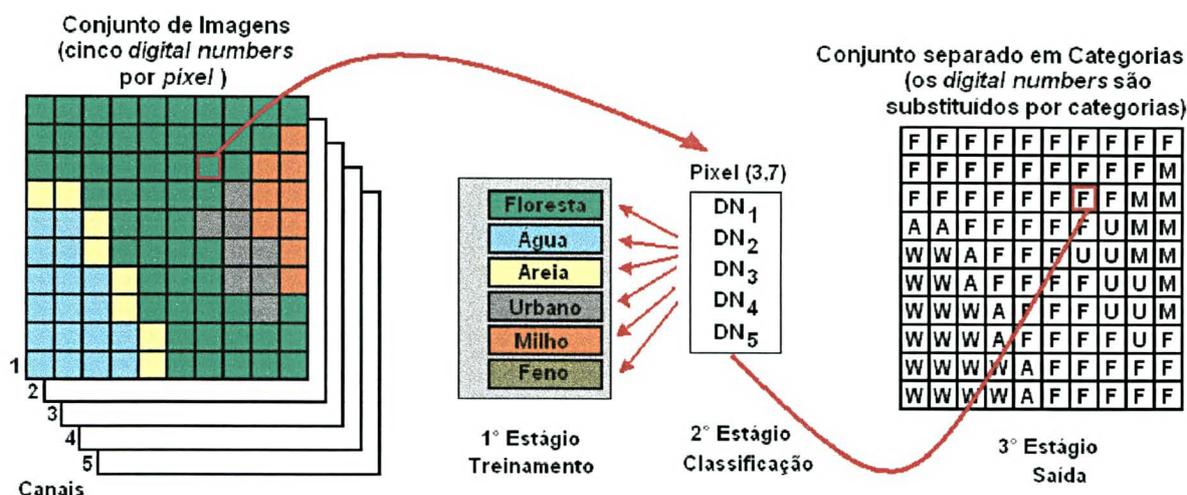


Figura 11 : Esquema da classificação automática supervisionada. Num primeiro estágio os dados numéricos (*Digital Number*) são reconhecidos das áreas de treinamento para identificação da assinatura espectral. Num segundo, cada *pixel* (ainda desconhecido) é comparado à categoria mais similar. No terceiro estágio os resultados são apresentados (mapas, tabelas, bancos de dados SIG - Modificado de Lillesand & Kiefer, 1994).

5.1.1.3.2. 1. Seleção das Áreas de Treinamento

Esta fase deve ser executada tendo em conta as chaves de interpretação, as quais foram obtidas na etapa de campo. Estas chaves devem ser distribuídas espacialmente de forma homogênea por toda a imagem, e as mais distinguíveis o possível como feições (mata, campo, rio, etc . . .).

As fotografias das áreas de treinamento (e chaves de interpretação), no campo, foram posicionadas na imagem com auxílio de um GPS. Além das coordenadas das fotografias, foram anotadas as direções de visada em que foram feitas as fotografias no terreno.

No ambiente *Erdas® Imagine®* (Erdas, 1995 e 1997a) as áreas de treinamento são definidas à partir de AOIs (*areas of interest*). Na prática, muitas vezes em que se fizer referência a uma AOI, estará sendo levada em consideração uma área de treinamento.

As áreas de treinamento se prestam a informar ao sistema quais são as classes a serem identificadas durante o processo de classificação supervisionada. Primeiramente, foi realizada uma classificação automática não-supervisionada com trinta classes, isto objetivando fornecer subsídios à identificação das assinaturas espectrais mais importantes na cena a ser interpretada e determinação da capacidade de distinção do *software*.

Tendo em conta a informação fornecida desta primeira classificação e os dados obtidos em campo, foram consideradas 16 classes para a determinação das áreas de treinamento para a classificação supervisionada das cenas *Landsat* :

Classe 1 : **Lat1** – Latossolo 1 - Esta classe representa o primeiro tipo de solo latossólico exposto. São geralmente terrenos arados, zonas agrícolas (ver Figura 12 e 14).

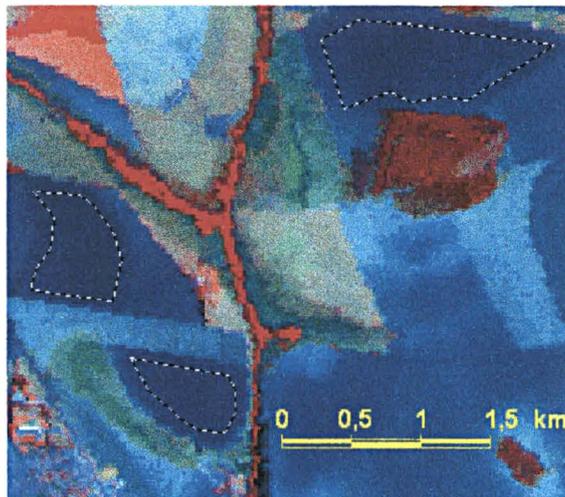


Figura 12 : Exemplo de área de treinamento Lat1 (em tracejado claro), no caso um tipo de classe de latossolo arado. Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996, região próxima à São Gabriel D'Oeste.

Classe 2 : **Lat2** - Latossolo 2 - Segundo tipo de solo latossólico arado (ver Figura 13 e 14). É o mesmo tipo de solos da classe "Lat1", porém com uma resposta espectral diferente (azul mais claro nas composições 453 e 457). Também corresponde a zonas agrícolas.

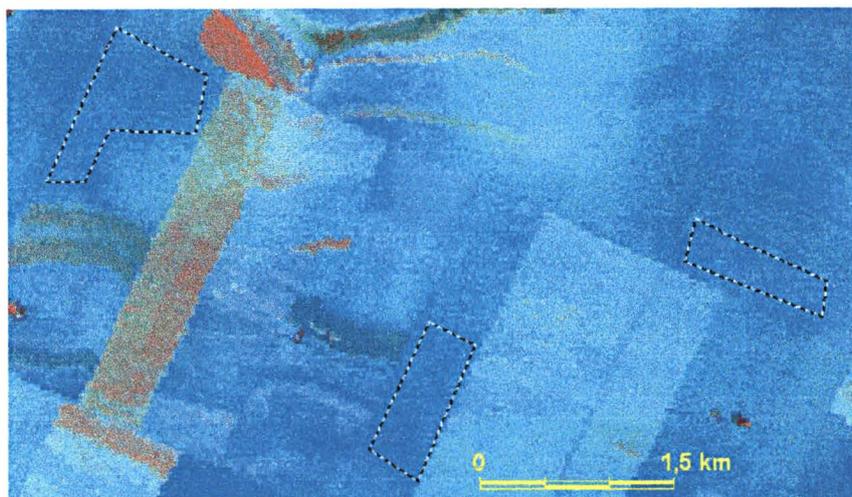


Figura 13 : Exemplo de área de treinamento "Lat2" (em tracejado claro) no caso, o segundo tipo de classe para os latossolos arados (expostos). Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996, região próxima à São Gabriel D'Oeste.

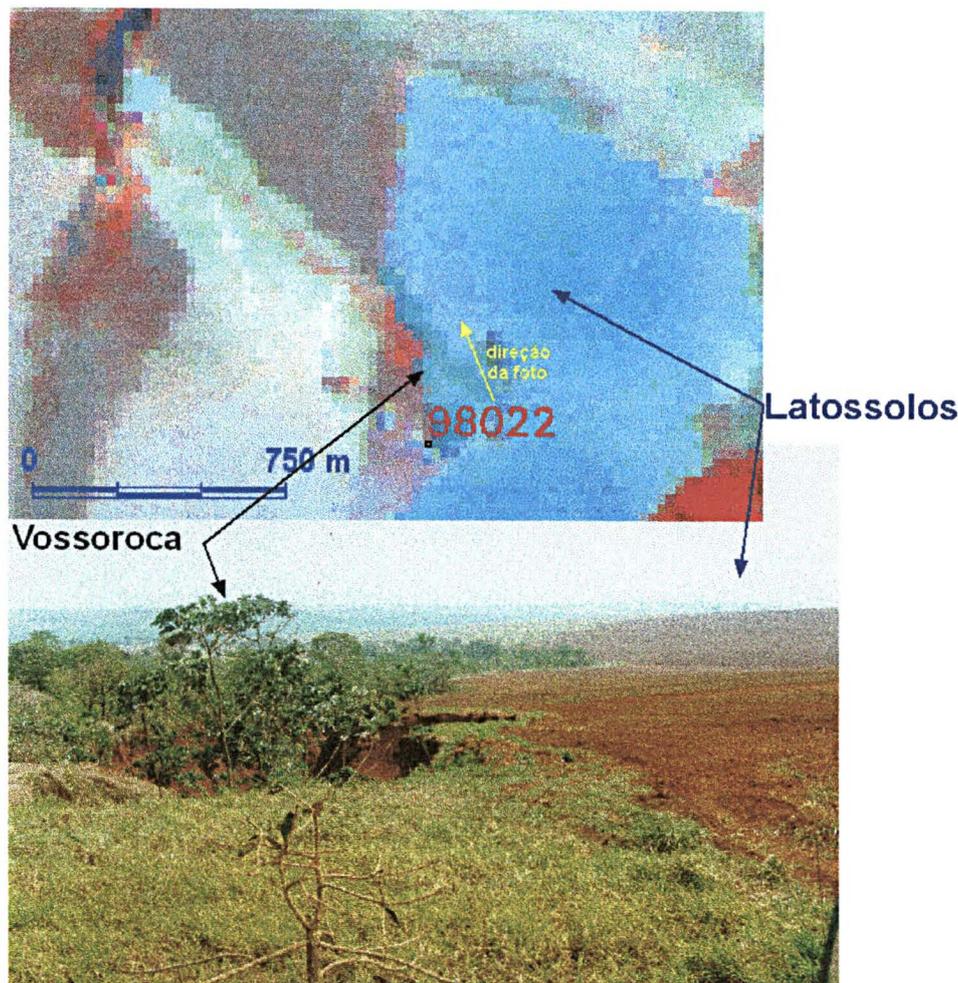


Figura 14 : Exemplo no campo da classe "Lat" - solos latossólicos. Comparação entre a imagem (*Landsat TM*, setembro de 1996, bandas 4, 5 e 3) e o mesmo local em campo (setembro de 1998), região ao norte São Gabriel D'Oeste.

Classe 3 : **For1** - Floresta 1 - Primeiro tipo de mata identificada (ver Figuras 15 e 18 e Fotografia 11), normalmente corresponde à matas com mais biomassa, mais densas e às matas ciliares (matas galeria), que são vermelho vivo nas composições RGB, 457 e 453.

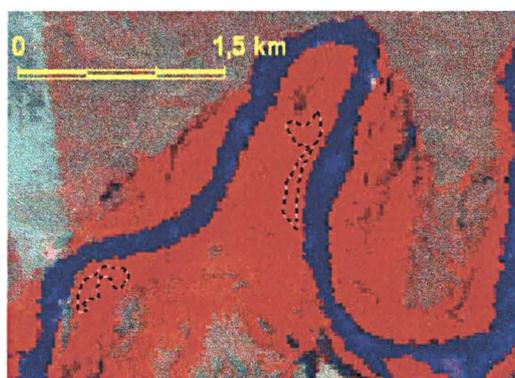


Figura 15 : Exemplo de área de treinamento "For1" - Floresta (em tracejado), *Landsat TM*, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996, Rio Taquari, próximo à Coxim.

Classe 4 : **For2** - Floresta 2 - Segundo tipo de mata identificada (ver Figura 16), normalmente corresponde a áreas de "cerradão" e à matas menos densas, e com menor biomassa do que a classe "For1".

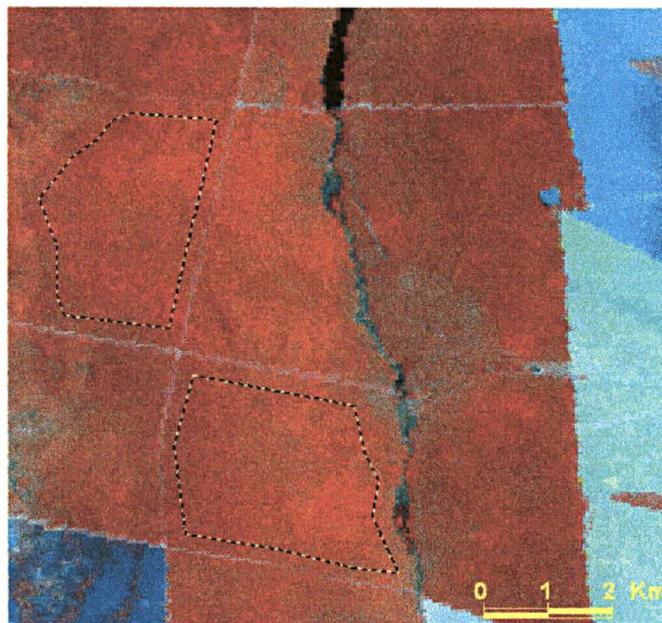


Figura 16 : Exemplo de área de interesse For2 – Floresta, delimitada em tracejado. Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996, região próxima à Coxim.

Classe 5 : **Cv** - Vegetação Arbustiva - Arbórea - Esta classe representa áreas de Cerrado (ver Figuras 17, 18 e fotografia 11).

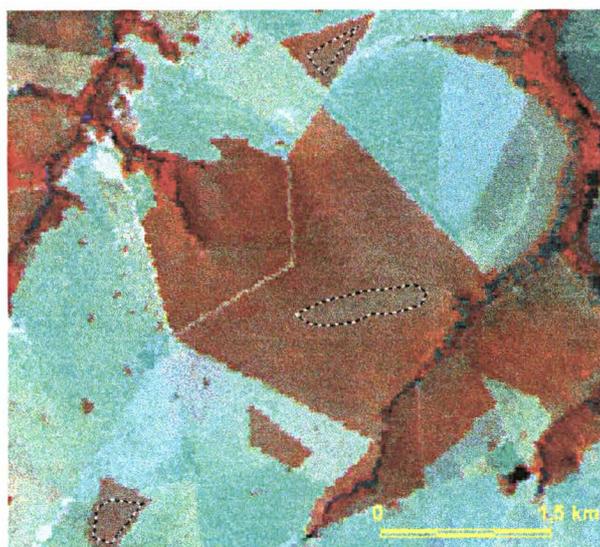


Figura 17 : Exemplo de área de interesse Cv - Cerrado (em tracejado) . Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3 – Setembro de 1996.

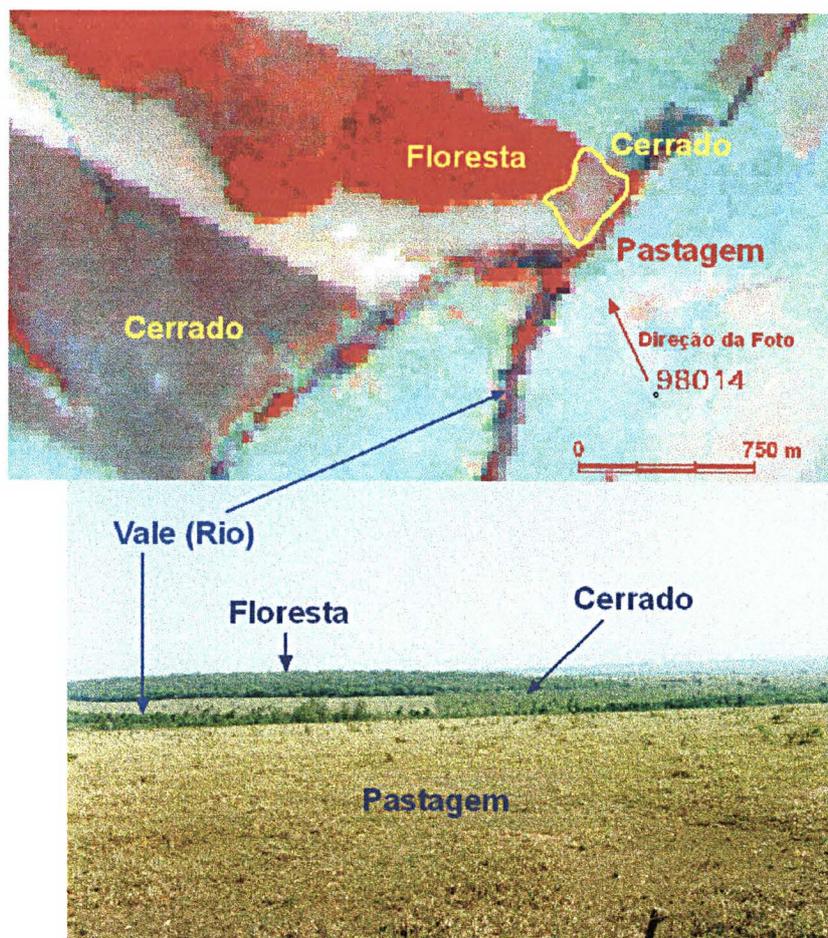
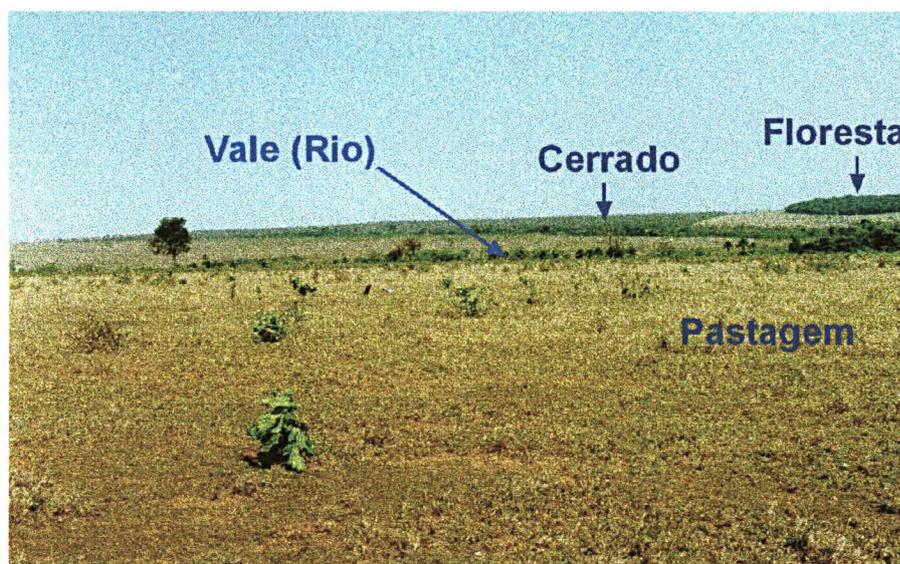


Figura 18 : Exemplo em imagem e no campo da classe "for" (Floresta), pode-se observar também as classes "cv" (Cerrado) e "cel" (pastagem seca e baixa no primeiro plano da foto). A imagem é Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, região próxima à São Gabriel D'Oeste).



Fotografia 11 : Mesma região da imagem e da foto da Figura 18. Esta foto evidencia a diferença de altura da vegetação entre as classes "cv" (Cerrado) e "for" (Floresta). No primeiro plano tem-se uma pastagem exemplo da classe "cel".

Classe 6 : **Rif** - Refletantes - áreas com alta refletância em todas as bandas, por isso brancas. Em geral são zonas de pradaria baixa ou mesmo afloramentos de rocha e solo arenoso (ver Figuras 19 e 20).

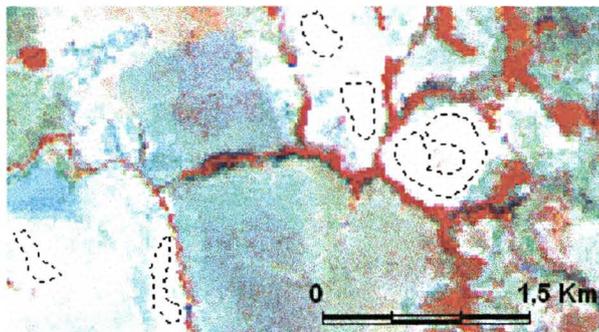


Figura 19 : Exemplo de área de interesse "rif" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3.

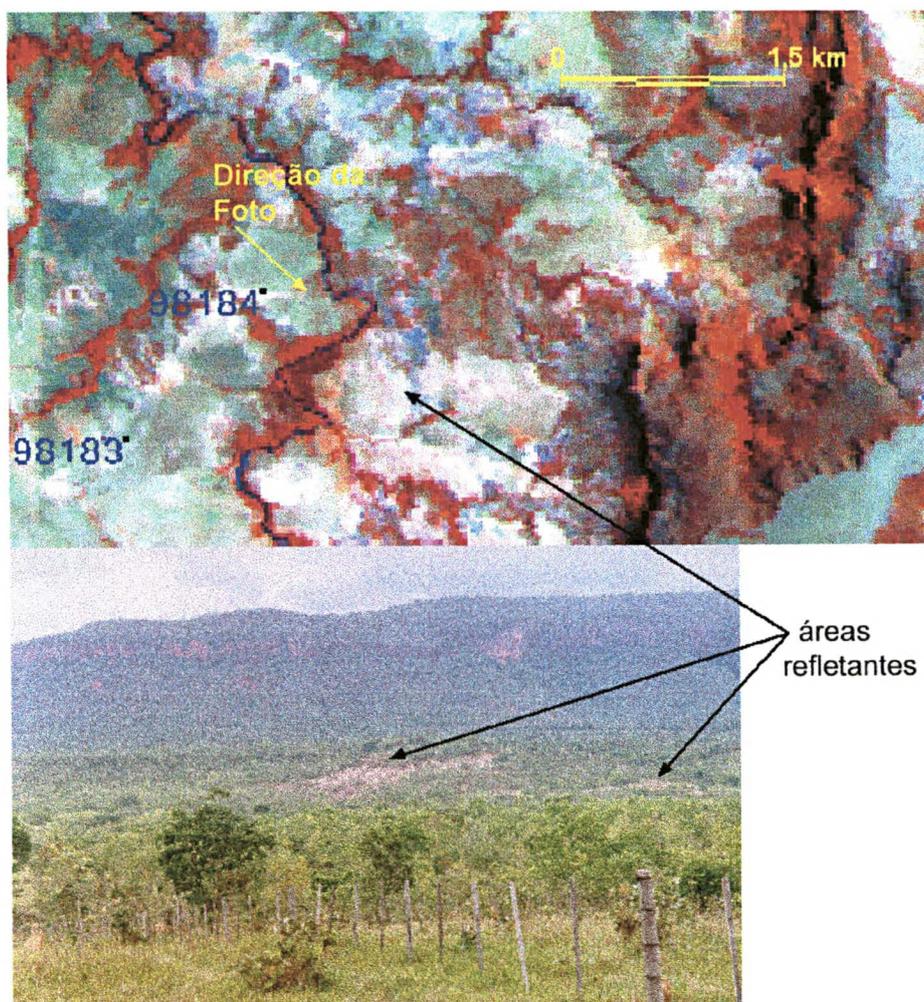


Figura 20 : Comparação entre a imagem (Landsat TM, composição 457, setembro de 1996) e o mesmo local no campo. Outro exemplo de significado para as áreas refletantes, neste caso, áreas de afloramento do substrato.

Classe 7 : **Ver1** - Verde 1 - Primeiro tipo de pradaria, com resposta em verde claro (para as composições RGB 453 e 457), são campos e pastos baixos (Figura 21 e Fotografias 12 e 13).

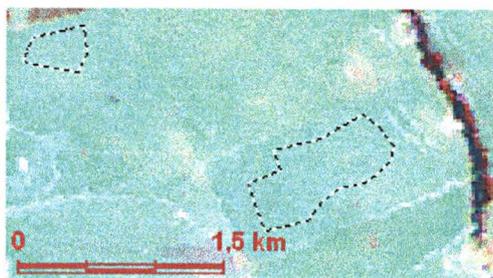
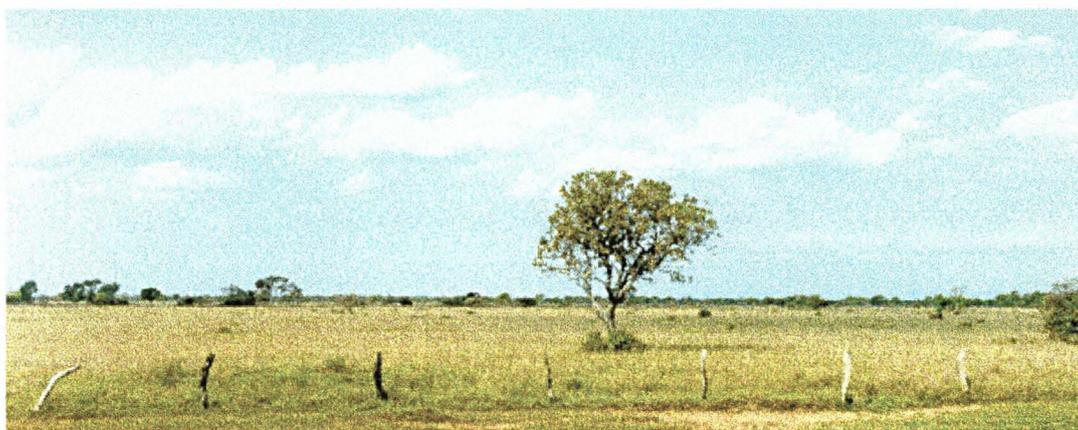


Figura 21 : Exemplo de área de interesse "ver1" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 12 : A pastagem ao Norte de São Gabriel D'Oeste, em segundo plano representa a Classe Ver1 (neste caso Brachiaria), setembro de 1996. A pastagem mais verde que aparece no primeiro plano tem uma resposta espectral mais próxima à classe "pv" (descrita à frente).



Fotografia 13 : A pastagem (neste caso Caronal), é outro exemplo da classe "ver1", na região do Pantanal do Taquari, setembro de 1996.

Classe 8 : **Ver2** - Verde 2 - Segundo tipo de pradaria com resposta em verde escuro (para os *composites* RGB 453 e 457). São campos secos mais "altos" (mais de 40 cm de altura) que os da classe Ver1, podendo ocorrer a presença de arbustos secos (Figuras 22, 23 e Fotografia 14).

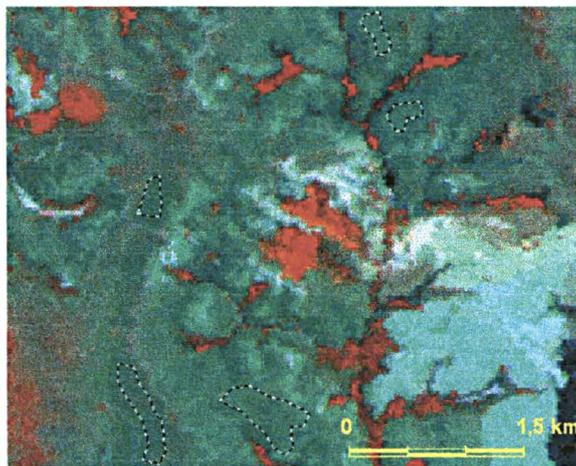


Figura 22 : Exemplo de área de interesse "Ver2" (em tracejado claro), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.

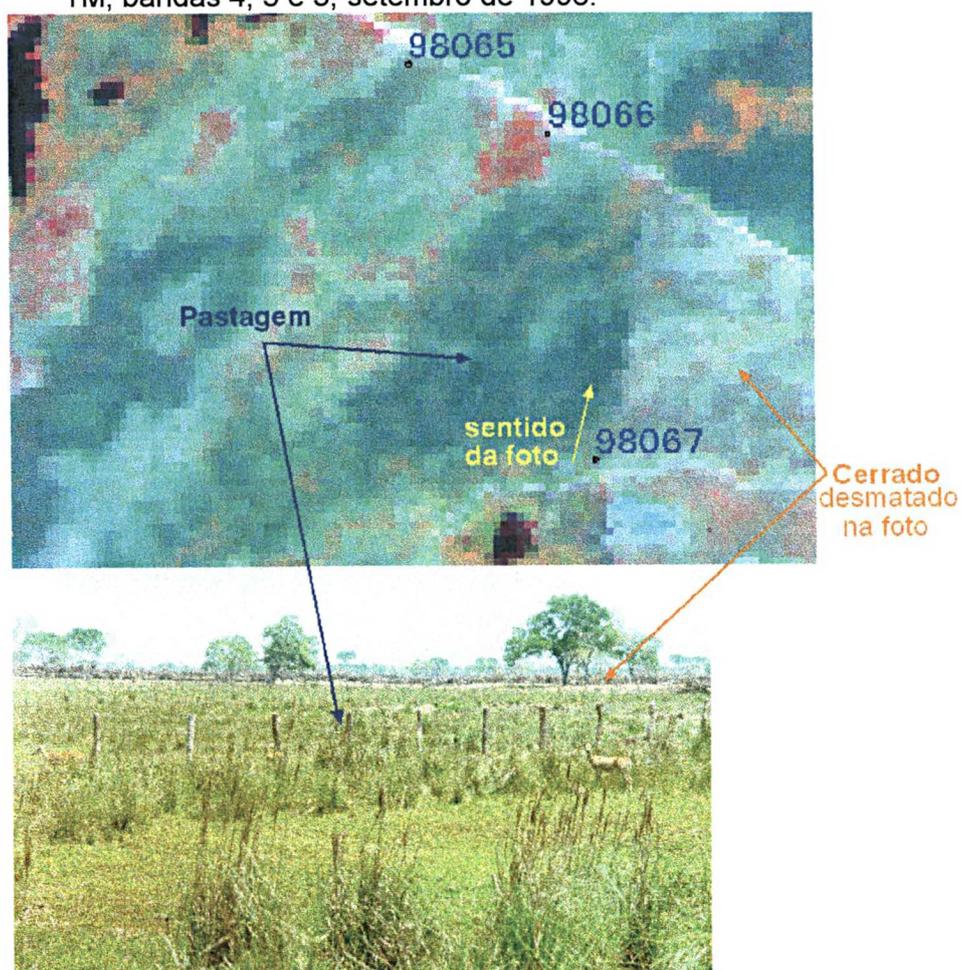


Figura 23 : Exemplo, em campo e imagem, da classe "ver2". Pastagem "Rabo de Burro" na região do Pantanal de Rio Negro.



Fotografia 14 : Outro exemplo da classe "ver2", pastagem com cerca de 40 cm de altura. Ao fundo se vê um exemplo da classe "for2" (Floresta), Setembro de 1998.

Classe 9 : **Sujo** - Campo "sujo", ou seja, pradarias com vegetação arbustiva de pequeno porte esparsa. (Figura 24 e Fotografias 15 e 16).

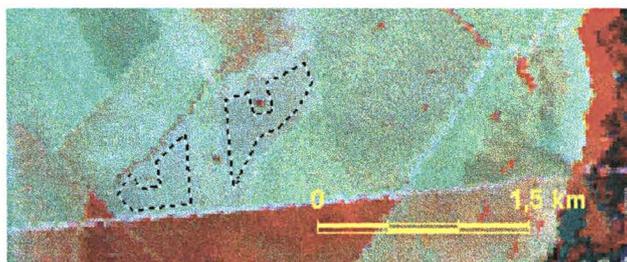


Figura 24 : Exemplo de área de interesse "Sujo" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 15 : Exemplo da classe "sujo". Ao fundo classe "for2" (Cerradão/Mata), setembro de 1998.



Fotografia 16 : Outro exemplo da classe "sujo". Ao fundo classe "cv" (Cerrado), região de Rio Verde do Mato Grosso, setembro de 1998.

Classe 10 : **Br** - Queimado - Classe para área de queimada (Figura 25 e Fotografias 17 e 18).

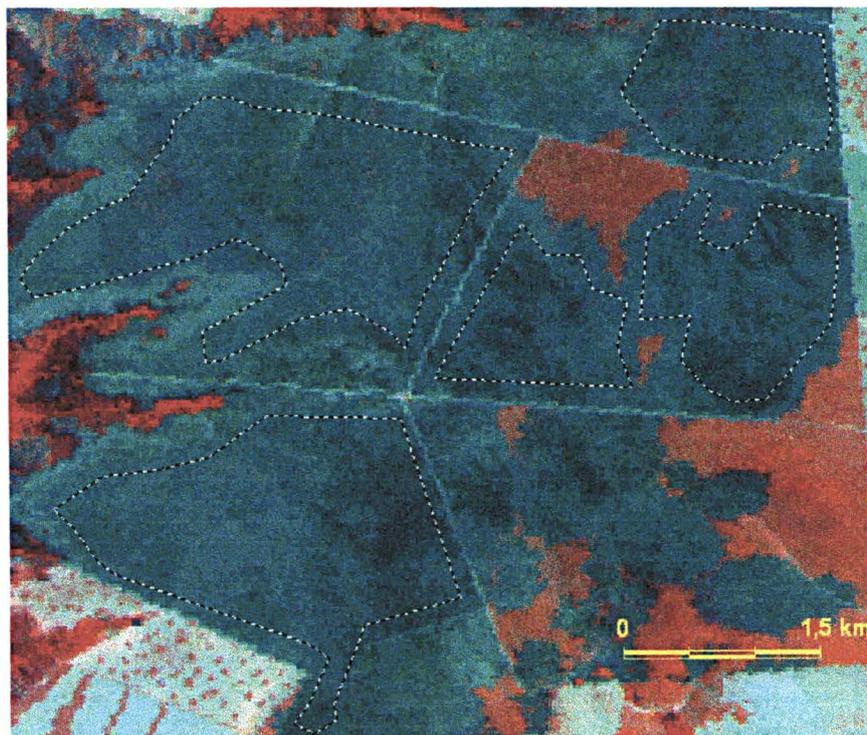


Figura 25 : Exemplo de área de interesse "Br1" (em tracejado), corresponde a áreas de queimadas. Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 17 : Na encosta da escarpa da Serra de Maracajú, um exemplo de área de queimada sobre uma área de floresta, setembro de 1998.



Fotografia 18 : A queimada, como forma de "limpeza" das pastagens, ainda é uma prática comum na área de estudo.

Classe 11 : **Cel** - Azul Celeste - Corresponde a área de pradaria baixa e normalmente seca (Figura 26 e Fotografia 19). Nas imagens desta classe (nas composições 457 ou 453, *Landsat TM*), quanto mais a cor tender ao branco mais baixa será a vegetação e mais visível será o substrato.

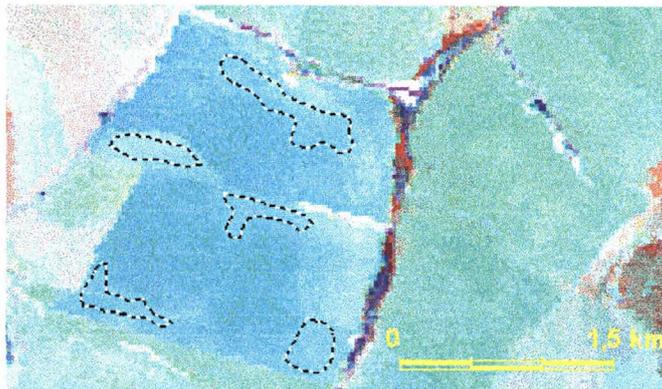


Figura 26 : Exemplo de área de interesse "Cel" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 19 : Exemplo de pastagem que representa a Classe "Cel". Região de São Gabriel D'Oeste, setembro de 1998.

Classe 12 : **Pv** - Pradaria Verde - Por representar um campo mais "verde" (no visível), responde em alaranjado na composição RGB 453 (Figura 27 e 29).

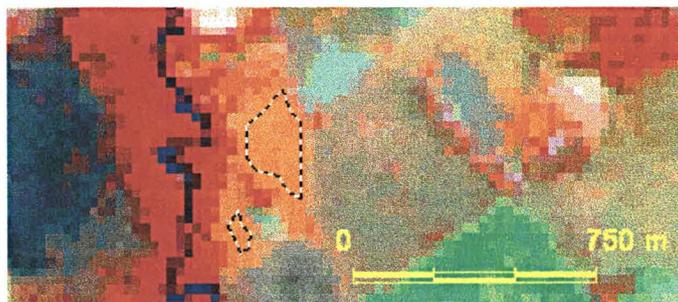


Figura 27 : Exemplo de área de interesse "Pv" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.

Classe 13 : **Org** - Solos Orgânicos - representam a exposição de solos escuros, geralmente orgânicos, correspondendo à zonas agrícolas (ver Figura 28 e 29).

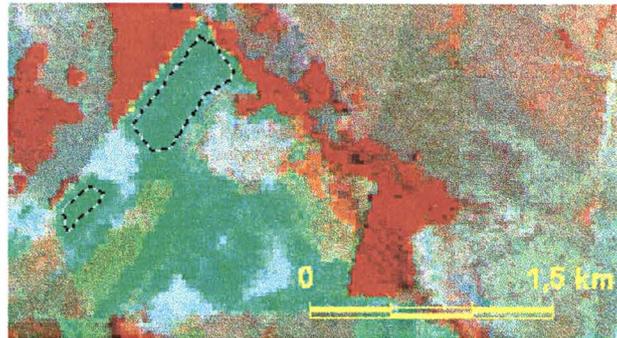


Figura 28 : Exemplo de área de interesse "Org" - áreas agrícolas (em tracejado). Neste caso, solos orgânicos arados, na região de Rio Negro. Imagem Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.

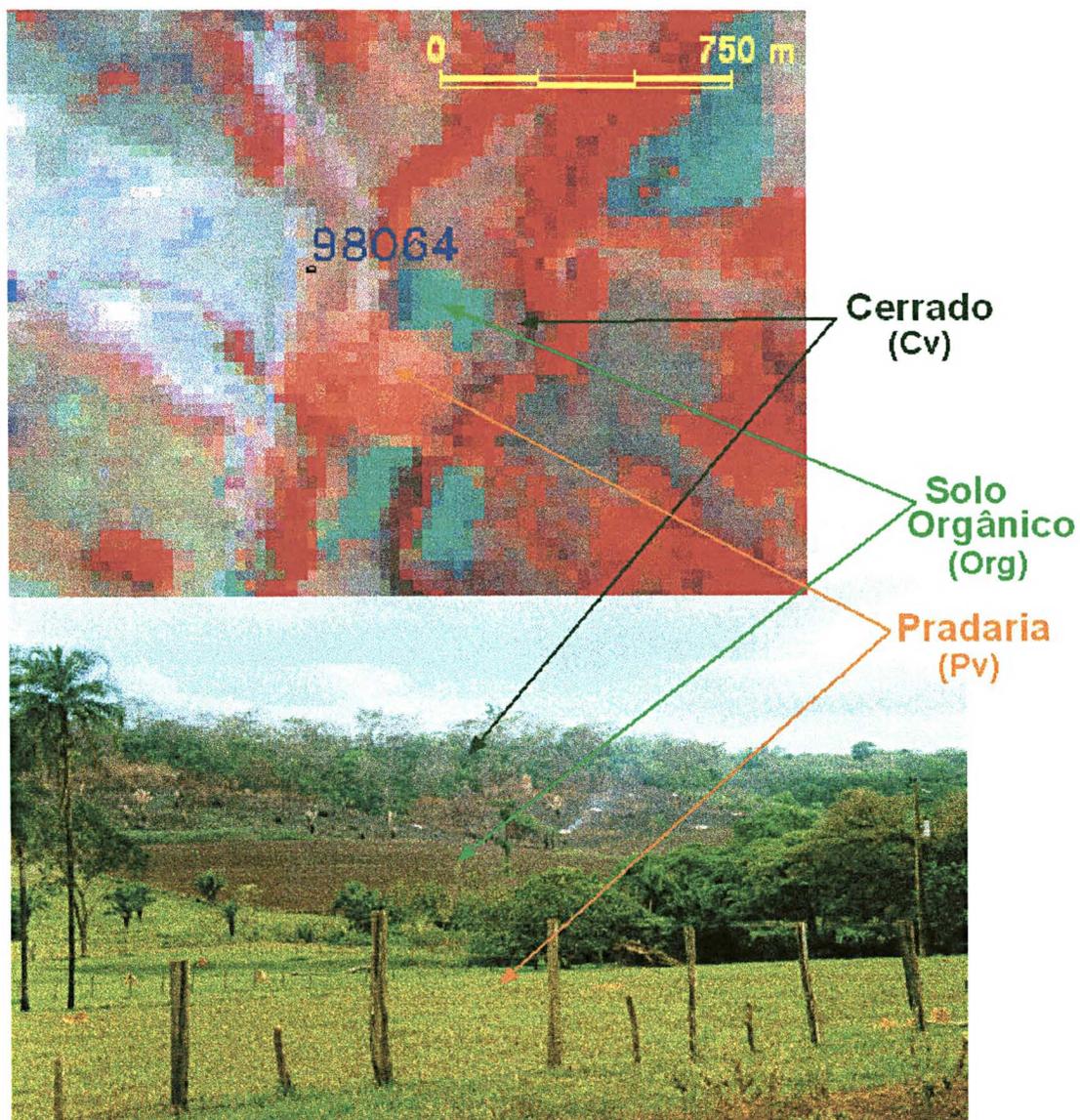


Figura 29 : Na encosta um exemplo de área de solo orgânico arado (classe "org"). No primeiro plano um exemplo da classe "Pv" (imagem Landsat TM, 453, de setembro de 1996 e foto de setembro de 1998).

Classe 14 : **Lag** - Lagoas e corpos aquosos que não sejam rios (ver Figura 30).

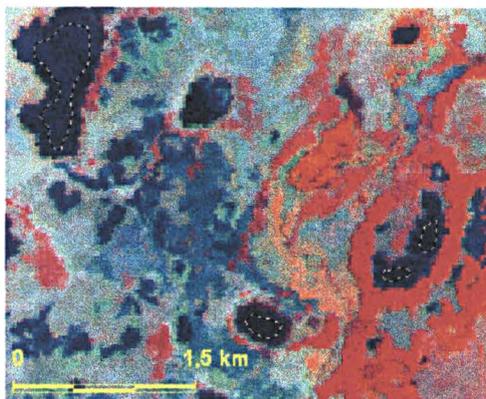


Figura 30 : Exemplo de área de interesse "Lag" - Lagoas (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.

Classe 15 : **Fiu** - Rios (ver Figura 31 e Fotografia 20).

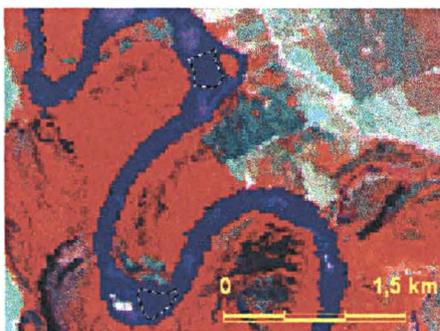
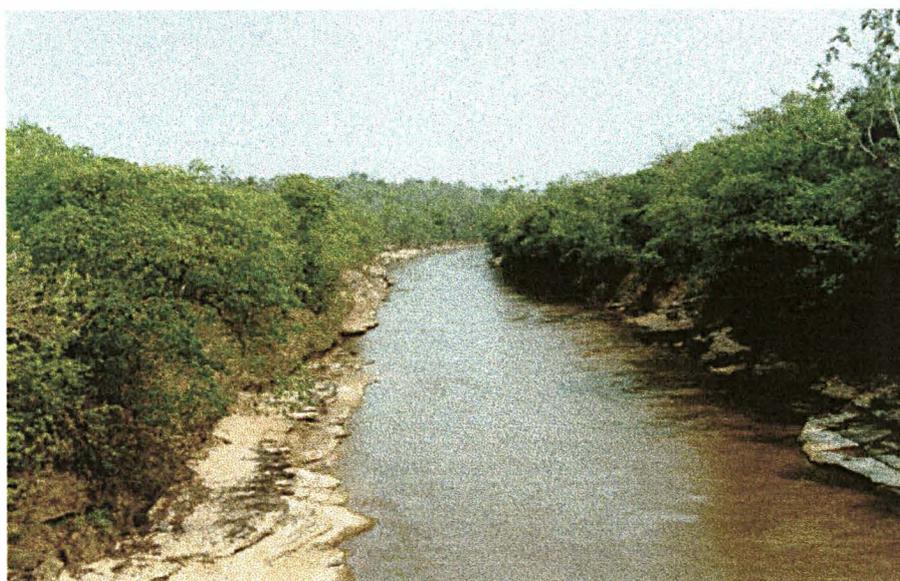


Figura 31 : Exemplo de área de interesse "Fiu" - Rios (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 20 : Classe "fiu" - Rio Coxim. Observar, também, a Mata Ciliar, exemplo de Classe "for1", setembro de 1998.

Classe 16 : **Umi** - Área úmida – áreas úmidas (a exemplo de brejos e pântanos - Figura 32 e Fotografias 21 e 22).

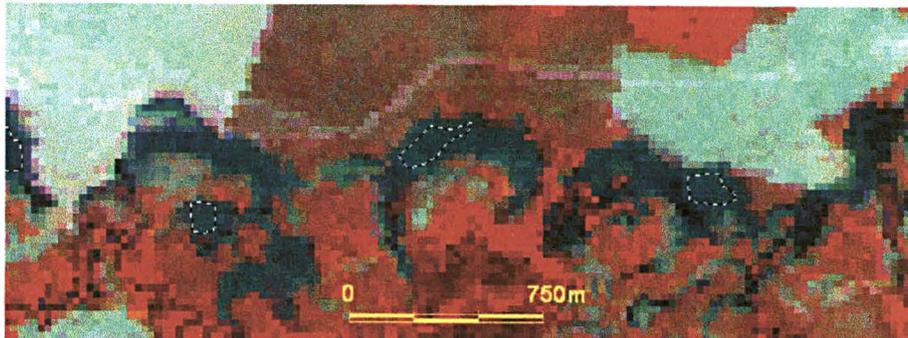


Figura 32 : Exemplo de área de interesse "Umi" (em tracejado), Landsat TM, bandas 4, 5 e 3, setembro de 1996.



Fotografia 21 : Exemplo da classe "umi", área úmida (Pantanal do Taquari, setembro de 1996).



Fotografia 22 : Outro exemplo da classe "umi", área úmida (neste caso um braço de rio, setembro de 1996).

5.1.1.3.2. 2. Classificação da Imagem

Para a realização da classificação supervisionada, foram escolhidas, em média, seis áreas de treinamento para cada classe. Através do *Signature Editor* do *Erdas*® (Erdas, 1995 - Figura 33) estas áreas de treinamento foram convertidas em assinaturas espectrais. Porém, antes da classificação da imagem, estas assinaturas foram comparadas com o apoio de seus histogramas, com o objetivo de se evitar a sobreposição das assinaturas espectrais a serem usadas na classificação.

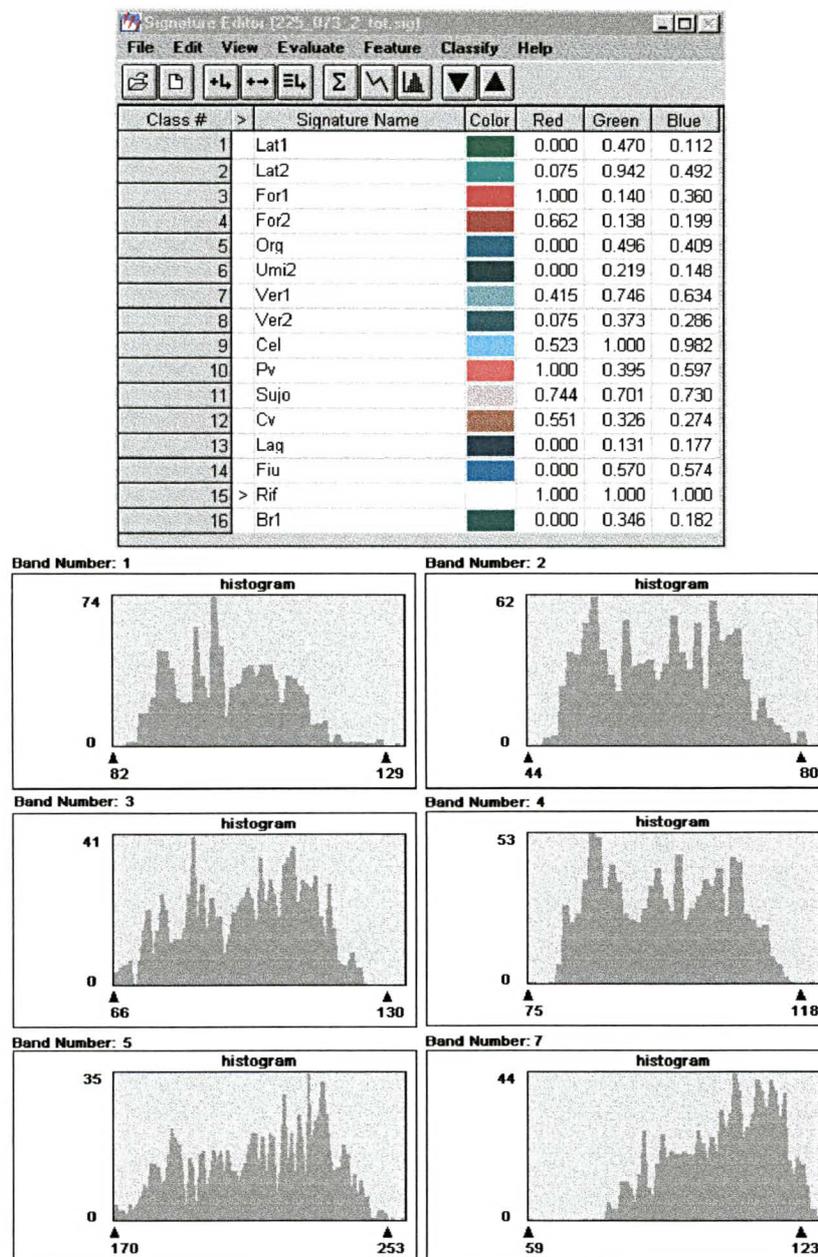


Figura 33 : *Signature Editor* de *Erdas*® *Imagine*® (Erdas, 1995). Os histogramas se referem à classe "rif" - áreas refletentes.

Com base nestas assinaturas espectrais, a cena 225-073 (de 1996 e 1985- Landsat, 1985b e 1996b) foi submetida à classificação automática supervisionada (com o algoritmo de máxima verossimilhança e isoprobabilidades - ver figura 34). A classificação foi executada usando-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (todas as bandas óticas do *Landsat TM*).

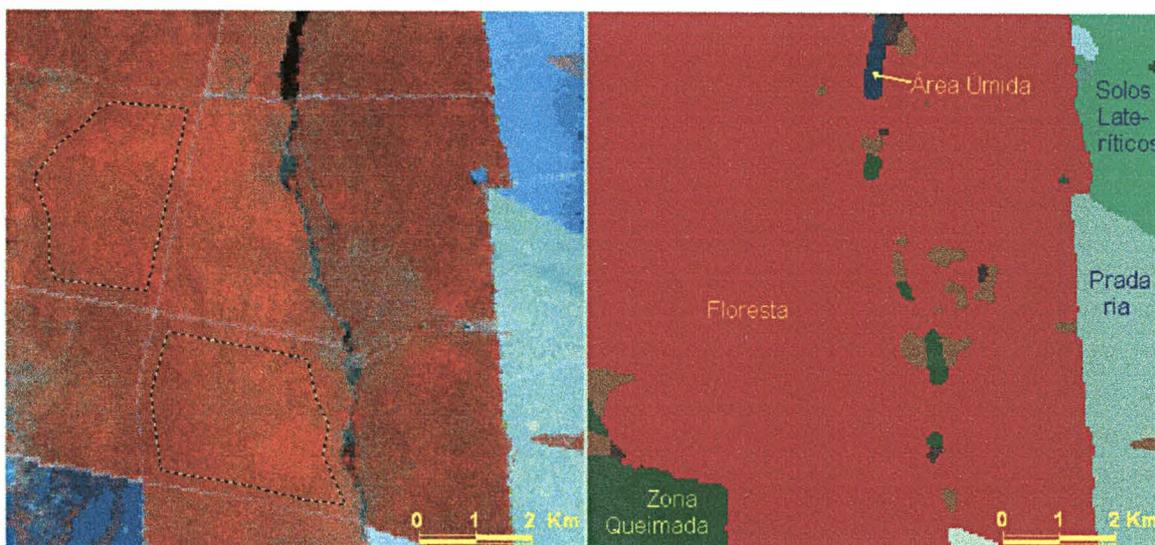


Figura 34 : exemplo esquemático de imagem classificada, a imagem da esquerda mostra a floresta da figura 16), na direita tem-se o resultado da classificação automática supervisionada, região próxima à Coxim.

A cena *Landsat* 225-073 de 16/10/1985 (*Landsat*, 1985b) apresenta mais nuvens do que a de 28/09/1996. Porém a contribuição dada pelas bandas do infravermelho (ver figura 35) permitiu que a classificação fosse feita com as seis bandas. Foi realizado um *subset* (segmento da imagem original) desta cena, onde foram comparados os resultados da classificação com as seis bandas e somente com as três do infravermelho.

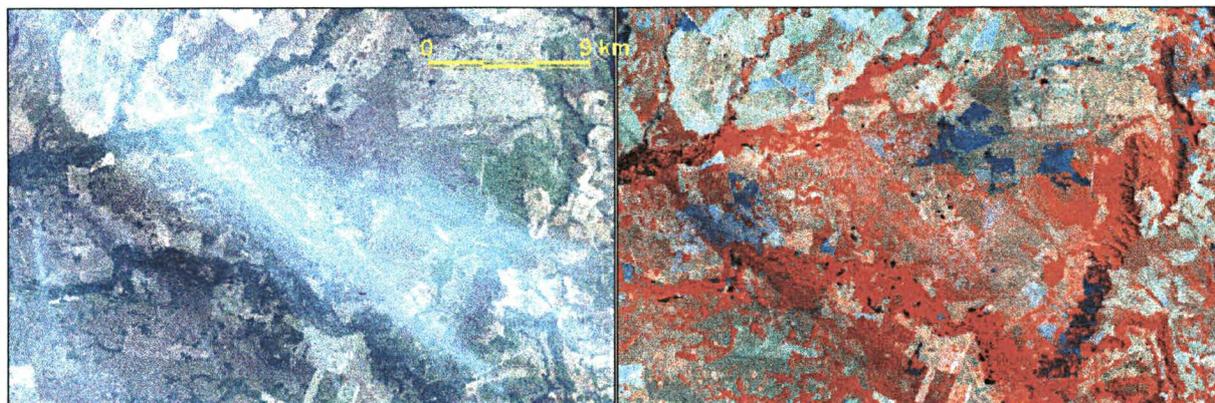


Figura 35 : Comparação da influência de nuvens entre as composições RGB 321 (visível – à esquerda) e RGB 457 (infravermelho – à direita). A nebulosidade que aparece no visível, não impede a identificação do tipo de cobertura dos solos no infravermelho.

Como os resultados da classificação se mostraram comparáveis aos da cena de 1996 não foram usados filtros de correção atmosférica (além das pré-correções executadas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, que forneceu as imagens).

5.1.1.3. 3. *Precisão e Confiabilidade das Classificações*

A precisão e confiabilidade das análise pode ser estimada pelo cruzamento dos resultados da classificação com novos dados (e chaves de interpretação) obtidos na etapa de campo. Para tanto, primeiramente, cria-se uma nova imagem que, com as informações de campo, possua uma série de novas AOIs, sempre com a certeza de que são representativas de cada tema. Porém, diferentes das AOIs usadas para as áreas de treinamento utilizadas na classificação da imagem.

As novas AOIs, para teste, foram distribuídas homoganeamente pela imagem. A cena foi dividida imaginariamente em nove *sub-sets* (Figura 36), dentro dos quais, sempre que possível, foram individualizadas ao menos 3 AOIs para cada classe. A nova imagem, criada com estas AOIs, possui apenas áreas representativas para cada classe, sendo o restante da imagem preenchido com *pixels* que representam vazio (não classificado), sendo chamada de "imagem de teste" (ou *testset*).

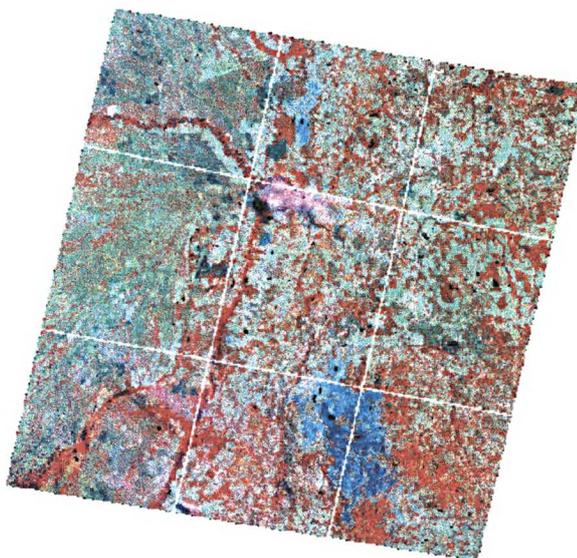


Figura 36 : A cena 225-073 foi dividida em 9 *sub-sets* imaginários, nos quais foram identificadas novas AOIs para criação da imagem para o teste de precisão e confiabilidade da classificação.

Através de uma das análises SIG de ERDAS® (um *overlay*, ou seja sobreposição de imagens, no caso o *summary* – Erdas, 1995b), é possível fazer a tabulação cruzada da imagem classificada com esta imagem de teste. Se a imagem foi classificada corretamente, as áreas definidas para cada classe na imagem de teste devem coincidir com aquelas da imagem classificada.

O resultado deste processo pode ser visualizado na forma de uma tabela (Tabela 3). Nela as colunas representam os percentuais de coincidência entre a imagem de teste e aquela classificada. A tabela indica ainda a quantidade (em percentual de *pixels*) de cada classe que está classificada (erroneamente) como outras classes.

	nc	Lat1	Lat2	For1	For2	Org	Umi	Ver1	Ver2	Cel	Pv	Sujo	Cv	Lag	Fiu	Rif	Br
nc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lat1	0,5	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,9
Lat2	1,3	3,0	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
For1	3,0	0,0	0,0	87,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
For2	10,5	0,0	0,0	11,4	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	13,1	0,2	0,2	0,0	0,0
Org	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	86,2	0,0	0,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Umi	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	75,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	0,3	0,0	4,4
Ver1	9,5	0,0	1,6	0,0	0,0	3,0	0,0	92,0	2,1	0,4	0,0	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ver2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	10,8	2,6	85,4	0,0	0,1	0,6	2,9	0,2	0,0	0,0	1,5
Cel	1,1	0,0	39,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	85,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
Pv	3,8	0,0	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	89,1	4,9	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Sujo	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	44,7	0,7	0,0	0,0	0,5	0,0
Cv	18,8	0,0	0,0	0,4	21,6	0,8	0,6	0,6	4,7	0,0	9,7	14,0	81,5	0,1	0,1	0,0	0,1
Lag	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,6	19,7	0,0	8,0	0,0
Fiu	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	0,0	0,0
Rif	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	3,8	0,0	14,5	0,2	13,8	0,4	0,3	0,4	96,5	0,1
Br	3,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	12,7	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	0,0	0,0	85,0
total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 3 : Resultado do "cruzamento" da imagem classificada com a imagem de teste. Os resultados representam o percentual de "acerto" (% de pixels).

Não é possível avaliar a precisão e confiabilidade da classificação somente observando os resultados numéricos, ou seja o percentual de "acerto" (coincidência de um determinado tema nas duas imagens). Para cada classe deve ser comparada a imagem original e aquela classificada, além disto deve-se avaliar a distribuição espacial dos *pixels* representativos do percentual de erro.

Por exemplo, pode ocorrer que em uma determinada classe exista um percentual considerável de *pixels* classificados de maneira "errada". Se estes *pixels* estiverem concentrados em uma região com área representativa (acima de 25 ha. – Heymann *et al.* 1994) o resultado será realmente uma área classificada de modo errôneo. Porém se forem pixel dispersos, um processo de filtragem pode eliminá-los e a área classificada possuirá assim os atributos corretos. Isto ocorre na maioria das classes pelo fato de que as áreas escolhidas no *testset* (imagem de teste criada para o teste de precisão) não são tão homogêneas quanto aquelas utilizadas como área de treinamento para o classificador.

Outra situação deve ainda ser considerada. O classificador pode, por exemplo, "confundir" um rio com uma lagoa ou partes desta. Porém como resultado para o tipo de cobertura dos solos isto é irrelevante, pois, como resultado, virá sempre considerada como corpo aquoso. Na imagem de 1996 o percentual de rios classificados de modo correto foi de 78,6 %, sendo que 19,7 % foi classificado como lagoa (sempre um corpo aquoso). Dessa forma, o percentual correto a ser levado em consideração, é a soma das duas classes ou seja 98,3 % de acerto.

As classes utilizadas na classificação automática não necessariamente coincidem com as classes finais de uso do solo. Isto porque o critério para a escolha das diversas assinaturas espectrais usadas para a classificação, foi a capacidade do *software* de distinguir entre alvos diferentes sobre o solo, o que permite aos algoritmos de classificação uma maior precisão no resultado. Deste modo uma mesma tipologia de uso dos solos pode ser representada por mais de uma classe. Por exemplo, os latossolos são representados por duas classes, Lat1 e Lat2, o mesmo ocorre com as florestas, compostas, por sua vez pelas classes For1 e For2.

Assim sendo a tabela de avaliação da precisão da classificação é reformulada para reagrupar as classes utilizadas de acordo com o tipo de cobertura dos solos que representam, conforme a Tabela 4, à seguir :

Classe Agrupada:	Descrição – Observações :	Código :
Foresta	Mata galeria (Mata-Ciliar), floresta, cerradão. Compreende as classes for1 e for2	for
Cerrado	Não é agrupada com nenhuma outra classe, corresponde ao cerrado.	cv
Pastagens	Compreende as classes ver1, ver2, cel, pv e sujo.	pra
Áreas de queimadas	Não é agrupada com nenhuma outra classe.	br
Áreas Úmidas	Não é agrupada com nenhuma outra classe.	umi
Rios e corpos aquosos	Compreende lag e fiu.	acq
Solos Nús – 1º tipo (latossólicos descobertos)	Compreende as classes lat1 e lat2.	lat
Solos Nús – 2º tipo (orgânicos e escuros descobertos)	Não é agrupada com nenhuma outra classe.	org
Áreas fortemente refletentes	Não é agrupada com nenhuma outra classe.	rif
Não classificada.	Não é agrupada com nenhuma outra classe.	nc

Tabela 4 : Mostra as classes usadas na classificação da imagem, sendo agrupadas de acordo com o tipo de cobertura dos solos que representam.

Após este agrupamento a tabela de precisão e confiabilidade apresenta os valores em relação aos tipos de uso dos solos (Tabela 5):

	nc	Lat	For	Org	Umi	Pra	Cv	Rif	Acq	Br
nc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lat	1,79	72,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,96
for	13,49	0,00	99,46	0,00	0,00	0,05	13,11	0,00	0,21	0,00
org	0,53	0,00	0,00	86,16	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,03
Umi	0,80	0,21	0,00	0,00	75,19	0,00	0,17	0,00	0,14	4,41
Pra	35,89	26,49	0,38	5,30	10,78	84,39	4,85	3,52	0,19	1,49
Cv	18,83	0,00	0,13	0,79	0,60	6,41	81,46	0,00	0,04	0,09
Rif	24,49	0,03	0,02	7,59	0,00	7,49	0,35	96,48	0,35	0,07
Acq	0,72	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	98,68	7,98
Br	3,46	0,47	0,00	0,16	12,75	1,48	0,06	0,00	0,02	84,98
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 5 : Resultado do "cruzamento" da imagem classificada com a imagem de teste. Os resultados representam o percentual de "acerto" (% de *pixels*).

A avaliação da precisão da classificação deve então ser feita levando em conta os resultados das duas tabelas (com e sem o agrupamento das classes) e, no caso de um valor de erro significativo, procurar a razão de tal erro, para sua correção.

A seguir são explicados os problemas identificados na classificação, bem como as soluções adotadas :

- No processo de classificação automático supervisionado, as sombras na região das escarpas, bem como as sombras das nuvens, foram classificadas, erroneamente, como corpos aquosos. Apesar do manual do usuário do *Erdas® Imagine®* (ERDAS, 1997b) sugerir o uso de técnicas de correção para as diferenças de iluminação nas vertentes, usando-se o modelo digital do terreno e as informações sobre a posição do sol na imagem, mostrou-se mais simples a sua correção pela simples edição dos atributos dos polígonos representativos destas sombras, tendo em vista que ocorrem numa área bem específica e são de fácil identificação.
- Outras feições que necessitaram de revisão foram as áreas sob as nuvens, interpretadas pelo classificador como áreas refletentes. Os atributos dos polígonos, relacionados com estas áreas, foram modificados para "não classificado".
- A classificação automática interpretou as áreas urbanas, também, como áreas refletentes. Os atributos dos polígonos relacionados foram corrigidos manualmente.
- Parte da área classificada como "cv" (cerrado) confunde-se com floresta. Isto ocorre porque, no campo, a mudança de cerrado para cerradão (e a floresta) é transicional, ou seja à medida em que o cerrado vai se tornando mais fechado e alto, se transforma em um cerradão. Assim as assinaturas espectrais dos termos intermediários entre estas classes são muito semelhantes. Para a solução deste caso adotou-se a técnica do *threshold* (item 5.1.1.3.4.1., à seguir).

- Para as classes "br" e "umi", que também apresentam as suas assinaturas espectrais semelhantes entre si. Também adotou-se a técnica do *threshold*. Bem como à classe "rif".
- Parte da classificação de terrenos com solo laterítico exposto é confundida com pradarias. Isto ocorre porque a assinatura espectral da classe "lat2" confunde-se com aquela de "cel". Para resolver este problema, além do *threshold*, adotou-se a técnica de segmentação da imagem, explicada no item 5.1.1.3.4.1., à seguir.

5.1.1 3 3. 1. *Threshold* (corte ou limiar) do Histograma de Distância

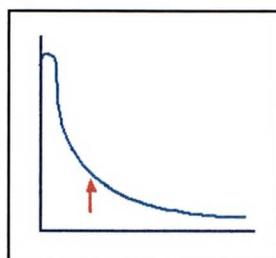
Durante a classificação da imagem, em *Erdas® Imagine®* (Erdas, 1995; 1997a, b), pode ser criado o arquivo do histograma de distância, o qual, normalmente, se aproxima de uma distribuição chi-quadrada. Neste gráfico, os valores dos *pixels* que se aproximam de zero são os que têm a maior probabilidade de serem classificados de modo correto.

Este histograma é calculado para cada uma das classes usadas na classificação da imagem. Sua cauda de distribuição representa um número relativamente pequeno de *pixels* que possuem um alto valor dentro do arquivo de distância, significando que possuem grande probabilidade de serem classificados de maneira incorreta (Erdas, 1997b).

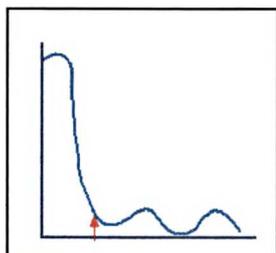
A função *threshold* de *Erdas®* (Erdas, 1995; 1997a, b) permite o corte destas caudas nos histogramas das classes que apresentem eventuais problemas de classificação. A Figura 37 apresentam as condições mais comuns dos histogramas de distância e sugestões para o corte (de acordo com Erdas, 1997b).

A tabela 6 mostra os novos valores após o corte nas caudas de distribuição dos histogramas. É importante observar que os *pixels* não são alterados de uma classe para outra (de cerrado para floresta, por exemplo). Todos os *pixels* "cortados" pelo *threshold* são reclassificados como "não classificado". Assim a nova tabela apresenta um percentual maior de *pixels* não classificados, porém não apresenta *pixels* classificados de modo incorreto.

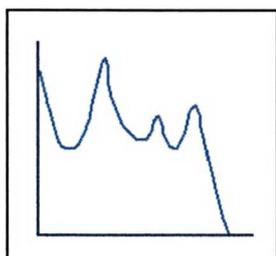
Um exemplo disto é a classe "rif" (áreas refletentes), sem o *threshold* representava percentuais significativos em "org", "cel" e "sujo". Após o corte o percentual de *pixels* classificados em "rif" caiu de 96,5 % para 65,8 % (30,7 % tiveram seu atributos modificados para "não classificado), porém o percentual de "rif" em todas as classes caiu para zero (Tabela 7). O valor percentual de acerto é menor, porém desaparece o valor de erro.



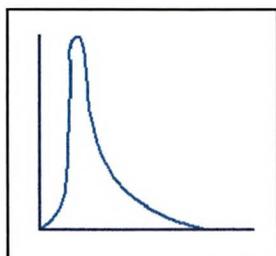
(a) Forma suave, o "ponto de corte" da cauda deve ser escolhido onde a curva começa a ser tornar horizontal.



(b) Os picos menores da curva, indicam que outras classes estão presentes na assinatura espectral. Estes picos devem, provavelmente, ser "cortados".



(c) Não é uma boa classe. Esta assinatura, provavelmente, representa uma distribuição poli-modal (múltiplos picos).



(d) O pico da curva está deslocado em relação ao zero. Significa que a assinatura média está deslocada dos pixels que a representam. Pode ser necessário refazer a assinatura espectral e reclassificar a imagem.

Figura 37 : Diagrama mostrando as possibilidades para o histograma de distância (Erdas, 1995; 1997a, b).

	nc	Lat1	Lat2	For1	For2	Org	Umi2	Ver1	Ver2	Cel	Pv	Sujo	Cv	Lag	Fiu	Rif	Br1
nc	35,8	1,3	4,5	7,6	5,4	7,8	6,1	4,2	2,2	13,8	2,1	20,5	14,0	5,0	2,8	30,7	14,8
Lat1	0,5	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,9
Lat2	1,3	3,0	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
For1	3,0	0,0	0,0	87,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
For2	5,6	0,0	0,0	4,0	70,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Org	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	86,2	0,0	0,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Umi2	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	2,4
Ver1	9,5	0,0	1,6	0,0	0,0	3,0	0,0	92,0	2,1	0,4	0,0	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ver2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	10,8	2,6	85,4	0,0	0,1	0,6	2,9	0,2	0,0	0,0	1,5
Cel	0,9	0,0	34,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	85,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
Pv	3,8	0,0	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	89,1	4,9	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Sujo	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	44,7	0,7	0,0	0,0	0,5	0,0
Cv	13,0	0,0	0,0	0,2	21,1	0,6	0,2	0,2	2,8	0,0	8,3	7,3	72,5	0,1	0,0	0,0	0,0
Lag	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,6	17,9	0,0	1,9
Fiu	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	0,0	0,0
Rif	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,8	0,0
Br1	2,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	11,7	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	78,4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 6 : Resultado do "cruzamento" da imagem com *threshold* com a imagem de teste. Os resultados representam o percentual de "acerto" (% de *pixels*).

sem treshold

	nc	Lat1	Lat2	For1	For2	Org	Umi	Ver1	Ver2	Cel	Pv	Sujo	Cv	Lag	Fiu	Rif	Br
Rif	24,5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	3,8	0,0	14,5	0,2	13,8	0,4	0,3	0,4	96,5	0,1

com treshold

	nc	Lat1	Lat2	For1	For2	Org	Umi2	Ver1	Ver2	Cel	Pv	Sujo	Cv	Lag	Fiu	Rif	Br
Rif	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,8	0,0

Tabela 7 : Comparação entre os percentuais da classe "rif" presente nas outras classes antes e após o *treshold*. (trata-se da linha "rif" das tabelas 3 e 6).

Outro exemplo pode ser a classe "sujo" (Figura 38). Antes do treshold, 13,8 % dos pixels caíam na classe "rif" (áreas refletentes) e 14 % em "cv" (cerrado). Após o corte nas caudas dos histogramas de distribuição isto foi corrigido, sendo que os 7,3 % de *pixels* que restam na classe "cv" são isolados, podendo ser eliminados posteriormente com uma filtragem. É interessante observar que "sujo" representa um termo intermediário entre pastagens e cerrado, por isso a semelhança das assinaturas espectrais. Outra importante observação é a de que "ver1" (21,9 % da distribuição), "pv" (4,9 %) e "sujo", representam pradarias, e são agrupadas numa mesma classe de cobertura dos solos. Portanto o percentual de acerto desta classe é a soma das classes "ver1", "ver2", "cel", "pv" e "sujo" ($44,7 + 21,9 + 0,6 + 4,9 = 72,1$ %).

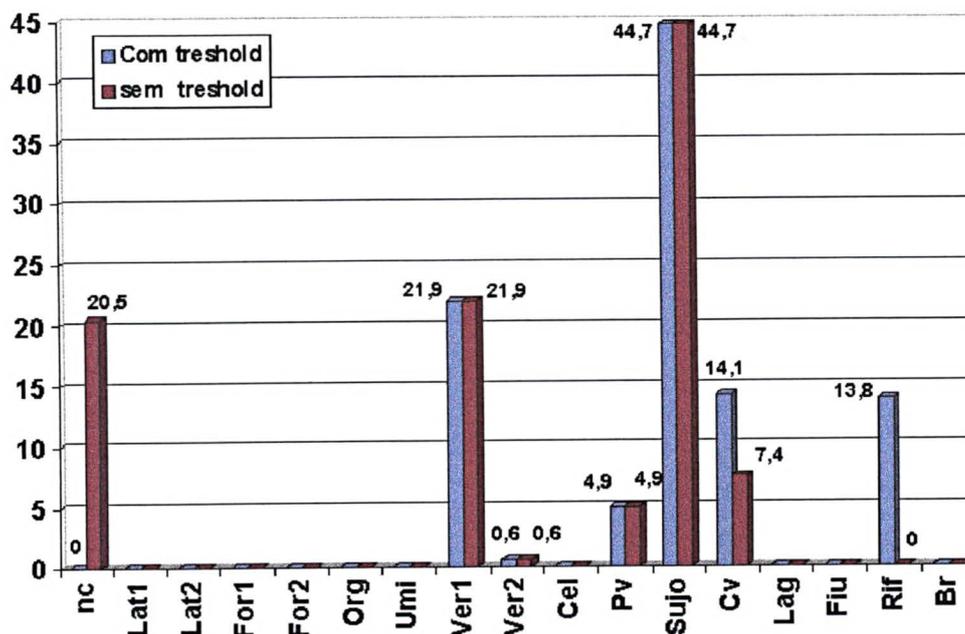


Figura 38 : Gráficos para a precisão da classificação da classe "sujo" (valores em percentuais de *pixel*). O gráfico da esquerda representa os valores sem e o da direita com *treshold*. As classes "Cv" e "Rif" representavam percentuais significativos de erro. Resolvidos com o corte no histograma de distância.

5.1.1.3.3. 2. Segmentação da Imagem

Outro recurso possível, para uma melhor classificação, é a segmentação da imagem, ou seja, a cena é classificada em diferentes pedaços, podendo-se informar ao classificador qual tipo de classe existe, ou não, em cada uma destas partes da imagem.

Neste trabalho, com base em cartas pedológicas (PCBAP, 1997 e RADAMBRASIL, 1982b – Anexo II – Solos da Área de Estudo) e trabalhos de campo, foram consideradas seis associações possíveis conforme a tabela 8, estas associações foram transformadas em uma carta (figura 39), utilizada então na classificação segmentada da imagem.

Identificativo - Classificação	AOI	Códigos	Áreas de Treinamento utilizadas	Áreas de Treinamento descartadas
Solos latossólicos	Latossolos	l	lat1, for2, lat2, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, sujo, cv	org, umi1, rif, umi2
Orgânico \ Úmido	Solos orgânicos	o	for2, org, umi1, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, sujo, umi2, cv	lat1, lat2, rif
Orgânico \ Úmido	Áreas úmidas	u	for2, org, umi1, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, sujo, umi2, cv	lat1, lat2, rif
Orgânico \ Úmido	Solo orgânico + Áreas úmidas	ou	for2, org, umi1, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, sujo, umi2, cv	lat1, lat2, rif
Áreas refletentes	Áreas refletentes	r	for2, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, rif, sujo, cv	lat1, lat2, org, umi1, umi2
Úmido \ Orgânico \ Refletentes	Áreas úmidas + Áreas refletentes	ru	for2, org, umi1, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, rif, sujo, umi2, cv	lat1, lat2
Úmido \ Orgânico \ Refletentes	Áreas não discriminantes	null	for2, org, umi1, for1, ver2, lag, fiu, br2, cel, ver1, br, pv, rif, sujo, umi2, cv	lat1, lat2

Tabela 8 : Associações consideradas para a segmentação da imagem.

A segmentação resulta em diferentes imagens (*subsets* da imagem total), os quais devem ser unidos no final do processo. Outra possibilidade para este tipo de controle é, em ambiente SIG, fazer o cruzamento da imagem já classificada com a carta de segmentação.

É importante salientar que o corte do histograma de distância pode também ser aplicado sobre as imagens classificadas por meio da segmentação.

Os resultados finais obtidos, para as cenas de 1996 e 1985, após o *threshold* e a segmentação são apresentados nas tabelas 9 e 10 (já agrupados de acordo com a classe de uso dos solos que representam).

Os valores de precisão variam de 87,98% e 96,48% para 1996 e 88,58% e 97,42% para 1985. Isto mostra a eficácia do procedimento de *threshold* e segmentação da imagem.

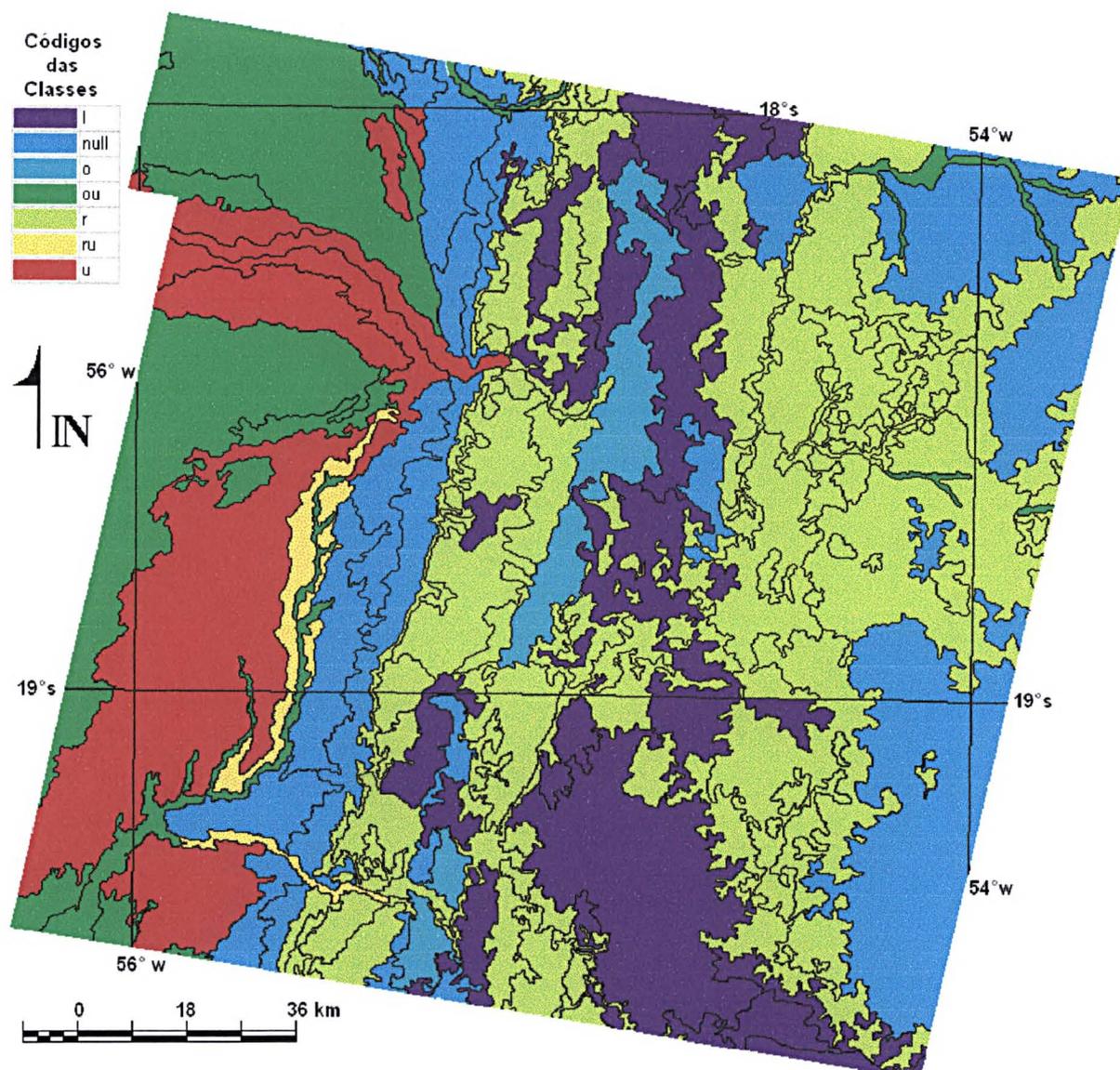


Figura 39 : Mapa com associações consideradas para a segmentação da cena 225-073 (Landsat, 1985b e 1996b).

	lat	for	org	umi	pra	Cv	Acq	Rif	Br
lat	93,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96
for	0,00	94,94	0,00	0,00	0,01	4,11	0,75	0,00	0,00
Org	0,00	0,00	92,16	0,00	0,17	0,00	0,12	0,00	0,03
Umi	0,20	0,00	0,00	89,19	0,00	0,17	1,24	0,00	4,41
Pra	6,17	0,05	4,30	4,78	91,71	4,85	0,04	3,52	1,49
Cv	0,00	4,99	0,79	0,60	4,29	90,46	0,12	0,00	0,09
Acq	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	96,18	0,00	4,97
Rif	0,03	0,02	2,59	0,00	2,36	0,35	0,34	96,48	0,07
Br	0,47	0,00	0,16	4,75	1,46	0,06	1,21	0,00	87,98
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 9 : Resultado final do teste de precisão para a cena de 1996. Os resultados representam o percentual de "acerto" (% de pixels – já levando em conta o *treshold* e a segmentação).

	lat	for	org	umi	pra	Cv	Acq	Rif	Br
Lat	90,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82
For	0,00	97,42	0,00	0,00	0,04	3,96	0,69	0,00	0,00
Org	0,00	0,00	91,73	0,00	0,23	0,00	0,18	0,00	0,00
Umi	0,26	0,00	0,00	88,58	0,00	0,21	1,80	0,00	5,03
Pra	6,93	0,04	3,98	4,93	91,82	4,25	0,09	4,52	0,58
Cv	0,00	2,41	1,70	0,78	3,99	91,03	0,21	0,00	0,00
Acq	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	95,30	0,00	4,25
Rif	2,03	0,13	2,24	0,00	2,45	0,43	0,38	95,48	0,00
Br	0,71	0,00	0,35	4,87	1,47	0,12	1,35	0,00	89,32
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 10 : Resultado final do teste de precisão para a cena de 1985. Os resultados representam o percentual de "acerto" (% de pixels – já levando em conta o *treshold* e a segmentação).

5.1.1.3.3. 3. Vetorialização da Classificação e Atribuição das Classes CORINE

A classificação final da imagem (de 1985 e 1996), já incorporando todas as melhorias citadas anteriormente, é primeiramente filtrada para a eliminação de *pixels* isolados. Então é convertida do formato *raster* para o vetorial. No banco de dados associado, as classes obtidas na classificação são agrupadas de acordo com o tipo de cobertura dos solos que representam (conforme a tabela 11).

Seguindo as normas do CORINE (Heymann *et al.* 1994), todos os polígonos menores que 25 ha. foram eliminados.

A legenda de interpretação deve possuir a capacidade de atender aos diferentes fotointerpretes em países diferentes, ser homogênea e atualizável e produzir um resultado compatível. Neste contexto, para a realização da carta de uso dos solos final (1985 e 1996), optou-se por utilizar a legenda do Programa CORINE, amplamente utilizada na Europa (CORINE, 1992 e Heymann *et al.*, 1994).

Assim, com controle da imagem ao monitor, de acordo com a tabela 12, foram atribuídas as classes CORINE aos agrupamentos vindos da classificação automática.

Resultado da Classificação Automática	Classes após o Reagrupamento	Classes CORINE	Outras Classes CORINE possíveis após controle fotointerpretativo
nc	Nc		
lat1	Lat	211	333 ou 332
lat2	Lat	211	333 ou 332
org	Org	211	333 ou 332
for1	For	311	
for2	For	311	
cv	Cv	322	
sujo	Pra	231	211, 321 ou 322
ver1	Pra	231	211 ou 321
ver2	Pra	231	321
cel	Pra	231	211
pv	Pra	231	211 ou 321
rif	Rif	211	231, 332 ou 333
umi1	Umi	411	
br	Br	334	
lag	Acq	51	511 ou 512
fiu	Acq	51	511 ou 512

nc significa não classificado

Tabela 11 : Relação entre classes de uso do solo, obtidas na classificação automática supervisionada e aquelas baseadas no CORINE.

5.1.1. 4. Classes CORINE Adotadas neste Trabalho

Neste trabalho, adotou-se a legenda de uso dos solos do projeto CORINE. Na área de estudo as áreas foram classificadas de acordo com as características análogas àquelas descritas em Heymann *et al.* (1994).

As áreas naturais caracterizadas por associações vegetais típicas do pantanal, em consequência da latitude, condições climáticas e fisiográficas da região, diferentes daquelas européias, estão associadas às classes CORINE com as quais haviam a máxima analogia (Tabela 12). Por exemplo, as áreas de cerrado estão classificadas como 3.2.2., definida por Heymann *et al.* (1994) como áreas de vegetação arbustiva - "*moors and heathland*". À seguir tem-se a descrição das classes adotadas nesta tese (Tabela 12).

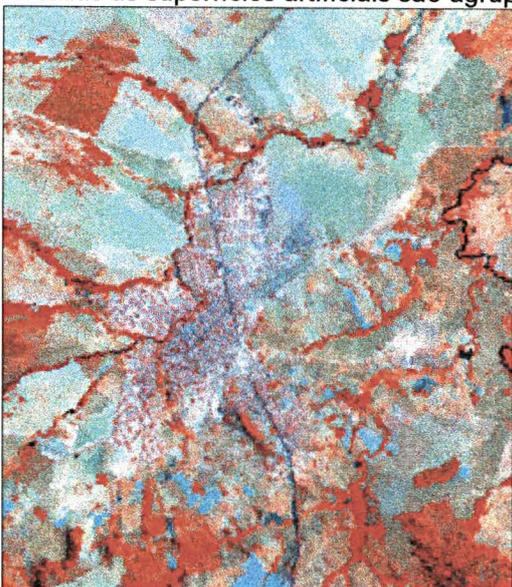
Os critérios de identificação de cada classe estão descritos nas pranchas de 1 a 13 :

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Prancha
1. Superfícies Artificiais	1.1. Padrão Urbano Indistinto		1
2. Áreas agrícolas	2.1. Terra arada	2.1.1. Área arada não irrigada	2
		2.1.2. Área constantemente irrigada	3
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastagens	4
3. Florestas e áreas semi-naturais	3. 1. Florestas	3.1.1. Floresta Latifoliada	5
	3.2. Arbustos e/ou vegetação herbácea associada	3.2.1. Pradaria Natural	6
		3.2.2. Cerrado	7
	3.3. Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.3.2. Rocha Nua	8
		3.3.3. Área de vegetação esparsa	9
	3.3.4. Área Queimada	10	
4. Zonas úmidas	4.1. Zonas úmidas continentais	4.1.1. Áreas Úmidas	11
5. Corpos Aquosos	5.1. Águas continentais	5.1.1. Cursos de água	12
		5.1.2. Corpos de água	13

Tabela 12 : Classes de cobertura dos solos do Projeto CORINE usadas neste trabalho (adaptadas de Heymann *et al.* 1994). As pranchas citadas estão nas páginas à seguir.

1.1. Áreas Urbanas

Para as áreas urbanas, neste trabalho, mantém-se a classificação CORINE, porém a primeiro nível, assim todas as superfícies artificiais são agrupadas numa única classe.



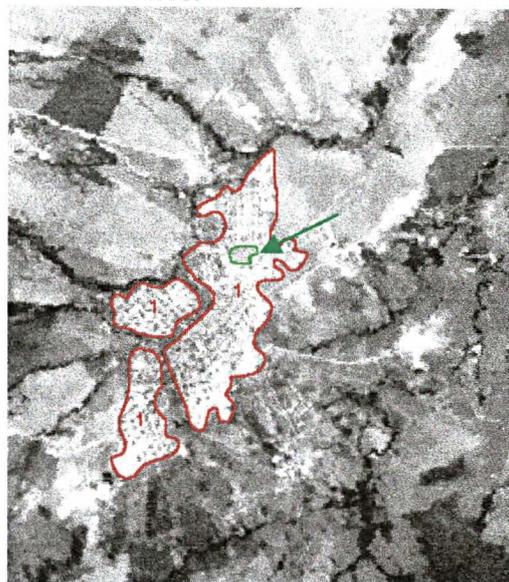
Cidade de Rio Negro – MS. Landsat TM 457, setembro de 1996 - escala 1:100.000.

O exemplo acima ilustra a classe 1.1. Mais de 80% da superfície é ocupada por superfícies artificializadas.

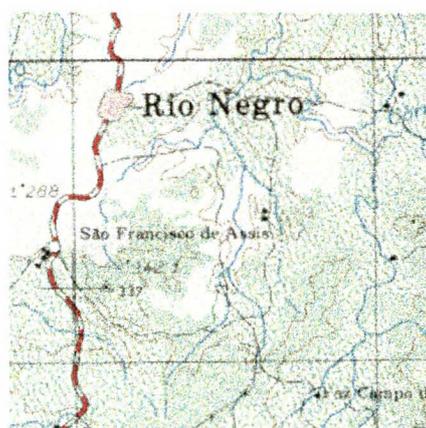
A área contornada em verde sobre a imagem interpretada é um exemplo de uma área menor que 25 ha., que apesar de ser diferente da classe 1, é mantida dentro da trama urbana.

O uso de cartas topográficas e fotos aéreas atualizadas é importante fonte de dados complementares.

Também a composição Landsat TM 752 é útil na distinção de áreas urbanas (é usado também em áreas de florestas).

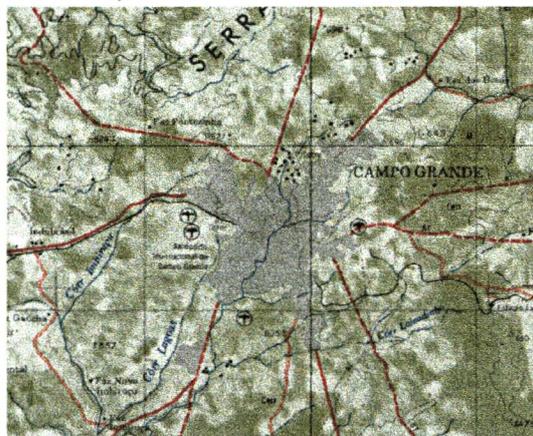


Interpretação sobre a banda 3.



Mapa topográfico (1966 - escala 1:250.000 - IBGE/DSG).

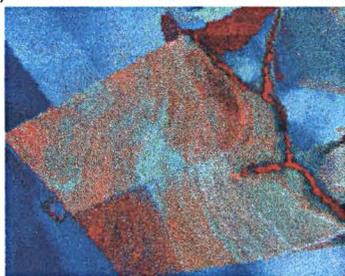
Ao lado, outra possibilidade de impressão da carta topográfica (Campo-Grande - em cinza, escala 1:500.000 - IBGE/DSG - reduzida de 1:250.000).



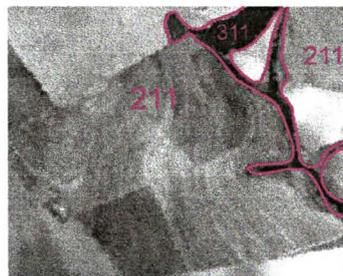
Prancha 1 : Descrição da Classe CORINE 1.1.

2.1.1. Áreas Agrícolas (não irrigadas)

Como proposto por Heymann *et al.* (1994), plantações de cereais, leguminosas, forrageiras, culturas industriais, raízes comestíveis e demais tipos de culturas agrícolas.



Área agrícola próxima a São Gabriel D'Oeste - MS. Landsat TM 453, setembro de 1996 - escala 1:100.000.



Interpretação sobre a banda 7.

Áreas irrigadas apenas um período do ano são colocadas nesta classe.

É essencial haver informações complementares à imagem para a classificação de áreas 211 e 212.

A textura uniforme e a estrutura geométrica das áreas agrícolas são típicas e auxiliam o fotointerprete na identificação das classes 211 e 212.



Mesma área em composição RGB 321 - Landsat TM

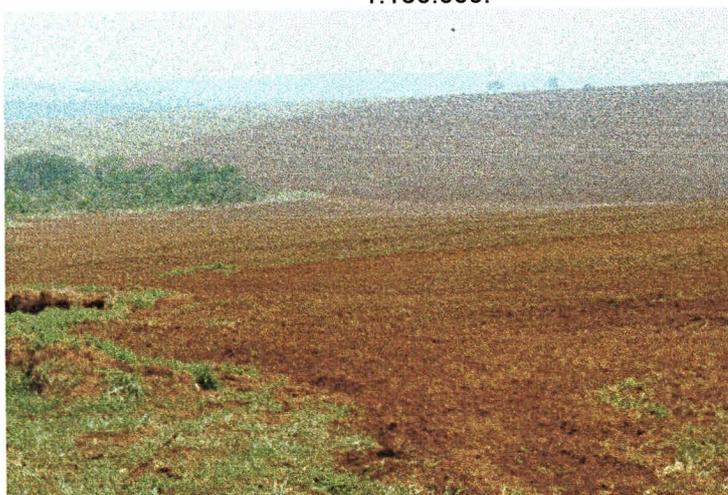


Outro exemplo de classe 211 - Landsat TM 453, setembro de 1996 - escala 1:100.000.



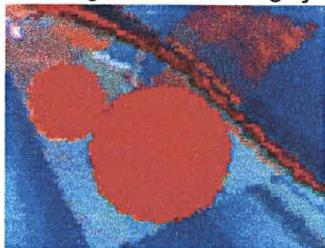
Outra composição para o exemplo ao lado - Landsat TM RGB 321, setembro de 1996 - escala 1:100.000.

Mesma região vista do solo (setembro de 1998).

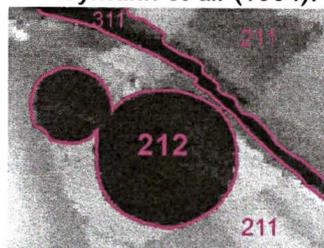


2.1.2. Áreas Agrícolas continuamente irrigadas.

Plantações de cereais, leguminosas, forrageiras, culturas industriais, raízes comestíveis e demais tipos de culturas agrícolas sob irrigação constante. Modificado de Heymann *et al.* (1994).



Área agrícola irrigada próxima a São Gabriel D'Oeste (localmente chamada de *Pivots*) - Mato Grosso do Sul. Landsat TM 453, setembro de 1996 - escala 1:50.000.



Interpretação sobre a banda 7- Landsat TM.

Áreas irrigadas apenas uma parte do ano são colocadas na classe 211.

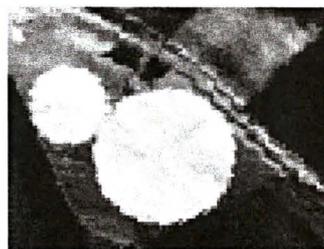
É essencial haver informações complementares à imagem para a classificação de áreas 212.

Na região do Pantanal, a textura e a estrutura de pivô central das áreas agrícolas irrigadas é típica e auxilia na identificação da classe 212.



Mesma área em composição RGB 321 - Landsat TM.

Usar imagens da estação seca podem auxiliar na identificação de áreas irrigadas. As áreas irrigadas podem ter alta refletância na banda 4 (Landsat TM) mesmo na época de estiagem.



Mesma área na Banda 4 - Landsat TM, notar a alta refletância devida a intensa cor verde.

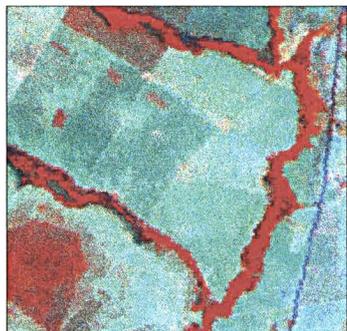


Exemplo da classe 2.1.2. no campo (região próxima a São Gabriel D'Oeste – Foto: Alberto Pio Fiori). Ao fundo pode-se visualizar um exemplo da classe 2.1.1.

Prancha 3 : Descrição da Classe CORINE 2.1.2.

2.3.1. Pastagens

Superfície com cobertura herbácea densa e composição florística dominada por gramíneas, porém ao contrário do proposto por Heymann *et al.* (1994), pode estar sujeita a rotação de culturas.



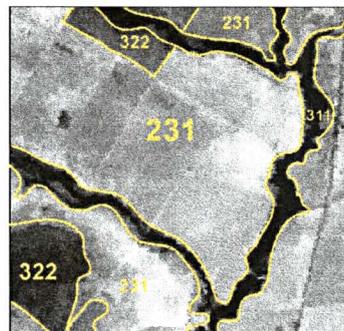
Pastagens - Landsat TM 457, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:100.000.

O tipo de resposta para um mesmo tipo de pastagens pode ser muito variado, pois depende de diversos fatores como : altura dos pasto, umidade, fertilidade do solo ou a taxa de lotação (o pisoteio e a superpopulação degradam a pastagem).

Para a identificação desta classe o apoio de campo é fundamental.

A distinção com a classe 321 (pradaria naturais) pode ser feita com o auxílio de documentação complementar e controle de campo.

A observação da parcelização ou o contexto em que se encontra a área pode auxiliar na distinção.



Interpretação sobre a banda 7 (Landsat TM).



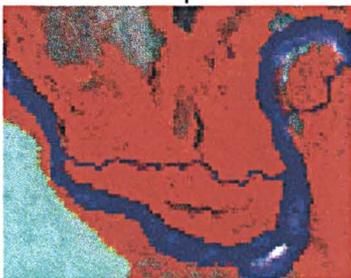
Mesma área em combinação RGB 321 (Landsat TM), escala 1:100.000.



Mesma região das imagens, vista do solo

3.1.1. Floresta

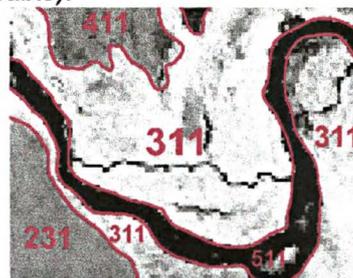
Esta classe é constituída por floresta e cerrado (descritos abaixo).



Floresta - Landsat TM 453, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.

Floresta : engloba os vários tipos de florestas na área de trabalho, incluindo as “matas galeria” e os capões de mata maiores de que 25 ha.

Cerradão (vegetação densa tipo “savana”) : pequenas árvores perenes com topos irregulares que se tocam, somente permitindo a passagem de pequena quantidade de radiação solar aos níveis inferiores. O nível arbustivo é ausente. Pode ocorrer níveis herbáceos esparsos ou dominados pelo nível mais alto.



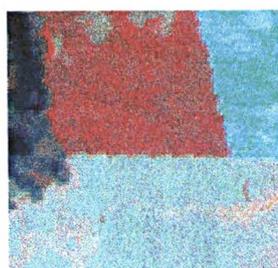
Interpretação sobre a banda 4 – (Infravermelho Landsat TM).



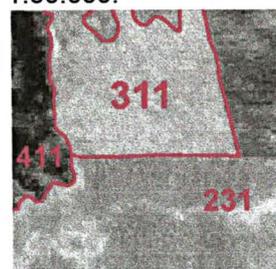
Mesma área em combinação RGB 321 (Landsat TM), escala 1:50.000.



Mesma área em combinação RGB 457 (Landsat TM), escala 1:50.000.



Outro exemplo de Floresta - Landsat TM 453, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.



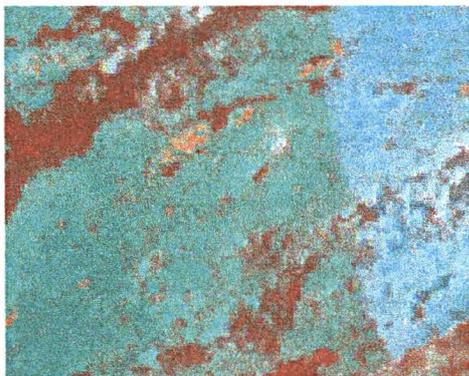
Interpretação sobre a banda 4 – (Infravermelho Landsat TM).



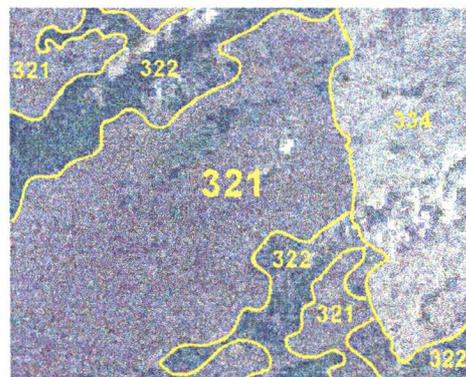
Mesma área em RGB 321 Landsat TM.

3.2.1. Pradarias Naturais

Esta classe é formada estritamente por um nível herbáceo, dominado por gramíneas, porém contendo outras espécies (como ciperáceas e tifáceas). Ocasionalmente interrompido por arbustos retorcidos e pequenas palmeiras.



Pradarias Naturais - Landsat TM 457, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.



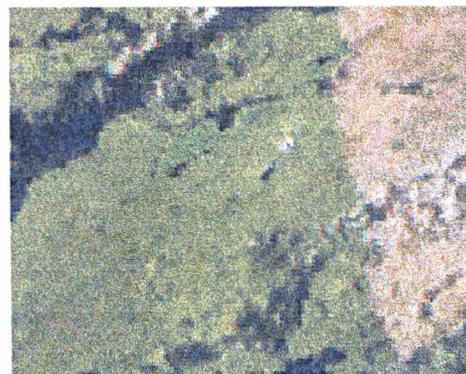
Interpretação sobre a composição 321 (Landsat TM).

O tipo de resposta espectral para um mesmo tipo de pradaria pode ser muito variado.

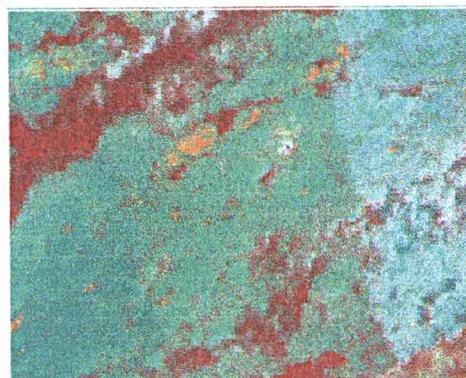
Para a identificação desta classe o apoio de campo é fundamental.

A distinção com a classe 231 (pastagens) pode ser feita com o auxílio de documentação complementar e controle de campo.

Observar a parcelização (que indica atividade antrópica) ou o contexto em que se encontra a área pode auxiliar na distinção.



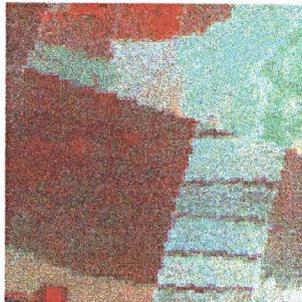
Mesma área em combinação RGB 752 (Landsat TM), escala 1:50.000.



Mesma área em combinação RGB 453 (Landsat TM), escala 1:50.000.

3.2.2. Cerrado

Savana arborizada aberta e densa (*dense and open tree savana*) e savana parque. Ocasionalmente ocorrem capões de mato.

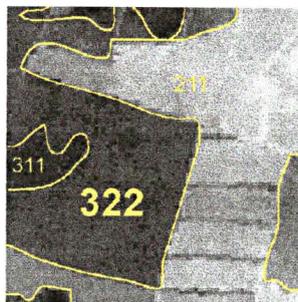


Cerrado - Landsat TM 453, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.

Esta classe é constituída por dois tipos de vegetação :

Cerrado (*open tree savana*): a composição de plantas é semelhante àquela do cerradão, o solo é coberto por um nível herbáceo contínuo com árvores esparsas (menos de 5m de altura), arbustos retorcidos e pequenas palmeiras sem tronco.

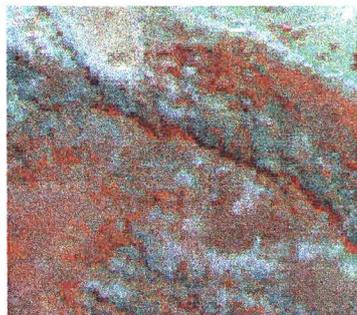
Savana parque: solo predominantemente coberto por gramíneas e árvores retorcidas e arbustos.



Interpretação sobre a banda 7 (Landsat TM).

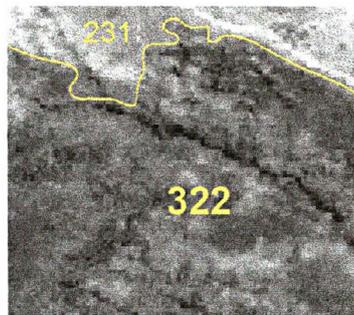


Mesma área em combinação RGB 752 (Landsat TM), escala 1:50.000.

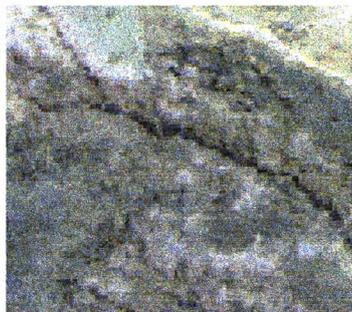


Cerrado - Landsat TM 453, MS, setembro de 1996 - escala 1:50.000.

Outra observação importante, o cerrado tem um caráter mais caducifólio, tendendo a perder, parcialmente, as folhas a partir de meados da estação seca.



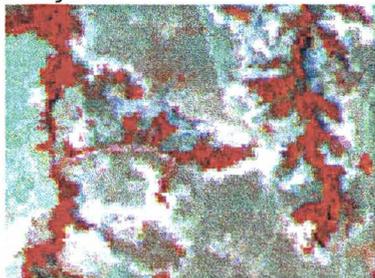
Interpretação sobre a banda 7 (Landsat TM).



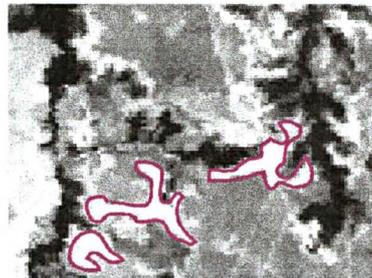
Mesma área em RGB 752 (Landsat TM).

3.3.2. Afloramentos de Rocha

Rochas nuas, falésias, afloramentos rochosos. Mantém-se como proposto por Heymann *et al.* (1994), sem modificações.



Áreas em que aflora o substrato - Landsat TM 453, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.



Áreas destacadas (em magenta) sobre a banda 7 (Landsat TM).

A resposta espectral a ser identificada pode variar muito dependendo do tipo de substrato exposto. A consulta de outros tipos de documentação é imprescindível (mapa topográfico, geológico ou de solos, por exemplo).



Mesma área em combinação 752 (Landsat TM), escala 1:50.000.

Mesma área em Combinação RGB 321 (Landsat TM), escala 1:50.000.

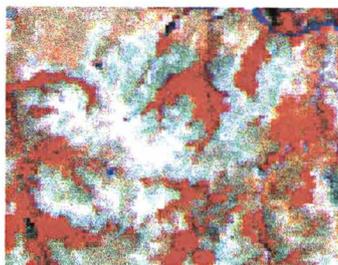


Classe 332 vista do solo

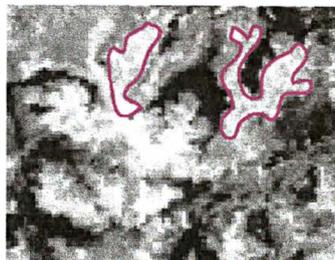
Prancha 8 : Descrição da Classe CORINE 3.3.2.

3.3.3. Áreas com Vegetação esparsa

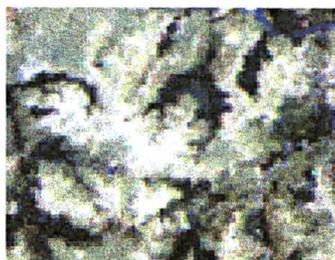
Segue-se o proposto por Heymann *et al.* (1994), corresponde a áreas de vegetação rala.



Áreas de vegetação rala - Landsat TM 453, Mato Grosso do Sul, setembro de 1996 - escala 1:50.000.



Interpretação sobre a banda 7 (grifado em magenta - Landsat TM).



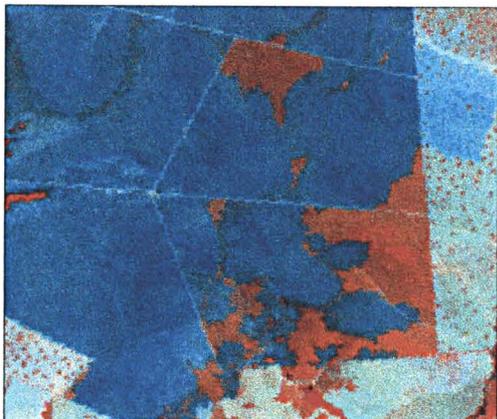
Mesma área em combinação 752 (Landsat TM), escala 1:50.000.



Mesma área em combinação RGB 321 (Landsat TM), escala 1:50.000.

3.3.4. Áreas de Queimadas

Áreas de "queimadas" recentes, naturais ou artificiais (Heymann *et al.* 1994).

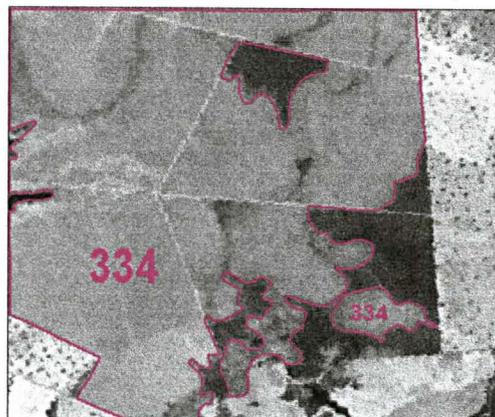


Queimada próxima a Coxim - Mato Grosso do Sul. Landsat TM 457, setembro de 1996 - escala 1:100.000.

Para a identificação de área queimadas, é aconselhável observar-se a região de interesse em diferentes composições falsa-cor. Principalmente para a distinção com a classe 4.1.1. (áreas úmidas).

Além das composições aqui presentes, usar a composição 752 (Landsat TM - normalmente utilizado para florestas e área urbanas) pode fornecer subsídios complementares para a distinção de áreas queimadas, que aparecem em tons de ocre e violáceo, daquelas úmidas, que se tornam verde oliva escuro nesta composição.

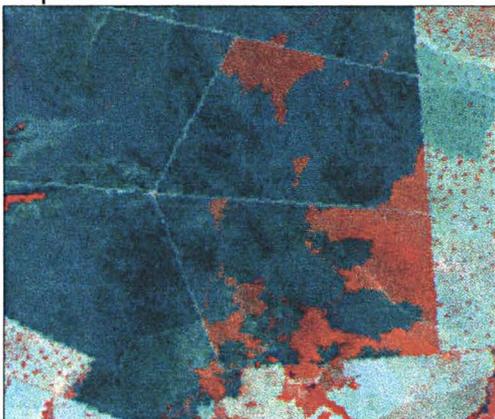
O uso de imagens multitemporais pode auxiliar na identificação de áreas queimadas.



Interpretação sobre a banda 7, que possui boa refletância em zonas queimadas.



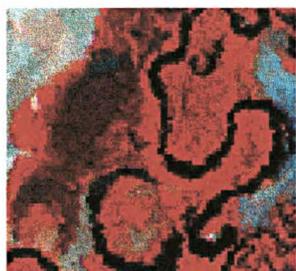
Mesma imagem em *composite* 321 - RGB. Observar que nesta composição, a cor tende ao preto.



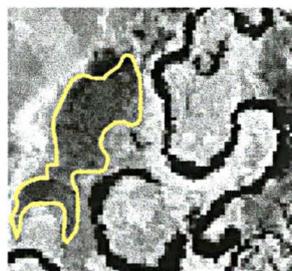
Mesma imagem em composição 453, a área aparece em verde escuro.

4.1.1. Áreas úmidas

Áreas planas, geralmente inundadas, parcial ou totalmente, na estação úmida e menos saturadas o resto do ano. Esta classe inclui os brejos (Heymann *et al.* 1994).

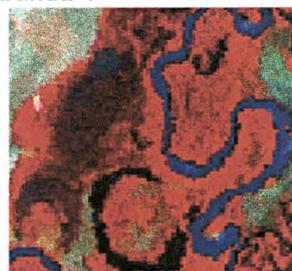


Trecho do Rio Taquari - Mato Grosso do Sul
Landsat TM 457, setembro de 1996.



Interpretação (área destacada em amarelo)
sobre a banda 4

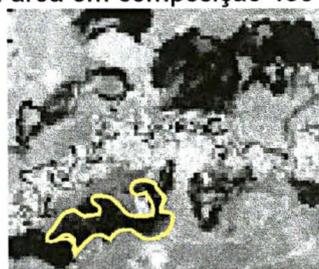
Para a distinção com a classe 4.1.1. (áreas queimadas), é aconselhável observar-se a região de interesse em diferentes composições falsa-cor.



Mesma área em composição 453



Área úmida- Mato Grosso do Sul
Landsat TM 453, setembro de 1996.



Interpretação (área destacada em amarelo)
sobre a banda 4

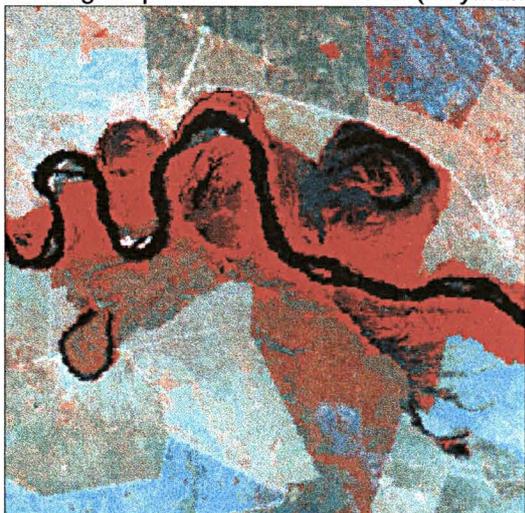


Área úmida vista do solo

Prancha 11 : Descrição da Classe CORINE 4.1.1.

5.1.1. Cursos D'água

Corresponde aos cursos d'água naturais ou artificiais que servem como canais de drenagem. A menor largura para inclusão é 100 m (Heymann *et al.* 1994).



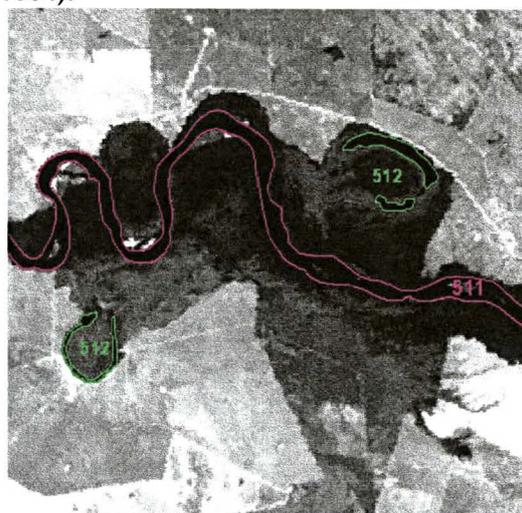
Trecho do Rio Taquari - Mato Grosso do Sul
Landsat TM 457, setembro de 1996- escala
1:100.000.

O critério para a digitalização, ou não, de ilhas, está na dimensão destas. Somente são digitalizadas ilhas maiores de 25 ha.

Normalmente (não sempre, porém), a utilização da alternância entre a banda 7 (infravermelho – imagem acima) com a banda 3 (vermelho - imagem abaixo à direita) facilita a separação entre os cursos e os corpos d'água.

Enquanto na composição 457 ambos são escuros (pela grande absorção no infravermelho), na 453 os cursos d'água são mais azulados devido à sua carga transportada. Enquanto que os corpos d'água, sendo fechados e decantados, são mais escuros, tendendo ao preto.

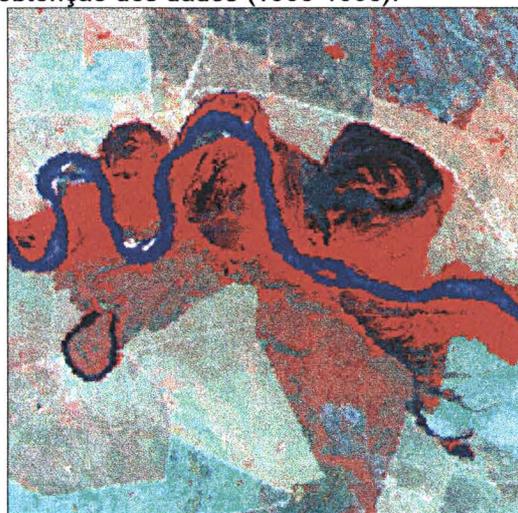
À direita
Mesmo local, composição
Landsat TM 453, os rios se tornam
azulados enquanto que os meandros
abandonados permanecem escuros.



Interpretação (banda 7) - a área classe 5.1.1
aparece contornada em magenta (as áreas com
borda verde são classe 5.1.2. – corpos aquosos).



Trecho análogo do mapa topográfico (1:250.000 -
IBGE/DSG). Observar que as diferenças na
geometria dos rios são devidas às distintas datas
de obtenção dos dados (1966-1996).



5.1.2. *Corpos D'água*

Corpos d'água naturais ou artificiais (Heymann *et al.* 1994).

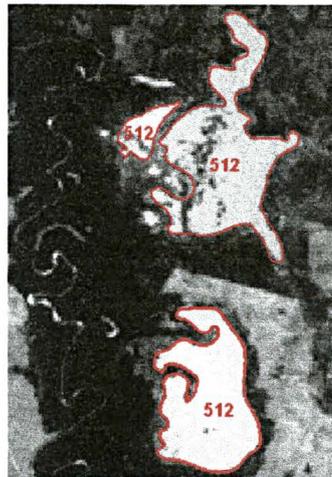


Trecho do Rio Aquidauana - ao norte de Aquidauana - MS. Landsat TM 457, setembro de 1996- escala 1:100.000.

Neste caso, escolhido propositadamente, as lagoas aparecem azuladas na composição 453 e pretas em 457 (Landsat TM).

Observar que a resposta entre a banda 3 (visível - azul) e a banda 7 (infra-vermelho) são bem distintas para a água.

Represas artificiais e açudes maiores de 25 ha. estão inclusas nesta classe.



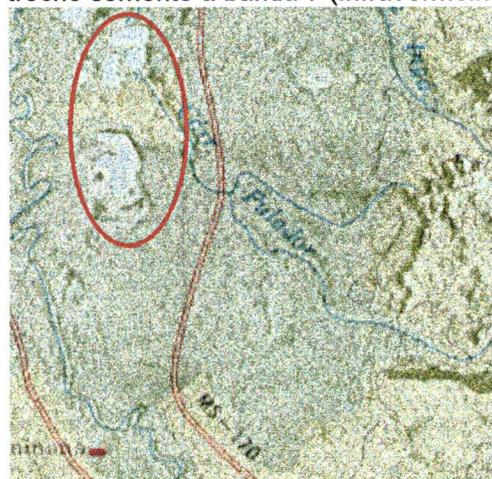
Interpretação (banda 3 - vermelho) - a área classe 5.1.2 aparece contornada em vermelho.



Mesmo trecho somente a banda 7 (Infravermelho).



Mesmo trecho com a composição 453.



Mapa topográfico da área (1:160.000 ampliação do original em escala 1:250.000). As lagoas da imagem aparecem destacadas com o círculo vermelho.

5. 1. 1. 5. Análise Multitemporal Propriamente Dita

Numa última etapa, em ambiente SIG, os dados da década de 1960, obtidos das cartas topográficas, são comparados com os de 1985 e 1996, ambos por sua vez obtidos das imagens de satélite (ver Figura 5).

Em ambiente SIG é feita uma operação de *overlay*, que resulta na interseção das cartas e uso dos solos dos três períodos diferentes (comando *intersect* de *Arc® Info®* - Figura 40) e o resultado é apresentado como tabelas.

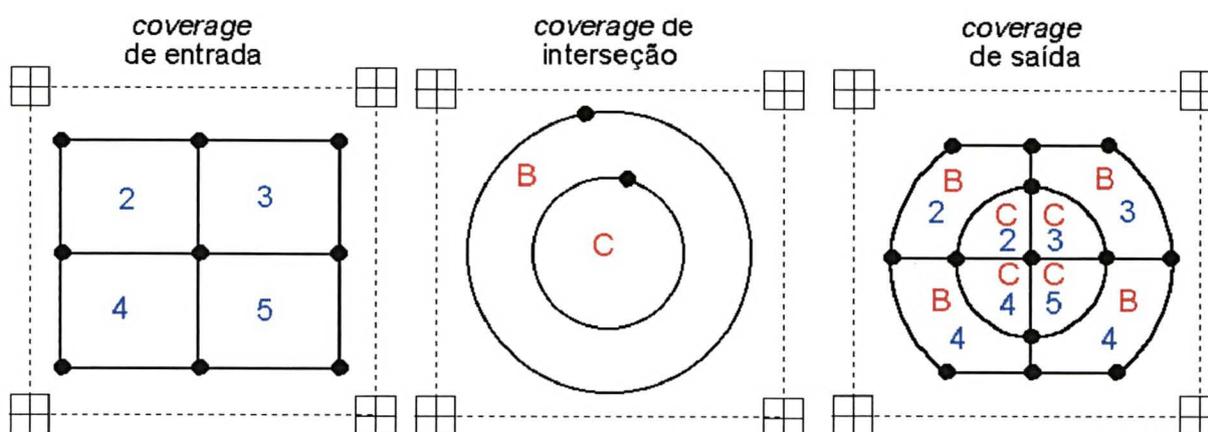


Figura 40 : Esquema mostrando a interseção de cartas em ambiente SIG (modificado de Esri, 1997a). As cores diferentes dos atributos representam "items" diferentes.

Como a base de dados de 1966 apresenta características diferentes das bases de dados de 1985 e 1996, para que seja possível efetuar a comparação, é necessário fazer um novo reagrupamento das classes de modo a homogeneizá-las e permitir a comparação dos dados (tabelas 13 e 14).

Legenda 1966 – IBGE/DSG (DSG 1982a, b)	Código Atribuído	Significado
Não Classificado	nc	Área não classificada
Superfície Deformada - Rochoso	des	Área de afloramento rochoso ou substrato aparente
Não Classificado – Cultura	agr	Área agrícola
Cerrado	nat	Superfície coberta por vegetação natural
Mata	nat	Superfície coberta por vegetação natural
Urbano	urb	Área urbana
Rio (perenes e temporários)	umi	Cursos d'água
Lagoas (perenes e temporárias)	umi	Corpos d'água
Brejo	umi	Áreas úmidas

Tabela 13 : Códigos atribuídos à legenda de uso do solo da base de dados de 1966 para a análise multitemporal.

Esta nova classificação separa, de um modo genérico, as zonas naturais (ou renaturalizadas), daquelas sob influência antrópica direta. Este novo reagrupamento resolve também um problema encontrado durante a atribuição das classes CORINE à imagem classificada. Muitas vezes não é possível identificar as áreas 2.1.1. (agricultura) dentro daquelas 2.3.1. (pastagens). Agrupá-las em áreas de agropecuária resolve este problema.

Legenda 1985 e 1996 – Classificação Automática	Código Atribuído	Significado
Não Classificado	nc	Área não classificada
1.1.	urb	Área urbana
2.1.1. + 2.3.1.	agr	Área de atividade agropecuária
3.1.1. + 3.2.2.	nat	Superfície coberta por vegetação natural
3.3.2. + 3.3.3. + 3.3.4.	des	Área de afloramento rochoso ou substrato aparente. Áreas de vegetação raia ou ainda de queimadas.
4.1.1. + 5.1.1 + 5.1.2.	umi	Áreas úmidas e corpos ou cursos d'água.

Tabela 14 : Códigos atribuídos à legenda de uso do solo das bases de dados de 1985 e 1996 para a análise multitemporal.

Com as *coverages* resultantes dos cruzamentos 1966/1985, 1966/1996 e 1985/1996, podem ser criadas novas tabelas quantificando a variação ocorrida. Por exemplo, pode-se identificar quantas áreas possuíam mata em 1966 e verificar quais permanecem assim em 1985 ou 1996. (exemplo conforme a tabela 15).

1966	1996	nc	agr	des	nat	umi	urb
nc		nc > nc	agr > nc	des > nc	nat > nc	umi > nc	urb >
agr		nc > agr	agr > agr	des > agr	nat > agr	umi > agr	urb >
des		nc > des	agr > des	des > des	nat > des	umi > des	urb >
nat		nc > nat	agr > nat	des > nat	nat > nat	umi > nat	urb >
umi		nc > umi	agr > umi	des > umi	nat > umi	umi > umi	urb >
urb		nc > urb	agr > urb	des > urb	nat > urb	umi > urb	urb >

Tabela 15 : Exemplo de tabela de comparação multitemporal, no caso entre os anos de 1966 e 1996. Onde nat > agr, por exemplo, significa áreas naturais que foram transformadas em áreas de atividade agropecuária.

6. RESULTADOS

Além da proposta do método para análise multitemporal, que representa um dos principais objetivos deste trabalho, e é por si só um resultado, esta tese apresenta ainda como resultados a elaboração de dois bancos de dados, um referente à Folha Camapuã, utilizado principalmente na normatização do método de digitalização e como apoio e base para o trabalho na Bacia do Taquarizinho. E o outro à folha Coxim, utilizada na análise multitemporal (ambas cartas do IBGE/DSG - 1:250.000, DSG, 1982a, b).

Além disto, foram classificadas as cenas totais, órbita-ponto, 225-073 de 1985 e 1996 (Landsat 1985b e 1996b) e um pequeno *sub-set* da cena 225-072 (Landsat 1985a e 1996a) dos mesmo anos, que resultaram nas cartas de uso dos solos. Embora tenham sido classificadas as cenas inteiras (225-073), a análise multitemporal foi realizada sobre a folha Coxim. A área restante das imagens se prestou a determinação das classes presentes na região, auxiliando na confecção da parte do método de trabalho referente a classificação das imagens. Como exemplo de aplicação dos bancos de dados criados foi utilizada a Equação Universal de Perdas dos Solos (USLE) à Região da Bacia do Rio Taquarizinho.

6.1. Bancos de Dados de Camapuã e Coxim

A digitalização das cartas Coxim e Camapuã (DSG, 1982a, b) resultou em duas bases de dados compostas por 5 *coverages* cada uma, ou seja :

- Uso dos solos – 1966 - (tabelas 16 e 17 - figuras 41, 42, para Camapuã e figuras 43 e 44 para Coxim).
- Curvas de nível – (ver exemplo, figura 45).
- Pontos cotados.
- Hidrografia – (ver exemplo, figura 45 e 46).
- Rede viária – 1966.

A superfície coberta pelas cartas Camapuã e Coxim, em 1966 (tabelas 16 e 17 - figuras 42 e 44), era representada na sua maior parte por zonas naturais (florestas e cerrados), 81,68 % para Camapuã (figura 41) e 88,92 % para Coxim (figura 43), sendo que deste percentual o valor ocupado pelos cerrados representa a maior parte (Camapuã : 57,47% e Coxim : 66,09%).

As zonas agrícolas possuíam pequena expressão, Camapuã : 0,36%, principalmente ao sul da área e Coxim : 0,64%, próximas as cidades de Rio Verde do Mato Grosso e Coxim.

Tipo de Cobertura	Área em Hectares	% de superfície em relação à área total
Não Classificado	299449,79	17,17
Não Classificado Inundável	474,16	0,03
Cultura	6294,45	0,36
Brejo	8557,02	0,49
Areia	2,34	0,00
Cerrado	882778,60	50,61
Cerrado Inundável	119737,80	6,86
Floresta	419226,13	24,04
Floresta Inundável	2953,70	0,17
Urbano	283,06	0,02
Rios > 100m	1383,80	0,08
Lagoa	972,34	0,06
Lagoa Temporária	2117,97	0,12
Total	1744231,17	100,00

Tabela 16 : Valores de tipo de uso do solo de 1966, referente à folha Camapuã.

Tipo de Cobertura	Área em Hectares	% de superfície em relação à área total
Não Classificado	20616,56	1,18
Não Classificado Inundável	136885,57	7,81
Cultura	430,78	0,02
Brejo	10139,26	0,58
Superfície deformada - rochoso	8193,06	0,47
Cerrado	866824,82	49,43
Cerrado Inundável	292203,80	16,66
Floresta	339338,63	19,35
Floresta Inundável	60976,18	3,48
Plantação	10930,95	0,62
Urbano	486,92	0,03
Rios > 100m	5870,16	0,33
Meandros	52,58	0,003
Meandros Temporários	279,85	0,02
Lagoa	281,23	0,02
Lagoa Temporária	300,48	0,02
Total	1753810,83	100,00

Tabela 17 : Valores de tipo de uso do solo de 1966, referente à folha Coxim.

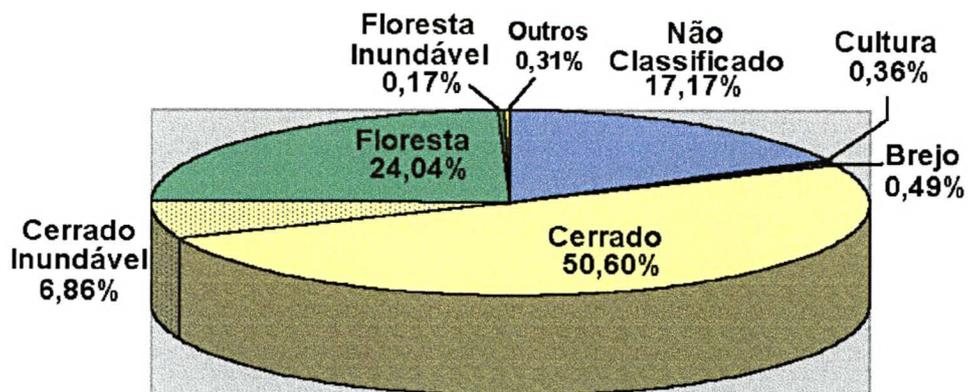


Figura 41 : Tipo de uso do solo de 1966, referente à folha Camapuã.

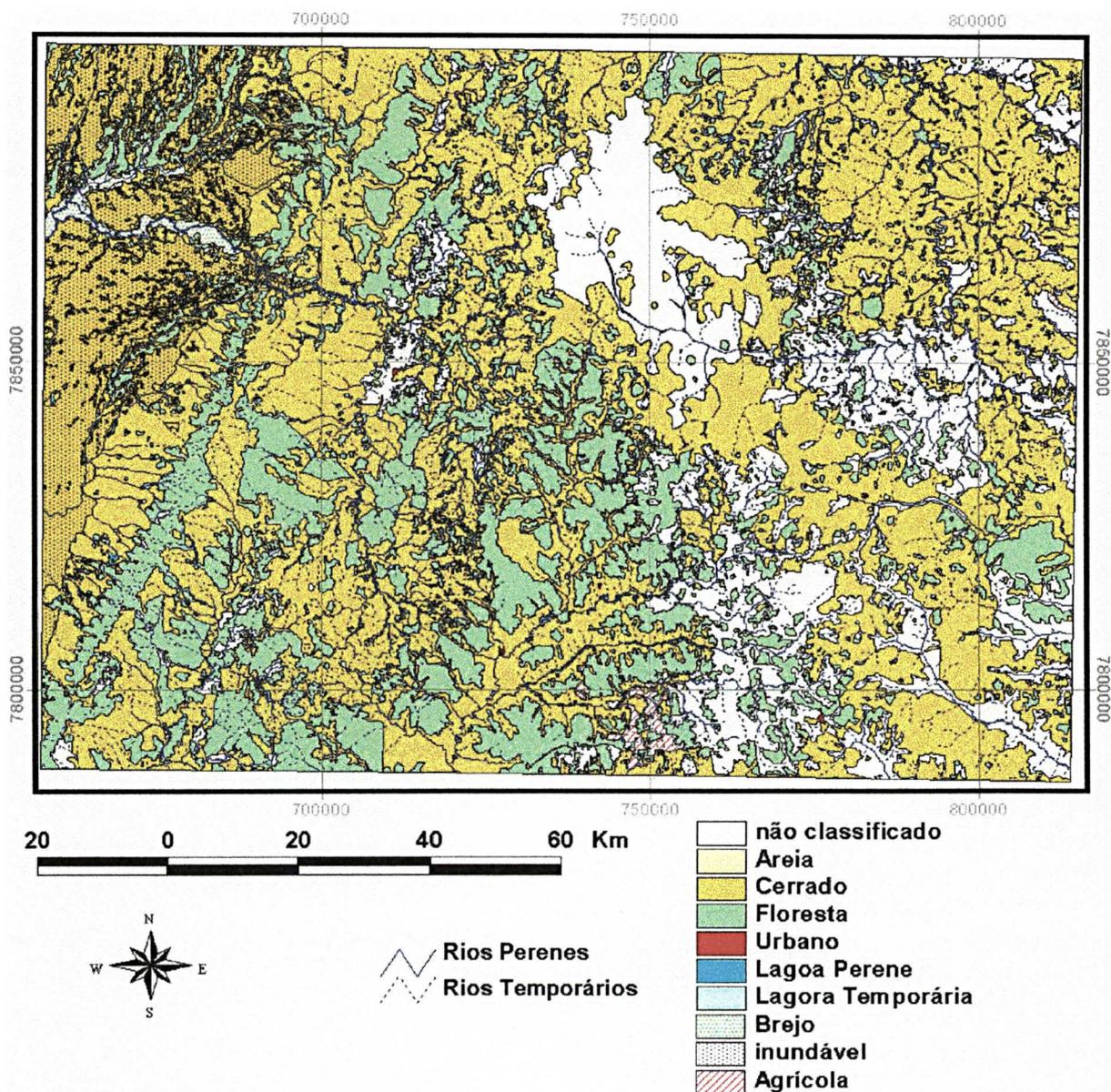


Figura 42 : Coverage de uso do solo de 1966, referente à folha Camapuã (digitalizada da Folha Camapuã DSG 1982a – 1:250.000).

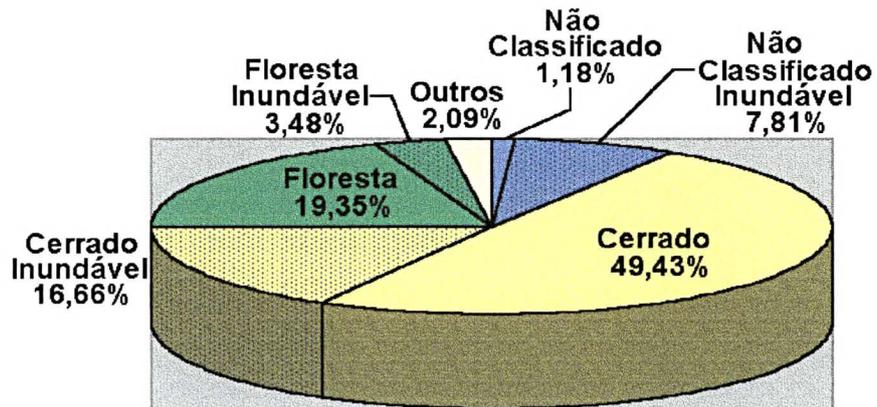


Figura 43 : Tipo de uso do solo de 1966, referente à folha Coxim.

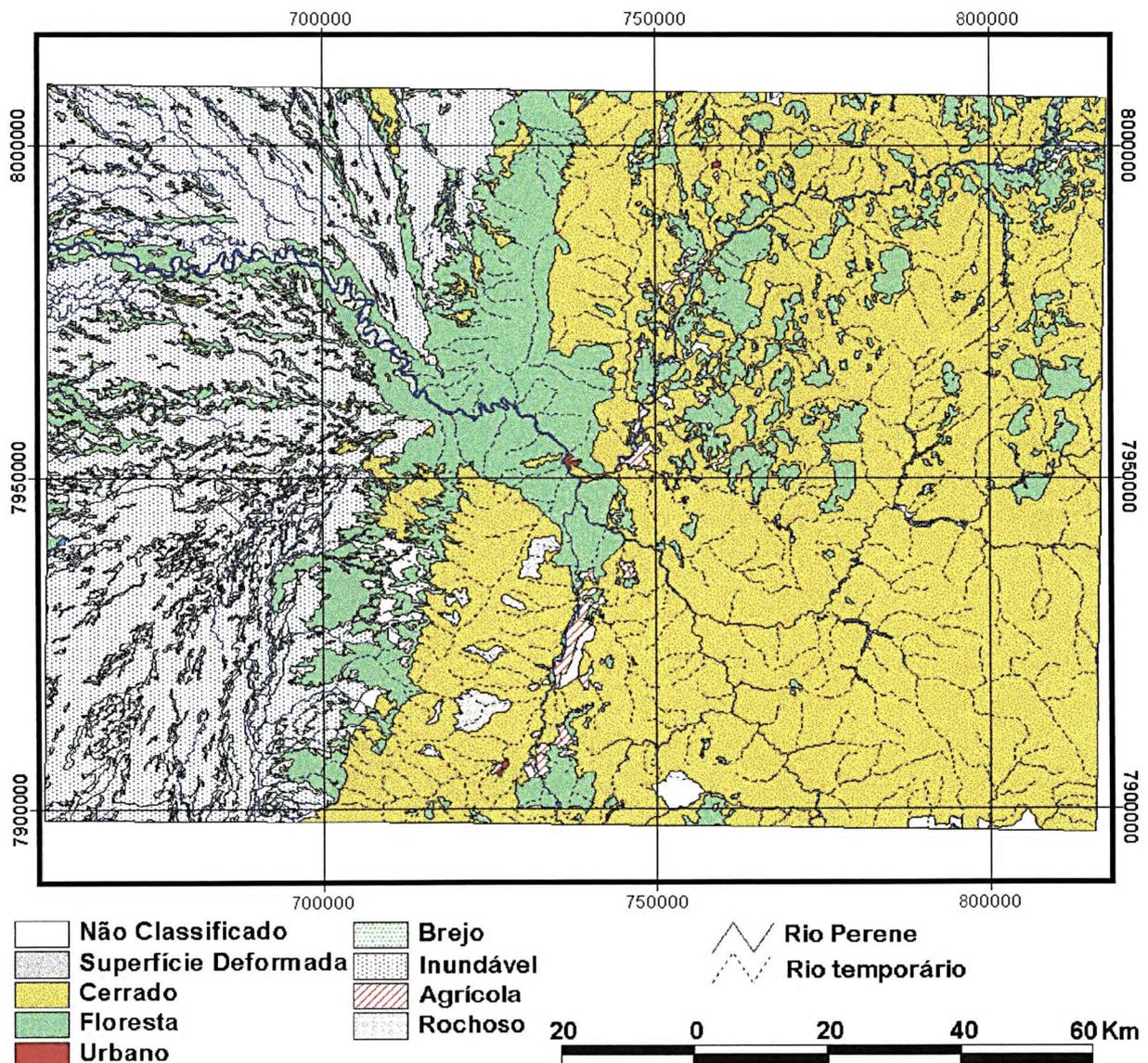


Figura 44 : Coverage do uso do solo de 1966, referente à folha Coxim (digitalizada da Folha Coxim DSG 1982a – 1:250.000).

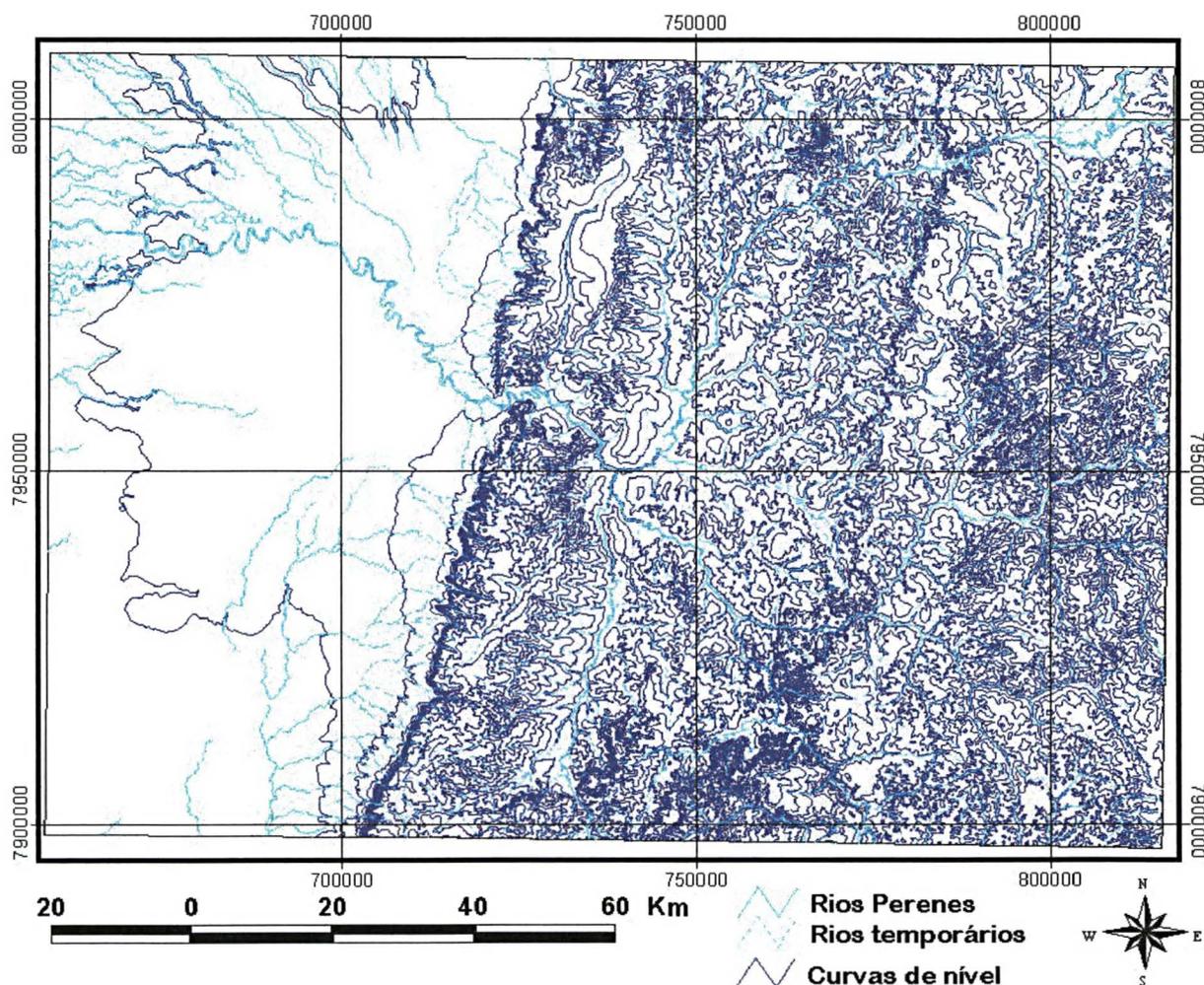


Figura 45 : Coverages da topografia e hidrografia referente à folha Coxim (digitalizadas da Folha Coxim DSG 1982a – 1:250.000).

O uso das *coverages* com as curvas de nível, pontos cotados e da hidrografia permite a criação de modelos digitais do terreno (DEM - *Digital Elevation Models*). Estes modelos ressaltam as principais feições morfológicas da área como pode ser visto nas figuras 46, 47 e 48, permitindo ainda a visualização do relevo da área através de diversos ângulos de visada.

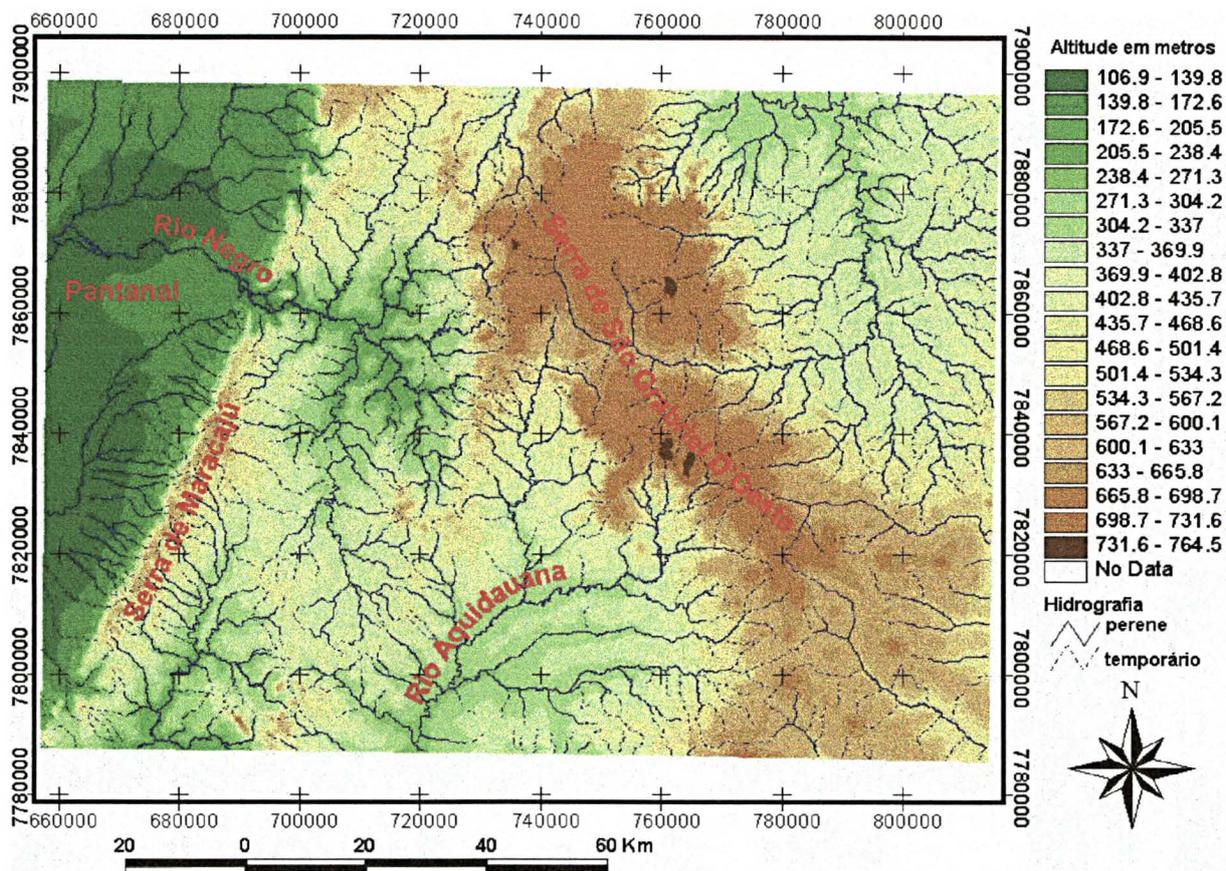


Figura 46 : Modelo digital do Terreno em 2D, referente à folha Camapuã.

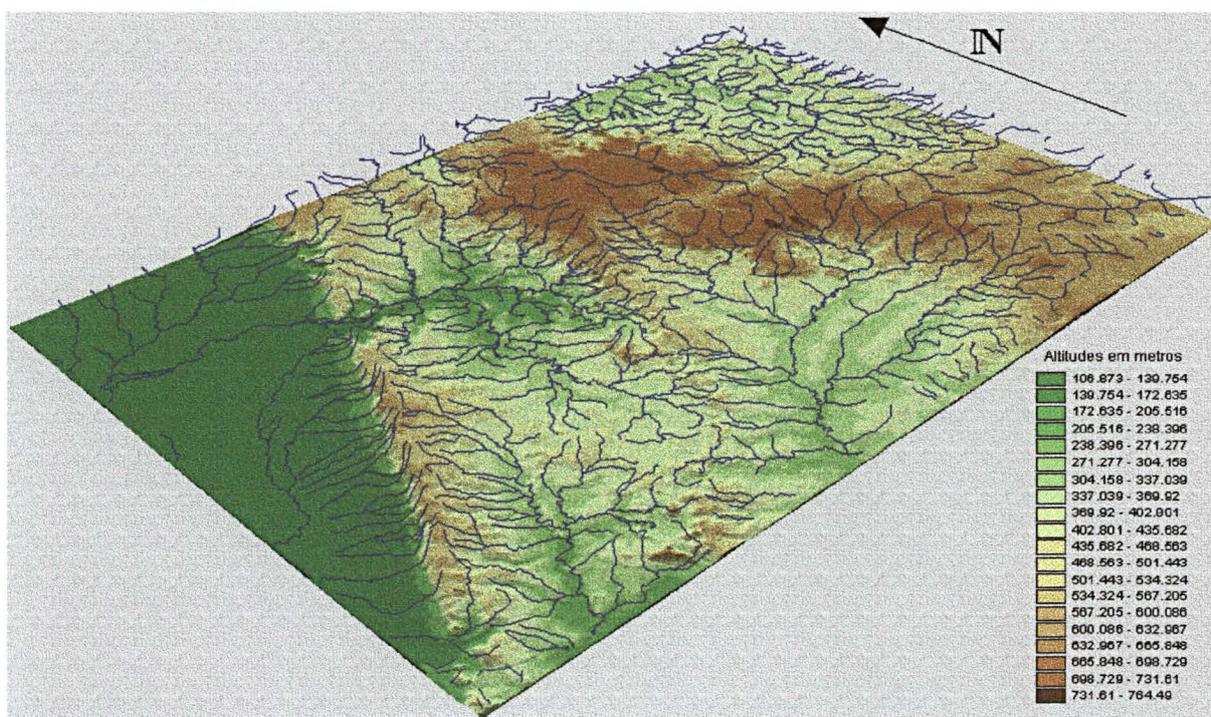


Figura 47 : Modelo digital do Terreno em 3D (à partir do modelo da Figura 46), referente à folha Camapuã.

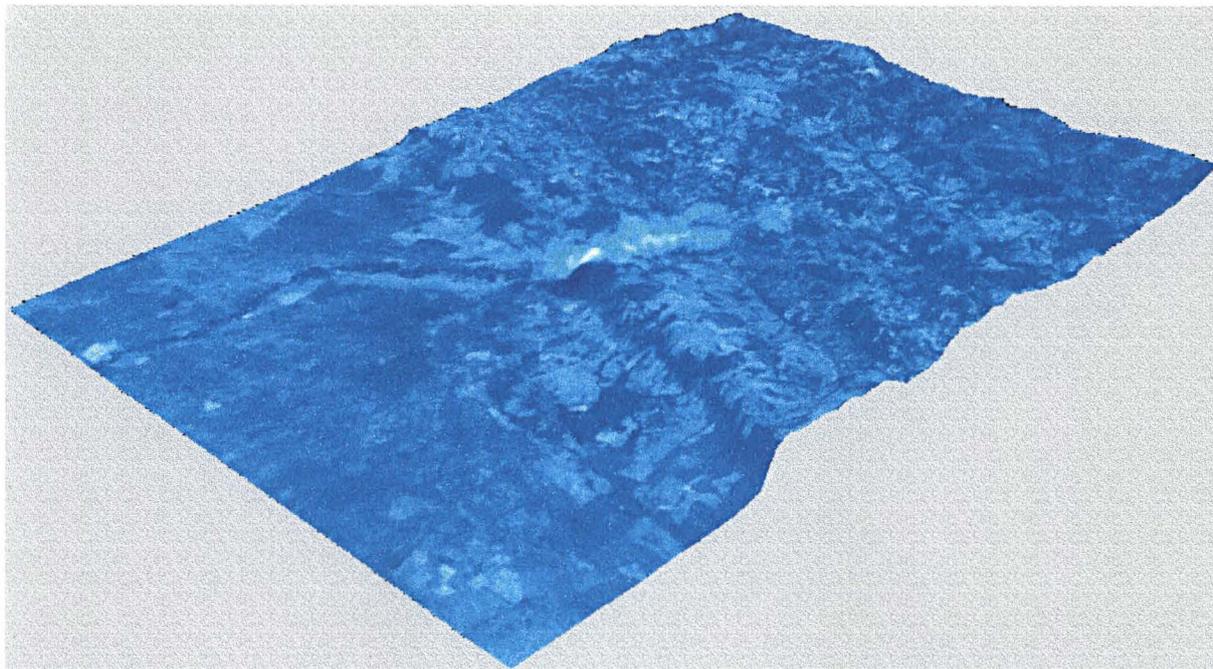


Figura 48 : Outro exemplo de modelo digital do Terreno em 3D, no qual a imagem Landsat é associada à superfície. Referente à folha Coxim.

À partir do DEM podem ser derivadas outras cartas com informações sobre o relevo :

- *Slope* – ou declividade : esta carta identifica a taxa máxima de mudança no valor de declividade de uma célula em relação as suas vizinhas (conforme exemplo na Figura 49).

O *grid* representativo pode ser obtido em graus ou porcentagem. A relação entre estas duas formas é dada pela fórmula (Esri, 1997a e 1998) :

$$\text{slope angle} = \tan^{-1} (\text{slope percentual}/100)$$

Assim, 45° equivalem a 100%. É interessante observar que quanto mais próximo a 90° mais o valor percentual tende a infinito.

A carta de declividade é de grande importância no cálculo do fator topográfico da Equação Universal de Perdas dos Solos, como será visto adiante.

- *Aspect* : esta carta identifica a direção de inclinação do *slope*, isto é a direção de exposição das vertentes. Os ângulos são contados no sentido horário e o valor de -1 significa que é uma célula plana (Figura 50).

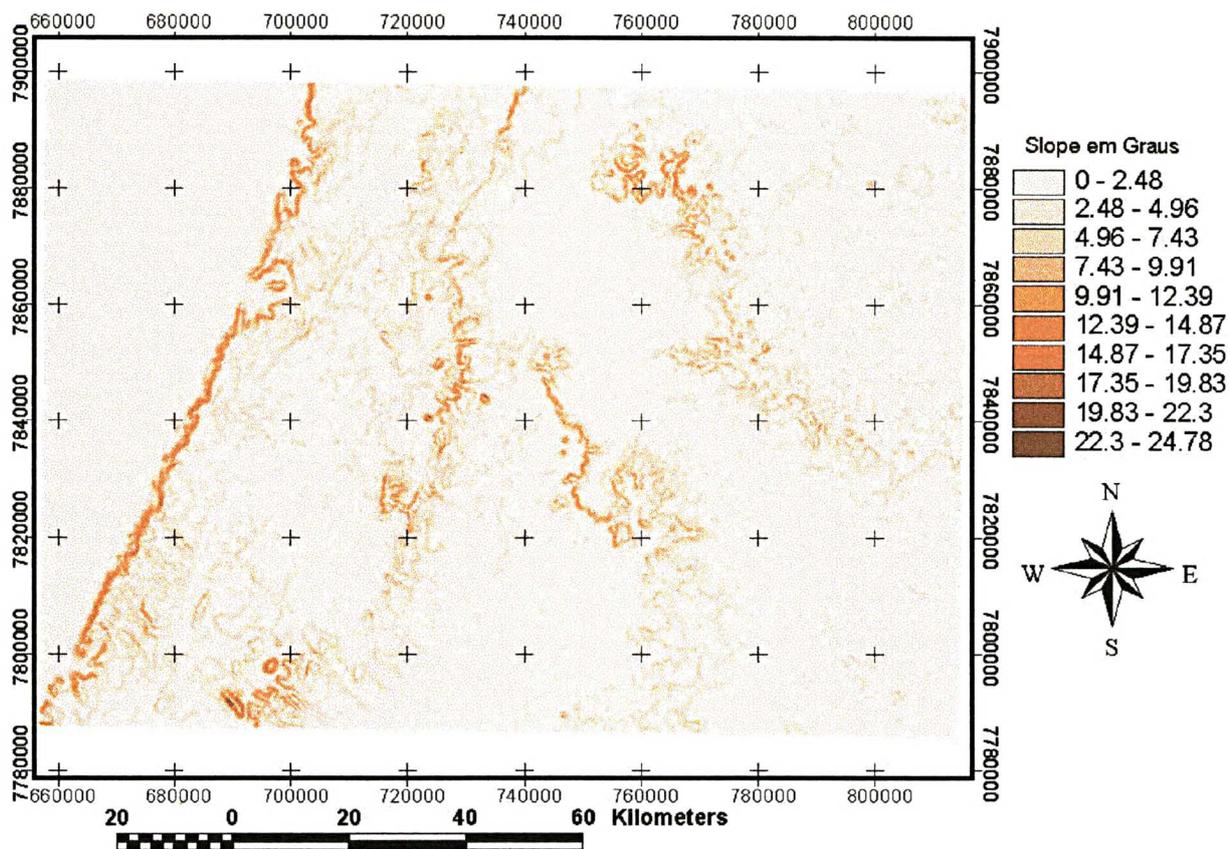


Figura 49 : *Slope* referente à folha Camapuã.

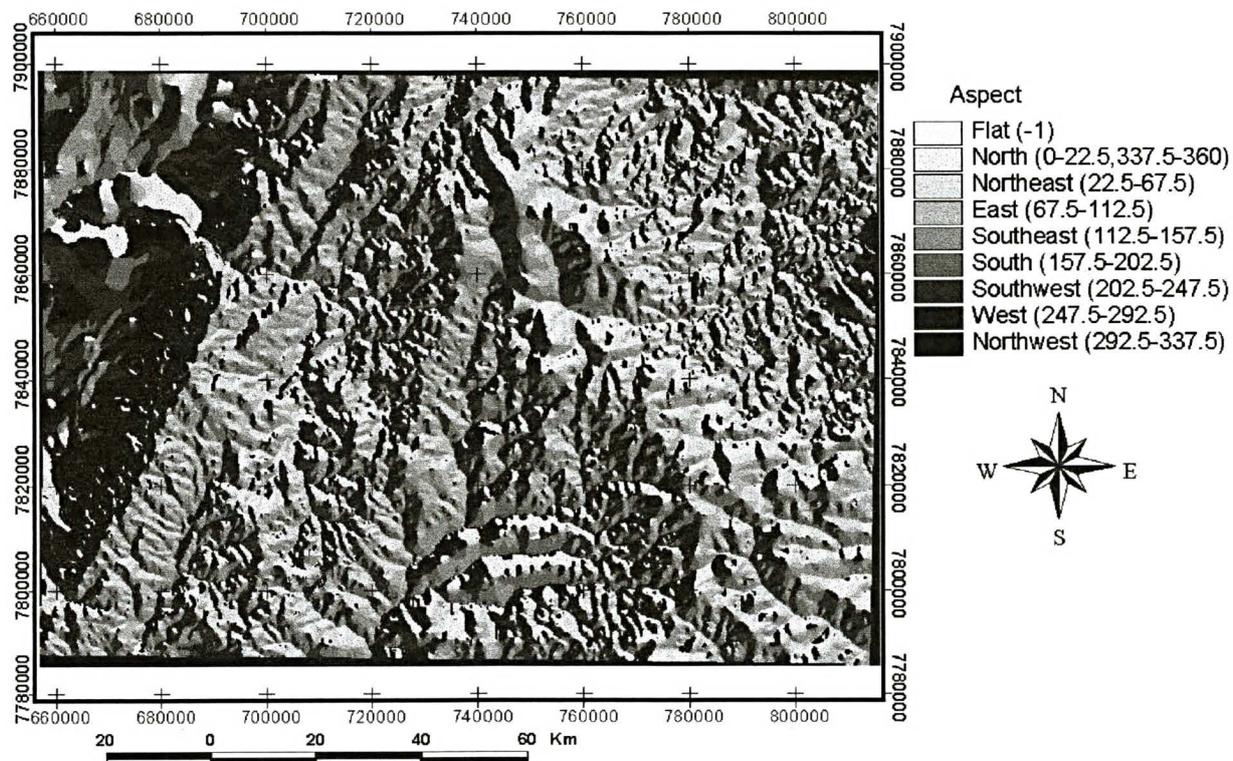


Figura 50 : *Aspect* referente à folha Camapuã (azim. 45° e inclin. 45°).

- *Hillshade* : esta análise se constitui numa forma de determinar uma iluminação hipotética sobre a superfície elaborada pelo DEM (Figura 51).

Nesta tese estas análises se prestaram a obtenção de parâmetros sobre a topografia, principalmente nos trabalhos realizados sobre a bacia do Rio Taquarizinho (ver capítulo próprio, à frente).

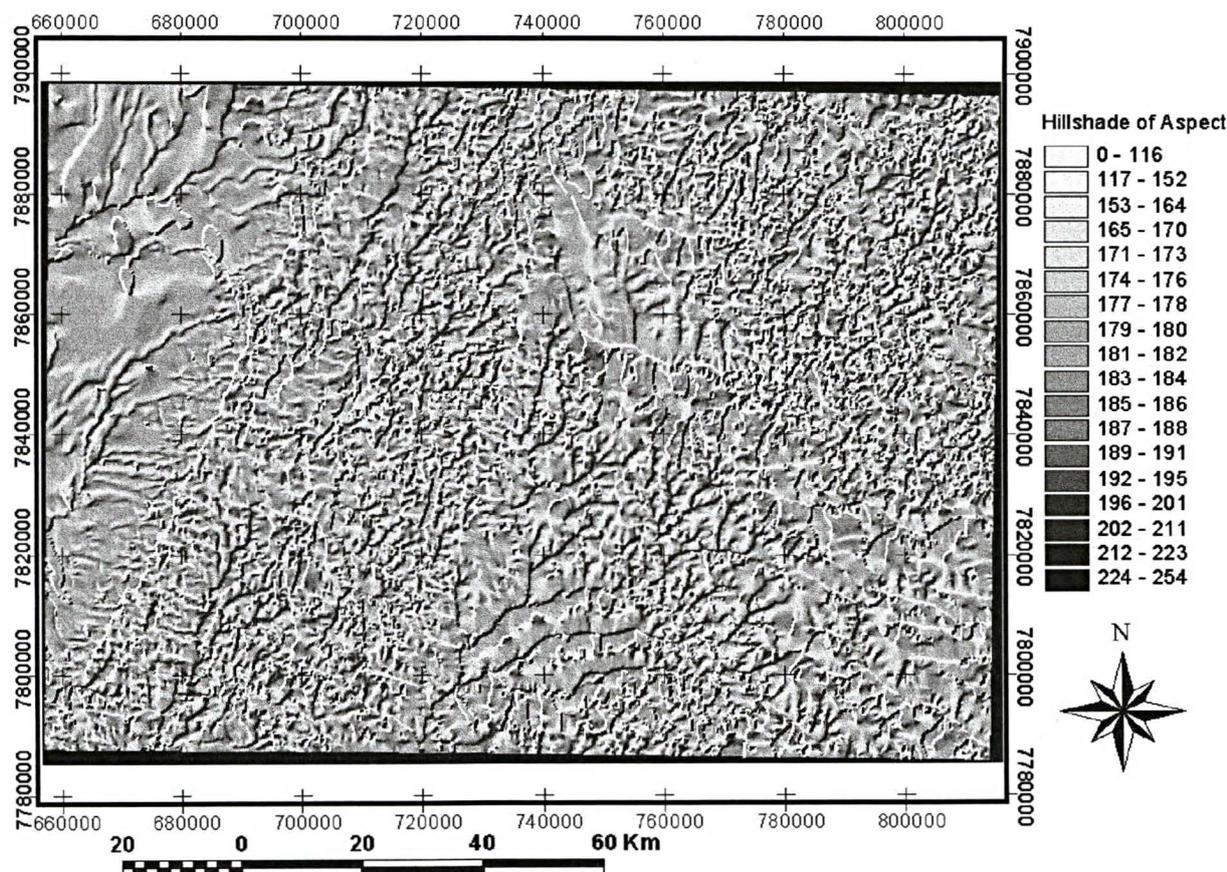


Figura 51 : *Hillshade* referente à folha Camapuã.

6.2. Classificação das Imagens

O resultado final da classificação das imagens (conforme explicado no capítulo de material e métodos) foi a confecção da carta de uso dos solos da área coberta pela cena 225-073, para 1985 e 1996. Desta imagem classificada foi recortada a área correspondente à Folha Coxim (DSG 1982b), obtendo-se assim a carta de uso dos solos de 1985 e 1996 desta região (Figuras 52, 53 e a Tabela 18 para 1985 e Figuras 54, 55 e a Tabela 19 para 1996).

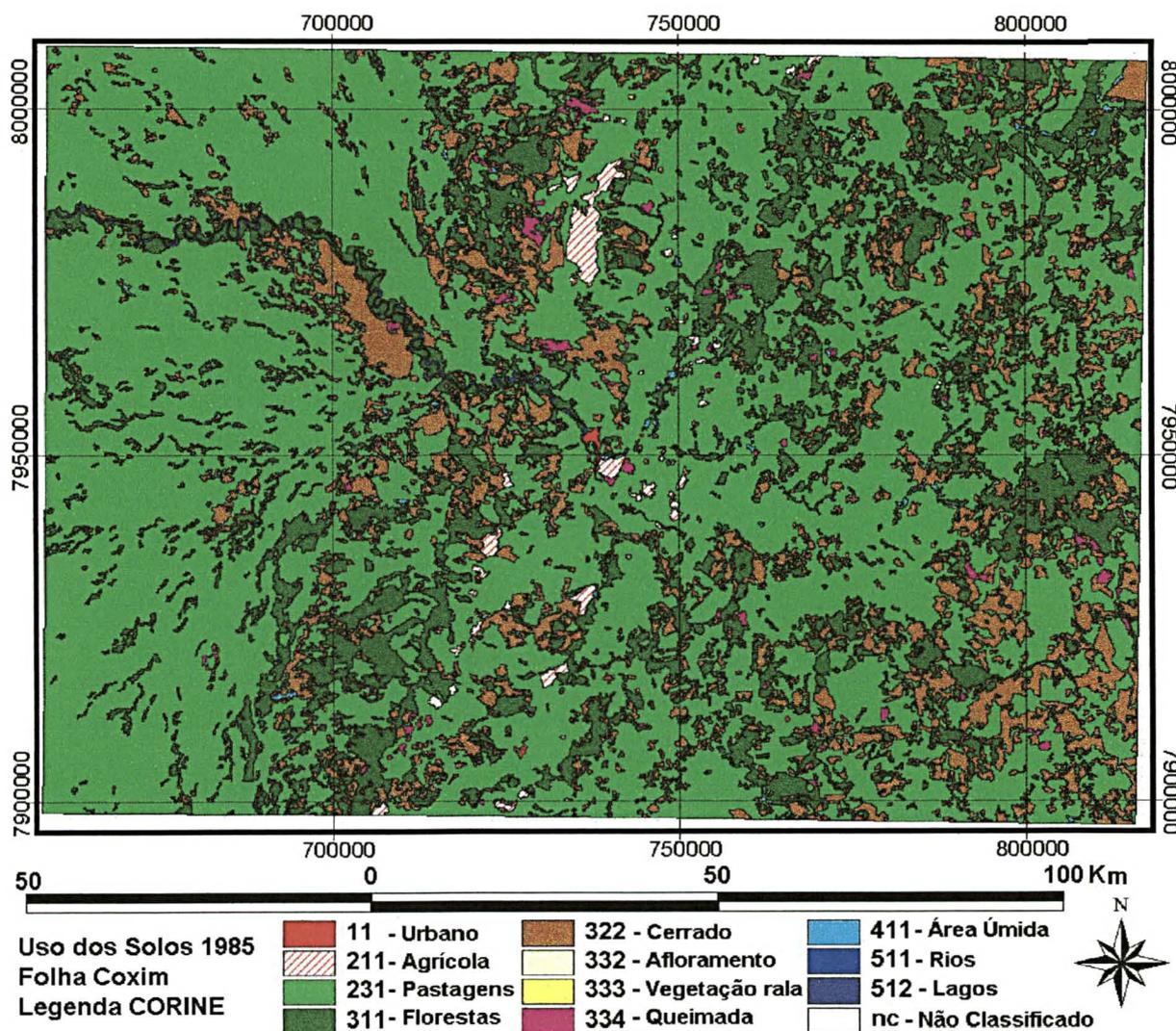


Figura 52 : Carta de uso do solo de 1985, para a folha Coxim (obtida da classificação de imagem de satélite Landsat TM de setembro de 1985 – Bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7).

O principal uso do solos, para 1985, da Folha Coxim são as áreas utilizadas para as atividades agropecuária (principalmente pastagens, com 67,55 % - Tabela 18 e Figura 53).

As áreas naturais são representadas por 16,14% de florestas e 14,26 de cerrados, nestes percentuais estão incluídas as porções "renaturalizadas" (mata e cerrado secundários). As outras classes apresentam percentuais muito pequenos (todas somadas chegam a 2,05% - Figura 53).

Classe	área ha.	%
cl 11 Padrão Urbano Indistinto	867,29	0,05
cl 211 Área agrícola não irrigada	14360,38	0,82
cl 231 Pastagens	1184773,78	67,55
cl 311 Floresta	283038,51	16,14
cl 322 Cerrado	250089,69	14,26
cl 332 Afloramento Rochoso	661,95	0,04
cl 333 Área de vegetação esparsa	103,05	0,01
cl 334 Área Queimada	10979,66	0,63
cl 411 Áreas Úmidas	3661,97	0,21
cl 511 Cursos de água	4224,38	0,24
cl 512 Corpos de água	699,62	0,04
nc Não Classificado	337,86	0,02
	1753798,13	100,00

Tabela 18 : Valores de área das classes CORINE para a classificação de 1985, para a Folha Coxim.

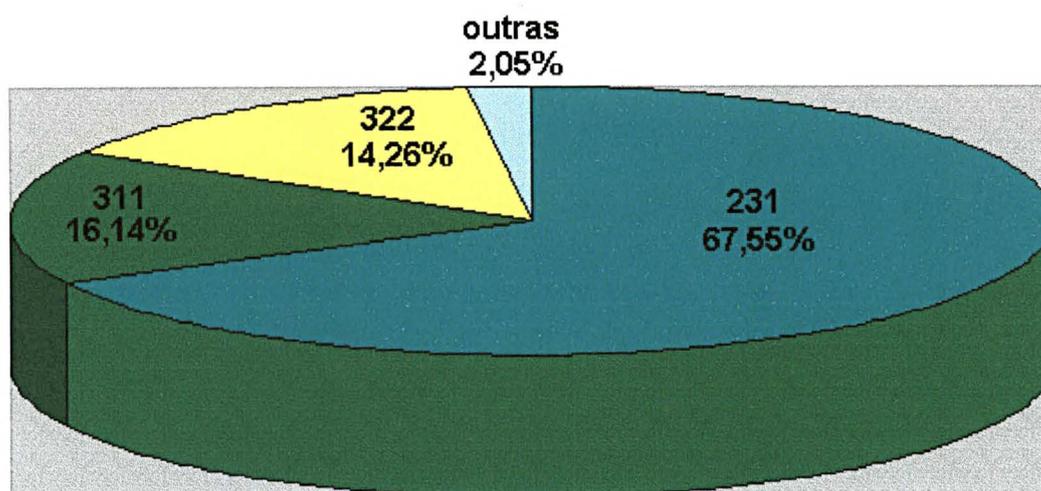


Figura 53 : Gráfico com os dados de uso do solo de 1985, para a folha Coxim.

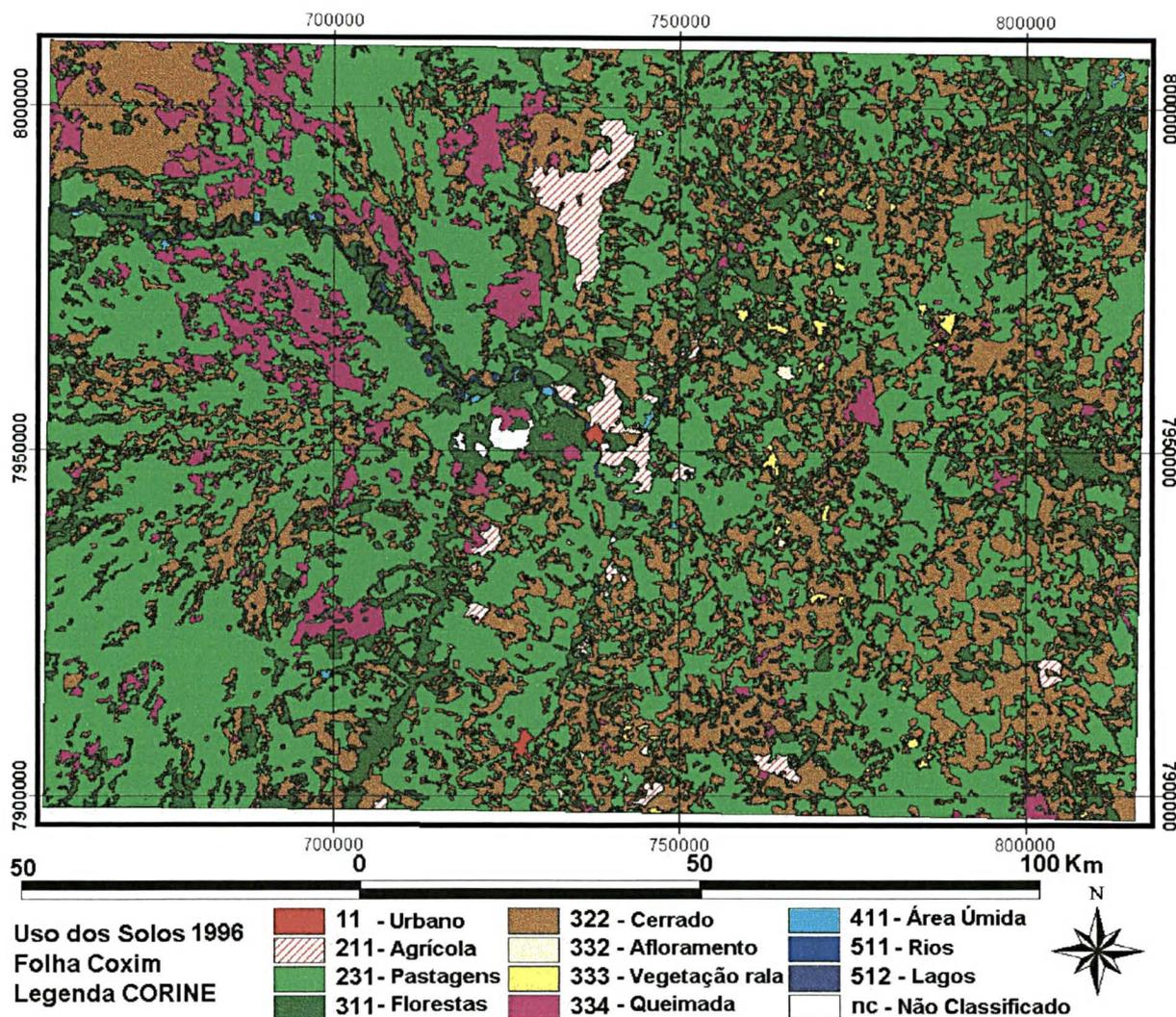


Figura 54 : Carta de uso do solo de 1996, para a folha Coxim (obtida da classificação de imagem de satélite Landsat TM de setembro de 1996 – Bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7)..

Também para 1996, o principal usos do solos, para a Folha Coxim, são as atividades agropecuárias (principalmente pastagens), com 51,12 % da superfície total (Tabela 19 e Figura 54). As área aradas somam 1,64% do total da área.

As áreas naturais são representadas por 11,09% de florestas e 29,30% de cerrados, nestes percentuais estão incluídas as porções "renaturalizadas" (mata e cerrado secundário). Para este ano as áreas queimadas chegam a 5,55% da superfície, enquanto que todas as outras classes somadas chegam a 1,30% (Tabela 19 e Figura 55).

Classe	area ha.	%
cl 11 Padrão Urbano Indistinto	1786,26	0,10
cl 211 Área agrícola não irrigada	28718,75	1,64
cl 231 Pastagens	896494,11	51,12
cl 311 Floresta	194462,52	11,09
cl 322 Cerrado	513900,42	29,30
cl 332 Afloramento Rochoso	976,77	0,06
cl 333 Área de vegetação esparsa	8096,37	0,46
cl 334 Área Queimada	97286,08	5,55
cl 411 Áreas Úmidas	3823,96	0,22
cl 511 Cursos de água	4471,78	0,25
cl 512 Corpos de água	1057,59	0,06
nc Não Classificado	2710,96	0,15
	1753785,55	100,00

Tabela 19 : Valores de área das classes CORINE para a classificação de 1996, para a Folha Coxim.

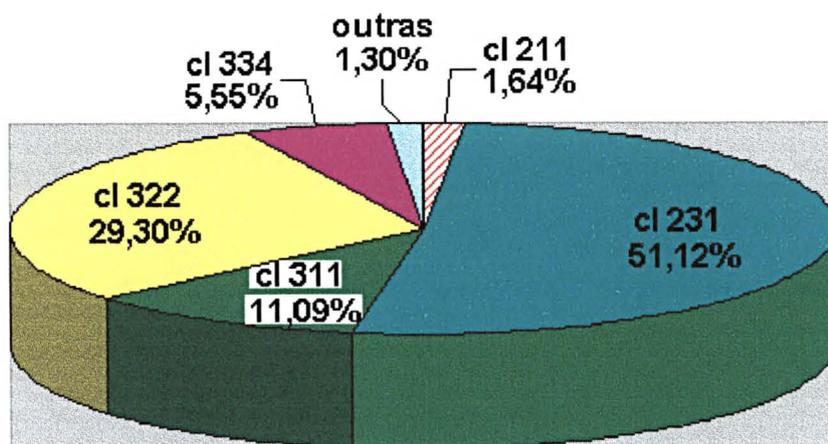


Figura 55 : Gráfico com os dados de uso do solo de 1996, para a folha Coxim.

6.3. Análise Multitemporal

A análise multitemporal foi feita sobre a folha Coxim e pode ser analisada em dois contextos. Num primeiro pode-se fazer a comparação direta dos totais de cada tipo de uso dos solos presentes em cada período (Tabela 20 e Figura 56).

	1966 - %	1985 - %	1996 - %
agr - áreas de atividade agropecuária	0,65	68,37	52,76
nat - áreas cobertas por vegetação natural ou renaturalizadas	88,91	30,40	40,39
urb - áreas urbanas	0,03	0,05	0,10
des - áreas de afloramento rochoso ou substrato aparente. Áreas de vegetação rala ou de queimadas	0,47	0,67	6,06
umi - áreas úmidas, rios e demais corpos aquosos	0,96	0,49	0,53
nc - não classificado	8,98	0,02	0,15
Totais	100	100	100

Tabela 20 : Percentuais dos tipos de uso dos solos nos diferentes períodos analisados, para a Folha Coxim (agrupados de acordo com as tabelas 14 e 15 – Capítulo - Material e Métodos).

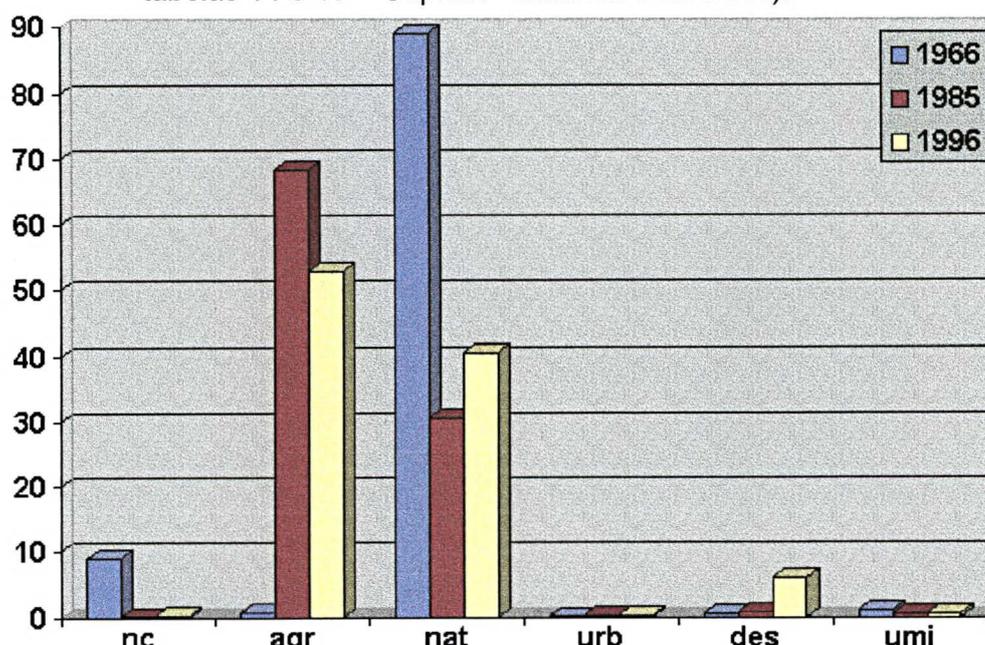


Figura 56 : Gráfico da comparação multitemporal dos tipos de uso dos solos, para a Folha Coxim, para 1966, 1985 e 1996.

Esta comparação mostra que as variações significativas ocorrem em apenas quatro classes, "nc", "agr", "nat" e "des", que somadas entretanto representam mais de 96% da superfície correspondente à Folha Coxim.

nat – as áreas cobertas por vegetação natural representavam 89,91% da superfície em 1966, tendo caído para 30,40% em 1985 e 40,39% em 1996, indicando o intenso desmatamento e substituição dos sistemas naturais por aqueles agropecuários.

agr – as áreas ocupadas pela atividade agropecuária em 1966 representava apenas 0,65% da superfície, tendo aumentado para 68,37% em 1985 e recuando a 52,76% em 1996.

des – estas áreas somavam 0,47% da superfície em 1966, tendo aumentado para 0,49% em 1985 e 6,06% em 1996, este último valor aumentado sobretudo pelas queimadas (que sozinhas representam 5,55% da superfície da folha Coxim em 1996).

nc – os valores desta classe são de 8,98% para 1966, com as novas classificações, tem-se apenas 0,02%, para 1985 e 0,15% para 1996, como áreas "não classificadas".

Outra classe que merece ainda citação é a "urb", que se refere às áreas urbanas, cujo valor aumentou de apenas 0,03% em 1966 e 0,05% em 1985 para 0,10% em 1996. Este aumento, contudo é subestimado, pois na imagem de 1996 existe uma nuvem sobre a cidade de Coxim (maior área urbana da região), e assim, parte da área urbana foi classificada como "nc".

Um segundo contexto para a análise multitemporal, em ambiente SIG, leva em consideração não só o tipo de mudança ocorrida, mas aonde esta ocorreu. Assim, pode-se complementar os resultados descritos acima sabendo à partir de que tipo de cobertura foi gerada o novo tipo de cobertura. É desta forma que se pode, por exemplo, verificar se uma mata ou cerrado são secundários, basta se observar campos e pastagens de 1966 (e 1985) que aparecem como zonas naturais em 1996.

Embora o primeiro enfoque multitemporal (Tabela 20 e Figura 56) não realçasse as variações entre as análises de 1966/1985 e 1966/1996, levando-se em consideração a distribuição geográfica, novas informações são obtidas.

Para a variação entre 1966 e 1985 pode-se observar quatro valores importantes (sendo apenas dois acima de 5% - Tabela 21 e Figuras 57 e 58).

	1985					
1966	nc	agr	des	nat	umi	urb
nc		2,002	0,010	1,025	0,048	
agr		0,519		0,127	0,001	0,001
des	0,004	0,277		0,185		
nat	0,015	65,567	0,659	28,364	0,227	0,025
umi		0,114	0,001	0,601	0,198	0,002
urb		0,007				0,021

Tabela 21 : Comparação multitemporal dos tipos de uso dos solos entre 1966 e 1985. As células vazias representam valor nulo. Os valores entre 1 e 5% estão destacados em cinza, os valores acima de 5% estão destacados em amarelo.

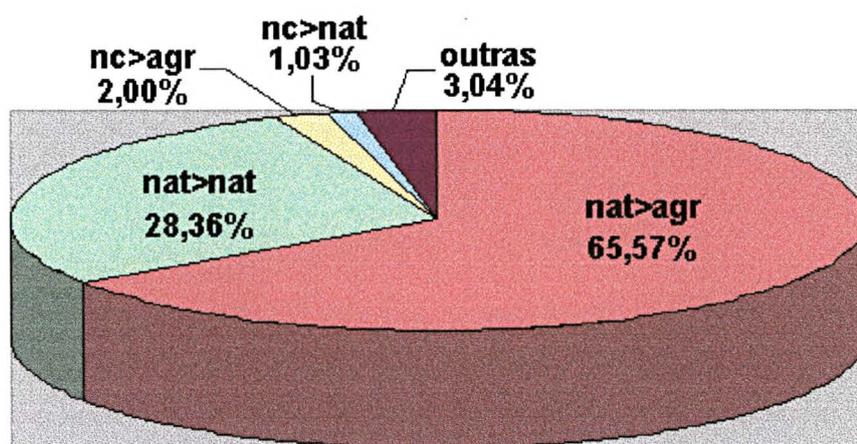


Figura 57 : Gráfico da comparação multitemporal 1966/1985, para a Folha Coxim.

O maior valor, 65,57%, mostra a quantidade percentual de áreas coberta por vegetação natural em 1966 que atualmente está sob uso agropecuário. O segundo valor, 28,36% indica o percentual de áreas cobertas por vegetação natural em 1966 e que continuaram com este tipo de cobertura em 1985 (este valor inclui áreas "renaturalizadas" – cerrados e florestas secundários).

Os outros dois valores, significam apenas que áreas sem classificação definida em 1966, puderam ser classificadas em 1985, como áreas de agropecuária ou vegetação natural.

A Tabela 22 e as Figura 59 e 60 mostram os dados para a variação entre 1966 e 1996. Três valores são significativos. O primeiro mostra que 50,55% das áreas naturais em 1966 foram substituídas por aquelas de atividade agropecuária em 1996. Este valor é menor do que o equivalente na análise 1966/1985, o que pode indicar um decréscimo no ritmo de ocupação das áreas naturais transformadas pelas atividades agropecuárias em 1996 em relação a 1985.

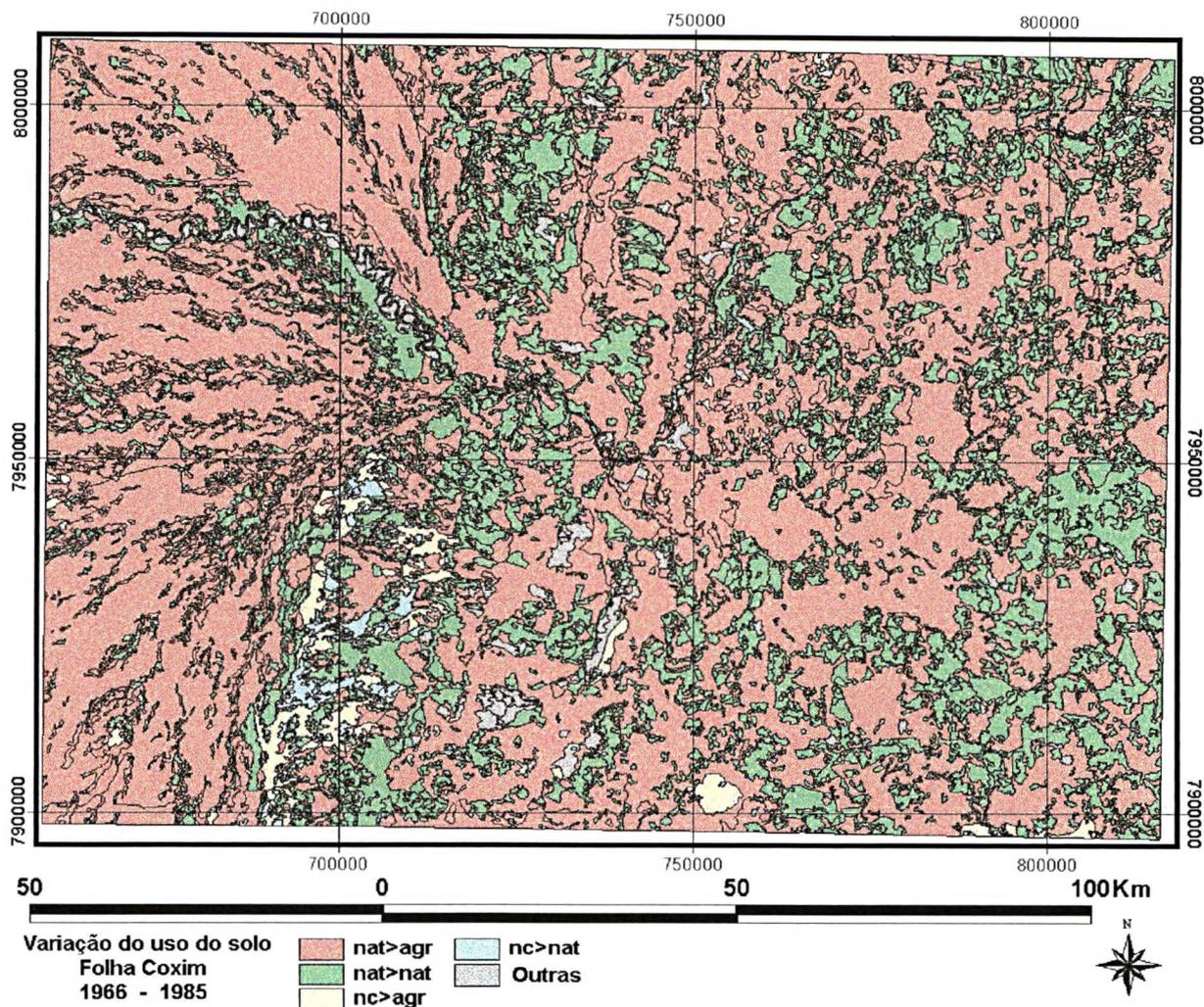


Figura 58 : Carta da comparação multitemporal 1966/1985, para a Folha Coxim.

O segundo valor mostra que 38,12% das áreas cobertas por vegetação natural em 1966 ainda apresentam este tipo de cobertura em 1996 (este valor inclui áreas "renaturalizadas"). A comparação com o valor equivalente na análise 1966/1985 mostra que existe um aumento de áreas "naturais" (cobertas por cerrado e florestas) de 1985 a 1996, significando o abandono de áreas utilizadas pela agropecuária, onde voltam a se desenvolver o cerrado e a mata.

1966	1996					
	nc	agr	des	nat	umi	urb
nc		1,7219	0,3393	0,9905	0,0319	0,0001
agr		0,3269		0,3109	0,0053	0,0054
des		0,1793	0,0027	0,2864		
nat	0,1546	50,5465	5,7206	38,1230	0,2386	0,0700
umi	0,0001	0,0918	0,0037	0,5774	0,2434	0,0018
urb		0,0019		0,0004		0,0254

Tabela 22 : Comparação multitemporal dos tipos de uso dos solos entre 1966 e 1996. As células vazias representam valor nulo. Os valores entre 1 e 5 % estão destacados em cinza, os valores acima de 5% estão destacados em amarelo.

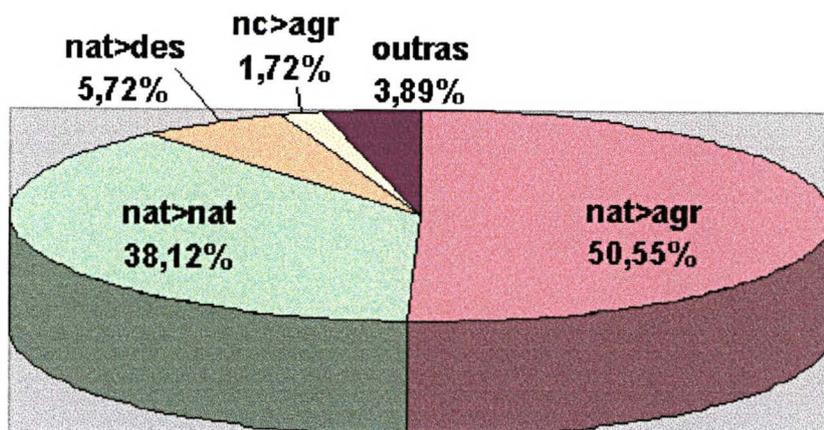


Figura 59 : Gráfico da comparação multitemporal 1966/1996, para a Folha Coxim.

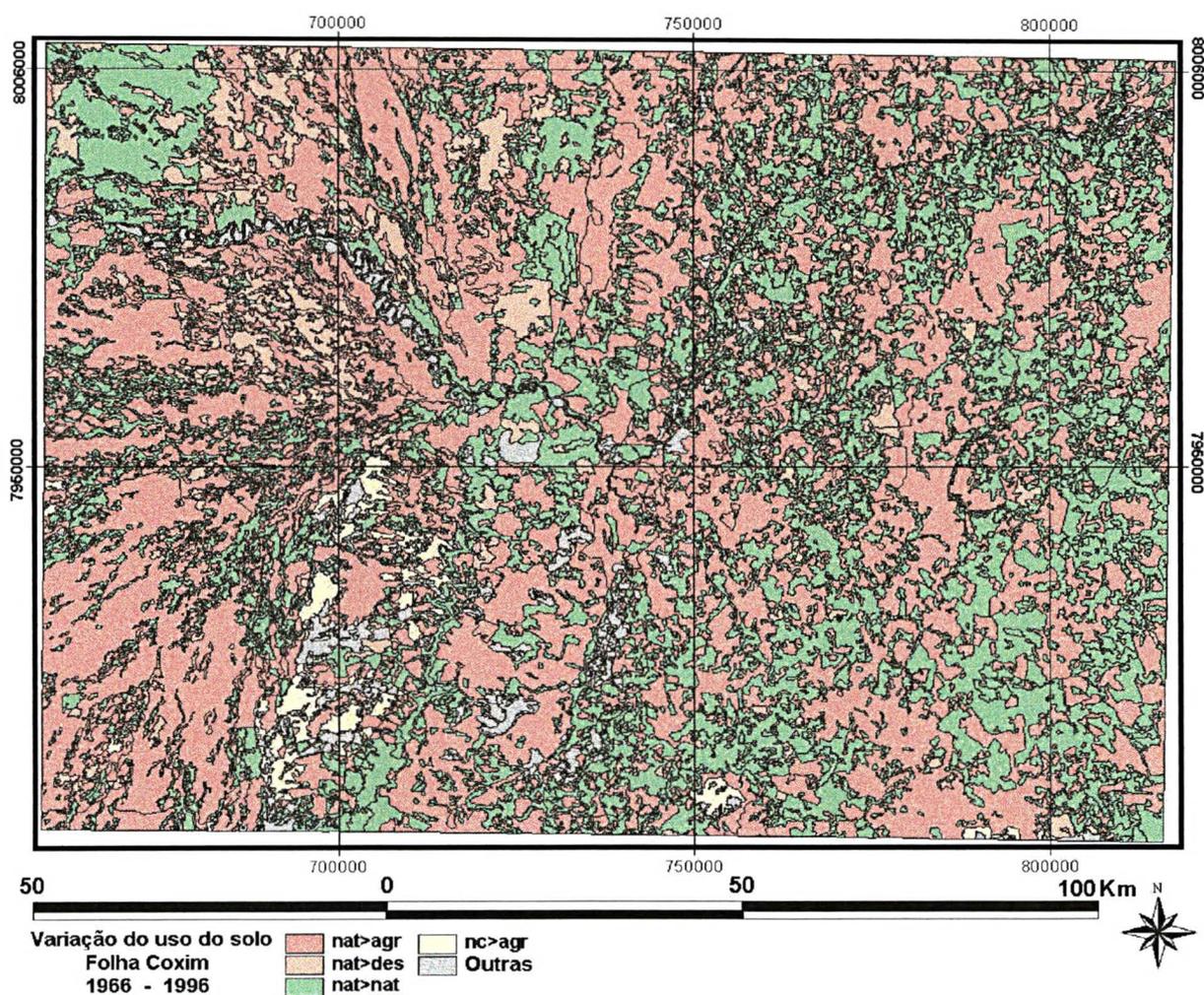


Figura 60 : carta da comparação multitemporal 1966/1996, para a Folha Coxim.

O terceiro e último valor, 5,72%, mostra um grande aumento de áreas da classe "des", valor aumentado principalmente pela influência de queimadas. Acima de 1% existe

ainda o valor 1,72%, que significa apenas que esta área, sem classificação definida em 1966, pode ser classificada em 1996.

Os valores da análise entre 1985 e 1996 são apresentados na Tabela 23 e nas Figuras 61 e 62.

1985	1996					
	nc	agr	des	nat	Umi	urb
nc		0,008		0,011		
agr	0,082	42,737	4,624	20,797	0,082	0,060
des		0,265	0,067	0,336	0,001	
nat	0,071	9,867	1,367	18,931	0,158	0,00005
umi	0,0001	0,108	0,010	0,086	0,283	0,0001
urb	0,001	0,006			0,0001	0,041

Tabela 23 : Comparação multitemporal dos tipos de uso dos solos entre 1985 e 1996. As células vazias representam valor nulo. Os valores entre 1 e 5 % estão destacados em cinza, os valores acima de 5% estão destacados em amarelo.

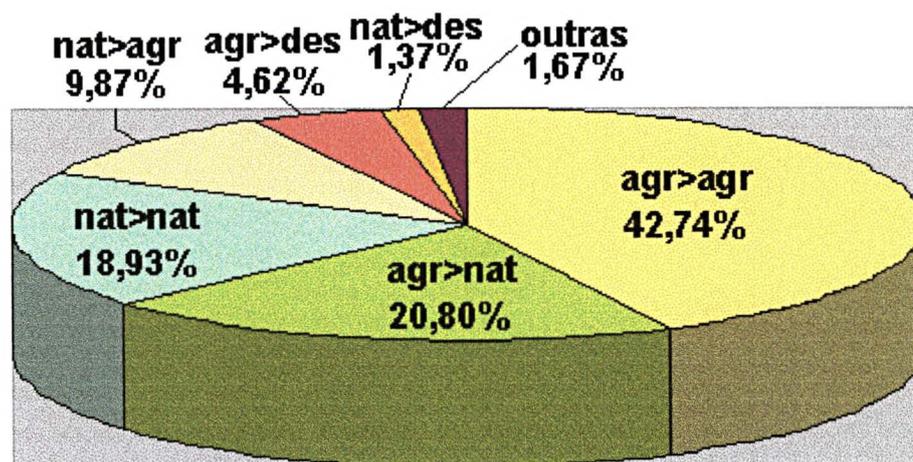


Figura 61 : Gráfico da comparação multitemporal 1985/1996, para a Folha Coxim.

Na análise dos dados da Tabela 23 e Figura 61, seis valores se destacam, o primeiro, 42,74% de áreas de atividade agropecuária em 1985 permanecem com o mesmo uso em 1996, indicativo da importância de tal atividade nesta região. Já 20,80% de áreas com uso em agropecuária em 1985 estão recobertas por vegetação "natural" em 1996. Este é um indicativo de que o cerrado (e a floresta) podem voltar a crescer em áreas abandonadas pelas atividades agropecuárias. Por outro lado 9,87% das áreas naturais foram transformadas em áreas de atividade agropecuária, o que demonstra que o cerrado (e a floresta) continuam sendo derrubados.

O valor de 18,93% representa as áreas "naturais" em 1985 que se mantiveram assim até 1996. A comparação deste resultado com as tabelas 21 e 22 demonstram o grande

decréscimo da superfície com cobertura "natural" no período de 1966 a 1996, também visível na Tabela 20 (e Figura 56 – no início deste capítulo).

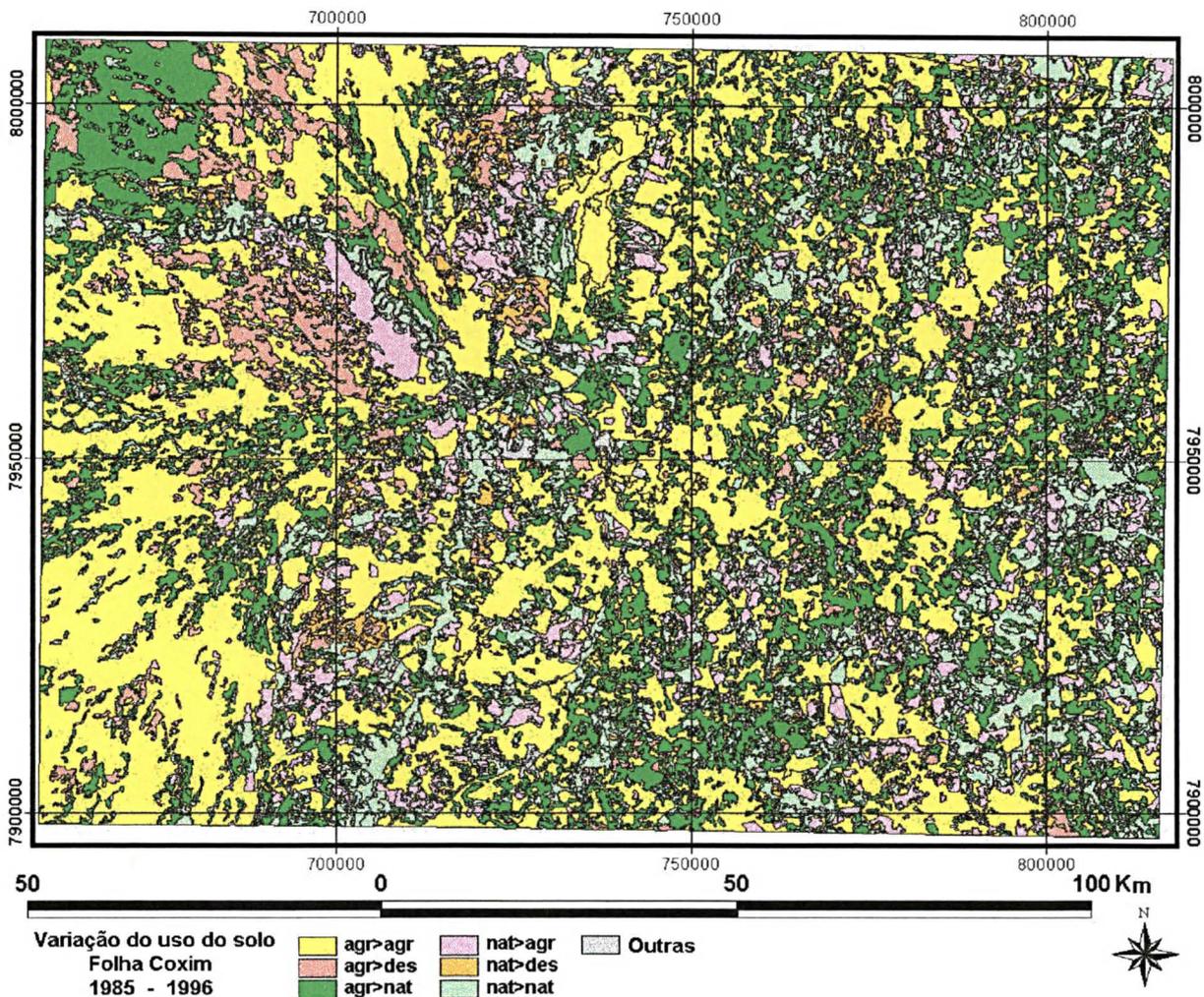


Figura 62 : Carta da comparação multitemporal 1985/1996, para a Folha Coxim.

Outros dois valores interessantes são, 4,62% de áreas "agr" que se transformaram em área degradadas. A maior parte deste valor se refere à áreas queimadas, demonstrando que as queimadas ainda são prática comum para a limpeza de pastagens e preparação do solo, porém parte desta percentagem mostra que áreas antes utilizadas pela agropecuária se deterioraram. O outro valor, 1,37% de áreas "nat" que se tornaram "des", mostra que o cerrado (e a floresta) ainda sofrem queimadas, sejam para o preparo da terra, sejam acidentais.

6.4. APLICAÇÃO DA USLE NA BACIA DO TAQUARIZINHO

Durante os trabalhos de campo, observando-se as mudanças ambientais dos sistemas naturais para os agropecuários, ocorridas na área de estudo, uma das questões que gera maior impacto é a erosão dos solos. Neste contexto, procurou-se uma forma de avaliar a perda dos solos na região. Esta deveria levar em conta os dados incorporados na criação dos bancos de dados (e as informações obtidas da manipulação destes). Além disto constitui-se num teste prático dos resultados levantados nesta tese, além da possibilidade de confronto com aqueles obtidos na etapa de campo.

A Equação Universal de Perdas de Solo, (*Universal Soil Loss Equation – USLE*), desenvolvida no Departamento de Agricultura dos EUA na década de 1950, constitui-se num importante instrumento de investigação sobre o processo erosivo pois, a partir da análise das características e propriedades dos fatores ambientais que são responsáveis pela perda de solos, permite a compartimentação da paisagem em níveis de instabilidade, possibilitando ações mais efetivas de planejamento ambiental e otimização dos recursos naturais (Wischmeier & Smith, 1958; Wischmeier, 1959; Bertoni *et al.*, 1975; Tavares, 1986 e Vitte, 1997).

Nesta tese tal equação foi aplicada para a Bacia do Rio Taquarizinho, como uma área de amostragem, através de técnicas de informação geográficas do território (SIG) e sensoriamento remoto. Estas técnicas são particularmente úteis para tratar dados heterogêneos como cartas topográficas, de tipos de solo, de cobertura vegetal, do tipo de cobertura do terreno com dados meteorológicos. Embora sejam de naturezas e escalas diferentes, o seu conjunto determina o valor quantitativo do solo erodido, por ano, causado pelo escoamento da água de chuva ao longo das vertentes.

6. 4. 1. Localização e Características da Área Analisada

Foi escolhida a Bacia do Rio Taquarizinho, próxima a Rio Verde do Mato Grosso, ao sul da cidade de Coxim (Figura 63) para a aplicação da USLE. Tal escolha levou em conta o fato de que nesta área foram efetuados diversos levantamentos de campo. A área apresenta

agricultura intensiva (geralmente monocultura de milho ou soja) e pecuária extensiva, como principal uso do solos.

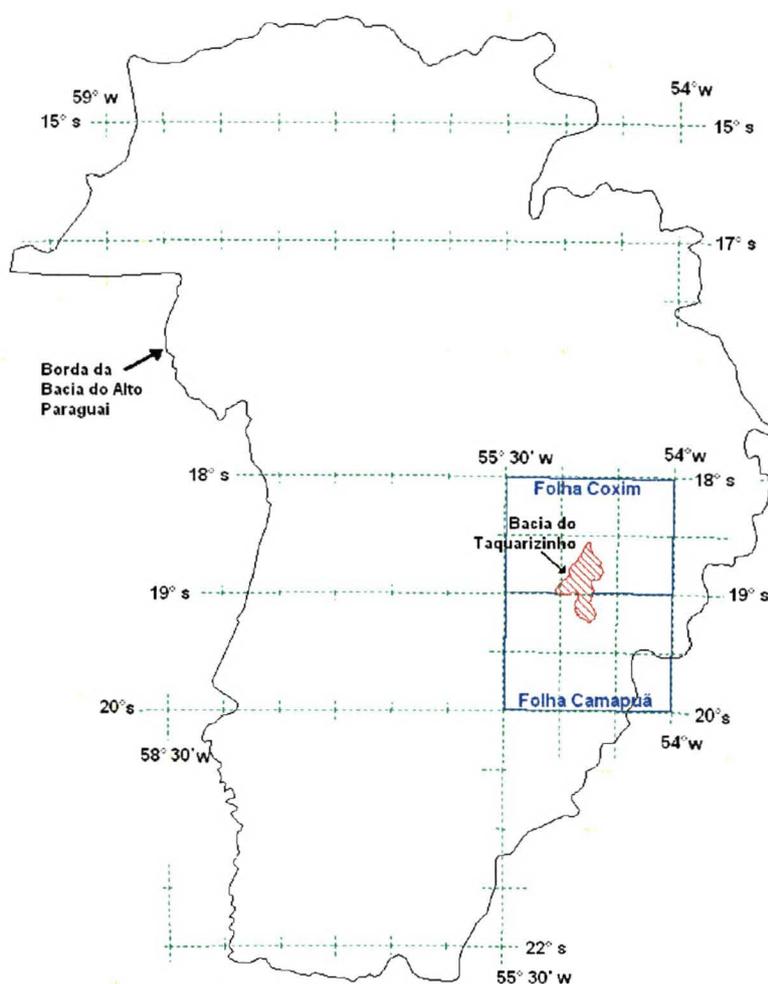


Figura 63 : coverages *Arc® Info®* mostrando localização da área analisada com a USLE, destacada em vermelho, em azul aparecem os limites das cartas 1:250.000 e em preto o limite da Bacia do Alto Paraguai (Macro-Ambiente).

6. 4. 2. A Equação Universal de Perda de Solo - USLE

A Equação Universal de Perdas de Solo (Winchmeier & Smith, 1978) é um modelo empírico que permite estimar a perda de solo média anual, oriunda da erosão laminar numa vertente, em função de seis fatores independentes que influenciam a erosão, devida a chuva, à nível de vertentes :

$$A = R.K.(L.S).C.P$$

Onde:

- A = **perda média anual de solo** por unidade de área (ton/ha. ano);
- R = **fator referente a erosividade da chuva**: índice de erosão da chuva e da enxurrada, (MJ mm/ha. h ano);
- K = **fator erodibilidade do solo**: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações de cultura normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m (ton ha. h)/(ha. KJ mm);
- L = **fator comprimento da vertente**: relação de perdas de solo entre um comprimento de vertente qualquer e um comprimento de vertente de 25m para o mesmo solo e mesmo grau de inclinação;
- S = **fator de declividade da vertente**: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;
- C = **fator de uso e manejo do solo**: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado;
- P = **fator de práticas conservacionistas**: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

Todos estes parâmetros tiveram suas unidades padronizadas para o Sistema Internacional (conforme Foster *et al.* 1981).

6. 4. 3. Geração do modelo digital do terreno

O primeiro e mais importante passo para a obtenção dos parâmetros da USLE é a criação de um DEM (*digital elevation model* ou modelo digital do terreno) da área a ser estudada, pois este servirá como base para a obtenção de vários outros elementos utilizados no cálculo da USLE. Para a sua geração são necessários a base topográfica, como curvas de nível e pontos cotados, além da hidrografia. Todos estes dados podem ser obtidos do banco de dados criado nesta tese.

As *coverages* de Coxim e Camapuã (que contém a Bacia do Taquarizinho) foram "cortadas" (com o comando "clip" de Arc[®] Info[®], Esri, 1997a) de acordo com os limites do divisor de águas do Taquarizinho (ver figura 63). A estrutura de cada *coverage* utilizada encontra-se nas tabelas 24, 25 e 26, a seguir.

O comando "topogrid" de Arc[®] Info[®] (Esri, 1997a) cria o modelo digital do terreno. O "help on line" (manual do usuário em formato digital) deste *software* descreve que este comando utiliza um método de interpolação, especificamente projetado para criar modelos

digitais do terreno hidrologicamente corretos, à partir dos dados mais comumente disponíveis, como curvas de nível e pontos cotados. Este procedimento foi otimizado para reunir (e conciliar) as capacidades computacionais dos métodos de interpolação “pontuais” e “contínuos”, tendo assim possibilidade de manter a continuidade de uma superfície topográfica.

Nome do Item	Tipo	Lenght	Print Lenght	Descrição do item	Valor do item
Quota	Int	4	4	Cota topográfica	Valor de cota
Foglio	Car	15	15	Nome da Folha	Coxim

Tabela 24 : Atributos das Curvas de Nível. Conteúdo da tabela isoipse.AAT (Arc Attribute Table).

Nome do Item	Tipo	Lenght	Print Lenght	Descrição do item	Valor do item
Quota	Int	4	4	Cota topográfica	Valor de cota
Foglio	Car	15	15	Nome da Folha	Coxim

Tabela 25 : Atributos dos Pontos Cotados. Conteúdo da tabela punti_q.PAT (Point Attribute Table).

Nome do Item	Tipo	Lenght	Print Lenght	Descrição do item	Valor do item
Layerorigine	Car	25	25	Nome do layer proveniência	...
Codice	Car	2	2	Tipologia de arco	f = rio ft = rio temporário
Confine	Int	1	1	Flag borda de uso do solo	0 = não 1 = sim
Bacino	Car	3	3	Bacia Hidrográfica	Tqz =Rio Taquarizinho
Foglio	Car	15	15	Nome da Folha	Coxim
Verso	Int	1	1	Flag da direção de fluxo dos rios	0 = indeterminado 1 = conhecido

Tabela 26 : Atributos da Hidrografia. Conteúdo da tabela idrografia.AAT (Arc Attribute Table).

Além disso, o procedimento utilizado no comando *Topogrid* impõe, ao processo de interpolação, vínculos baseados sobre condições globais de drenagem da área. Isto reproduz uma estrutura hidrográfica corretamente ligada e uma representação precisa dos divisores de água e fundos de vale.

O produto do modelo gerado pelo *Topogrid* é um *Grid* (formato *raster*) com celas de extensão, em terra de 30 x 30 metros. Esta resolução foi escolhida por ser a mesma resolução espacial das imagens Landsat TM e é determinada através do comando "*topogrid*". Cada célula tem atribuído o correspondente valor de elevação (Figura 64).

Porém durante a criação do DEM, mesmo com os dados já corrigidos (o sentido de escoamento das drenagens também deve ser observado), podem ocorrer erros do tipo "*sink*" (figura 65), que representam "furos" na paisagem, causados pelo algoritmo que faz o

cálculo de geração do DEM. Neste contexto, Tarboton *et al.* 1991, em DEMs com resolução de 30 m, obtiveram resultados mostrando que de 0,9 a 4,7 % das celas eram *Sinks*, naquele caso o ajuste era de 2,6 a 4,8 m. Isto significa que para o *grid* do Taquarizinho, com 2513 x 1495 linhas por colunas (um total de mais de três milhões de células) poderia haver entre 33.812 e 176.576 *sinks* a serem preenchidos para a obtenção de um DEM correto.

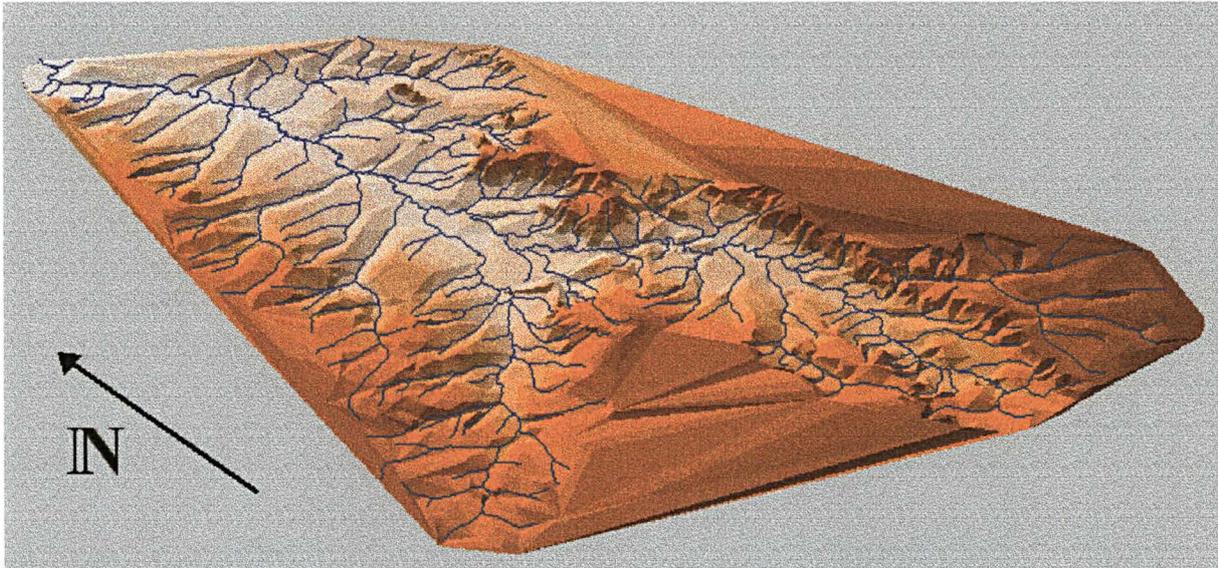


Figura 64 : Visão 3D do modelo digital do terreno da bacia do Taquarizinho (neste caso apresentado como TIN - *Triangular Irregular Network* - o qual possui formato vetorial).

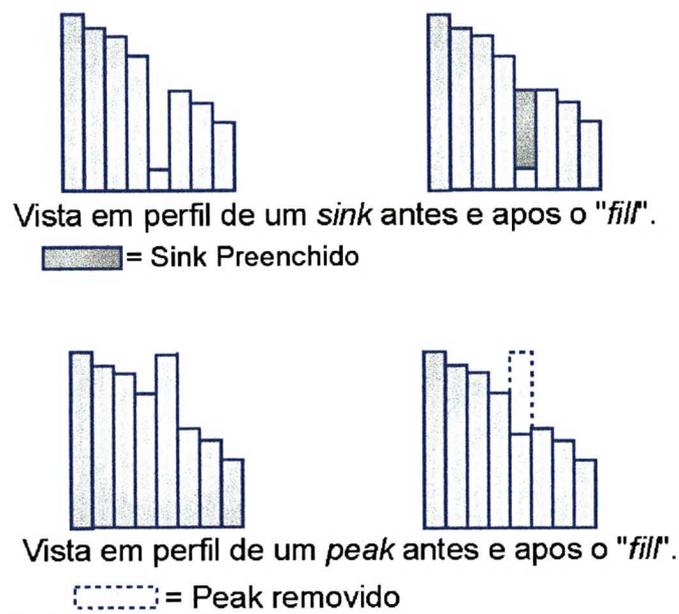


Figura 65 : "*sinks*" e "*peaks*".

O comando *fill* de *Arc® Info®* (Esri, 1997a) corrige tais *sinks* (Figura 66), bem como eventuais *peaks*. Porém deve-se controlar que o algoritmo usado por *fill* não ocasione outros

sinks. Assim pode ser necessário utilizar o comando *fill* mais de uma vez, embora este seja um comando interativo que exibe um diálogo informando a evolução do processo de preenchimento dos *sinks*.

```
Grid: FILL demtqz demfil SINK 15
Filling...
Number of SINK(s): 164
Number of SINK(s): 7
Number of SINK(s): -1
Grid:
```

Figura 66 : exemplo de diálogo gerado com o comando *fill* em *Arc® Info®* (Esri, 1997a). A primeira linha exibe a sintaxe de comando. Notar que a operação foi executada duas vezes para a total remoção dos *sinks* (pelo próprio comando *fill*, observar a 4ª e 5ª linhas).

6. 4. 4. Obtenção das variáveis independentes

6. 4. 4. 1. O Fator R ou erosividade da chuva

A erosividade das chuvas no Pantanal, segundo o PCBAP (1997), foi determinada com base em dados pluviométricos de 140 estações pluviométricas distribuídas na região da Bacia do Alto Paraguai. A figura 67 representa o mapa de isoerodentes da Pantanal, elaborado pelo PCBAP (1997).

Os valores médios calculados para este índice para toda a bacia do Pantanal vão de 6000 a 9500 (MJ mm/ha. h ano), o que representa valores de erosividade elevados, de acordo com as pesquisas efetuadas no Estado do Paraná (Rufino, 1986). A área estudada apresenta valores do fator R entre 6810 e 7190. Conforme a classificação do PCBAP (1997), a área da Bacia do Taquarizinho pertence às zonas de erosividade elevada e muito elevada, em que 7000 é o limite entre elas, o valor médio de R para a toda a bacia é 7030.

6. 4. 4. 2. Fator Erodibilidade dos solos (K)

A propriedade dos solos chamada Erodibilidade representa a susceptibilidade deste solo a ser erodido, e pode ser definida como a quantidade de material removido por unidade de área, quando os demais fatores determinantes da erosão são mantidos sob condição padrão (Bertoni *et al.*, 1975 e Freire *et al.*, 1992). Essa propriedade depende das seguintes características do solo considerado: relação granulométrica entre as classes existentes, textura, grau de agregação, grau de permeabilidade, teor de matéria orgânica, resistência as cisalhamento, retenção e transmissão de água.

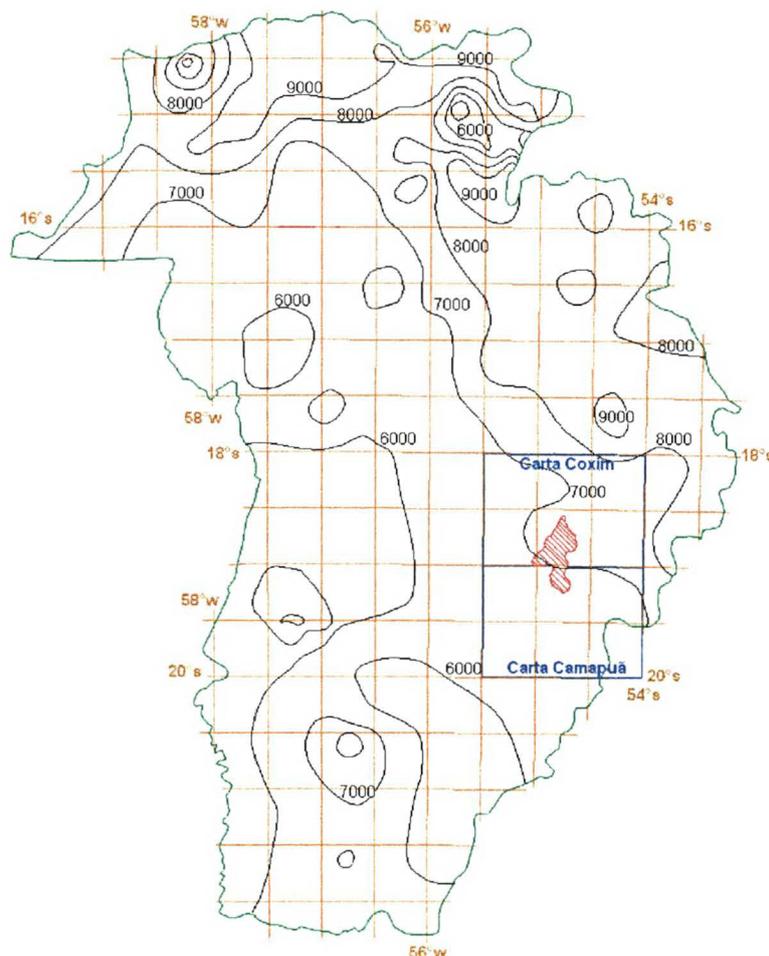


Figura 67 : *Coverage Arc® Info®* mostrando carta de isoerodentes da Bacia do Alto Paraguai. A bacia do Taquarizinho aparece destacada em vermelho (digitalizada de PCBAP, 1997 - valores em MJmm/ha.h ano).

É importante observar que a intensidade da erosão de uma área qualquer pode ser influenciada mais pelo declive, características da chuva, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo. Contudo, alguns solos são mais erodíveis que outros, mesmo quando as características morfológicas, a cobertura vegetal, os fatores meteorológicos e as práticas de controle da erosão são iguais. Essa característica, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo.

Segundo a USLE, a erodibilidade do solo é medida através de um índice K, estando seu valor associado as características intrínsecas do solo, representadas principalmente por relações entre os diferentes intervalos granulométricos, teor de matéria orgânica, grau de estruturação e grau de permeabilidade do solo.

O banco de dados utilizado para o cálculo do fator K, para a área do Taquarizinho, foi obtido a partir do banco de dados de solos elaborado pelo Projeto PCBAP (1997), que na área de estudo coincide com os limites pedológicos estabelecidos pelo Projeto

RADAMBRASIL (1982b, ver Anexo II - Solos). A estrutura do banco de dados dos solos usados nesta etapa é discriminado na tabela 27.

Nome Item	Type	Lenght	Print Lenght	Descrição item	Valore Item
TiposuoloA	Car	4	4	Tipo do solo	AQa – Lea – Pva - Ra
TiposuoloB	Int	2	2	Características do solo como da legenda Radambrasil	4, 11, 20 e 23 (p/ AQa) 3, 8, 15 e 16 (p/LEa) 6 (p/Pve) 3 e 5 (p/Ra)
Foglio	Car	15	15	Nome da folha	Coxim/Camapuã

Tabela 27 : Atributos da *coverage* da pedologia, conteúdo da tabela .PAT (Arc Attribute Table).

Os tipos de solo encontrados na área da Bacia do Taquarizinho, mostrados em vermelho na tabela 28, são : Solos Litólicos, Areias Quartzosas, Podzólico vermelho-amarelo e Latossolo vermelho escuro (descritos em detalhes no Capítulo 3.3 - Solos). Esta tabela apresenta, ainda, uma relação de índice K para os tipos de solos do Pantanal (segundo o PCBAP, 1997, convertidos para o SI conforme Foster *et al.* 1981).

Nº doSolo	Solo	Bases	Símbolo	K	Grau
1	Litólicos	a-d-e	R	0,0050	MF
2	Areias Quartzosas hidromórficas	a-d	HAQ	0,0047	MF
3	Areias Quartzosas	a-d	AQ	0,045	MF
4	Latossolo Vermelho Escuro	a-d	LV	0,016	B
5	Solos concrecionários	D	SC	0,012	B
6	Terra Roxa estruturada/latossolica	E	TSL	0,018	B
7	Solos aluviais	d-e	A	0,001	MB
8	Laterita hidromórfica solódica	E	HLS	0,005	MB
9	Planossolo solódico	E	PLS	0,002	MB
10	Planossolo	a-d-e	PL	0,002	MB
11	Regossolo	a-e	RE	0,043	MF
12	Rendzina		RZ	0,043	MF
13	Solonetz solodizado		SS	0,005	MB
14	Podzólico vermelho-amarelo	a-d	PV	0,032	F
15	Vertissolo		V	0,040	F
16	Vertissolo solódico		VS	0,040	F
17	Podzólico Vermelho Amarelo		PE	0,032	F
18	Glei pouco húmico	a-d-e	HGP	0,001	MB
19	Glei húmico vértico	E	HGHV	0,001	MB
20	Laterita hidromórfica	a-d-e	HL	0,008	MB
21	Latossolo vermelho escuro	a-d	LE	0,016	B
22	Podzólico hidromórfico		HP	0,035	F
23	Cambissolo	a-d	C	0,055	MF
24	Terra Roxa estruturada	d-e	TR	0,018	B
25	Latossolo Roxo	a-d-e	LR	0,012	B
26	Brunizem avermelhado		BV	0,018	B

a - álico, d - distrófico, e - eutrófico; MB - muito baixo B - baixo, M - moderado, F - forte e MF - muito forte.
Valores em (ton ha. h/ha. MJ mm)

Tabela 28: Os valores do índice K para os solos do Pantanal (baseados em PCBAP, 1997). Os solos encontrados na área da bacia do Taquarizinho estão destacados em vermelho.

6. 4. 4. 3. O fator topográfico LS

O fator topográfico LS é constituído por duas variáveis do relevo que modificam a ação exercida pela água das chuvas sobre os solos: o comprimento das encostas (L) e a declividade (S - Figura 68).

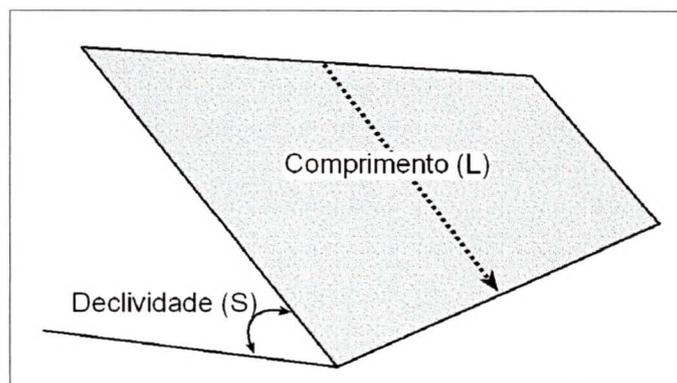


Figura 68 : Os parâmetros L e S a serem calculados para a obtenção do Fator LS a ser utilizado na equação da USLE.

Experiências têm demonstrado que o aumento do comprimento das encostas age no sentido de acelerar a erosão dos solos. Na medida que são mais longas, aumenta o volume de água que escoar através de uma seção transversal da vertente e, evidentemente, sua capacidade de remover detritos. Da mesma forma, quanto maior o percurso percorrido pela água sobre a superfície, maior a sua possibilidade de infiltrar ou evaporar. Por essa razão, a porcentagem de água escoada em relação à precipitada decresce com o aumento do comprimento de rampa (Wischmeier & Smith, 1958 e Wischmeier, 1959).

Por sua vez, com o aumento da declividade das vertentes, cresce a energia da água e, com isso, a sua capacidade erosiva. Por outro lado, aumentando a inclinação de uma vertente, aumenta a energia das águas que escoam sobre essa, e conseqüentemente a sua capacidade erosiva.

O fator LS é a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação às perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25 m de comprimento, com 9% de declive (Wischmeier & Smith, 1958 e Wischmeier, 1959).

Os fatores comprimento do declive e seu gradiente, são representados na equação de perda de solo por L e S, respectivamente (ver Figura 68). Para a aplicação prática da equação, são considerados conjuntamente como um fator topográfico LS.

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m (0,00654s^2 + 0,0456s + 0,065)$$

Onde : m é obtido empiricamente, variando de 0,2 a 0,5, com base nas informações da carta de *slope* (Figura 69) e de acordo com Mills *et al.* (1985) :

m = 0,5 com declividade > 5 %

m = 0,4 com declividade < 5 % e > 3 %

m = 0,3 com declividade < 3 % e > 1 %

m = 0,2 com declividade < 1 %

O valor de m, determinado experimentalmente por Wischmeier e Smith (1958), é dependente da declividade dos vertentes;

O valor 22,13 refere-se ao comprimento do talhão-padrão;

"λ" ou L é o comprimento da vertente e

"s" a declividade da vertente em percentagem (obtidos do *Slope* em percentual - figura 69).

Primeiramente, foram derivadas do modelo digital do terreno anteriormente descrito, o *Grid* do *aspect* e *slope*. O *Grid* do *slope* contém, para cada cela, o valor de inclinação calculado automaticamente a partir do modelo digital do terreno. Foram obtidos os valores de inclinação em percentual e em graus.

Mills *et al.* (1985) definem o limite do valor de *slope* para a aplicação da USLE, afirmando que fora destes limites os resultados são imprecisos, porém não obrigatoriamente errados. Fornecem ainda a relação entre *slope angle* e *slope* percentual :

$$\text{slope angle} = \tan^{-1} (\text{slope percentual}/100)$$

Assim as cartas de *slope* (em graus e em percentual) utilizadas na aplicação deste modelo, nesta tese, levaram em conta o limite de 30 % (16,7°), acima do qual o valor não foi considerado e à área correspondente atribuída a legenda maior de 30%.

Para gerar uma nova grade (*grid*) em que todas as células comuns a cada uma das encostas fossem agrupadas, garantindo a sua homogeneidade, e fornecendo os dados de inclinação referenciados por vertente, estas foram distinguidas sob a base da sua orientação e declividade.

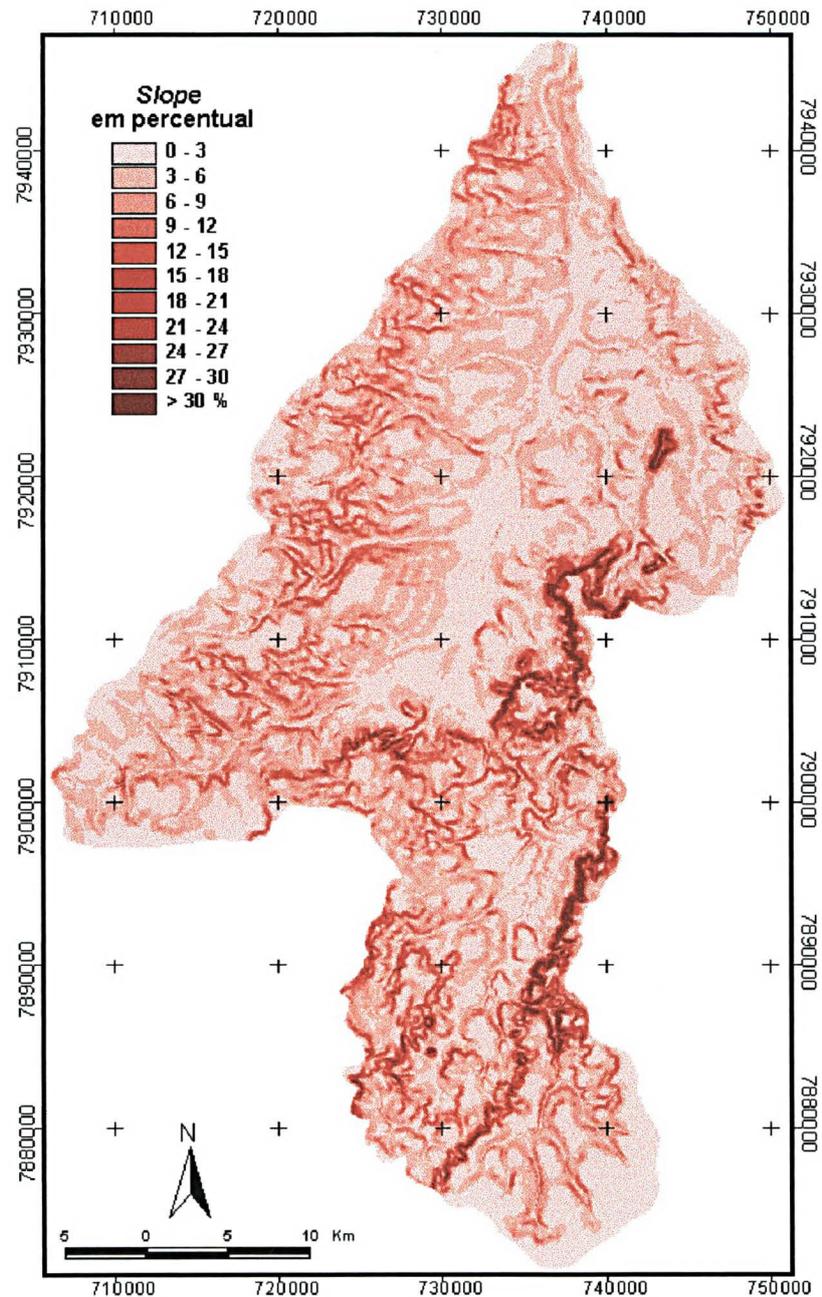


Figura 69: Carta de *Slope* da Bacia do Taquarizinho.

No *Grid* do *aspect*, cada cela tem associado um valor de exposição, isto é, a orientação das vertentes em graus no sentido horário em relação ao Norte. Este *Grid* foi reclassificado distinguindo as vertentes em oito grupos principais, porém não usou-se o Norte exato (zero graus) como referência, pois as vertentes/cristas apresentam um alinhamento preferencial com direção N20E¹. O resultado gráfico desta reclassificação é representado na figura 70.

¹ Este valor foi obtido empiricamente. Foram testadas também as direções NS, N10E, N30E, N40E, N50E e N60E, que porém não apresentaram resultados satisfatórios.

Vertentes (e limites) com exposição entre :

- N20 = entre 20° e 65° e entre 335° e 20°.
- N110 = entre 65° e 110° e entre 110° e 155°.
- N200 = entre 155° e 200° e entre 200° e 245°.
- N290 = entre 245° e 290° e entre 290° e 335°.

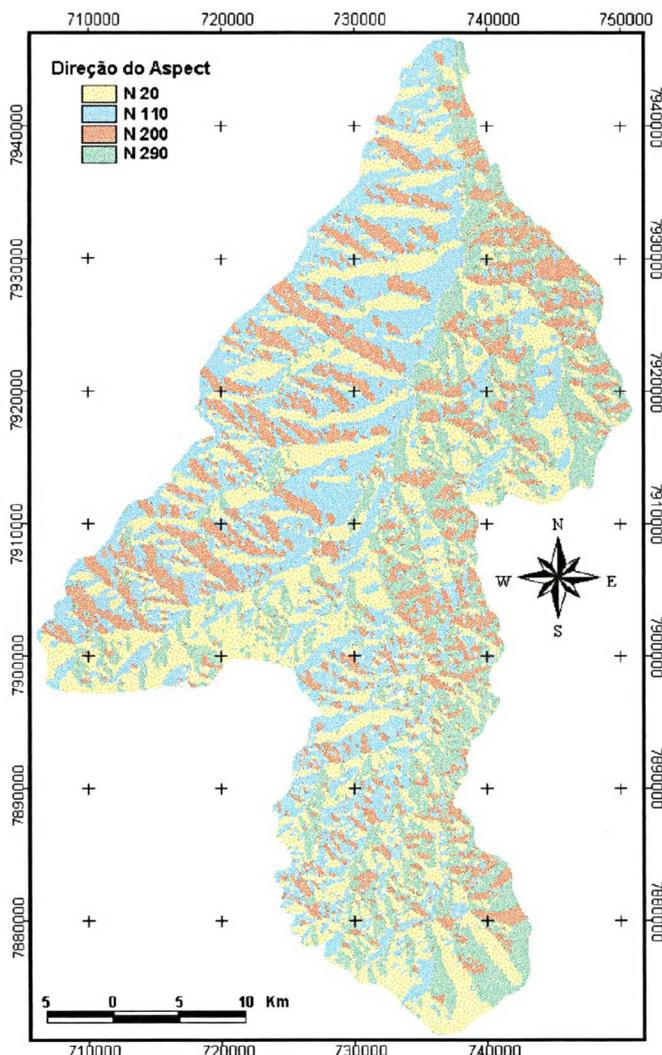


Figura 70 : Carta do Aspecto da Bacia do Taquarizinho, reclassificado de acordo com a direção de exposição das encostas.

A subdivisão em vertentes, da área de estudo, é gerada na base da exposição das células. Cada encosta se torna um conjunto homogêneo de células pertencentes ao mesmo intervalo de orientação em respeito ao Norte. O resultado final é um novo *grid* 30 x 30m, em que cada encosta terá um número identificador diferente. Isto permitirá que sejam calculados os parâmetros para obtenção do fator LS para cada uma das diferentes encostas. Visando sua simplificação, este *grid* foi convertido para o formato vetorial, quando foram eliminados todos os polígonos menores de 25 ha.

Os outros valores necessários para o cálculo do valor do comprimento da encosta, ou seja, a diferença de cota entre os limites da encosta e seu ângulo de inclinação, foram obtidos com a utilização de duas das funções de *Zonal* do módulo *GRID* de *Arc® Info®* (Esri, 1997a). É sendo condição de trabalho para o algoritmo da função *Zonal*, que todos os dados sejam convertidos para valores inteiros. Tal função é descrita à seguir :

- *Zonal : Maximum*

permite obter o valor de cota para o ponto mais alto (*cota_max*) de cada vertente. É calculado com o *aspect* reclassificado e o DEM corrigido.

Desta cota máxima, calculada para cada encosta, é subtraído o valor de cota pertencente a cada célula (existente no DEM). Deste modo obtém-se o valor de desnível (*cota_dif*) que cada célula tem em respeito ao ponto mais alto de cada vertente.

- *Zonal : Mean*

Calculado com o *aspect* reclassificado e o *slope*. Fornece a declividade média (ângulo α - em graus) para cada encosta.

Então, através destes dados é possível obter, através de relações trigonométricas, o comprimento para todas as encostas que subdividem a área :

$$\lambda = \text{comprimento das encostas} = \frac{\Delta_cota}{\sin\alpha}$$

Com os valores de L e de S para cada célula da área, pode-se calcular o fator LS simplesmente através da aplicação da formula LS apresentada no início deste capítulo.

O mapa com os valores do Fator LS, que por si representa o Potencial Topográfico de Erosão Hídrica Laminar, é mostrado na figura 71. Os valores máximos para este fator, localizam-se em correspondência aos lugares com declividade mais alta (observar as curvas de nível e a figura 69).

6. 4. 4. 4. Fatores de uso e manejo do solo (C) e práticas (P)

O fator de uso e manejo do solo, C, representa a razão da perda de solo que ocorre em uma área com uma dada cobertura e aquela que ocorre em uma área equivalente, mantida continuamente descoberta. Ambas as situações são consideradas em parcelas de solo padronizadas, de acordo com a USLE. Dessa forma, o fator C deve ser determinado experimentalmente, mas isto demanda muito tempo e os custos são geralmente elevados.

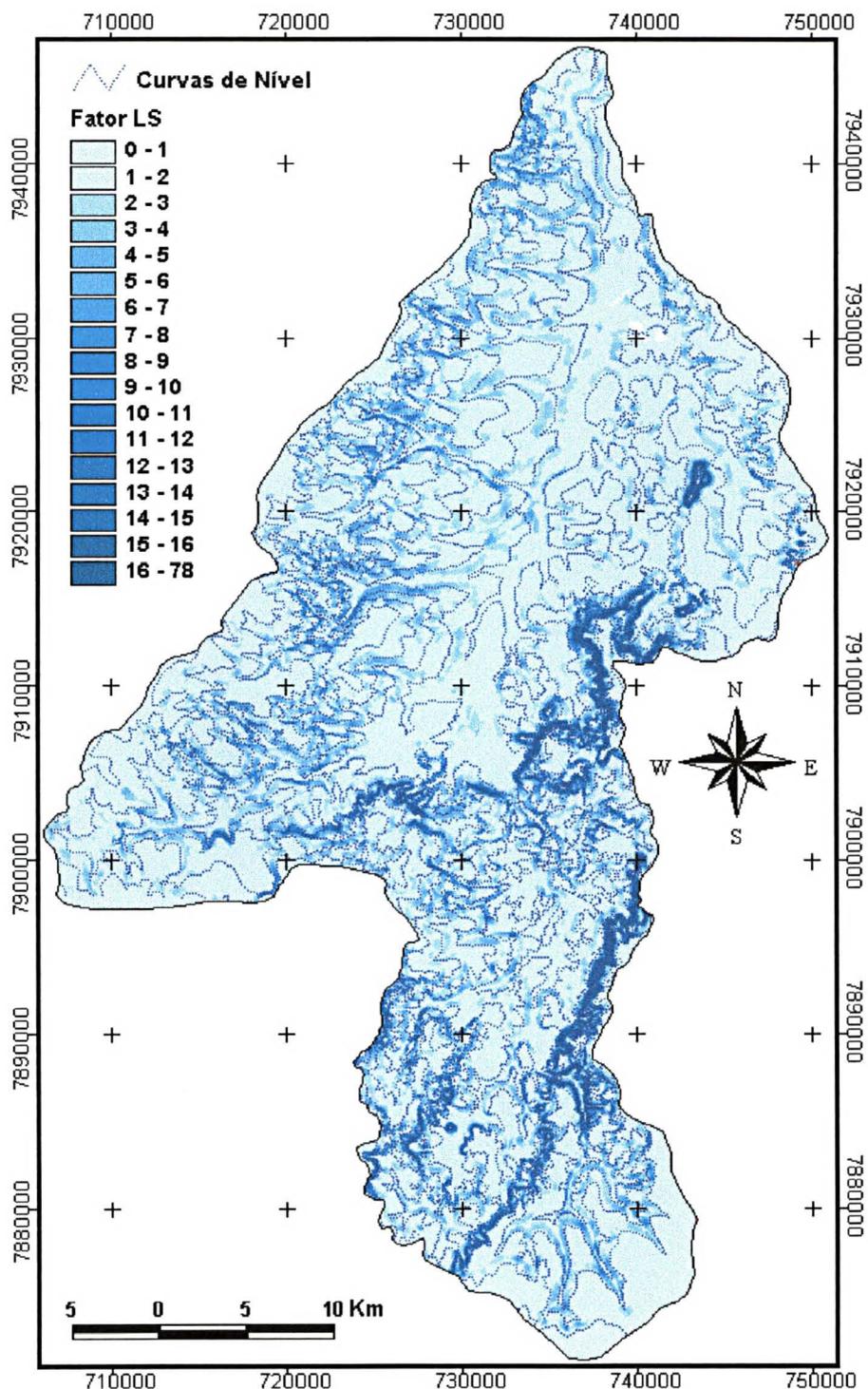


Figura 71 : Carta do Potencial Topográfico de Erosão Hídrica Laminar ou Fator LS para a Bacia do Taquarizinho.

Na impossibilidade de elaborar um número suficiente de ensaios, e/ou na expectativa de se obter apenas uma estimativa primária da produção de sedimentos de um determinado lugar, pode-se estimar o valor de C. Utilizando-se os valores das análises dos diversos

efeitos de uso e manejo dos solos apresentadas por Wischmeier & Smith (1958) nos EUA e por Bertoni *et al.* (1975) para o Estado de São Paulo.

O fator P da USLE representa a razão entre a perda de solo que ocorre para uma dada prática conservacionista e aquela que ocorre para cultivos no sentido do declive máximo do terreno (plantio morro abaixo). O fator P só é aplicado em áreas cuja cobertura sejam cultivos. Em outras palavras, este fator é um ponderador do fator C em situações especiais de uso e manejo do solo. As práticas mais comuns para culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

Os fatores C e P são tratados individualmente quando se buscam formas mais adequadas de produção agrícola conservacionista. Na área examinada, o único tipo de prática conservacionista agrícola ali encontrada é o plantio em curvas de nível (terraceamento). Além disso, o plantio de cereais (principalmente soja) é o único tipo de cultura praticada na área.

Segundo Stein *et al.* (1987), entretanto, quando é enfocada a perda de solos por erosão, essas variáveis estão de tal forma interrelacionadas que não se pode analisá-las individualmente. Dessa forma, os autores acima referidos trataram em conjunto os fatores C e P, elaborando uma tabela com diferentes valores de CP em função de diferentes grupos e categorias de vegetação.

Para o cálculo do fator CP na área de estudo, pelas finalidades deste trabalho, a tabela elaborada por Stein *et al.* (1987) foi modificada (Tabela 29) em função dos dados de uso do solo disponíveis.

CÓDIGO CORINE	DESCRIÇÃO	CP
1.1	Área urbanizada	0,00
2.1.1	Áreas aráveis, (culturas sazonais)	0,20
2.3.1	Pastagem, antropizado	0,01
3.1.1	Floresta permanente, cerradão	0,00004
3.2.1	Pradarias	0,01
3.2.2	Cerrado	0,0007
3.3.2	Áreas em que aflora o substrato	0,00
3.3.3	Áreas de vegetação rala	0,25
3.3.4	Áreas queimadas	0,01
4.1.1	Áreas úmidas	0,00
5.1.1	Cursos de água	0,00
5.1.2	Corpos de água	0,00

Tabela 29 : Tabela com os valores do fator CP para cada classe de uso do solo do CORINE na área da Bacia do Taquarizinho (modificada de Stein *et al.*, 1987).

As áreas queimadas não são originalmente contempladas na tabela de Stein *et al.* (1987). Tendo em vista que, após as queimadas a vegetação começa a rebrotar,

independentemente do tipo do uso do solo existente anteriormente, associou-se um valor de CP correspondente às áreas de pastagem, às áreas que aparecem nas imagens como queimadas.

Os dados do uso do solo de 1966 (Figura 72), 1985 (Figura 73) e 1996 (Figura 74) estão disponíveis nos bancos de dados criados neste trabalho. Para o caso específico de 1985 e 1996, além da revisão fotointerpretativa realizada após a classificação das imagens, foi realizada um segundo controle dos *layers* de uso dos solos, principalmente junto à borda de corte da área do Taquarzinho, para a eliminação de eventuais polígonos menores de 25 ha.

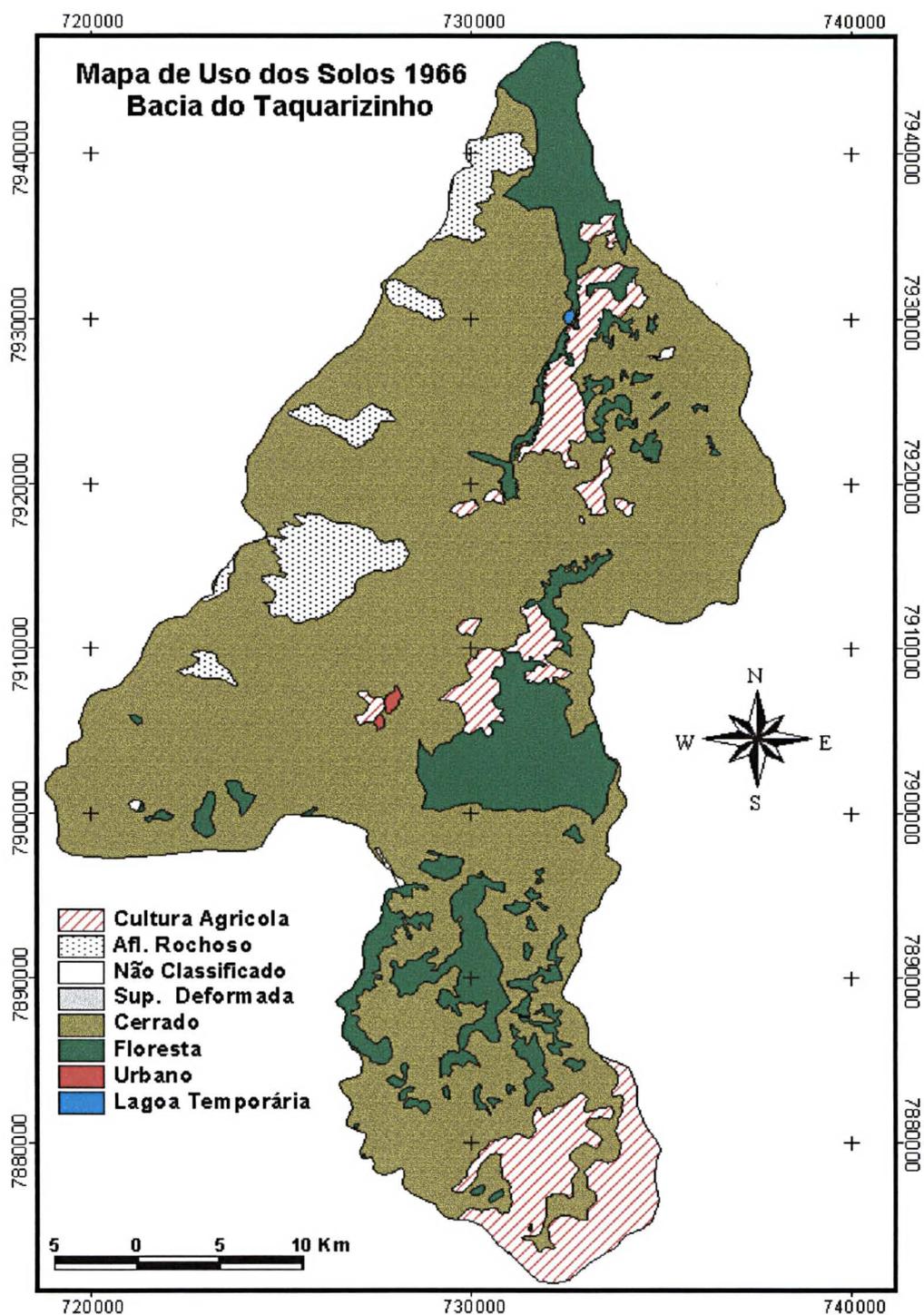


Figura 72 : Carta do uso do solo de 1966, para a Bacia do Taquarizinho (recortada da base de dados de 1966, elaborada neste trabalho).

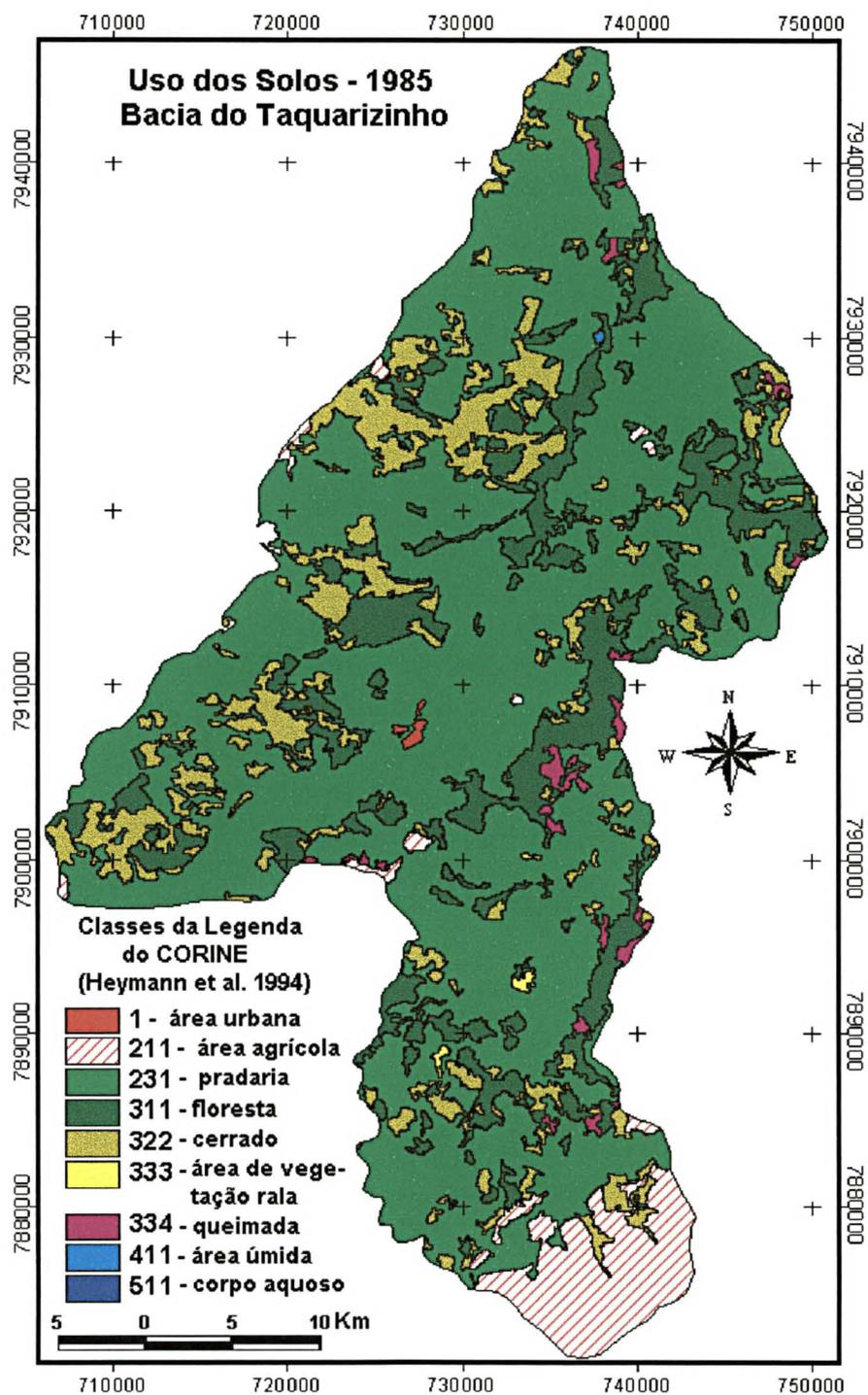


Figura 73 : Carta do uso do solo de 1985, para a Bacia do Taquarizinho. (recortada da base de dados de 1985, elaborada neste trabalho).

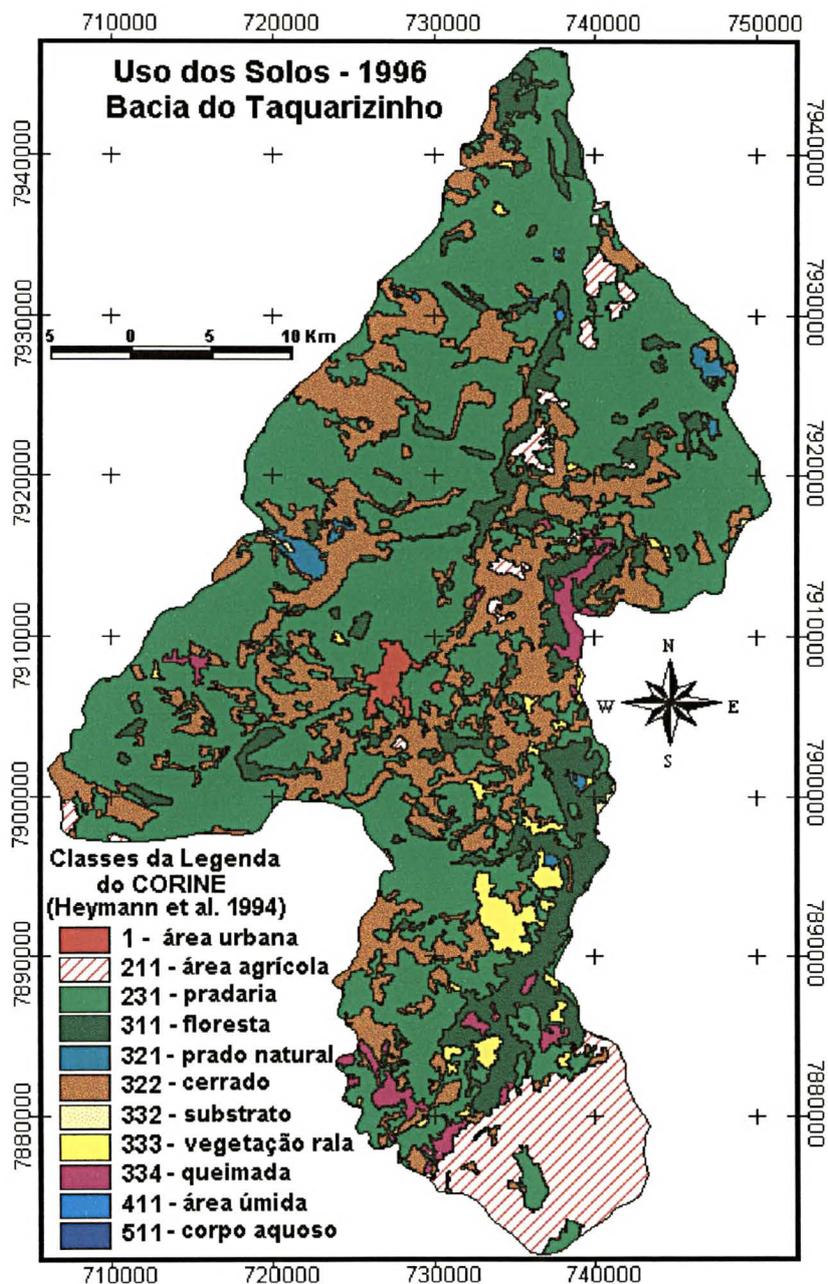


Figura 74 : Carta do uso do solo de 1996, para a Bacia do Taquarizinho (recortada da base de dados de 1996, elaborada neste trabalho).

6. 4. 5. Perda Média Anual de Solo na Bacia do Taquarizinho

Os resultados obtidos com a aplicação da USLE podem ser visualizados como cartas de perda dos solos em toneladas por hectare ano(figuras 75, 77 e 80).

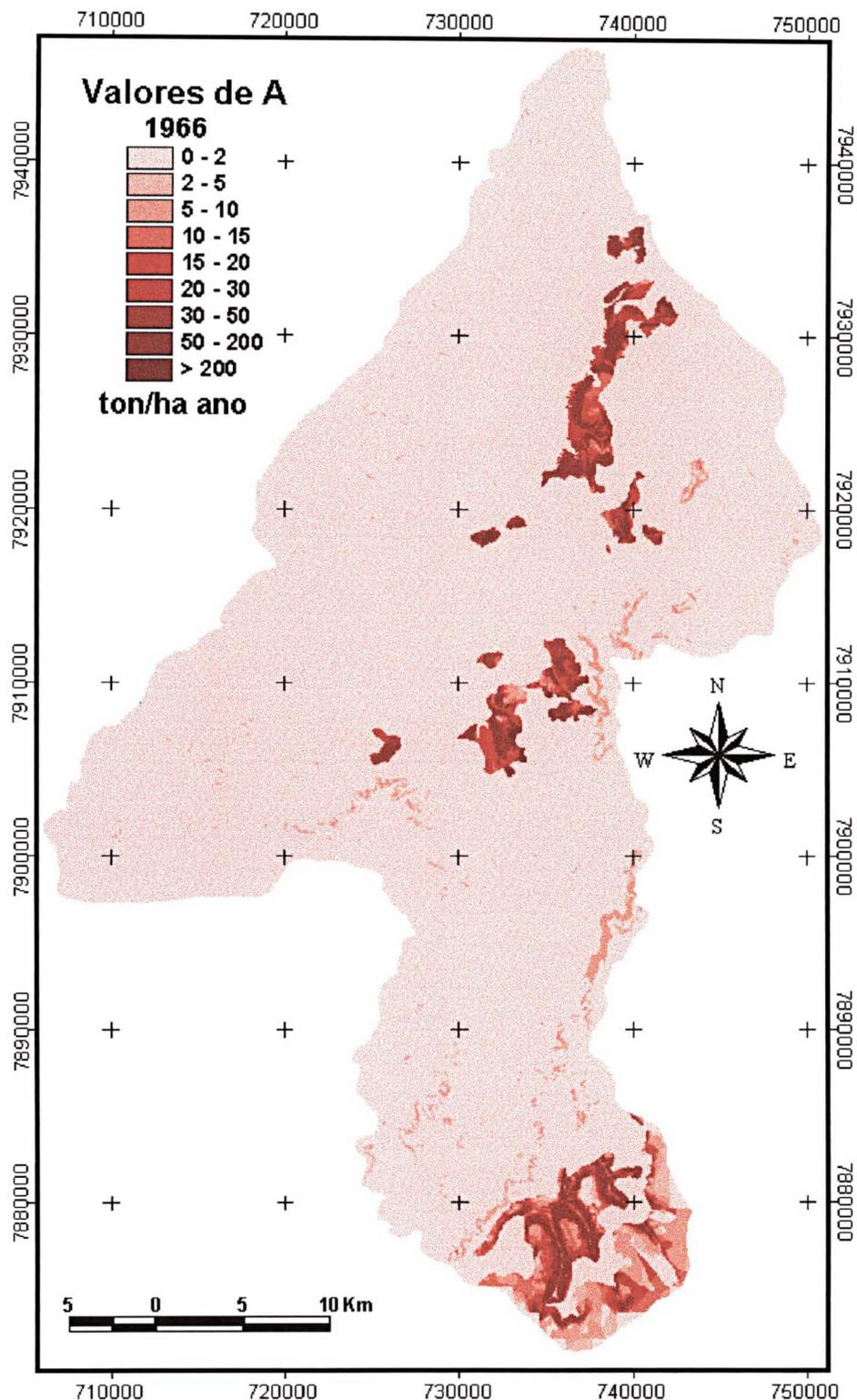


Figura 75 : Valores de A (ton/ha. ano), perda por erosão laminar, para a Bacia do Rio Taquarizinho em 1966.

A carta de erosão dos solos para 1966 apresenta os valores mais altos para a erosão laminar concentrados em três áreas (A, B e C, de norte para sul), a comparação desta carta com a carta topográfica (ver Figura 71) e com a carta geomorfológica (a área do

Taquarizinho aparece destacada dentro da carta do Anexo III), mostra que estas áreas são representadas por superfícies planas.

A comparação com a carta geológica (a área do Taquarizinho aparece destacada dentro da carta do Anexo I), mostra que estas áreas distribuem-se sobre três unidades distintas : Formações Ponta Grossa, Furnas e Coberturas Detrito-Lateríticas; indicando não haver relação direta entre o índice de erosão com o tipo do substrato.

Observando-se a carta de solos (a área do Taquarizinho aparece destacada dentro da carta do Anexo II), os valores mais altos de A ocorrem tanto sobre os Latossolos da Serra de São Gabriel (extremo sul da área do Taquarizinho), quanto sobre os Latossolos e Podzóis mais a norte. Também indicando não haver relação direta entre o índice de erosão com o tipo de solo.

Já a comparação com a carta de uso dos solos de 1966 (Figura 76), coloca em evidência que os altos valores de A aparecem exatamente nos locais utilizados pela agricultura, indicando que o tipo de uso dos solos é, na realidade, o principal fator determinante nos valores de A para a Bacia do Taquarizinho (Ver figura 72).

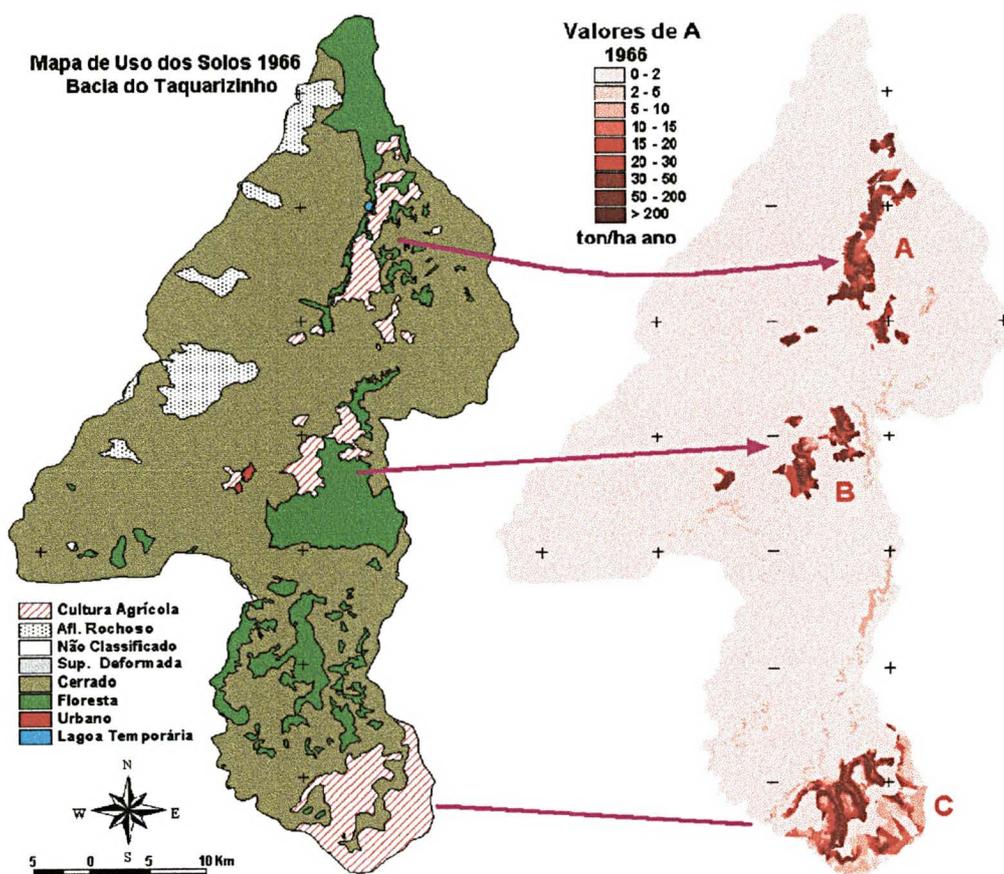


Figura 76 : Comparação da carta com Valores de A (ton/ha. ano), perda por erosão laminar e a carta de Uso dos solos, para a Bacia do Rio Taquarizinho em 1966.

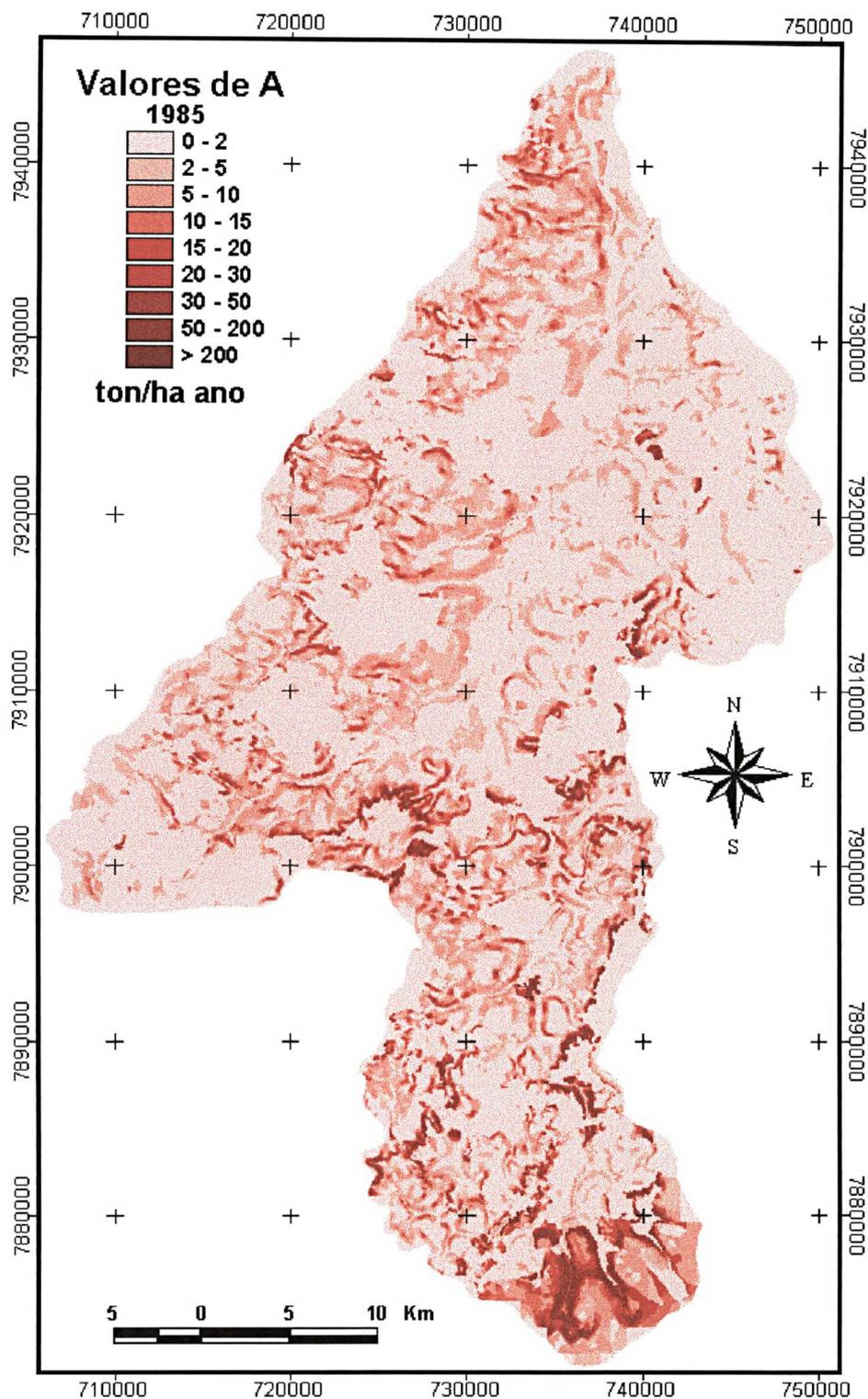


Figura 77 : Valores de A (ton/ha. ano), perda por erosão laminar, para a Bacia do Rio Taquarizinho, em 1985.

Para a carta de erosão dos solos de 1985, os altos valores de A aparecem distribuídos por toda a carta. Levando em consideração o intenso desmatamento ocorrido na área, no período entre 1966 e 1985 (ver gráficos comparativos – Figura 78 e as cartas de

uso dos solos de 1966 e 1985, representadas nas figuras 72 e 73, respectivamente), as áreas desmatadas sobre regiões de topografia mais acentuada começaram a apresentar também maiores valores para a erosão laminar dos solos (Figura 79), valores estes não presentes em 1966.

Além das áreas agrícolas, principalmente ao sul da área, as quais continuam apresentando altos valores de A e em uma área um pouco maior em 1985 em relação a 1966.

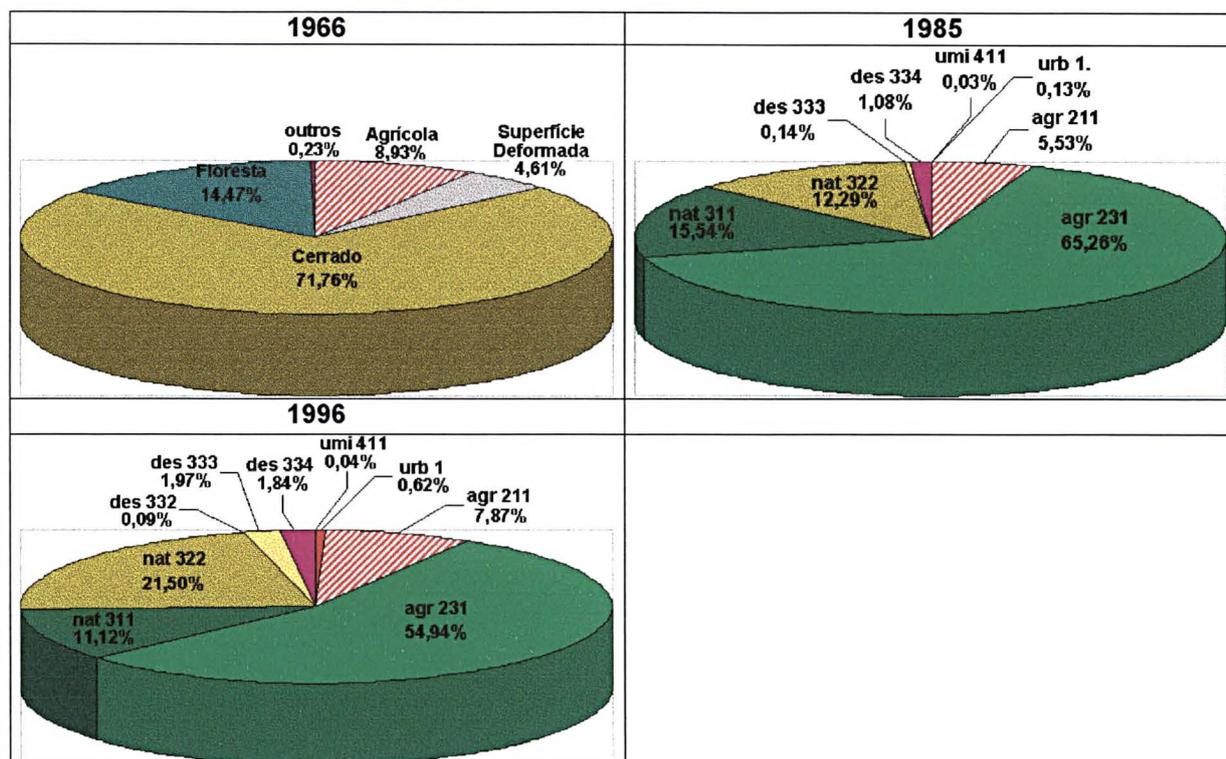


Figura 78 : Gráficos comparativos das mudanças do tipo de uso do solo na bacia do Taquarizinho .

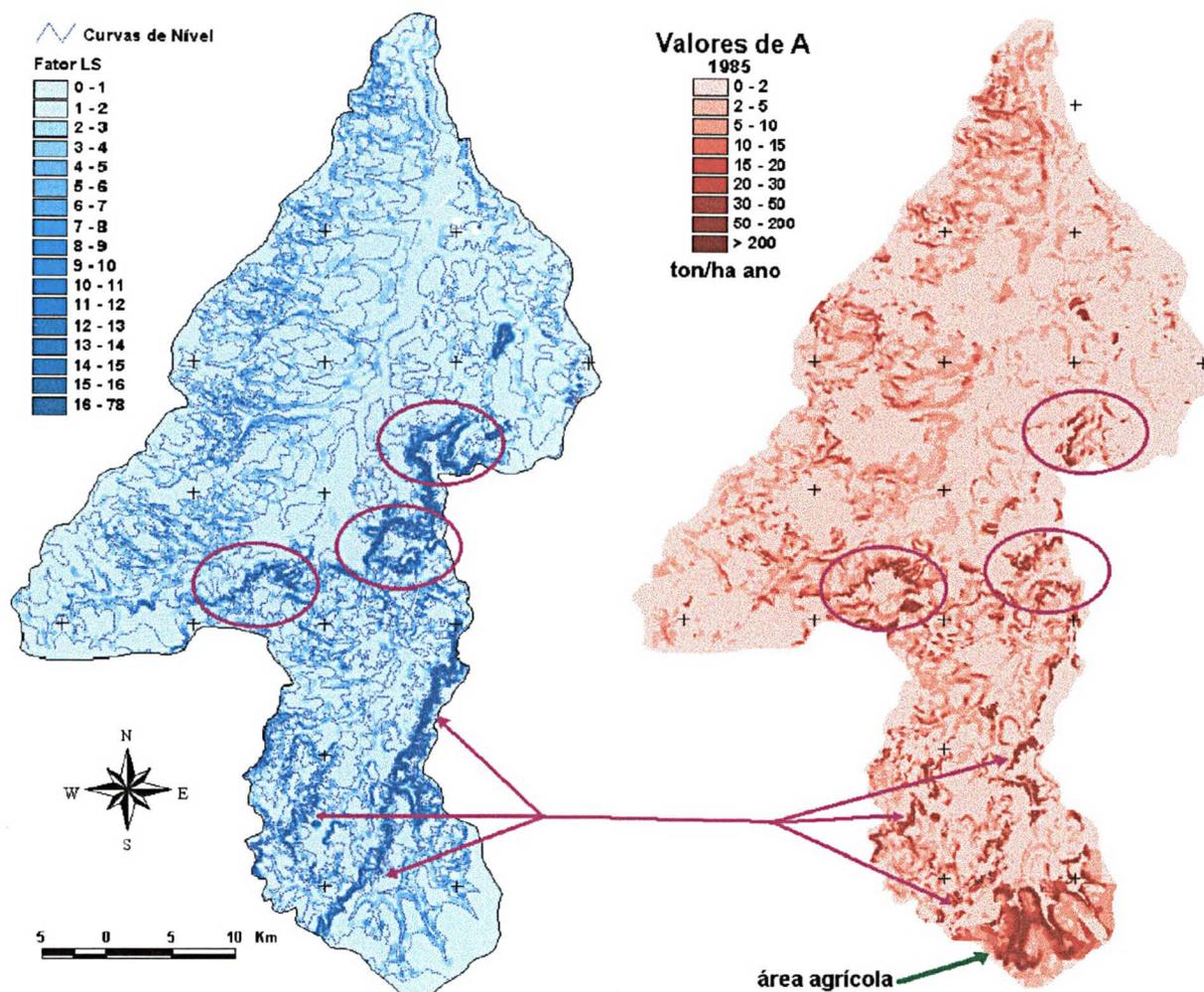


Figura 79 : Comparação entre a carta do potencial topográfico de erosão laminar (fator LS) e a carta de erosão laminar de 1985 (fator A), para a Bacia do Rio Taquarizinho.

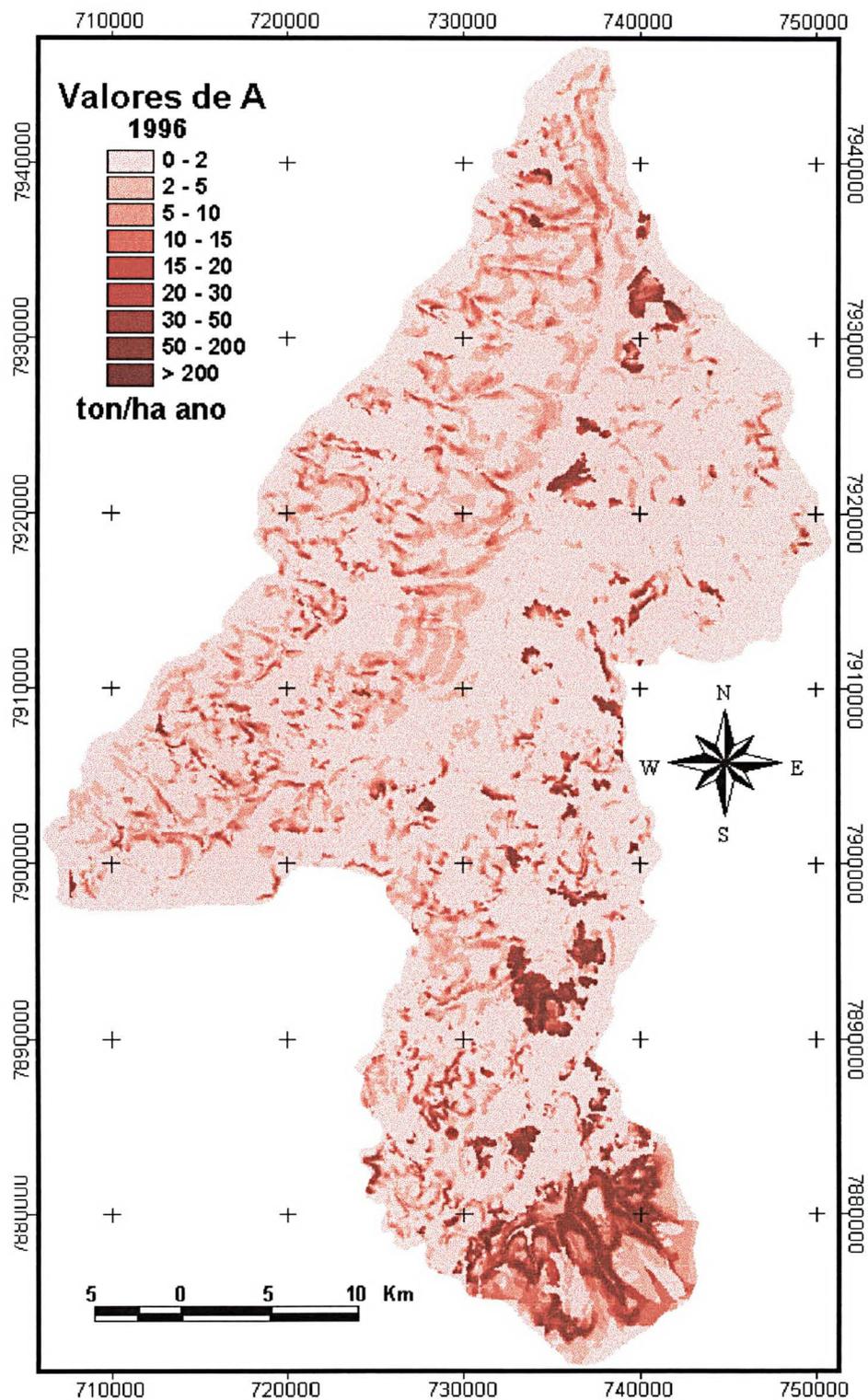


Figura 80 : Valores de A (ton/ha. ano), perda por erosão laminar, para a Bacia do Rio Taquarizinho, em 1996.

Também na carta de erosão dos solos de 1996, os altos valores aparecem distribuídos por toda a carta. Além do desmatamento citado anteriormente (ver gráficos comparativos – Figura 78 e cartas de uso dos solos de 1966, 1985 e 1996, respectivamente figuras 72, 73 e 74), em 1996 aparecem mais áreas descobertas (sem vegetação ou queimadas), o que causa um aumento do valor de A nestas áreas.

Nos locais em que o cerrado voltou a crescer, o valor de A diminuiu (Figura 81 e comparar as cartas de uso dos solos e a Figura 82). As áreas agrícolas (principalmente ao sul da área), também apresentam valores altos do índice de erosão laminar em 1996 (Figura 80). A comparação visual da alteração da erosão laminar nos anos de 1966, 1985 e 1996, pode ser efetuada na Figura 82.

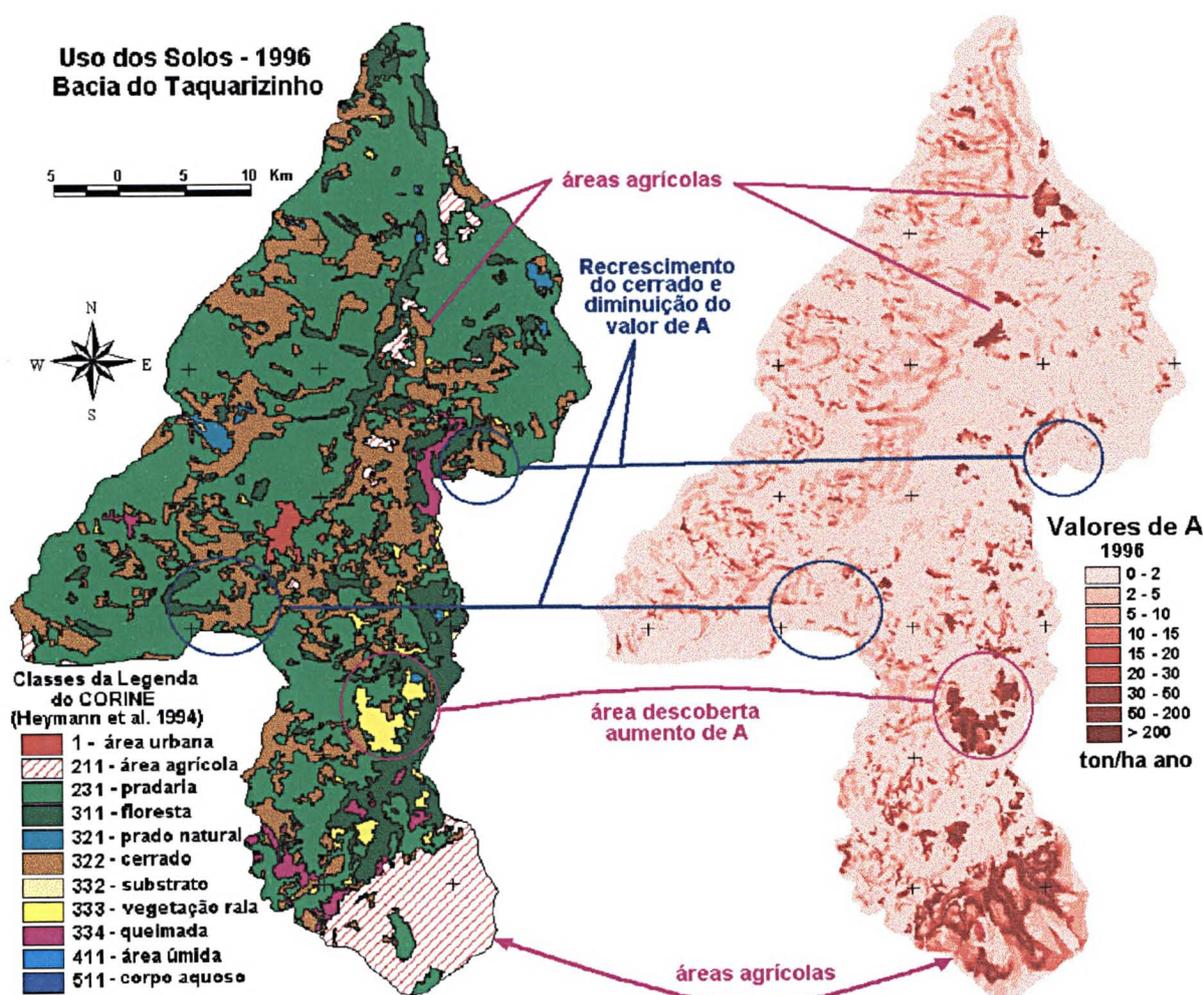


Figura 81 : Comparação da carta com Valores de A (ton/ha. ano), perda por erosão laminar e a carta de Uso dos solos, para a Bacia do Rio Taquarizinho, em 1996.

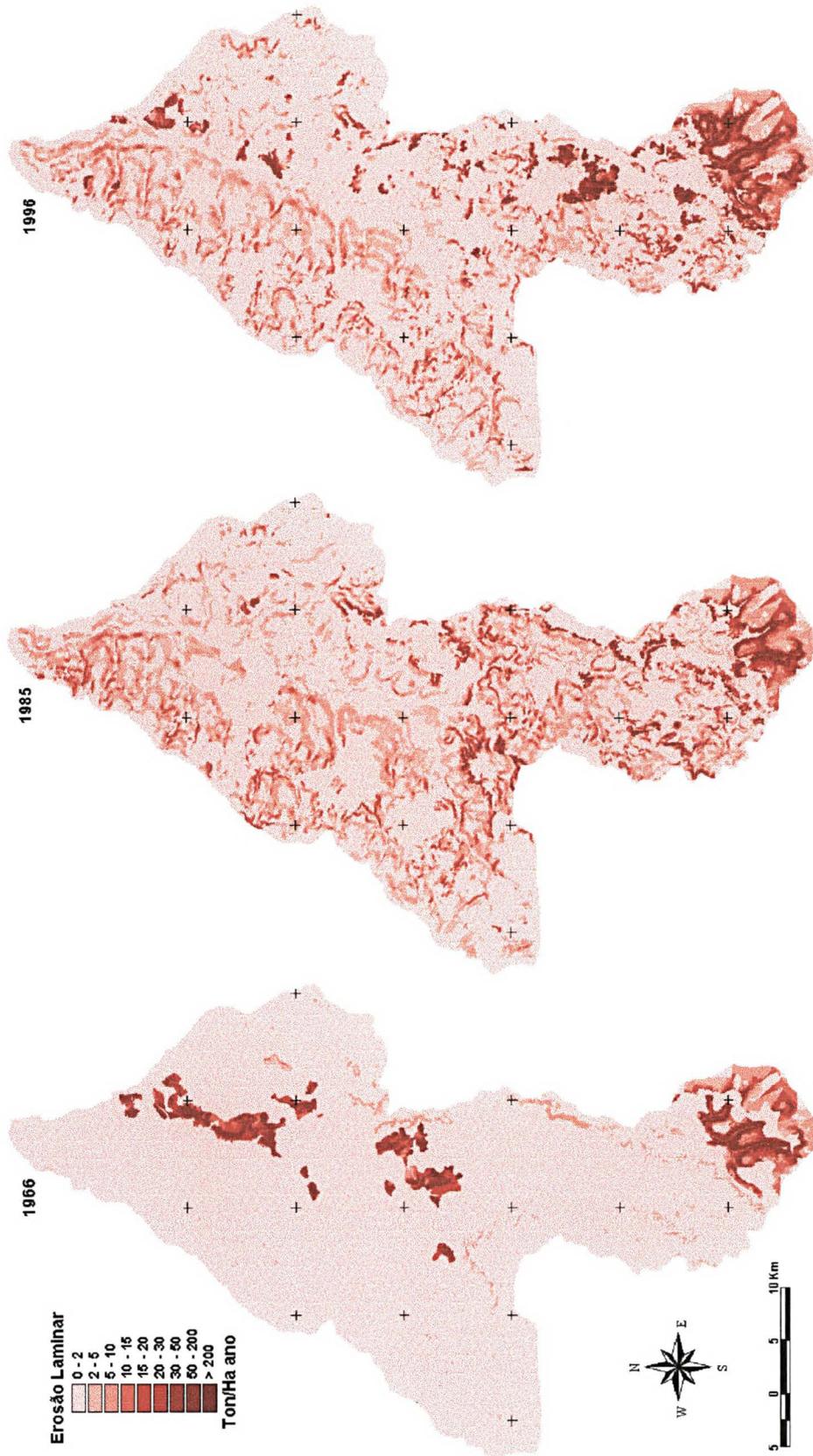


Figura 82 : Comparação das cartas com Valores de A (ton/ha. ano) de 1966, 1985 e 1996, para a Bacia do Rio Taquarizinho.

Visando a qualificação dos valores obtidos para o fator A, estes podem ainda ser reclassificados conforme a tabela de erosão hídrica proposta pela FAO (1974 - tabela 30)

Perda do Solo (ton há. ⁻¹ ano ⁻¹)	Grau De Erosão
< 10	Nenhuma ou ligeira
10 - 50	Moderada
50 - 200	Alta
> 200	Muito Alta

Tabela 30 : Classificação do Grau de Erosão Hidrica (FAO, 1974)

Outra importante informação que pode ser obtida em ambiente SIG é a erosão laminar média total para os três períodos analisados. Sabendo-se a área total da Bacia do Taquarizinho (cerca de 148.084 ha), e o valor médio de A (média ponderada dos valores representativos para cada *pixel*), pode-se obter tais valores (Tabela 31). Os valores de erosão média total praticamente dobraram no período de 30 anos.

ano	Valor médio de A (ton/ha. ano)	Erosão Laminar Média Total (ton/ano)
1966	4,44	657.937,95
1985	5,53	818.165,02
1996	8,65	1.280.335,70

Tabela 31 : Valores médios totais de erosão laminar para a Bacia do Taquarizinho, em 1966, 1985 e 1996.

Para facilitar a visualização e a compreensão das tendências das áreas em relação à erosão, em ambiente SIG, foi calculada a "Razão de Erosão" (RE) em duas formas.

Na primeira tem-se o ano em questão dividido pelo ano inicial. Como exemplo, tem-se a razão entre 1985 e 1966 (porém esta razão também foi calculada para a relação entre 1966 e 1996, além de 1985 e 1996) :

$$\text{Razão de Erosão} = \frac{A_{1985}}{A_{1966}}$$

Desta forma os valores de RE iguais a 1 significam que não houve mudanças na taxa de erosão da área em questão. Enquanto que os valores acima de 1 indicam aumento da taxa de erosão, os menores de 1 indicam diminuição percentual desta taxa. Por exemplo, o caso de RE=1,2 , significa um aumento de 20% na taxa de erosão (ou 1,2 vezes).

Na segunda forma, RE pode ser calculada como a diferença entre o ano em questão e o ano inicial, dividida pelo ano inicial (sempre utilizando-se a relação entre 1985 e 1966 como exemplo) :

$$\text{Razão de Erosão} = \frac{A_{1985} - A_{1966}}{A_{1966}}$$

Desta forma os valores iguais a zero significam que não houve mudanças na taxa de erosão da área em questão. Enquanto que os valores positivos indicam aumento da taxa de erosão e os valores negativos indicam diminuição desta taxa.

A execução dos cálculos através destas duas formas forneceu subsídios para que fosse estabelecida a melhor escala para a apresentação das cartas resultantes. Os limites das áreas reclassificadas nos dois modos coincidem e são apresentados à seguir nas figuras 83, 84 e 85.

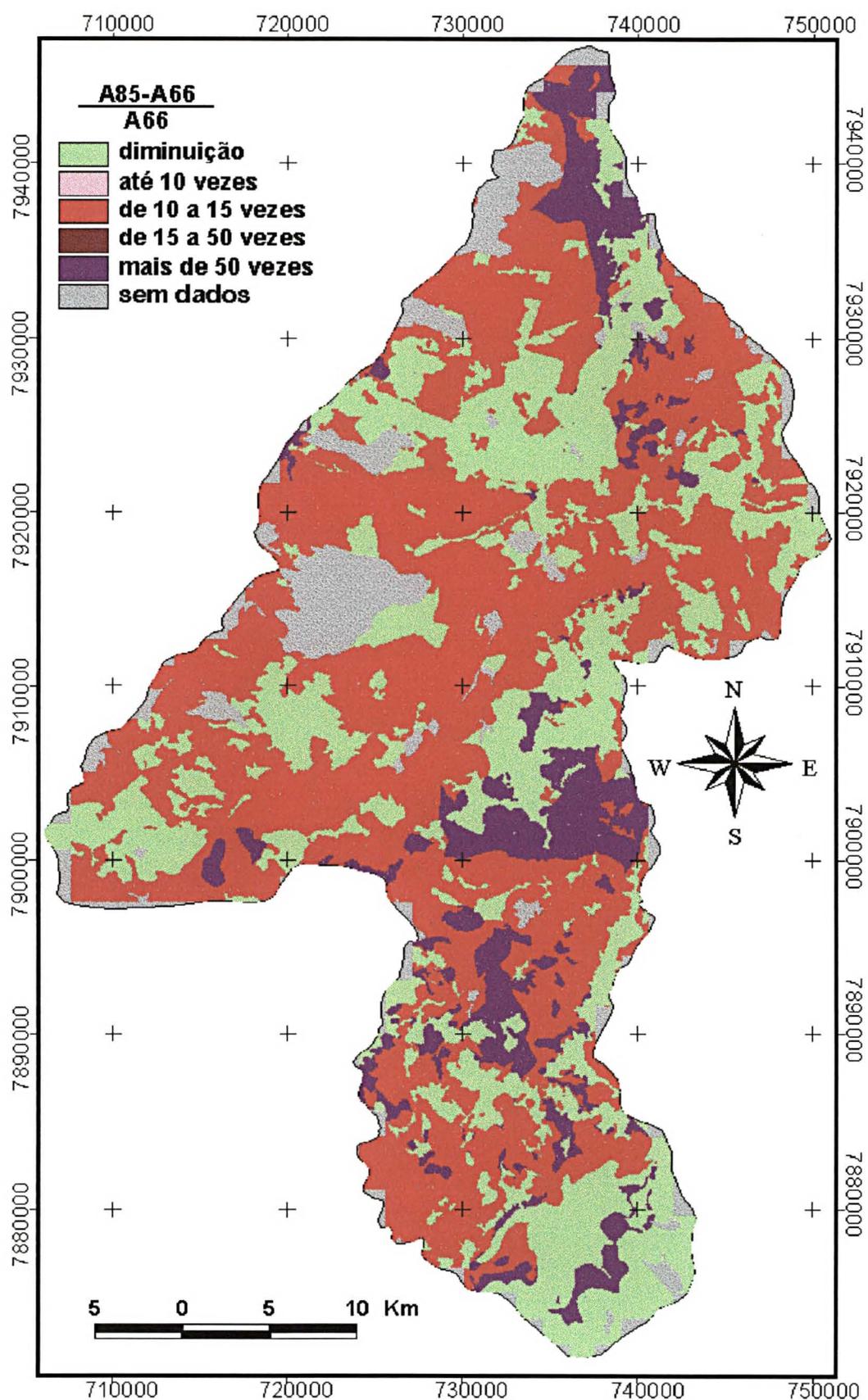


Figura 83 : Razão de erosão (RE) para a Bacia do Rio Taquarizinho, no período de 1966 a 1985.

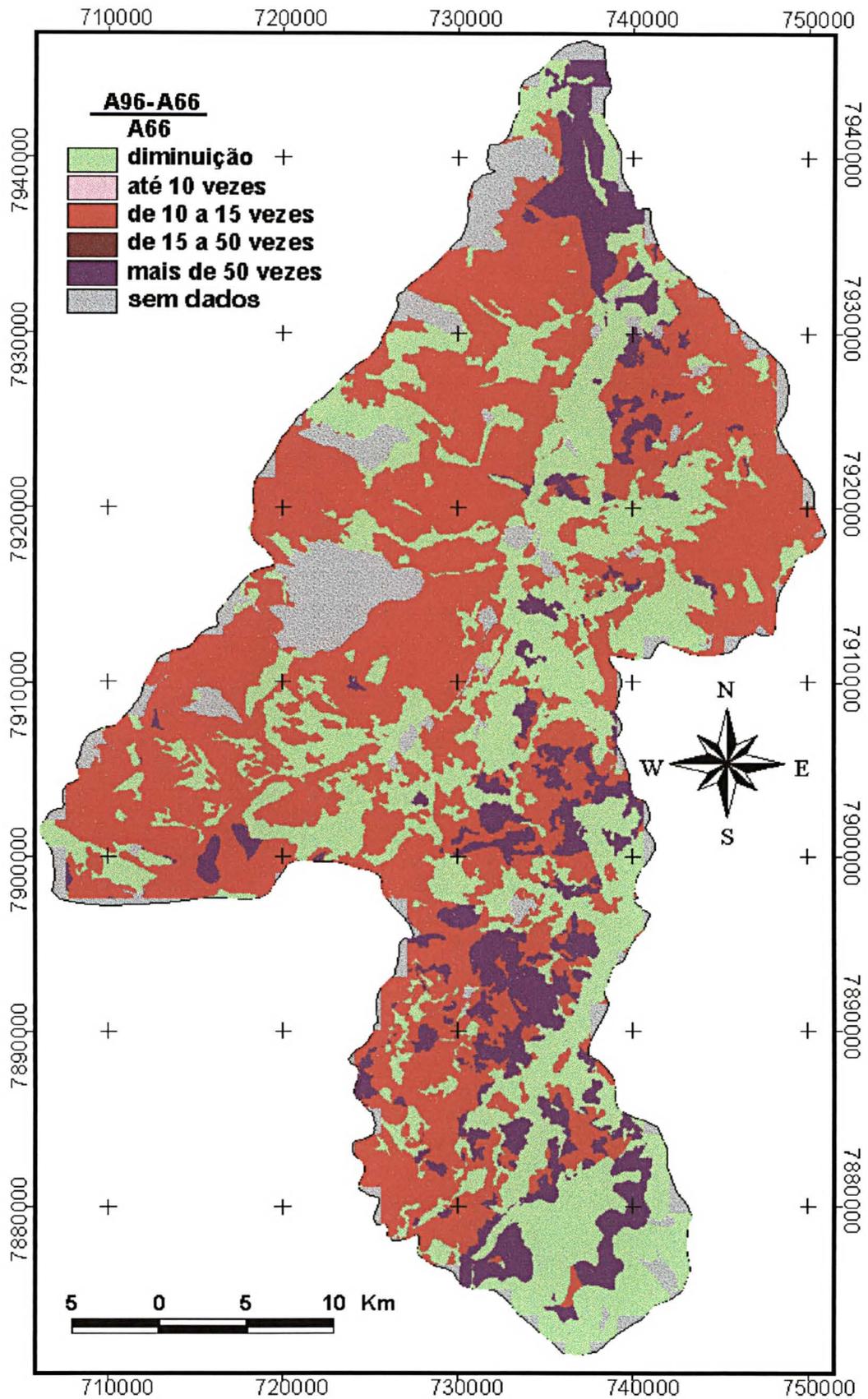


Figura 84 : Razão de erosão (RE) para a Bacia do Rio Taquarizinho, no período de 1966 a 1996.

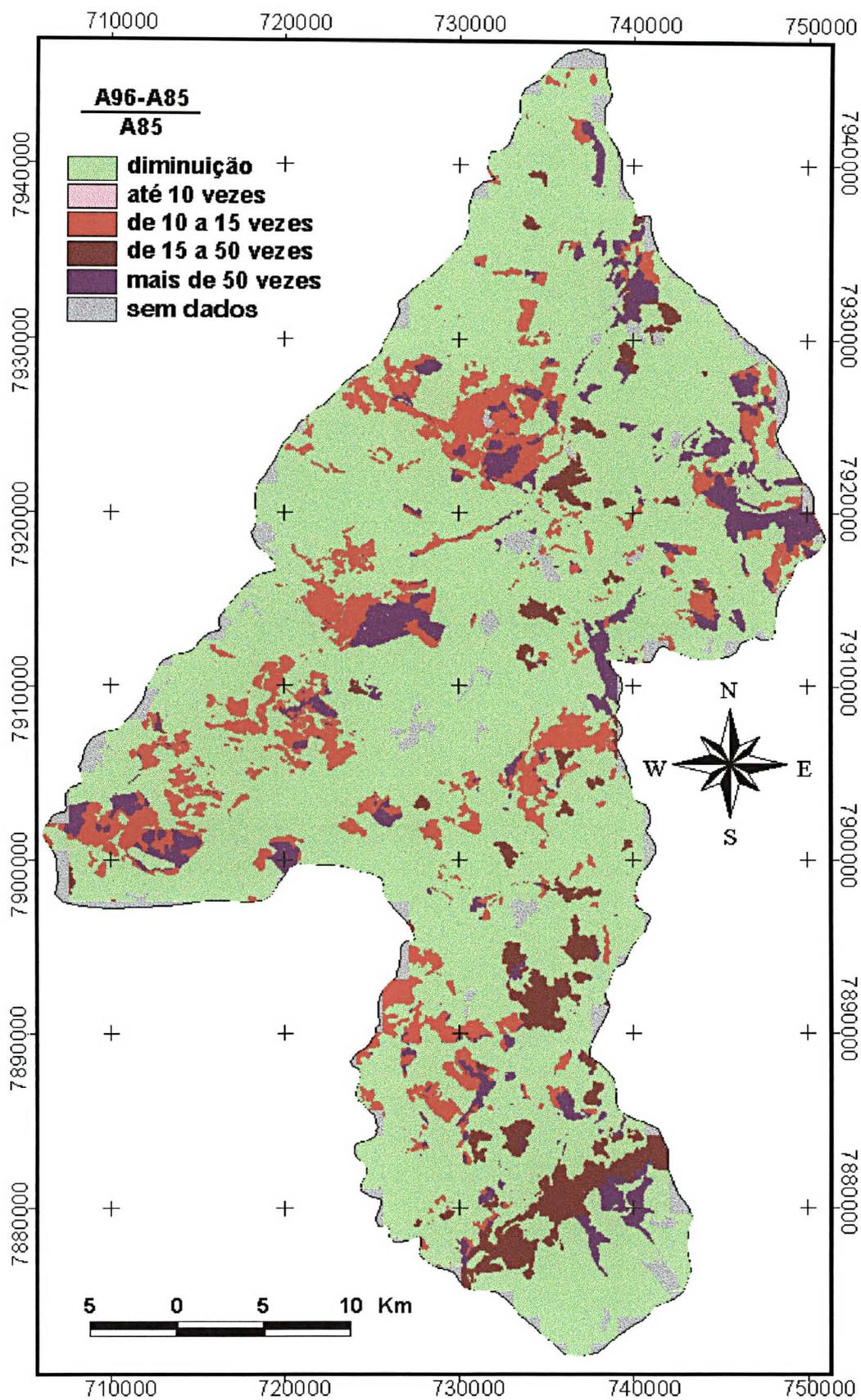


Figura 85 : Razão de erosão (RE) para a Bacia do Rio Taquarizinho, no período de 1985 a 1996.

Para facilitar a compreensão das alterações ocorridas pode-se utilizar o artifício gráfico de colocar as cartas lado a lado. Desta forma pode-se observar as diferenças ocorridas no tipo de cobertura dos solos e suas conseqüências ao incremento da erosão dos solos.

Na Figura 86, tem-se a análise da variação entre 1966 e 1985. As áreas indicadas com a elipse, o quadrado e o círculo, representam áreas onde o aumento foi maior do que 50 vezes, pois correspondem a zonas onde a mata foi cortada (ou queimada, como no caso da área ao centro do quadrado) e substituída por pastagens e agricultura.

No sul da área, no local indicado com a seta, pode-se observar o aumento do valor de A como conseqüência da eliminação de uma área de cerrado.

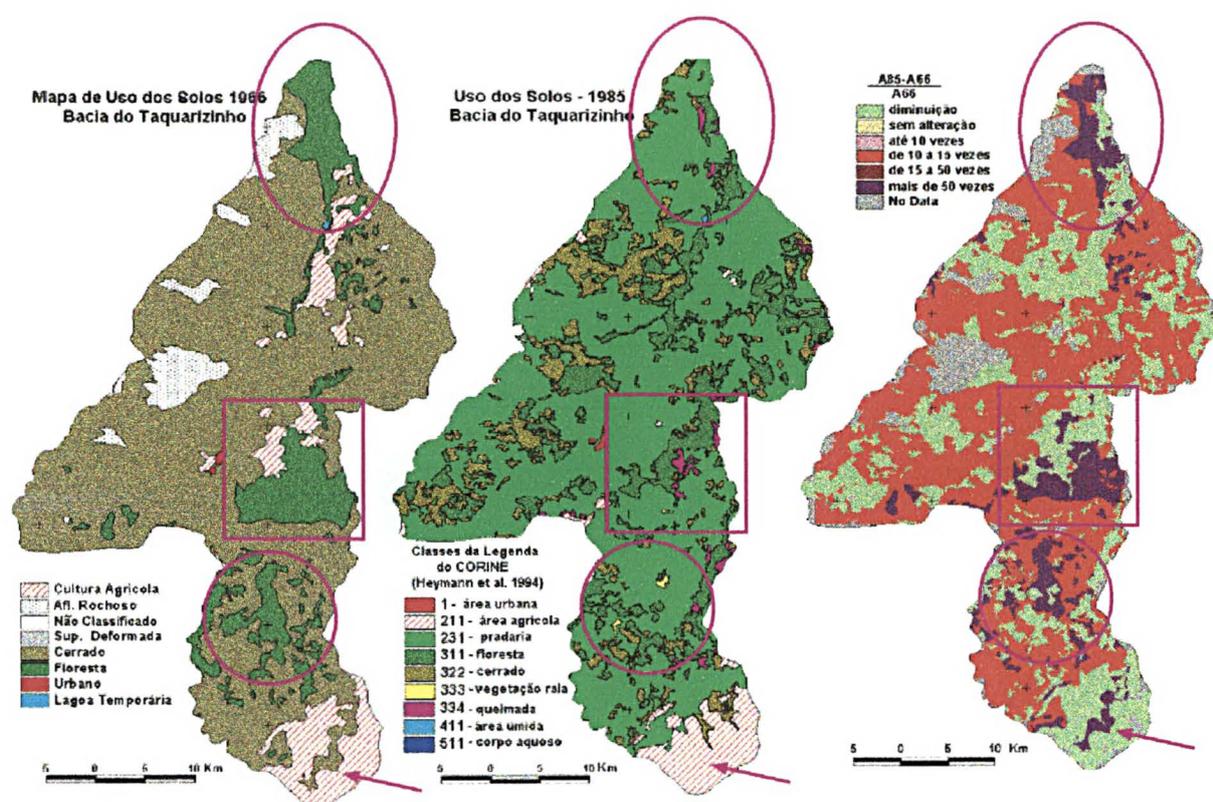


Figura 86 : A carta da esquerda representa o uso do solo de 1966, a do centro o de 1985, enquanto que a carta da direita mostra a variação do valor A neste período.

O mesmo tipo de análise foi efetuada para a variação entre 1966 e 1996 (Figura 87), onde os pontos indicados são os mesmos da figura 86. Os resultados nas áreas com a elipse, o quadrado e o círculo, representam novamente um aumento maior do que 50 vezes, pois correspondem as mesmas zonas onde a mata foi cortada e substituída por pastagens e agricultura. Porém, na região indicada pelo quadrado, o ressurgimento do cerrado na área faz com que o aumento da taxa de erosão neste ponto seja menor.

No sul da área, no local indicado com a seta pode-se novamente observar o mesmo aumento do valor de A como consequência do corte de uma área de cerrado.

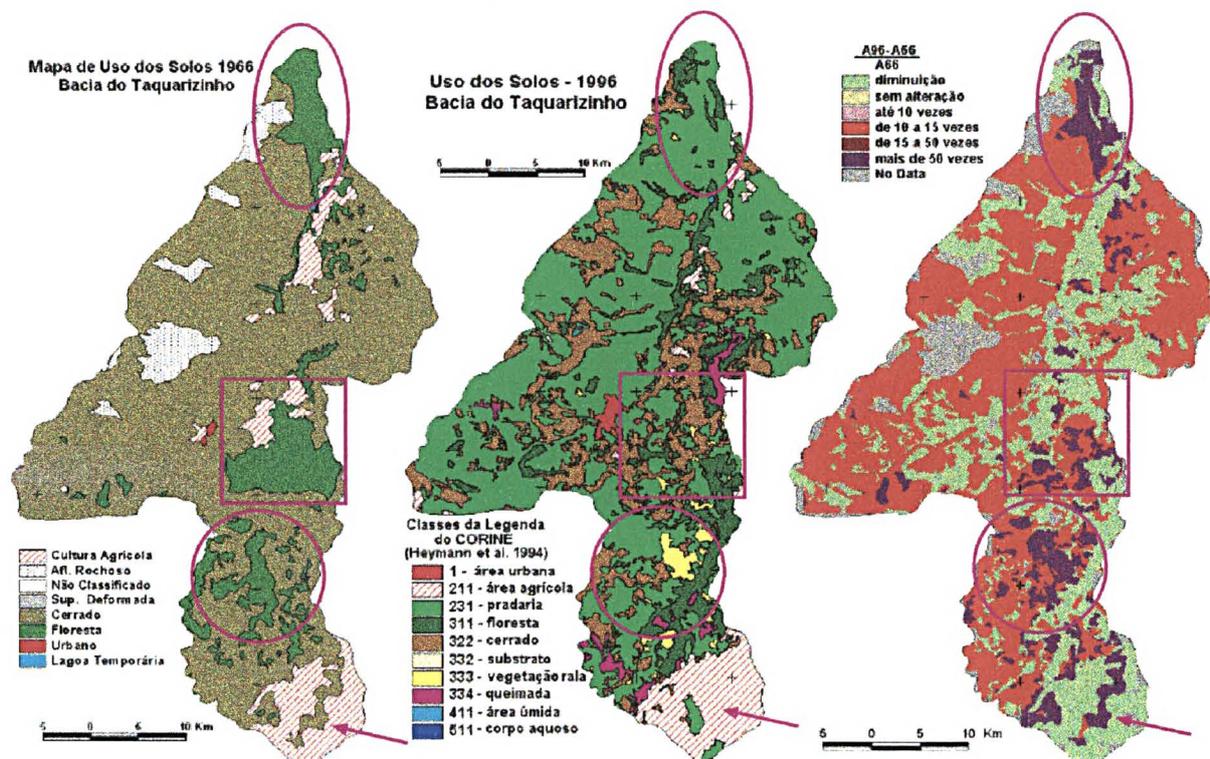


Figura 87 : A carta da esquerda representa o uso do solo de 1966, a do centro o de 1996, enquanto que a carta da direita mostra a variação do valor A neste período.

Na Figura 88, tem-se a mesma análise para a variação entre 1985 e 1996. As áreas indicadas com os círculos mostram aumento maior do 50 vezes no valor de A e representam zonas de desmatamento. A área indicada com o retângulo corresponde a uma zona em que houve o recrescimento do cerrado, implicando na queda do valor de A.

A variação dos valores de A entre 1985 e 1996 em relação a 1966 mostra um maior número de áreas com diminuição no valor de A em 1996. Isto coincide com um aumento nas áreas de mata e cerrado em 1996 em relação a 1985 (conforme tabelas 32, 33 e 34 e Figura 84).

As tabelas 32, 33 e 34 mostram ainda que, em 1966, mais de 86 % da superfície era coberta por matas e cerrados e as áreas agrícolas representavam apenas cerca de 9 %. Em 1985 as áreas naturais representavam menos de 28% e cerca de 22% em 1996. As áreas ocupadas pelas atividades agropecuárias diminuíram de 1985 a 1996, embora o percentual de áreas degradadas aumentou de 1,2% em 1985 a 3,9% em 1996.

Taquarizinho - 1966	área em ha.	%
Área Urbana	147,72	0,10
Agrícola	13230,56	8,93
Superfície Deformada	6820,99	4,61
Cerrado	106262,69	71,76
Floresta	21429,80	14,47
Lagoa	42,12	0,03
Não Classificado	150,16	0,10

Tabela 32 : Valores de área dos tipos de cobertura dos solos para a bacia do Taquarizinho em 1966.

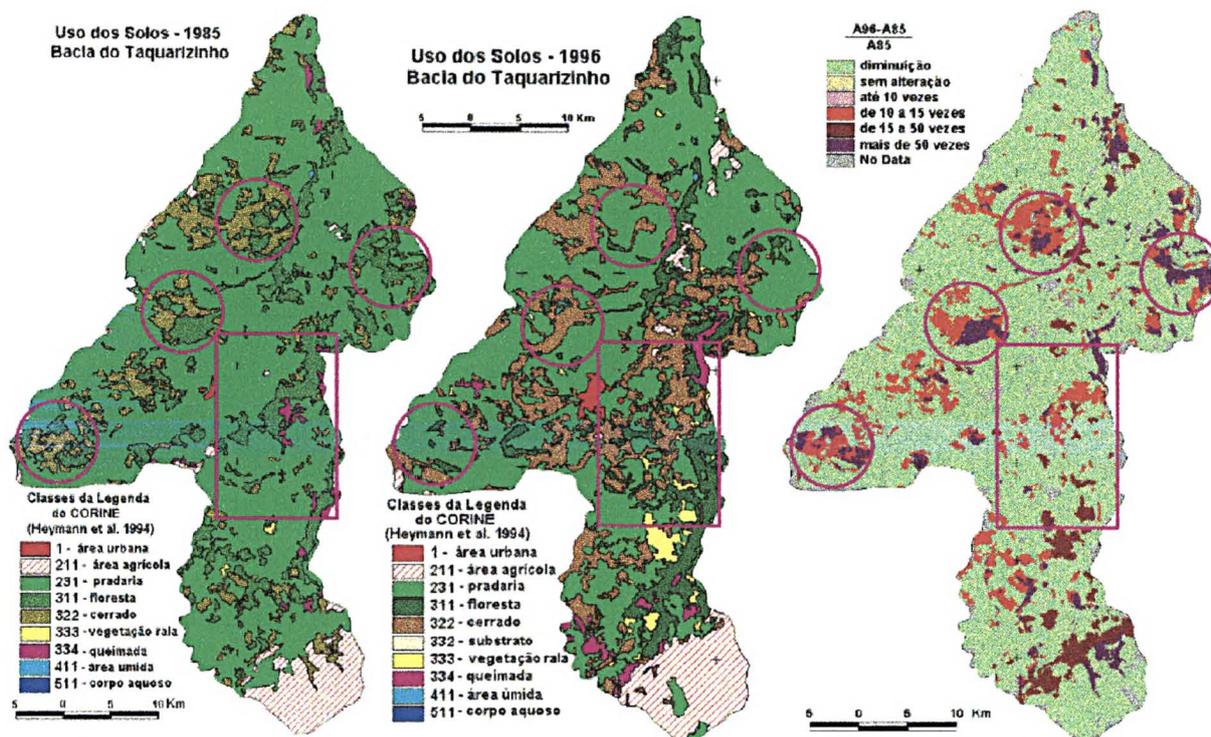


Figura 88 : A carta da esquerda representa o uso do solo de 1985, a do centro o de 1996, enquanto que a carta da direita mostra a variação do valor A neste período.

Taquarizinho - 1985	área ha.	%
urb 1.	187,72	0,13
agr 211	8179,19	5,53
agr 231	96506,19	65,25
nat 311	22988,20	15,54
nat 322	18179,08	12,29
des 333	214,11	0,14
des 334	1604,64	1,08
umi 411	37,17	0,03
umi 51	0,41	0,00

Tabela 33 : Valores de área dos tipos de cobertura dos solos para a bacia do Taquarizinho em 1985.

Taquarizinho - 1996	área ha.	%
classe		
urb 1	919,08	0,62
agr 211	11651,07	7,87
agr 231	81338,80	54,93
nat 311	16470,29	11,12
nat 322	31840,61	21,50
des 332	139,28	0,09
des 333	2923,76	1,97
des 334	2728,94	1,84
umi 411	65,80	0,04
umi 51	6,17	0,00

Tabela 34 : Valores de área dos tipos de cobertura dos solos para a bacia do Taquarizinho em 1996.

Os valores de perdas de solo por erosão encontrados na área do Taquarizinho estão compreendidos entre as classes de erosão ligeira ou moderada. A exceção da região das escapas, onde foram localizados zonas onde a taxa de erosão laminar potencial chega a níveis mais altos.

Houve uma diminuição na área das terras utilizadas para a agropecuária de 1985 a 1996, com uma correspondente queda nos valores de A neste período (Figuras 78 e 88).

7. CONCLUSÃO

- As mudanças observadas no tipo de uso do solo são grandes. Na década de 60 as matas e cerrados cobriam cerca de 89% da superfície representada pela Folha Coxim, em 1985 este valor estava reduzido para 30% e alcançaram 40% em 1996.

Para a bacia do Taquarizinho, estes valores são um pouco diferentes. Em 1966 mais de 86% da superfície da Bacia do Taquarizinho era ocupada por áreas naturais (14,47% de florestas e 71,76% de cerrado). Em 1985 as superfícies naturais representavam menos de 28% . E em 1996 ainda menos, cerca de 26,5%.

Outro dado importante é o da área agrícola, que em 1966 representava apenas cerca de 9 % da área, em 1985 mais de 70 % da superfície era ocupada por atividades agropecuárias, valor que caiu para cerca de 61% em 1996.

A diminuição da área utilizada para as atividades agropecuárias poderia estar associada a dois fatores, evasão rural, ou o aumento de áreas degradadas. Esta última, porém, no caso do Taquarizinho, não parece ser o caso, pois em 1996 o total da superfície coberta por áreas degradadas está em cerca de 2%.

Outro indicativo da evasão rural na bacia do Taquarizinho pode ser obtido observando-se que a área urbana cresceu de 0,10 % da superfície da bacia em 1966 para 0,13% em 1985 e 0,62% em 1996 (um aumento de 5 vezes em onze anos), à medida que a área ocupada pelas atividades agropecuárias caiu no mesmo período.

- A análise multitemporal para a área da Folha Coxim também mostrou a diminuição das área utilizadas para as atividades agropecuárias de 1985 a 1996, em paralelo um aumento das áreas urbanas, tais dados podem ser indicativos de evasão rural. Esta análise mostrou ainda que as áreas abandonadas pela agropecuária podem ser recolonizadas pelas espécies nativas.

Foi possível, ainda, demonstrar que embora exista um aumento no valor total das áreas naturais e renaturalizadas, de 1985 a 1996, o cerrado e a floresta ainda são derrubados.

- As perdas médias anuais de solo por erosão laminar, calculadas através da Equação Universal de Perdas dos Solos (conforme definida por Wischmeier & Smith, 1978), mostrou valores médios para toda a Bacia do Taquarizinho de 4,44 ton/ha. para 1966, de 5,53 ton/ha. para 1985 e de 8,65 ton/ha. para 1996. Valores considerados baixos pela classificação da FAO (1974).

Segundo esta classificação os valores de perdas de solo por erosão encontrados na área do Taquarizinho estão compreendidos entre as classes de erosão ligeira ou moderada. A exceção da região das escapas, onde foram localizados zonas onde a taxa de erosão laminar potencial chega a níveis mais altos.

Porém o valor da erosão média laminar de 1996 é praticamente o dobro daquele de 1966, implicando num aumento de 657.938 ton erodidas por ano em 1966 para 1.280.336 ton erodidas por ano em 1996.

Em 1966, antes do início da intensificação das atividades agropecuárias, os valores de A em geral, não ultrapassavam 2 ton/ha.ano. Já em 1985, bem como 1996, com o aumento do uso da terra, principalmente pela agricultura intensiva (milho e soja), verificou-se um aumento nos valores de A (em alguns casos, da ordem de 50 vezes, ou mais), bem como uma maior distribuição destes altos valores, que em 1966, estavam concentrados em três zonas agrícolas específicas.

ANEXO I – MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

ANEXO II – MAPA DE SOLOS DA AREA DE ESTUDO

ANEXO III – MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

**ANEXO IV – OBTENÇÃO DE COVERAGES ARCINFO, À
PARTIR DE ARQUIVOS DIGITALIZADOS COM
O USO DO MACROMEDIA® FREEHAND®**

ANEXO IV – OBTENÇÃO DE COVERAGES ARCINFO, À PARTIR DE ARQUIVOS DIGITALIZADOS COM O USO DO MACROMEDIA® FREEHAND®

Sumário ao Anexo IV

I. INTRODUÇÃO	167
II . MÉTODO PARA A VETORIALIZAÇÃO	167
II. 1. PREPARAÇÃO DO "FUNDO"	167
II. 2. PREPARAÇÃO DO "FUNDO" E INÍCIO DA VETORIALIZAÇÃO	170
NOTA (1) - Curvas de Nível.....	171
NOTA (2) - Arcos do Tipo de Cobertura - Layers : <i>archi_copertura</i> e <i>centroidi</i>	171
(2). 1 - Layer : <i>archi_copertura</i>	171
(2). 2 - Layer <i>centroidi</i>	177
NOTA (3) - Estradas - layers <i>c_strade</i> e <i>nc_strade</i>	179
NOTA (4) - Hidrografia- layers , <i>c_xxx_per</i> e <i>c_xxx_tmp</i> ; <i>c_xxx_per_-1</i> , <i>c_xxx_tmp_-1</i> , <i>nc_xxx_per_-1</i> e <i>nc_xxx_tmp_-1</i>	179
(4). 1. rios com largura maior que 1 mm sobre a carta	179
(4). 1. rios com largura menor que 1 mm sobre a carta	180
NOTA (5) - Pontos Cotados - layer " <i>punti_quotati</i> "	181
NOTA (6) - Pontos de Controle - layers " <i>vertice</i> " ou " <i>punti_di_Controllo</i> "	182
(6). 1 - Pontos de controle sobre as cartas sem correção - layer " <i>punti_di_Controllo</i> "	182
(6). 2 - Pontos de controle sobre as cartas "georreferenciadas" - layer " <i>vertice</i> "	183
NOTA (7) - Bordas da carta - layer " <i>contorno</i> "	184
NOTA (8) - Divisa de País - layer " <i>divisa</i> "	185
III. EXPORTAÇÃO DO FORMATO .FH7 PARA .DXF.....	186
OBTENÇÃO DO FORMATO .DXF	186
OBTENÇÃO DE UM ARQUIVO .DXF PARA CADA LAYER.	190
IV. IMPORTAÇÃO PARA O AMBIENTE ARC INFO	192
IV. 1. COVERAGES OBTIDAS NESTA ETAPA	197
V. CORREÇÃO E CRIAÇÃO DAS COVERAGES FINAIS	198
PRIMEIRO PASSO - georreferenciação.....	199
SEGUNDO PASSO - criação das coverages referentes à topografia	199
TERCEIRO PASSO - criação da borda em "architot"	199
QUARTO PASSO - criação da coverage "hidrografia"	200
QUINTO PASSO - criação da coverage "estradas".....	201
SEXTO PASSO - criação da coverage com os arcos do tipo de cobertura dos solos ...	201
SÉTIMO PASSO - criação da coverage poligonal do tipo de cobertura dos solos.....	201
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	203

I. INTRODUÇÃO

Este anexo apresenta as normas estabelecidas, dentro do contexto do Projeto Pantanal, para a digitalização da base topográfica DSG/IBGE usada neste trabalho e adotada no referido projeto. Porém é importante observar que, na Itália e Paraguai, se utiliza o *AutoDesk® AutoCAD®* (Autodesk, 1997), associado ao *Esri® Arc® View®* (Esri, 1998) para a digitalização ao invés do *Macromedia® FreeHand®* (Macromedia, 1995 e 1997) adotado neste trabalho e nos processos de digitalização no Brasil, mesmo assim os produtos finais são 100 % compatíveis e comparáveis.

Numa primeira etapa a imagem é escaneizada, obtendo-se assim uma imagem digital *raster*, a qual é vetorializada diretamente ao monitor, num trabalho semelhante àquele feito com *overlays* e fotografias aéreas.

II . MÉTODO PARA A VETORIALIZAÇÃO.

A vetorialização segue os seguintes passos :

II. 1. PREPARAÇÃO DO "FUNDO"

1. Escanerização da carta. A imagem obtida, formato *.TIF* deve ter 150 *dpi* de resolução e 256 cores (8 *bits*). Deve-se estar atento ao formato interno do arquivo, tipo PC, sem compressão *LZW*.

Como a carta a ser escaneizada possui uma dimensão em torno do tamanho A1, às vezes não se tem disponível *scanner* de tal dimensão. Neste caso a imagem pode ser escaneizada em partes e recomposta no *Adobe® Photoshop®* (Adobe, 1996) ou no *Erdas® Imagine®*. (Erdas, 1995 ou 1997a).

No *Photoshop*[®] (Adobe, 1996) os seus recursos de *layers* auxiliam a recomposição da imagem. No *Erdas*[®] (Erdas, 1995 ou 1997a) deve-se fazer uma georreferenciação de cada pedaço e utilizar o recurso chamado mosaico, o qual permite unir as partes em uma só (mesmo assim deve-se executar a georreferenciação descrita no passo à seguir). Porém o *Erdas*[®] só permite fazer o mosaico de imagens RGB.

2. Georreferenciamento com 13 pontos de controle, segundo o esquema escolhido (ver Figura I.1), projeção UTM, fuso 21 no *Erdas*[®] *Imagine*[®] (Erdas, 1995 ou 1997a).

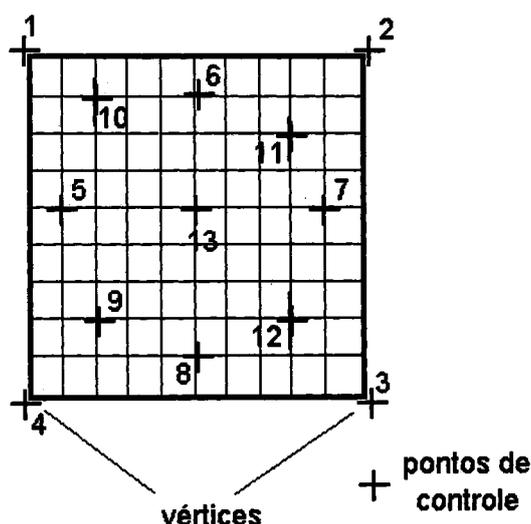


Figura I.1 : Distribuição dos pontos de controle para a georreferenciação. Os pontos estão distribuídos sobre o reticulado UTM.

Esta georreferenciação tem o objetivo de corrigir eventuais problemas decorrentes do fato da imagem ter sido obtida em um *scanner*, pois a georreferenciação também é uma correção geométrica.

Outra observação que se faz necessária, é a de que o termo "imagem georreferenciada" pode perder o sentido quando se está fora de um software tipo SIG, tendo isto em vista, neste trabalho, toda a vez a que, fora de um ambiente SIG, se cita a uma imagem *.TIF* como georreferenciada, esta apenas se referindo ao caso de uma imagem que já sofreu uma georreferenciação e que, agora fora do ambiente SIG, tem-se uma imagem corrigida geometricamente. Objetiva-se assim, apenas distinguir as imagens que já sofreram uma correção, daquelas que não foram submetidas a nenhum tipo de correção.

3. A imagem georreferenciada deve ser exportada para o formato *.TIF*. No caso do *Erdas*[®], (ver Figura I.2) durante o processo de exportação, mantém-se as opções *default*

(use *standard deviation stretch* ativo e dois desvios-padrão para a reamostragem da imagem). O *.TIF* final tem a resolução de 72 *dpi*, com o redimensionamento (ao tamanho original correto), volta à mesma resolução da imagem original.

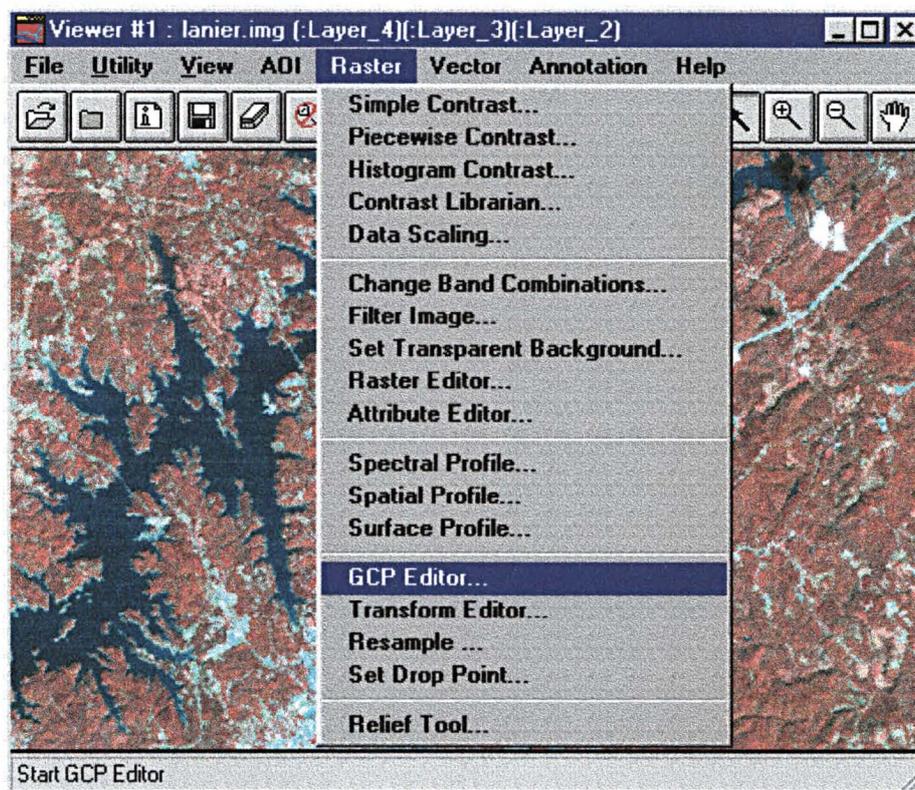


Figura 1.2 : No *Erdas® Imagine®* (versão 8.2 – Erdas, 1995) as opções de georreferenciação podem ser acessadas à partir do menu *raster* de um *viewer*.

4. Para a redução da dimensão do arquivo *.TIF* gerado neste processo (a qual influi sobremaneira no desempenho do computador), deve-se fazer ainda a conversão da imagem a 256 cores (8 bits) ou ainda *indexed colors* ao invés de RGB. O *FreeHand®* (Macromedia, 1995 e 1997) aceita compressão LZW para o arquivo *.TIF*, tal conversão pode ser feita em um editor de imagens *raster* (como o *Adobe® Photoshop®*, por exemplo – Adobe, 1996).

II. 2. PREPARAÇÃO DO "FUNDO" E INÍCIO DA VETORIALIZAÇÃO

Dentro do *Macromedia® FreeHand®* (Macromedia, 1995 e 1997), a imagem TIF corrigida é colocada num *layer* chamado "*raster*", que tem a função de ser o fundo sobre o qual são desenhados os outros *layers*.

A vetorização é feita com a ferramenta *bezier* ou *free hand* à partir da barra de ferramentas do *FreeHand®*, desenhando-se, no *layer* de destino, diretamente sobre o *background*.

A Tabela I.1, descreve os tipos de linhas que são digitalizados no *FreeHand®*, a tipologia que representam e a nota em que se detalha o processo de digitalização de tal tipologia.

Tipo de Feição	Tipologia (<i>FreeHand</i>)	Tipologia (SIG)	Nome Layer (<i>FreeHand</i>)	Nº notas
Altimetria	linha	arco	valor da cota (160, 200, . . .)	(1)
Arcos de Cobertura	linha	arco (se tornará polígono)	archi_copertura	(2)
	texto	punti	centroidi	
Estradas	linha	arco	c_strade	(3)
	linha	arco	nc_strade	
Hidrografia	linha	Arco (se tornará polígono)	c_xxx_per	(4)
	linha	arco	c_xxx_tmp	(4)
	linha	arco	c_xxx_per_-1	(4)
	linha	arco	c_xxx_tmp_-1	(4)
	linha	arco	nc_xxx_per_-1	(4)
	linha	arco	nc_xxx_tmp_-1	(4)
Pontos Cotados	Texto	ponto	punti_quotati	(5)
Pontos de Controle	Linha	arco (se tornará ponto)	Vertice	(6)
	Linha	arco (se tornará ponto)	punti_di_controllo	
Borda	Linha	arco	Contorno	(7)
Divisa de País	Linha	arco	Divisa	(8)
Imagem escaneizada	Imagem tiff	Imagem Raster/Grid	Raster	

Tabela I.1 : *Layers* a serem criados no *FreeHand*.

A seguir tem-se a descrição das notas citadas na Tabela I.1, que explicam como deverão ser feitos cada um dos *layers FreeHand*[®].

NOTA (1) - Curvas de Nível

- Deve-se fazer tantos *layers*, quantas forem as cotas representativas das curvas de nível (um *layer* para cada cota, por exemplo, 160, 200, 240, . . .). Cada *layer* contém as linhas representativas de uma cota altimétrica.

NOTA (2) - Arcos do Tipo de Cobertura - *Layers* : *archi_cobertura* e *centroidi*

(2). 1 - Layer : *archi_cobertura*

- cada folha digitalizada deve possuir um *layer* chamado ***archi_cobertura***, que conterà os elementos lineares que constituirão as bordas entre os futuros “polígonos” (no conceito SIG) que constituem os vários temas (ou categorias), descritos a seguir, onde, a exceção dos rios com largura maior a 1 mm (que irão para *layer* próprio, nota (4)), aqui estão descritos todos os tipos de cobertura dos solos considerados durante a digitalização.
- os temas ou categorias são baseados na legenda das cartas do DSG/IBGE e encontram-se divididos conforme as seguintes tipologias :
 - 0 = não classificado
 - 0_cl = não classificado + cultura
 - 1 = superfície deformada
 - 1_r = superfície deformada + rochoso
 - 2 = areia
 - 3 = erva tropical
 - 4 = cerrado, macega agreste
 - 5 = floresta, mata e bosque
 - 6 = plantação
 - 7 = pomar
 - 8 = vinhedo
 - 9 = mangue
 - 10 = salina
 - 11 = arrozal terreno seco
 - 12 = arrozal terreno úmido
 - 13 = área urbanizada
 - 16_xxx = meandro abandonado perene do rio xxx
 - p.ex. : 16_cox = meandro abandonado perene do rio Coxim
 - 16_taq = meandro abandonado perene do rio Taquari

17_XXX = meandro abandonado temporário do rio XXX
 p.ex. : 17_cox = meandro abandonado temporário do rio Coxim
 17_taq = meandro abandonado temporário do rio Taquari
 18 = lagoa perene
 19 = lagoa temporária
 20_XXX_n = brejo referido ao rio XXX, onde *n* representa a legenda sobre a qual foi impressa a simbologia de brejo ou pântano. (ver observação no fim desta nota)
 por ex. : 20_cox_0 = brejo ou pântano associado ao rio Coxim sobre uma área não classificada
 por ex. : 20_taq_5 = brejo ou pântano associado ao rio Taquari sobre uma área de floresta.
 21 = campo
 22 = represa, açude ou dique
 X_i = área inundável, onde X representa o número referente a um dos temas anteriores.
 Por exemplo :
 0_cl_i = não classificado + cultura, em área inundável
 3_i = erva tropical inundável
 5_i = floresta, mata ou bosque inundável

Este tipo de legenda permite que, durante a digitalização, caso se encontre outro tema, que não está previsto aqui, se possa adicioná-lo, sem causar mudanças no método de trabalho. Para tanto basta seguir a mesma ordem hierárquica encontrada aqui. O formato genérico seria :

XX_XXX_cl_n_i (pode ser que nem todas as simbologias apareçam concomitantemente).

onde :

XX é o número correspondente à categoria (como floresta = (5), cerrado = (4), área urbanizada = (13), etc.
 XXX são as iniciais correspondentes a bacia hidrográfica que contém estes arcos, se for o caso.
 cl simbologia encontrada dentro dos temas (como "cl" em não classificado e "rochoso" (r) em deformado).
 n representa a legenda sobre a qual foi impressa a simbologia, como um brejo ou pântano, por exemplo.
 i área inundável, se for o caso.

No caso de se encontrar uma nova simbologia dentro de um tema, como no caso do "cl" em áreas não classificadas, ou do "rochoso" dentro de superfície deformada, basta adicionar a inicial (ou iniciais, conforme o caso) encontrada à legenda pré-existente.

- se define "**nodo_fh**" como um ponto para onde convergem duas (ou mais) linhas que representam bordas de polígonos diferentes (mesmo que de tipos e *layers* diferentes - ver figuras 2, 3 e 4). Independentemente da tipologia e do *layer* a que pertence a linha que passa sobre este tipo de nó, deve ser cortada neste ponto. Isto é feito para que,

quando dentro de um SIG, se possa utilizar tal linha para a criação das coberturas *Arc Info*® utilizando *layers FreeHand*® diferentes, sem a duplicação de linhas.

Durante o trabalho de vetorialização com o *FreeHand*®, a opção "*snap to point*" dentro do menu "*view*" deve estar ativa todo o tempo, para forçar o "casamento" de pontos extremos das linhas digitalizadas.

As curvas de nível não seguem esta norma. Portanto os cruzamentos das curvas de nível com as demais linhas não seguem esta regra.

Deve-se lembrar também que existem casos em que linhas diferentes se cruzam sem que estes pontos de interseção representem pontos "*nodo_fh*" (ver figuras I.2, I.3 e I.4).

- as linhas que constituem a divisa entre polígonos de categorias diferentes e que coincidem com aquelas que estão descritas na tipologia SIG como "arco", dentro de hidrografia e estradas (ver a Tabela I.1), não deverão ser digitalizados neste *layer* (e sim em *c_XXX_per*, *c_XXX_tmp* ou *c_strade*).

Ou seja, sempre que uma parte de um rio (menor que 1 mm de largura) ou estrada coincidir com uma borda de um "polígono", será digitalizada em *layer* próprio. Esta linha não deve ser redesenhada (para não se duplicar arcos). Este lado do "polígono" que é comum ao trecho do rio (ou estrada) é feito cortando-se este trecho de rio e enviado-o para o *layer c_XXX* (rio *confini*, por exemplo *c_cox*, Coxim *confini*), o restante o rio é mantido no *layer nc_XXX* (*non confini*).

Deste modo, o contorno das cidades, os lagos, os meandros abandonados e os limites entre os tematismos (floresta, cerrado, etc.) são mantidos no *layer archi_copertura*.

Os rios maiores de 1 mm de largura sobre a carta (que equivale a 100 m nas cartas 1:100.000 e 250 m nas 1:250.000), são enviados aos *layers c_XXX_per* ou *c_XXX_tmp*, se perenes ou temporâneos respectivamente.

Os rios menores de 1 mm sobre a carta (temporários ou perenes) vão em um *layer* próprio, de acordo com a rede de drenagem a que pertencem.

As estradas também vão em um *layer* próprio.

- as dimensões mínimas dos polígonos a serem digitalizados são :
 - para os elementos alongados (por exemplo, um rio), é necessário uma largura mínima de 1 mm, sobre a carta (que equivale a 100 m nas cartas 1:100.000 e 250 m nas 1:250.000), isto independentemente do rio estar representado com as duas margens na carta;

- não deverão ser digitalizados polígonos com dimensão inferior a um quadrado de 2 x 2 mm (correspondente a 4 ha = 40.000 m² = 200 x 200 m em uma carta com escala 1:100.000 ou 25 ha = 250.000 m² = 500 x 500 m em uma carta 1:250.000).
- os meandros abandonados (perenes e temporários) e as lagoas (perenes e temporárias), deverão fazer parte deste *layer* (*archi_copertura*) e não do *layer* hidrografia.

Como exemplo a seguir é apresentado um pequeno mapa esquemático (Figura I.3):

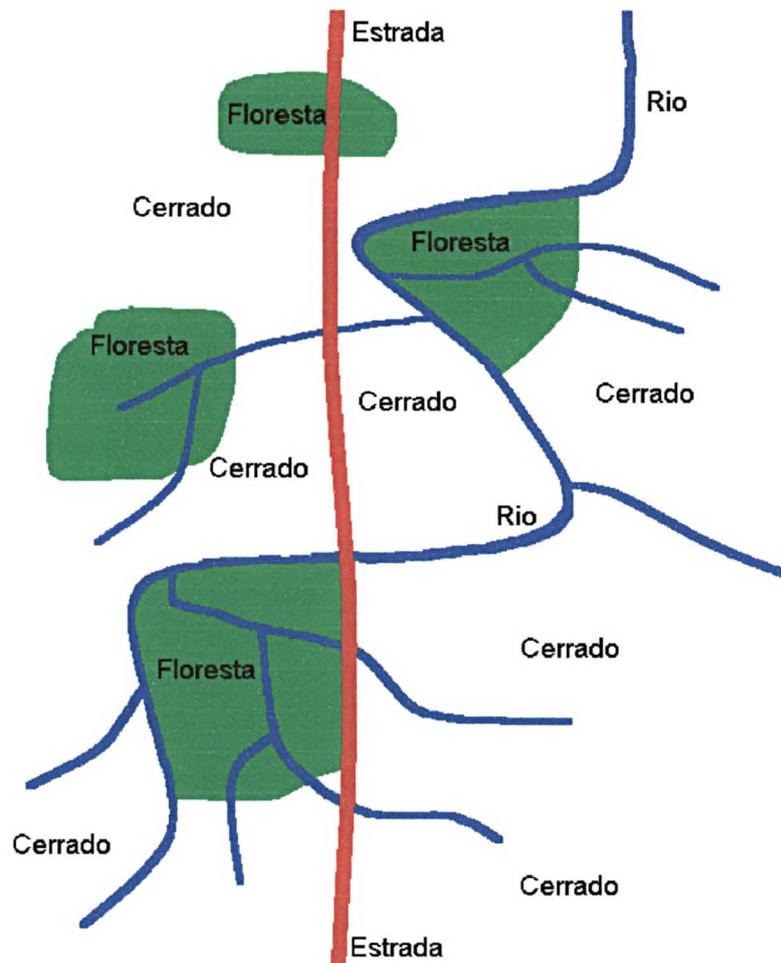


Figura I.3 : “Mapa” de uma região com cerrado e zonas de floresta, cortada por um rio (e seus afluentes) e uma estrada.

A primeira coisa que deve ser observada é o tipo de “cruzamento” que se tem entre os diversos tipos de linha, pois resultam nos diferentes tipos de pontos que podem ser vistos na Figura I.4.

De um modo geral, são três as situações mais comuns, uma primeira onde os cruzamentos de linha não representam nenhuma feição, e portanto, não necessitam um ponto específico naquele cruzamento (ver a Figura I.4).

Uma segunda, onde os afluentes encontram o curso principal, caracterizando uma situação em que o último ponto do segmento que perfaz o afluente, deve coincidir com um ponto sobre o rio principal. O ponto nesse caso é do tipo “**Foz**” de rio (Figura I.4, ver também a Nota (4) - Hidrografia). É conveniente observar que quando o rio apresenta largura maior que 1 mm na carta segue-se um procedimento específico já detalhado anteriormente (Nota (2) – Arcos de Cobertura e (4) - Hidrografia)

E por último, pontos onde se encontram linhas que representam limites entre polígonos diferentes, caracterizando assim um “**nodo_fh**”, definido no início desta nota (terceiro ponto).

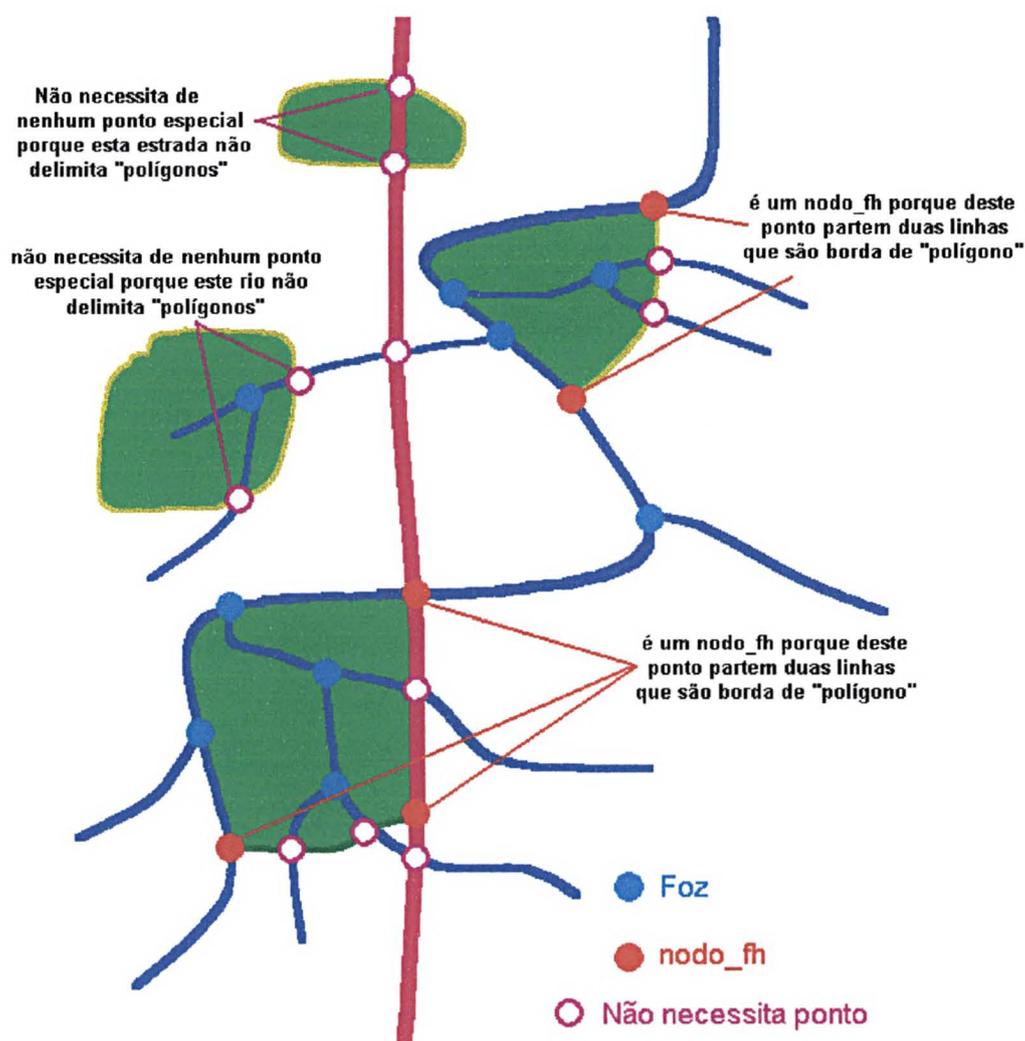


Figura I.4 : Tipos de pontos resultantes do cruzamento de diferentes de linhas.

Mantendo-se a premissa de não se duplicar arcos, conforme o tipo de polígono encontrado, as linhas que o definem podem ser de dois tipos diferentes :

Quando a linha que representa um lado de polígono não coincide com nenhum arco do tipo rio ou estrada é traçada normalmente e mantida em seu *layer* "**non_confini**". (não representa "borda de polígono").

Porém, quando coincide, deve-se seguir as regras já explicadas anteriormente neste item. Basicamente significa que o pedaço coincidente é convertido em uma estrada ou rio "**confini**" (que devem ser colocado no *layer* *confini* apropriado), pois além de estrada ou rio, esta linha representa parte da "borda" de um polígono. O restante é mantido em seu *layer* original, rio ou estrada "**non_confini**" (ver a Figura I.5).

Este procedimento representa economia de tempo (e trabalho) ao digitalizador, que não necessita redesenhar a mesma linha mais de uma vez, e além disto evita uma série de erros associados a este procedimento.

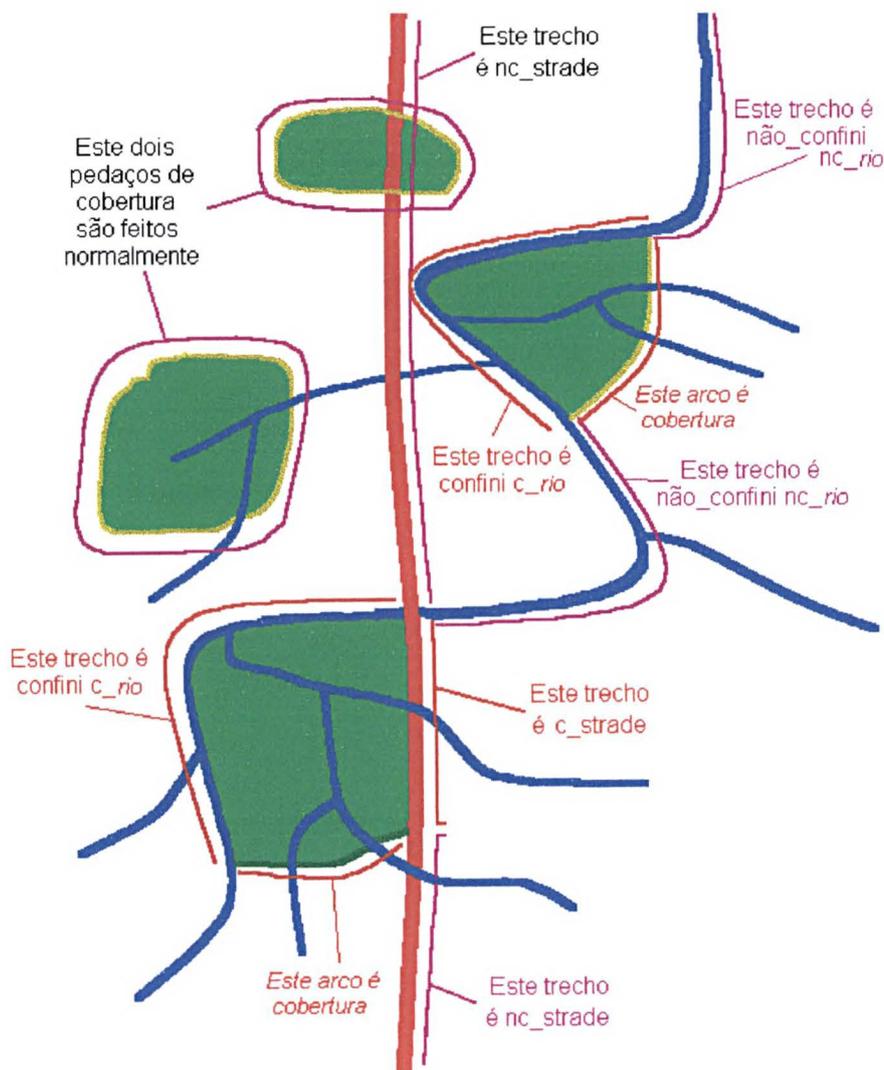


Figura I.5 : diferentes tipos de "arcos".

(2). 2 - Layer **centroidi**

- dentro de cada “polígono” a ser formado, deve existir um código correspondente ao seu conteúdo, conforme a legenda dos temas (ou categorias) descrita no segundo ponto deste anexo. Este código deverá ser colocado em um outro *layer* chamado “**centroidi**”.
- É necessário que o canto inferior esquerdo da caixa de texto esteja “dentro” do polígono a que se refere (apesar de estarem em *layers* diferentes - Figura I.6).



Figura I.6 : posição da caixa de texto do "centróide" em relação ao "polígono" que a contém.

O ideal é procurar fazer a caixa de texto pequena o suficiente para que os dois vértices inferiores (ou, se possível, todos) estejam “dentro” do polígono a que se referem.

Toda vez que se escreve um texto, que será posteriormente exportado, este deverá ser escrito horizontalmente.

- Sobre os rios mais largos de 1 mm sobre a carta, também é necessário se fazer um centróide.

O código correspondente é :

14_XXX = rio xxx com mais de 1 mm perene

p.ex. : 14_cox = rio Coxim perene com mais de 1 mm

14_taq = rio Taquari perene com mais de 1 mm

15_XXX = rio xxx com mais de 1 mm temporário

p.ex. : 15_cox = rio Coxim temporário com mais de 1 mm

15_taq = rio Taquari temporário com mais de 1 mm

- Em uma confluência entre dois rios com mais de 1 mm de largura sobre a carta (que equivale a 100 m nas cartas 1:100.000 e 250 m nas 1:250.000), deverá se adicionar um arco (que não corresponde a nenhum limite da carta) para delimitar estes “polígonos”.

Este arco “fecha” os dois “polígonos” a que correspondem aos rios em confluência. Conforme a Figura I.7, a seguir :

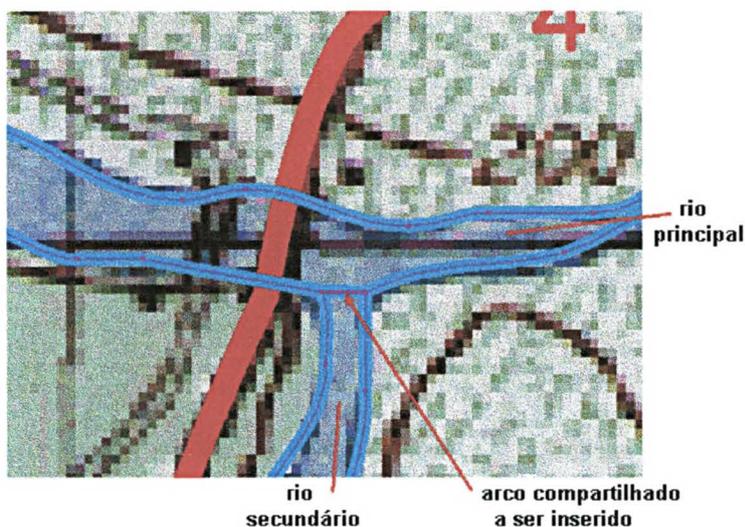


Figura I.7 : confluência entre dois rios com largura maior que de 1 mm sobre a carta (que equivale a 100 m nas cartas 1:100.000 e 250 m nas 1:250.000) e o arco divisor a ser inserido.

- No caso de áreas de brejo ou pântano (tipologia nº 20), como são referidas a um rio, é necessário inserir um arco compartilhado, que embora não corresponda a nenhuma feição na carta, define o limite entre estas áreas e separa os “polígonos” que as representam. Conforme a Figura I.8, a seguir :

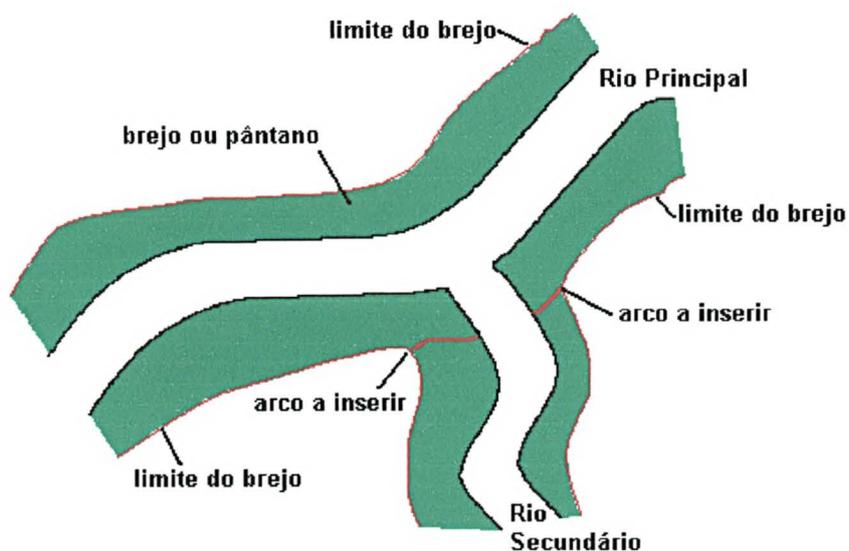


Figura I.8 : confluência entre dois rios com respectivas áreas de brejo ou pântano e os arcos a serem inseridos.

NOTA (3) - Estradas - layers *c_strade* e *nc_strade*

- O traçado das estradas segue o mesmo conceito de não se duplicar linhas, portanto quando uma linha de borda entre tematismos diferentes coincide com um trecho de uma estrada, este trecho de estrada é cortado e enviado para o layer *c_strade* (“*strade confin*”), o restante da estrada é mantido no layer *nc_strade* (“*strade non confin*” - ver Figura I.5).
- Optou-se por digitalizar somente as estradas principais, aquelas em vermelho contínuo ou tracejado, que não devem ter mudado o seu traçado, da década de 60 à hoje.

NOTA (4) - Hidrografia- layers , *c_xxx_per* e *c_xxx_tmp*; *c_xxx_per_-1*, *c_xxx_tmp_-1*, *nc_xxx_per_-1* e *nc_xxx_tmp_-1*

- Neste caso tem-se duas situações, as dos rios com largura maior que 1 mm sobre a carta e os menores, (permanentes ou temporâneos nos dois casos).

(4). 1. rios com largura maior que 1 mm sobre a carta

- os rios com mais de de 1 mm de largura sobre a carta (que equivale a 100 m nas cartas 1:100.000 e 250 m nas 1:250.000, independentemente deste ser representado com linha dupla, ou não), deverão fazer parte dos layers *c_xxx_per* e *c_xxx_tmp*. Importante observar que não existem os layers "nc" equivalentes, pois esta tipologia, embora seja um rio, representa um tipo de cobertura de solo (o xxx do nome representa o rio principal da bacia a que pertence o rio digitalizado).

O “xxx” que aparece no nome representa as três uma sigla para a identificação do nome do rio. Assim : rio Taquari (taq), rio Coxim (cox), rio Taquarzinho (tqz), rio Negro (neg), rio Aquidauana (aqu), rio Paraguai (par), rio Cuiabá (cui), rio Itiquira (iti), rio Correntes (cor), rio Piquiri (piq), rio Miranda (mir).

Por exemplo : *c_taq_temp* - todos os rios temporários da bacia do Taquari com menos de um milímetro de largura sobre a carta, e que são borda de “polígono”.

(4). 1. rios com largura menor que 1 mm sobre a carta

- Para os rios com largura menor que 1 mm sobre a carta, a digitalização será feita com base nas bacias principais. Para cada rio dito “principal” serão feitos em até quatro *layers* para cada bacia hidrográfica :
 - **nc_XXX_per_-1** - todos os rios perenes da bacia em questão, com menos de um milímetro de largura sobre a carta, que não são borda de “polígono”.
 - **nc_XXX_tmp_-1** - todos os rios temporários da bacia em questão, com menos de um milímetro de largura sobre a carta, que não são borda de “polígono”.
 - **c_XXX_per_-1** - todos os rios perenes da bacia em questão, com menos de um milímetro de largura sobre a carta, que são borda de “polígono”.
 - **c_XXX_tmp_-1** - todos os rios temporários da bacia em questão, com menos de um milímetro de largura sobre a carta, que são borda de “polígono”.
- quando uma linha de borda de um “polígono” coincide com um rio, não se deve redesenhá-la (para não duplicar arcos). O trecho do rio que é comum àquele do “polígono”, é enviado para o *layer* **c_XXX** (“rio confin”, p. ex. **c_cox**, *Coxim confin*), o restante o rio é mantido no *layer* **nc_XXX** (“non confin”).
- Os meandros abandonados e lagoas, temporários ou perenes deverão fazer parte do *layer* **archi_copertura** e não do *layer* de hidrografia.
- Os brejos ou pântanos, deverão fazer parte do *layer* **archi_copertura** e não do *layer* de hidrografia.
- Os terrenos inundáveis também farão parte do *layer* **archi_copertura**, recebendo sua legenda correspondente conforme a tabela de temas da nota 2. Portanto, não farão parte do *layer* de hidrografia.
- A foz dos afluentes no rio principal devem sempre ser sobre um ponto de digitalização deste, chamado “foz”. Se tal ponto não existe no rio principal deve-se criá-lo (conforme a Figura I.9). Não é necessário “cortar” o rio principal neste ponto.
- O sentido em que se faz a digitalização dos rios também é importante. Deve-se sempre seguir da nascente à jusante. Isto auxiliará na correção de erros e na criação do DEM (*digital elevation model* - modelo digital do terreno) em ambiente *Arc-Info*®.

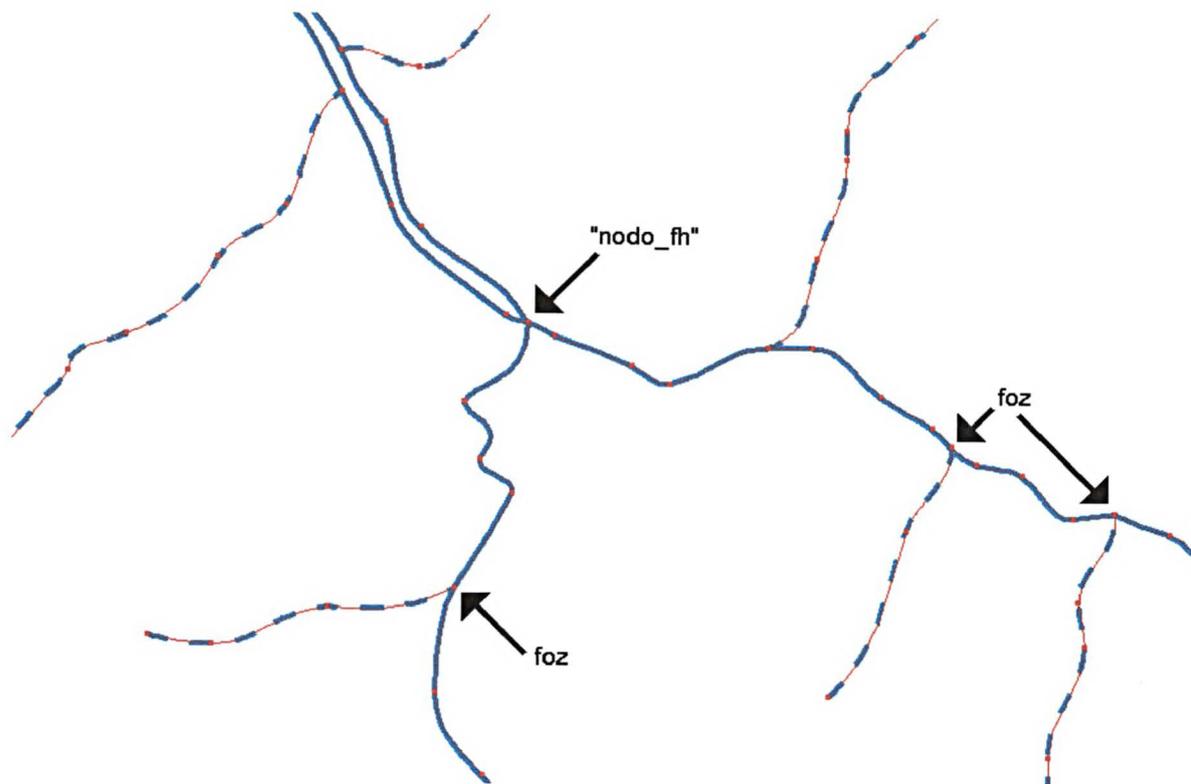


Figura I.9 : Um rio com mais de 1 mm largura sobre a carta (layer “*copertura*”) e seus afluentes (layers “*xxx_per*” e “*xxx_tmp*”). Pode-se ver pontos do tipo “Foz” e “*nodo_fh*”.

NOTA (5) - Pontos Cotados - *layer* “*punti_quotati*”

- Para a digitalização dos pontos cotados é utilizado um *layer* chamado “*punti_quotati*”.
- Não é necessário, e não se deve, haver o ponto físico desenhado, basta que o canto inferior esquerdo da caixa de texto esteja na mesma posição do ponto a que se refere (ver Figura I.10).
Toda vez que se escreve um texto que será posteriormente exportado, este deverá ser escrito horizontalmente.
- Deve-se estar atento ao fato de que alguns pontos cotados se referem a cruzamentos (ou outros ditos “pontos topograficamente identificáveis”), assim não se vê a “cruzinha” característica. Neste caso basta coincidir o canto inferior esquerdo da caixa de texto à posição a que este se refere.
- Importante, no caso da cota do ponto se referir a uma ponte, será descartado este ponto.

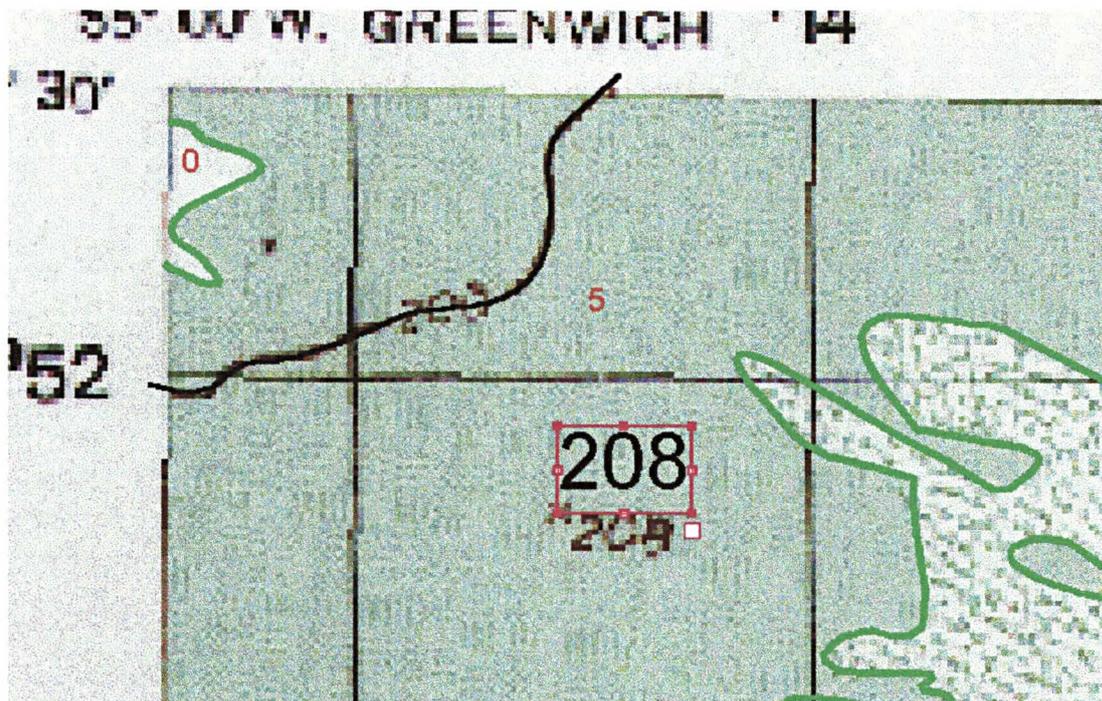


Figura I.10 : Exemplo de posição da caixa de texto em relação aquela do ponto cotado.

NOTA (6) - Pontos de Controle - *layers* “*vertice*” ou “*punti_di_Controllo*”

- Tem-se duas situações possíveis neste caso, uma para a vetorialização sobre as cartas que já foram georreferenciadas uma vez e outra para o trabalho sobre cartas sem nenhum tipo de correção. O procedimento a ser adotado em cada um destes casos é descrito a seguir.

(6). 1 - Pontos de controle sobre as cartas sem correção - *layer* “*punti_di_Controllo*”

- Serão digitalizados no *layer* “*punti_di_Controllo*” treze pontos de controle.
- Estes serão distribuídos num esquema descrito na Figura I.11. Nos quatro cruzamentos de linhas de coordenadas UTM mais externas da carta e outros nove no interior da mesma.
- O ponto será representado por uma pequena cruz desenhada com dois arcos retos (ver Figura I.12).
- Deve-se ainda fazer um pequeno arquivo (por questão de dimensão, pode ser no formato *.TXT*, salvo no mesmo diretório da imagem) com a relação de correspondência

entre o número do ponto e sua coordenada geográfica. Estas coordenadas serão úteis posteriormente para a georreferenciação em ambiente *Arc® Info®* (Esri, 1997a).

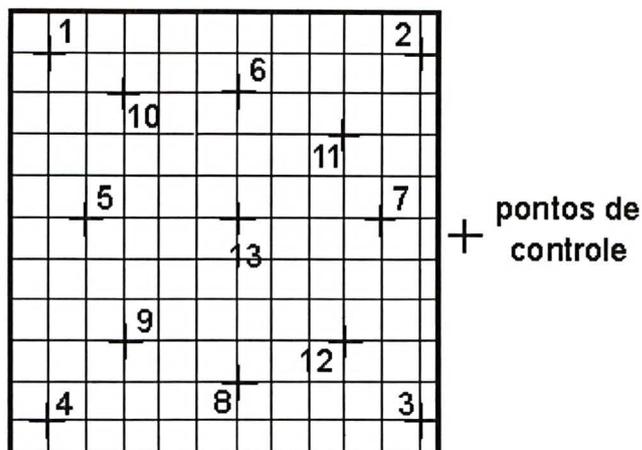


Figura I.11 : Distribuição dos pontos de controle a serem vetorizados em uma carta não georreferenciada. Atenção a posição dos quatro primeiros pontos.

(6). 2 - Pontos de controle sobre as cartas “georreferenciadas” - *layer* “**vertice**”

- Serão digitalizados no *layer* “**vertice**” apenas quatro pontos de controle, nos quatro cruzamentos de linhas de coordenadas UTM mais externas da carta (conforme as figuras I.11 e I.12).

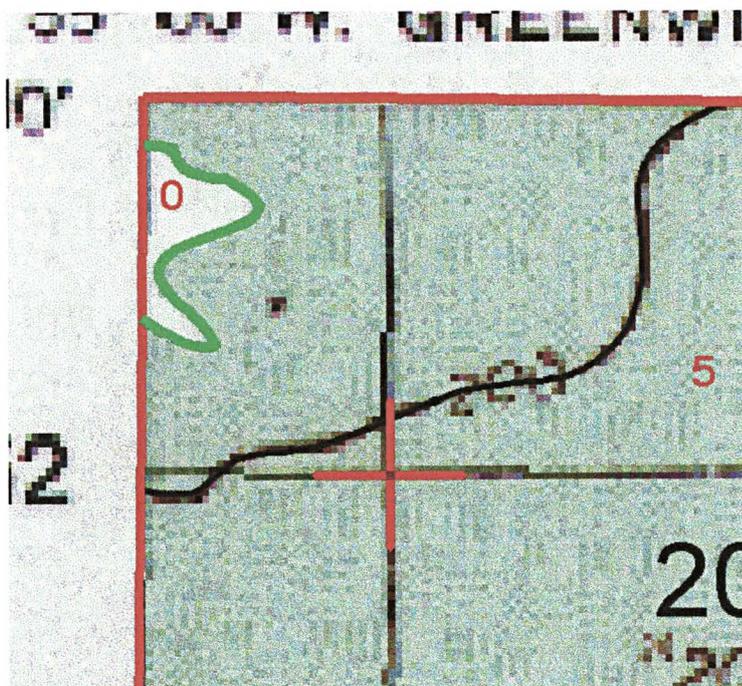


Figura I.12 : Exemplo de posição do ponto de controle.

- O ponto será representado por uma pequena cruz desenhada com dois arcos retos (ver Figura I.12).
- Deve-se ainda fazer um pequeno arquivo (por questão de dimensão, pode ser no formato *.TXT*, salvo com o mesmo *path* da imagem) com a relação de correspondência entre o número do ponto e sua coordenada geográfica. Estas coordenadas serão úteis posteriormente para a georreferenciação em ambiente *Arc® Info®* (Esri, 1997a).

NOTA (7) - Bordas da carta - *layer* “contorno”

- Deve-se fazer um *layer* chamado “contorno” contendo as quatro linhas de borda da carta (Figura I.13). O nome adotado é propositadamente diferente de *borda*, estas linhas tem apenas o objetivo de apoio gráfico, delimitando a área de desenho. Por questão de precisão, as bordas que serão utilizadas pelo *Arc® Info®* (Esri, 1997a) para a criação dos polígonos serão criadas dentro do seu próprio ambiente, com as coordenadas reais de terreno dos vértices

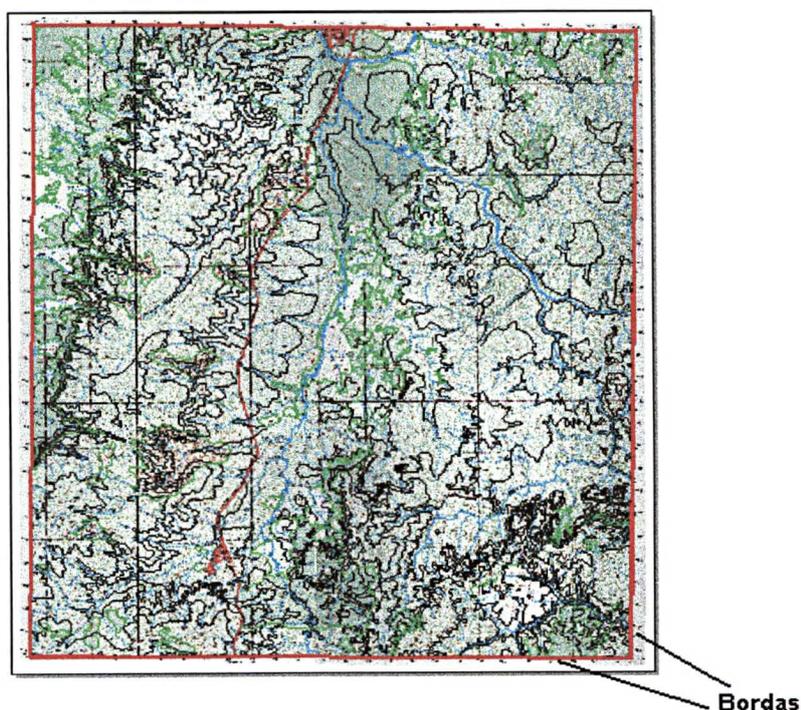


Figura I.13 : As bordas da carta, que deverão fazer parte do *layer* **contorno**.

Esta borda também é útil para a exportação de *layers* isolados do *FreeHand®* (Macromedia, 1995 e 1997) sem a perda do sistema de referimento entre os *layers*.

- Todas as linha que chegam até este contorno devem ultrapassá-lo em cerca de 3 mm. Isto facilitará a correção dos erros em *Arc® Info* (Esri, 1997a).

NOTA (8) - Divisa de País - *layer* "divisa"

- No caso de existir uma divisa de país na carta a ser digitalizada (como na Figura I.14), deve-se acrescentar o arco representativo de tal feição num *layer* próprio chamado "divisa".

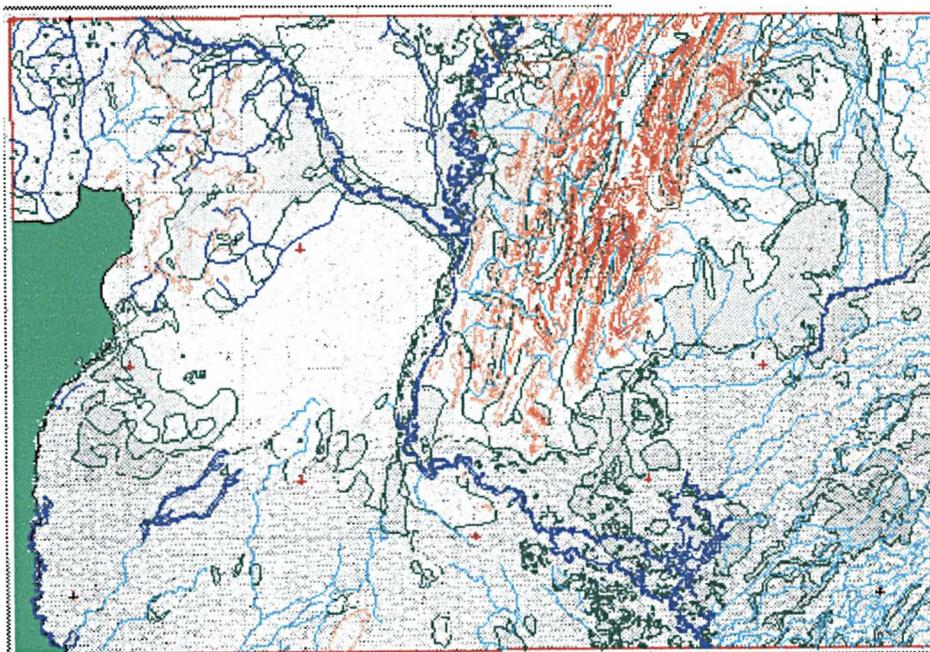


Figura I.14 : Exemplo de situação onde é necessário inserir-se o *layer* divisa, a área em verde representa a Bolívia (trata-se de uma redução da carta Cáceres).

- Em *Arc® Info®* (Esri, 1997a) a borda com as coordenadas reais poderá ser feita na *coverage* originada à partir deste *layer*.

III. EXPORTAÇÃO DO FORMATO *.FH7* PARA *.DXF*

Esta etapa envolve tarefas distintas, a primeira é a criação do arquivo *.DXF* à partir do arquivo *.FH8* (ou *.FH?*). A segunda trata da criação de um arquivo *.DXF* para cada *layer* criado durante a digitalização em *FreeHand*[®] (Macromedia, 1995 e 1997).

O resultado final é que para cada *layer FreeHand*[®] (Macromedia, 1995 e 1997) será obtida uma *coverage Arc*[®] *Info*[®] (Esri, 1997a).

Como será explicado, o processo de conversão pode ser automatizado com o uso de "Macros", por isso a importância de se respeitar os nomes dados aos *layers* Durante o processo de digitalização.

OBTENÇÃO DO FORMATO *.DXF*

O arquivo formato *.FH?* é primeiramente exportado, dentro do *FreeHand*[®] (Macromedia, 1995 e 1997), para o formato *.AI* (*Adobe*[®] *Illustrator*[®] 5. x). Neste passo é importante haver atenção às opções de exportação, disponíveis no menu "file", "output options", se as opções forem as mesmas as da Figura I. 15, todos os *layers* a serem exportados devem estar visíveis. Nesta etapa ainda os níveis que não necessitam ser exportados, como por exemplo o *background*, podem ser excluídos (ou simplesmente "desligados"). Não se deve excluir o *layer* "contorno", o qual pode ser útil à re-exportações de *layers* isolados.

O arquivo *.AI* obtido neste processo é importado para dentro do *Corel*[®] *Draw*[®] 7.0 (Corel, 1996, é importante ser a versão 7.0 à fazer esta conversão, foram encontrados problemas utilizando-se a versão 6.0). Dentro da caixa de diálogo de importação, o *Corel*[®] *Draw*[®] reconhece o formato *.AI* automaticamente como *Adobe*[®] *Illustrator*[®], deve-se verificar dentro das opções de importação que o "flag" "manter os *layers*" esteja ativo. Pode-se abrir diretamente o arquivo *.AI* com o *Corel*[®] *Draw*[®], mas assim não se controla o tipo de importação que é feita.

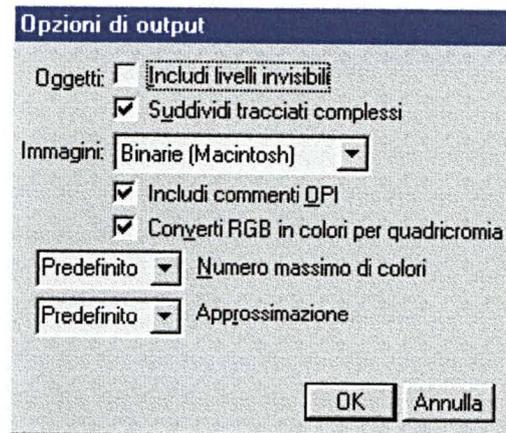


Figura I.15 : As opções de exportação (e impressão) do *FreeHand*[®] estão disponíveis à partir do menu **file, output options**.

Dentro do *Corel*[®] *Draw*[®] (Corel, 1996), antes da importação, deve-se configurar o tamanho da página, (normalmente tamanho A1, para uma carta 1:250.000), isto é importante para o sistema de referimento interno do arquivo. A estrutura de *layers* obtidos é mostrada na Figura I.16, nesta é interessante observar que o processo de conversão cria novos *layers*.

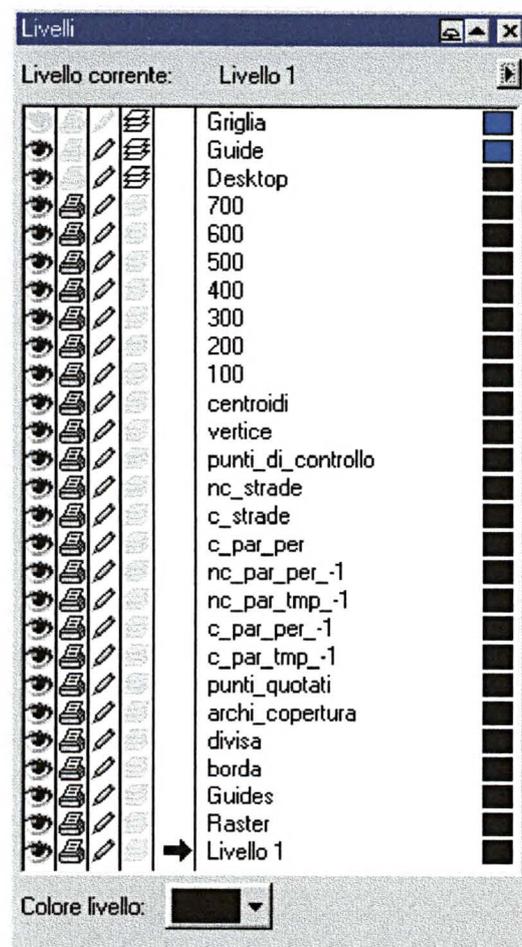


Figura I.16 : a estrutura de *layers* dentro do *Corel*[®] *Draw*[®], obtidos à partir do arquivo *FreeHand*[®].

Feito isto, seleciona-se e desagrupam-se todos os objetos. É aconselhável fazer a seleção dos objetos pelo menu "edit" (*select all*) e verificar se todos os objetos foram desagrupados. Pode-se salvar este arquivo com o formato **.CDR**, isto pode ser útil para uma correção *a posteriori*, porém não é obrigatório. Neste ponto, podem ser deletados *layers* "indesejados" (menu *Layout* - opção *Layer Manager*), por exemplo, na Figura I.16, o *layer* "Livello 1" foi criado pelo processo de conversão e pode ser deletado.

Após isto, dentro do *Corel® Draw®* (Corel, 1996), este arquivo é exportado para o formato **.DXF** (menu *file*, opção *export*).

Este arquivo **.DXF**, que porém tem um formato interno genérico, é importado para dentro do *AutoDesk® AutoCAD®* (Autodesk, 1997) e então re-exportado como **.DXF**, assim cria-se um arquivo com formato **.DXF AutoDesk®**(padrão), pois foram observadas diferenças entre os formatos dos arquivos **.DXF** criados, gerando, por vezes, problemas de importação no *Arc® Info* (Esri, 1997a).

É importante observar que neste ponto todos os *layers* ainda encontram-se agrupados em um único arquivo. A Figura I.17 mostra os *layers* DXF obtidos no processo de conversão.

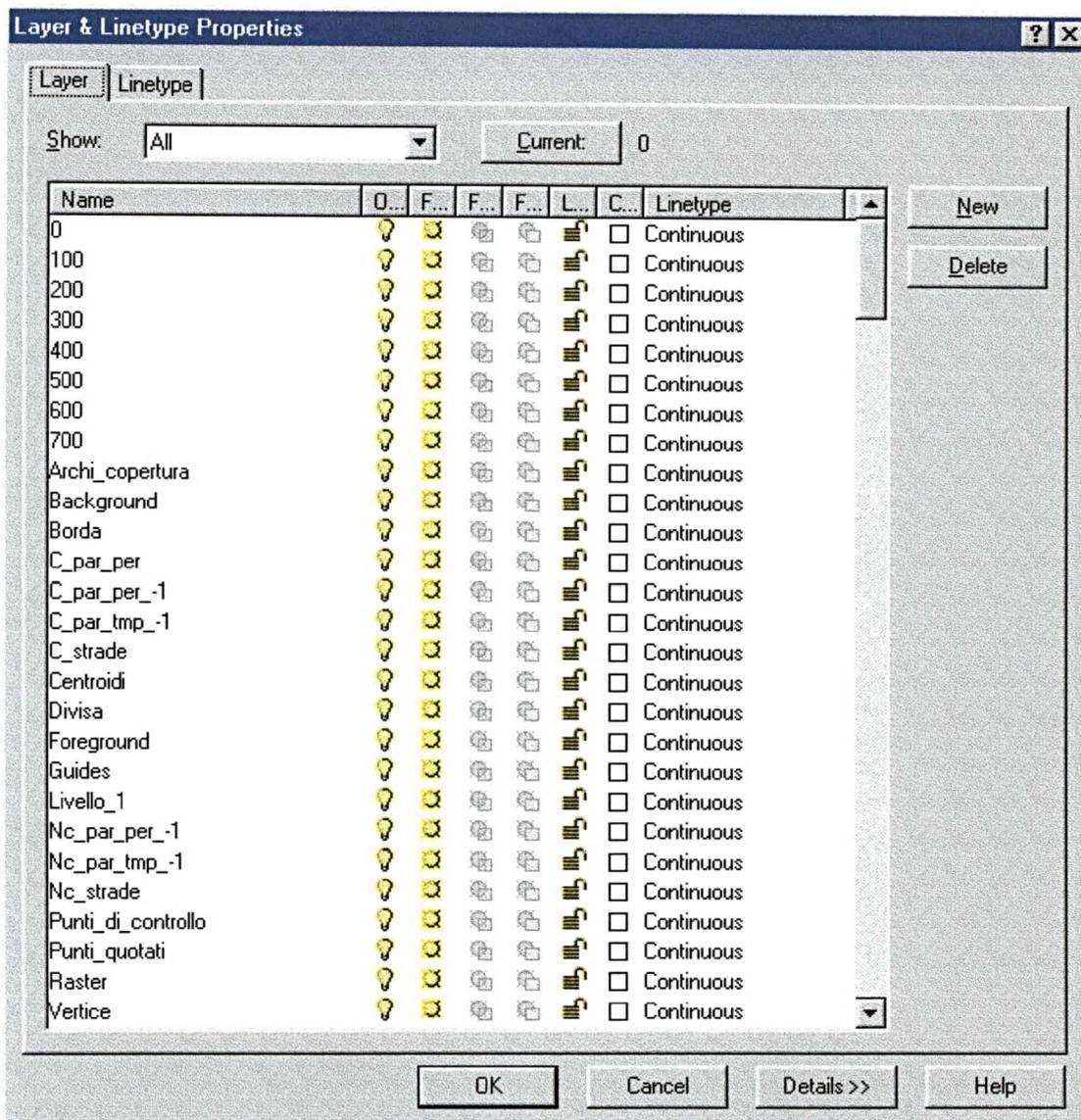


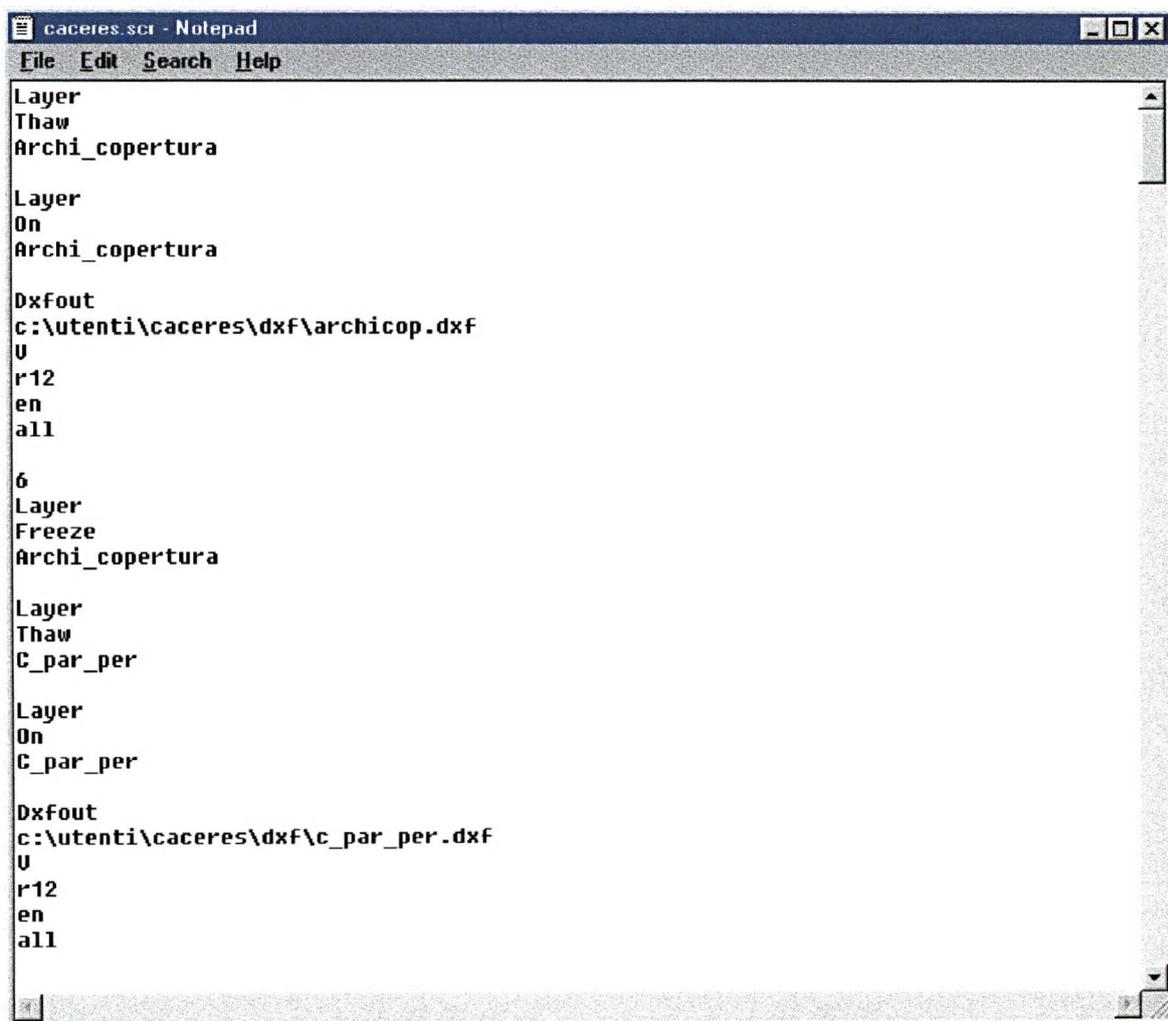
Figura I.17 : a estrutura de *layers* do arquivo *DXF*, obtidos à partir do arquivo *FH?*.

O exemplo apresentado possui apenas rios da Bacia do Rio Paraguai e curvas de nível de 100 a 700m de cota. Todos o *layers* criados durante o processo de conversão estão presentes, é importante observar que o *layer* 0 (zero) é criado pelo próprio *AutoCad*[®] e ser ao seu sistema interno de referência, assim em digitalizações em que ocorra a cota zero, deve-se escrever o nome do *layer* por extenso. Da mesma forma, nesta figura, os *layers* "Background", "Foreground", "Livello_1" foram criados pelo processo de conversão do arquivo e não são necessários. Os *layers* "borda" e "raster" que aqui aparecem também, não devem ser exportados (foram mantidos apenas por questão gráfica).

OBTENÇÃO DE UM ARQUIVO .DXF PARA CADA LAYER.

Com o arquivo .DXF obtido no passo anterior pode-se obter um arquivo .DXF para cada *layer*, originalmente criado em *FreeHand*[®].

Para tanto pode-se utilizar arquivos tipo *batch* criados em um editor de texto comum (formato ASC II), seguindo as sintaxes de comando do *AutoLisp* do *AutoCAD*[®] (veja exemplo na Figura I.18 - que se refere à versão 14 em inglês, podem ser diferentes para versões diferentes).



```

caceres.scr - Notepad
File Edit Search Help
Layer
Thaw
Archi_copertura

Layer
On
Archi_copertura

Dxfout
c:\utenti\caceres\dx\archicop.dxf
U
r12
en
all

6
Layer
Freeze
Archi_copertura

Layer
Thaw
C_par_per

Layer
On
C_par_per

Dxfout
c:\utenti\caceres\dx\c_par_per.dxf
U
r12
en
all

```

Figura I.18 : Exemplo de arquivo *script* com a sintaxe de comandos em *AutoLisp* (*AutoCad* v. 14 - inglês), observar que trata-se de um arquivo texto (formato tipo .TXT) com extensão .scr .

Os passos automatizados neste processo envolvem, em termos gerais, desligar (*off*) e congelar (*freeze*) todos os *layers* do arquivo .DXF original (Figura I.19). O *layer* que deve

ser exportado é ligado (*on*) e descongelado (*thaw*), então através do menu *file* opção *export* exporta-se para um novo arquivo .DXF que será nomeado com o mesmo nome do *layer* de origem. Deve-se estar atento para que a opção de exportação *Selected Objects* esteja ativa (verifica-se à partir do botão *options* da caixa de diálogo de exportação - Figura I.20).

Após a geração do primeiro arquivo, o *layer* que o originou é desligado (*off*) e congelado (*freeze*), o *layer* seguinte é ligado (*on*) e descongelado (*thaw*), repete-se a exportação e assim por diante até que para cada *layer* esteja criado um arquivo .DXF diferente.

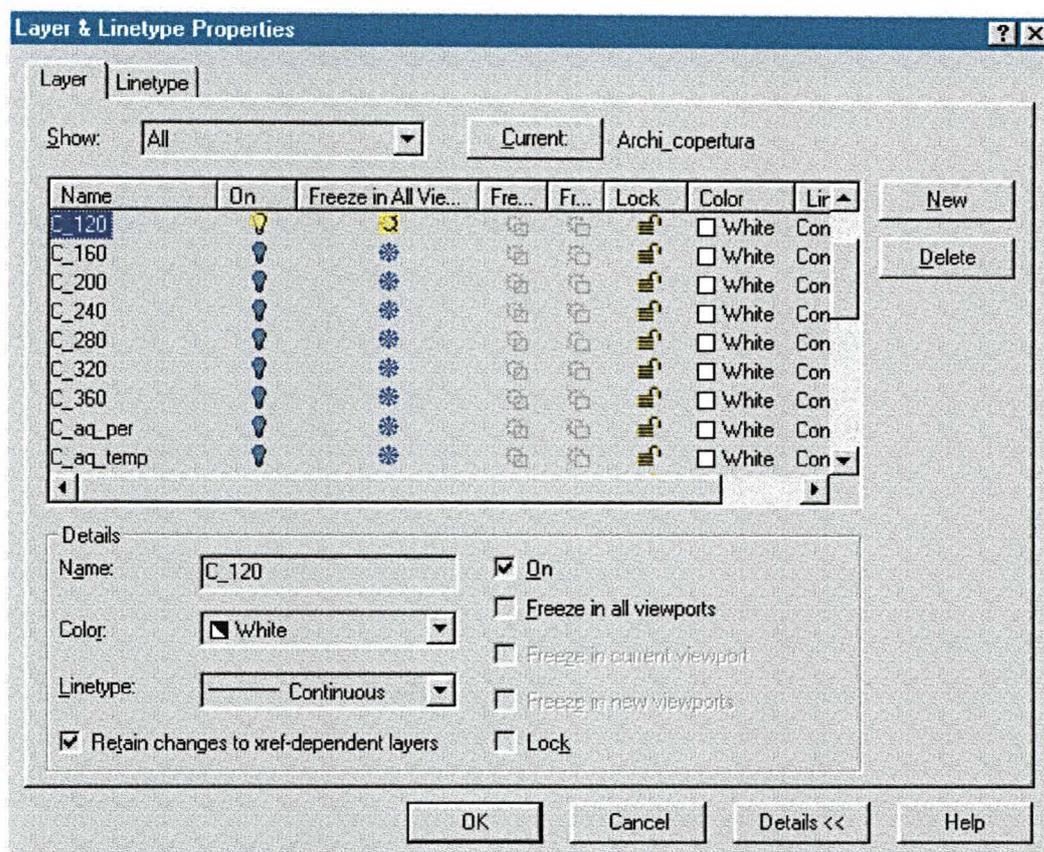


Figura I.19 : Caixa de diálogo de controle dos *layers* no AutoCad®. Um clique sobre a lâmpada que aparece no campo "On" liga o *layer*. A simbologia de neve o sol no campo "Freeze in All Viewports" indica se o *layer* está congelado ou não.

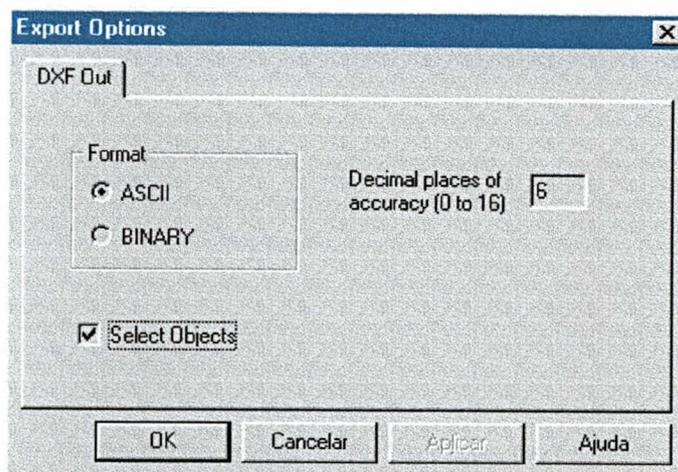


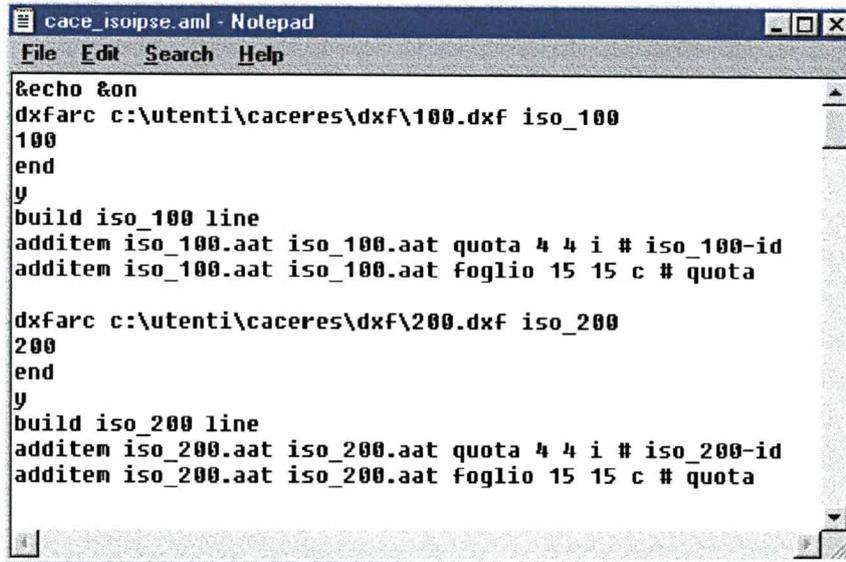
Figura I.20 : Caixa de diálogo da exportação de *layers* no *AutoCad*.

IV. IMPORTAÇÃO PARA O AMBIENTE ARC INFO

O processo de conversão dos files .DXF criados no passo anterior em *coverages Arc Info*[®] também pode ser automatizado com macros, neste caso o arquivo é do tipo .AML, também formato texto (tipo .TXT) com extensão .AML.

Neste trabalho, para este fim, foram usados dois arquivos .AML diferentes, um para a criação das *coverages* com as curvas de nível, e outro para a *coverage* dos demais arcos.

A macro para a curvas de nível, por sua vez, possui três séries de comandos. Os primeiros (Figura I.21) convertem cada um dos arquivos .DXF em uma *coverage Arc Info*[®] e adicionam dois "*items*", "*quota*" e "*foglio*", que permitirão identificar a cota altimétrica e a folha topográfica de origem dos dados.



```

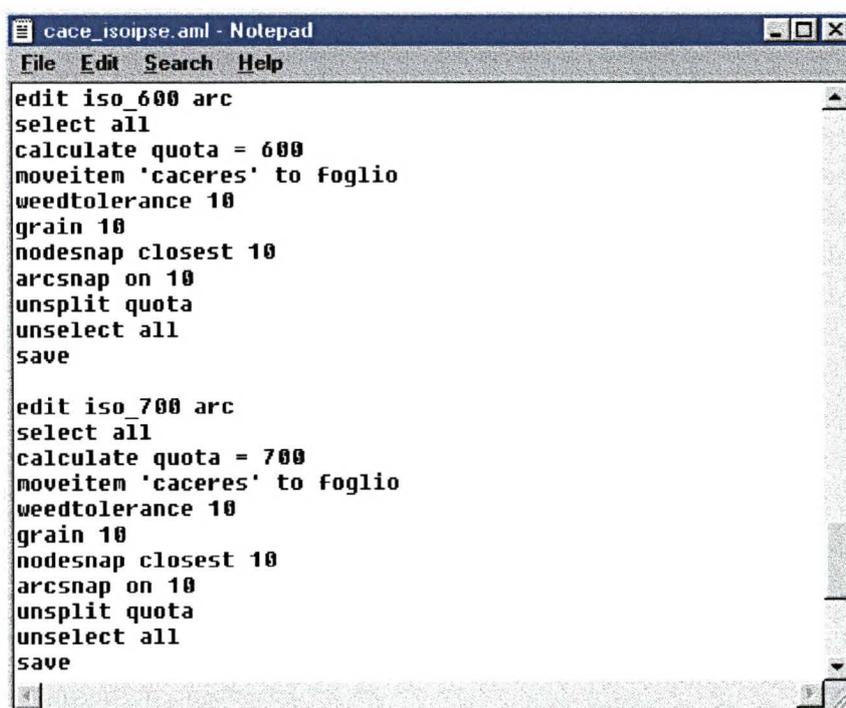
cace_isoipse.aml - Notepad
File Edit Search Help
&echo &on
dxfarc c:\utenti\caceres\dx\F\100.dxf iso_100
100
end
y
build iso_100 line
additem iso_100.aat iso_100.aat quota 4 4 i # iso_100-id
additem iso_100.aat iso_100.aat foglio 15 15 c # quota

dxfarc c:\utenti\caceres\dx\F\200.dxf iso_200
200
end
y
build iso_200 line
additem iso_200.aat iso_200.aat quota 4 4 i # iso_200-id
additem iso_200.aat iso_200.aat foglio 15 15 c # quota

```

Figura I.21 : macro com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que importam os arquivos .DXF e criam as *coverages* com as curvas de nível e adicionam os respectivos "items".

Num segundo momento os valores de cota altimétrica (em "quota") e folha topográfica à partir da qual foram digitalizadas (*item* "foglio"), são atualizados na tabela do banco de dados correspondente (Figura I.22).



```

cace_isoipse.aml - Notepad
File Edit Search Help
edit iso_600 arc
select all
calculate quota = 600
moveitem 'caceres' to foglio
weedtolerance 10
grain 10
nodesnap closest 10
arcsnap on 10
unsplit quota
unselect all
save

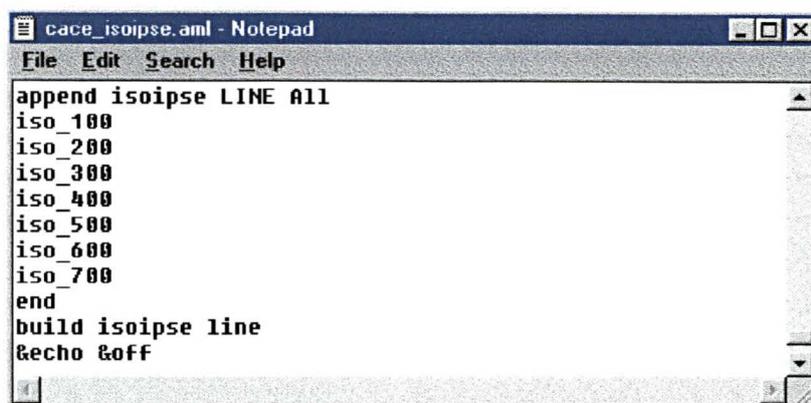
edit iso_700 arc
select all
calculate quota = 700
moveitem 'caceres' to foglio
weedtolerance 10
grain 10
nodesnap closest 10
arcsnap on 10
unsplit quota
unselect all
save

```

Figura I.22 : parte da *macro* com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que adiciona os valores de "*item*" para "quota" e "foglio".

Por fim as *coverages* de cada cota são reunidas em única, assim o produto final desta macro é uma *coverage* com todas as curvas de nível (neste caso chamada de "isoipse" -

Figura I.23), as quais, dentro do ambiente SIG, podem ser identificadas pelo seu valor de cota ou à carta à partir da qual forma digitalizadas.



```

cace_isoipse.aml - Notepad
File Edit Search Help
append isoipse LINE All
iso_100
iso_200
iso_300
iso_400
iso_500
iso_600
iso_700
end
build isoipse line
&echo &off
  
```

Figura I.23 : parte da *macro* com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que une as *coverages* com as curvas de nível numa única (comando "append").

Outra *macro* envolve a criação de uma *coverage* que contém todos os arcos representativos da digitalização, da qual se poderá obter a hidrografia, a rede viária e o tipo de cobertura dos solos (dados de 1966).

Esta também possui três conjuntos de comandos. Como na *macro* das curvas de nível, primeiros comandos convertem cada um dos arquivos .DXF em uma *coverage Arc Info*[®] equivalente, que porém adicionam seis "*items*" (Figura I.24) :

"layrorigine" - layer de origem do dado.

"codice" - código do tipo de cobertura do solo (de acordo com a tabela I.7).

"confine" - se representa ou não "borda" de polígono.

"bacino" - bacia hidrográfica a que pertence (de acordo com a tabela I.5).

"foglio" - folha topográfica de origem do dado.

"verso" - no caso de rio, a direção.

```

cace_architot.aml - Notepad
File Edit Search Help
dxfcarc c:\utenti\caceres\dxfc\c_par_per.dxf c_par_per
C_par_per
end
y
build c_par_per line
additem c_par_per.aat c_par_per.aat layerorigine 25 25 c # #
additem c_par_per.aat c_par_per.aat codice 2 2 c # #
additem c_par_per.aat c_par_per.aat confine 1 1 i # #
additem c_par_per.aat c_par_per.aat bacino 3 3 c # #
additem c_par_per.aat c_par_per.aat foglio 15 15 c # #
additem c_par_per.aat c_par_per.aat verso 1 1 i # #

dxfcarc c:\utenti\caceres\dxfc\c_par_per_-1.dxf c_par_per_-1
C_par_per_-1
end
y
build c_par_per_-1 line
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat layerorigine 25 25 c # #
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat codice 2 2 c # #
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat confine 1 1 i # #
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat bacino 3 3 c # #
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat foglio 15 15 c # #
additem c_par_per_-1.aat c_par_per_-1.aat verso 1 1 i # #

```

Figura I.24 : macro com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que importam os arquivos .DXF e criam as *coverages* com o uso do solo e adicionam os respectivos "items".

O segundo conjunto de comando adiciona os valores dos "items" descritos acima, na tabela do banco de dados correspondente (Figura I.25).

```

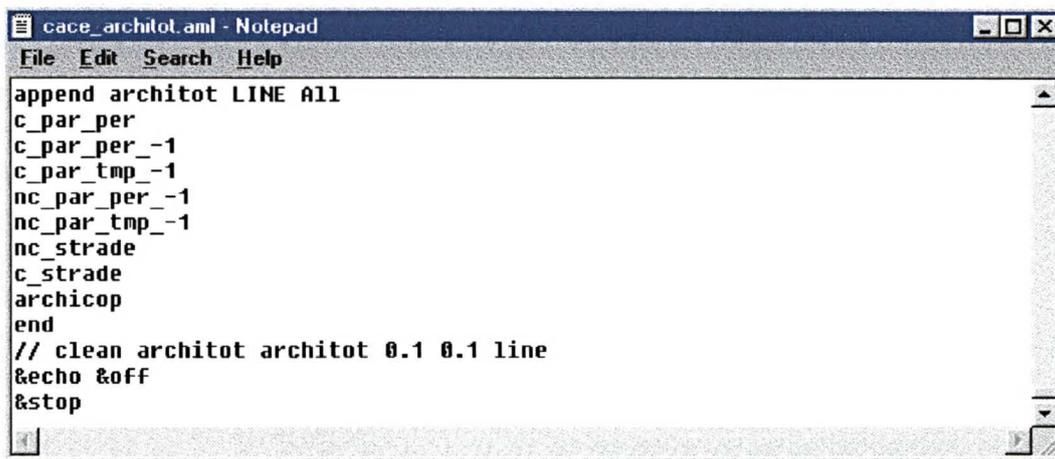
cace_architot.aml - Notepad
File Edit Search Help
edit c_par_per arc
select all
moveitem 'ap' to codice
calculate confine = 1
moveitem 'par' to bacino
moveitem 'caceres' to foglio
calculate verso = 1
weedtolerance 10
grain 10
nodesnap closest 10
arcsnap on 10
unsplit confine
unselect all
save

edit c_par_per_-1 arc
select all
moveitem 'f' to codice
calculate confine = 1
moveitem 'par' to bacino
moveitem 'caceres' to foglio
calculate verso = 1
weedtolerance 10
grain 10
nodesnap closest 10
arcsnap on 10
unsplit confine
unselect all
save

```

Figura I.25 : trecho da macro com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que adicionam os valores aos respectivos "items".

O último conjunto de comandos une todas as coverages envolvidas nesta etapa em uma única, que conterà todos os arcos representativos do tipo de cobertura dos solos da década de 60 (chamada "Architot" - Figura I.26).



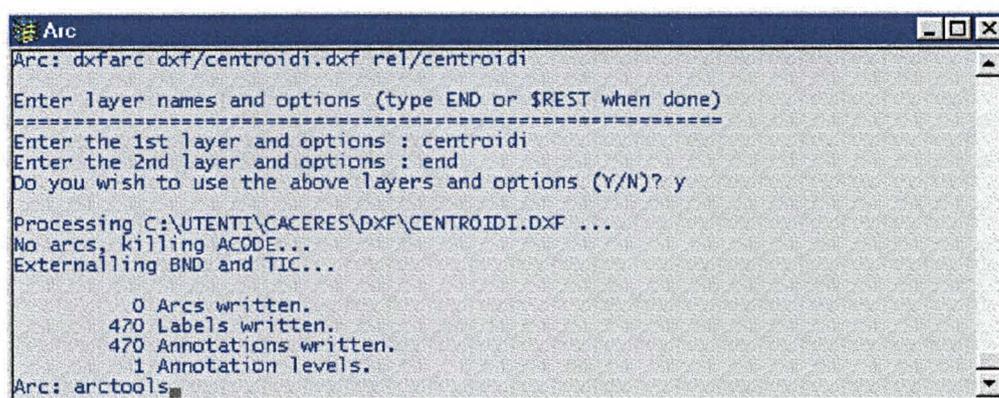
```

cace_architot.aml - Notepad
File Edit Search Help
append architot LINE ALL
c_par_per
c_par_per_-1
c_par_tmp_-1
nc_par_per_-1
nc_par_tmp_-1
nc_strade
c_strade
archicop
end
// clean architot architot 0.1 0.1 line
&echo &off
&stop
  
```

Figura I.26 : parte da *macro* com a sintaxe dos comandos *Arc Info*[®] que une as *coverages* com os arcos de tipo de cobertura dos solos de 1960 em uma única (comando "*append*").

Os dois *layers* não importados neste processo automatizado pelas macros, são "Punti_quotati" e "Centroidi", que devem ser convertidos manualmente, com possibilidade de fazê-lo em duas formas :

A primeira através do "*prompt*" de comandos de *arc* (Figura I.27). A segunda através do módulos de importação de *Arc Tools* (em *command tools* - Figura I.28). Os nomes "Punti_quotati" e "Centroidi" são mantidos para as *coverages*.



```

Arc
Arc: dxffarc dxf/centroidi.dxf rel/centroidi
Enter layer names and options (type END or $REST when done)
-----
Enter the 1st layer and options : centroidi
Enter the 2nd layer and options : end
Do you wish to use the above layers and options (Y/N)? y
Processing C:\UTENTI\CACERES\DXF\CENTROIDI.DXF ...
No arcs, killing ACODE...
Externalling BND and TIC...
    0 Arcs written.
    470 Labels written.
    470 Annotations written.
    1 Annotation levels.
Arc: arctools
  
```

Figura I.27 : janela de *Arc* com a sintaxe de dos comandos dados através do "*prompt*" para a importação dos centróides.

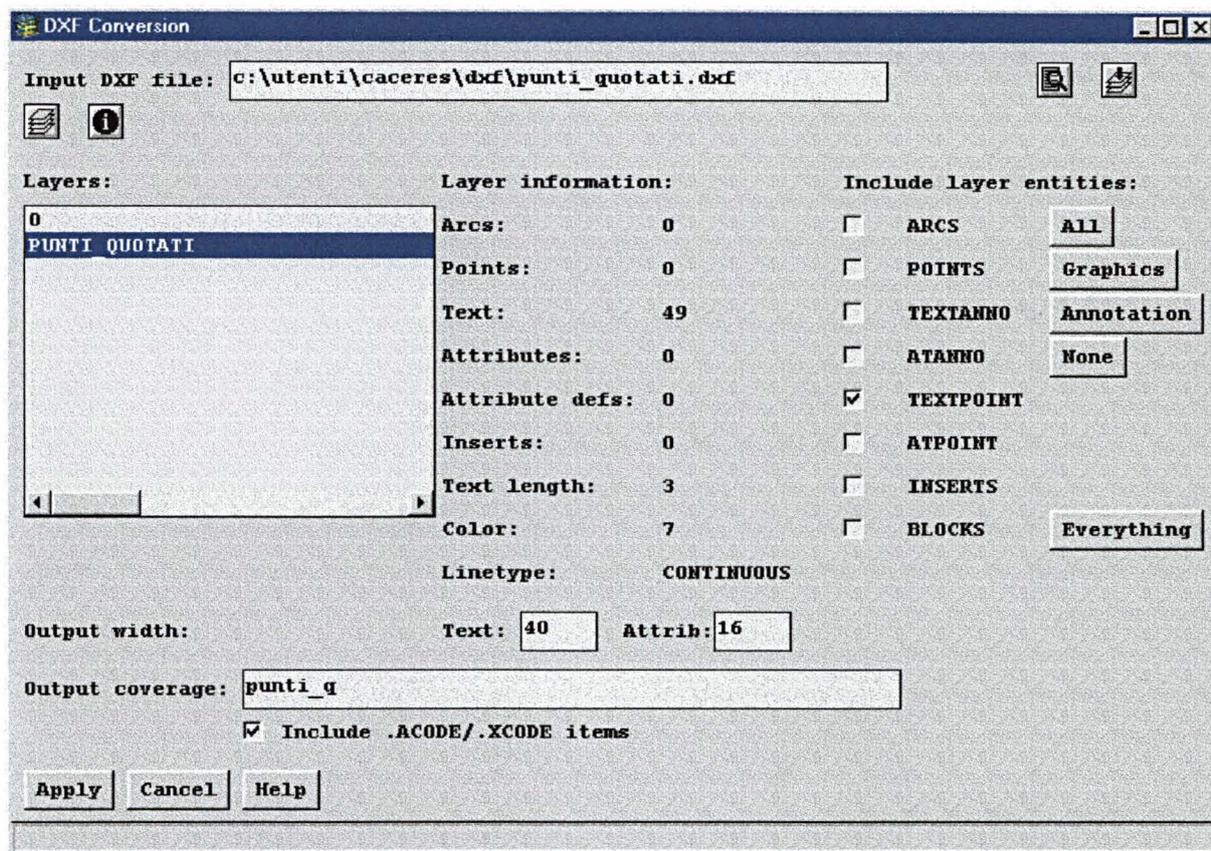


Figura I.28 : caixa de diálogo para a transformação dos arquivos .DXF em *coverages Arc Info*® (neste caso, pontos cotados).

IV. 1. COVERAGES OBTIDAS NESTA ETAPA

Ao final destes passos são obtidas as seguintes *coverages* :

architot (todos os arcos de cobertura dos solos, hidrografia e rede viária).

Isoipse (curvas de nível)

Centroidi (os centróides)

Punti_quotati (pontos cotados)

Estas porém ainda não estão corrigidas e georreferenciadas, o que é feito na etapa seguinte.

V. CORREÇÃO E CRIAÇÃO DAS COVERAGES FINAIS

Nesta etapa, que aparece esquematizada na Figura I.29 , que mostra todo o processo de conversão, são criadas as *coverages* finais, envolvendo cinco passos específicos :

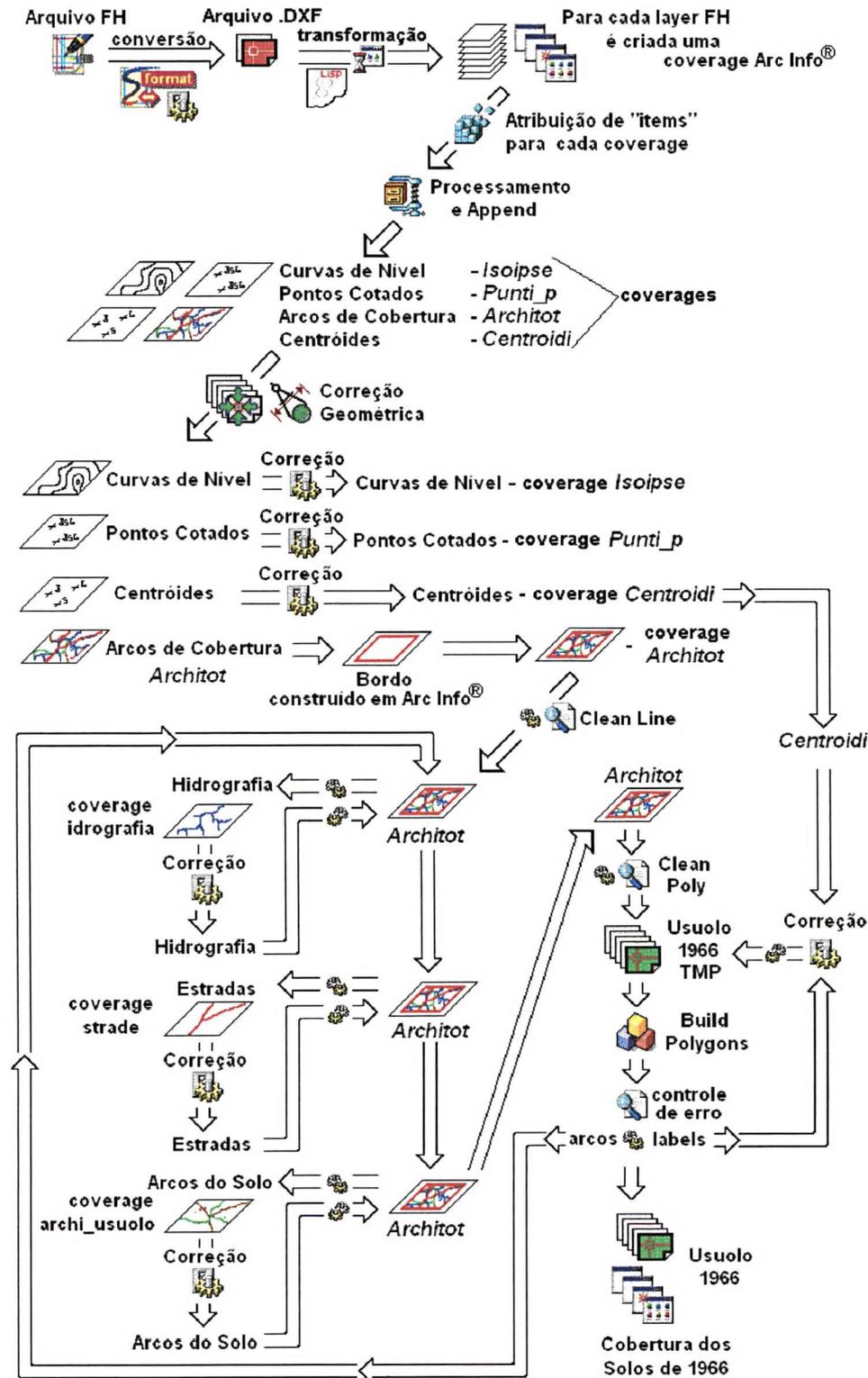


Figura I.29 : esquema de transformação dos arquivos *FreeHand*® em *coverages* *Arc Info*®.

PRIMEIRO PASSO - georreferenciação

É feita a georreferenciação das *coverages* obtidas na etapa anterior, segundo a Projeção UTM, fuso 21. a georreferenciação em ambiente *Arc Info*® envolve duas etapas, numa são atribuídos os valores de coordenadas de terreno ao sistemas de deferimento da *coverage* e noutra é definido o sistema de projeção.

SEGUNDO PASSO - criação das *coverages* referentes à topografia

A *coverage* que contém todas as curvas de nível ("isoipse") é corrigida (topoiogica e gráficamente) de eventuais erros de digitalização. Os "items" que devem ser contidos na tabela relacionada são descritos abaixo (Tabela I.2)

Nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valor do Item
Quota	Int	4	4	Cota altimetrica	...
Foglio	Char	15	15	Nome da Carta Topográfica	...

Tabela I.2 : Conteúdo da tabela isoipse.AAT (*arc attribute table*).

A *coverage* dos pontos cotados ("punti_q") também é controlada, neste caso poder ser útil colocar a imagem *raster* como "fundo" para verificação. Para tanto a imagem TIF deve ser convertida em um "grid" que deve ser georreferenciado. As características da tabela de punti_p.PAT são descritas na Tabela I.3, abaixo :

Nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valor do Item
Quota	Int	4	4	Cota altimetrica	...
Foglio	Char	15	15	Nome da Carta Topográfica	...

Tabela I.3 : Conteúdo da tabela punti_p.PAT (*point attribute table*).

TERCEIRO PASSO - criação da borda em "architot"

Para a *coverage* "architot", que contém todos os arcos, é importada a borda da área, à partir da *coverage* que a contém ("bordo"), desenhada com os valores de coordenadas de terreno dos vértices, a qual é chamada "bordo" e que deve ter os "items" descritos na Tabela I.4, abaixo.

No caso de haver uma divisa internacional, o arco representativo desta é colocado em "bordo".(os atributos de "items" para este novo arco são os mesmos de "bordo").

Nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valor do Item
foglio	Char	15	15	Nome da Carta Topográfica	...
codice	Int	2	2	Tipologia de arco	b = borda

Tabela I.4 : Conteúdo da tabela bordo.AAT (*arc attribute table*).

Os "items" para architot.AAT (e .PAT) estão descritos no sétimo passo.

QUARTO PASSO - criação da coverage "hidrografia"

Este passo envolve a extração dos elementos hidrográficos, à partir da *coverage* "architot" e criação da *coverage* "idrografia" a qual contém os arcos representativos da hidrografia.

Primeiramente esta *coverage* é corrigida (topologica e graficamente). O sentido das drenagens também é verificado neste passo (este será um fator muito importante para a geração de um modelo digital do terreno). Os "items" desta *coverage* são descritos abaixo(Tabela I.5) :

Nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valor do Item
Layorigine	Char	25	25	Nome do <i>layer</i> de origem (AutoCad® or Freehand®)	...
Codice	Char	2	2	Tipologia do Arco	f = rio ft = rio temporário ap = arco de rio > 1mm perene at = arco rio > 1mm temporário b = borda
Confine	Int	1	1	Flag de borda de polígono de cobertura do solo	0 = não 1 = sim
Bacino	Char	3	3	Nome da bacia hidrográfica	Amu = Amungujà Apa = Apa Aqd= Aquidabà Aqu = Aquidauana Bra = Branco Cac = Cachoeirão Cer= Ceroula Char = Characol Cox = Coxim Des = Desbarrancado Fei = Feioso For = Formoso Irm = Dois Irmãos Jau = Jauru Mir = Miranda Nab = Nabileque Neg = Rio Negro Nio = Nioaque Pan = Pantanal Nord Par = Paraguay Pas = Pantanal Sud Per = Perdido Piq = Piquiri Pir = Piripucu Pro = Progesso Riv = Rio Verde Sal = Salobra San = Sango Tab = Tabaco Taq = Rio Taquari Ter = Tererê Tqu = Taquaruçu Tqz = Taquarizinho
Foglio	Char	15	15	Nome da Carta Topográfica	...
Verso	Int	1	1	Flag de direção de fluxo	0 = desconhecida 1 = conhecida

Tabela I.5 : Conteúdo da tabela hidrografia.AAT (*arc attribute table*).

Depois de corrigidos, os arcos da hidrografia são então substituídos em "architot", para sua atualização.

QUINTO PASSO - criação da *coverage* "estradas"

É feita a extração dos elementos da rede viária da *coverage* "architot" e criação de "strade" a qual contém os arcos representativos das principais estradas.

Primeiramente esta *coverage* é corrigida (topologica e graficamente). Os arcos corrigidos são então substituídos em "architot", para sua atualização. O Conteúdo de "strade.AAT" é descrito na Tabela I.6.

Nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valor do Item
Layerorigine	Char	25	25	Nome do <i>layer</i> de origem (<i>AutoCad</i> [®] ou <i>Freehand</i> [®])	...
Codice	Char	2	2	Tipologia do Arco	<i>s = estradas</i>
Confine	Int	1	1	Flag de borda de poligono de cobertura do solo	<i>0 = não</i> <i>1 = sim</i>
Foglio	Char	15	15	Nome da Carta Topográfica	...

Tabela I.6 : Conteúdo da tabela "strade.AAT" (*arc attribute table*).

SEXTO PASSO - criação da *coverage* com os arcos do tipo de cobertura dos solos

A *coverage* "architot" possui todos os arcos de tipo de cobertura do solo, neste passo já possui a hidrografia e sistema viário corrigidos (quarto e quinto passos), assim os demais arcos são corrigidos (topologica e graficamente). A interação de todos os tipos de arcos nesta *coverage* permite uma correção mais acurada dos arcos que formarão os futuros polígonos representativos do tipo de cobertura do solo da década de 1960.

SÉTIMO PASSO - criação da *coverage* poligonal do tipo de cobertura dos solos

Se não corrigida ainda, neste passo pode ser corrigida a *coverage* dos centróides. Então se verifica a posição dos centróides em relação aos "polígonos" (ainda como arcos) criados no passo anterior.

É criada a topologia de polígonos (comando *clean poly*) que é salva com o nome de "usuolo1966tmp" (uso do solo de 1966 temporário - isto para facilitar o controle e correção).

A tabela de atributos (arquivo .PAT - *polygon attribute table*) de "usuolo1966tmp" é atualizada adicionado-se os seguintes "items" (deve ser mantida a ordem de "empilhamento" - Tabela I.7) :

nome do Item	tipo	Length	Print Length	Descrição do Item	Valores possíveis ao Item
Layerorigine	Char	25	25	Nome do layer de origem (AutoCad® ou FreeHand®)	Codici_fh_usuolo1966 Codici_cad_usuolo1966 Codici ArcView Codici ArcInfo
Codice1966	Int	2	2	Tipo de cobertura do solo de 1966	0 = não classificado 1 = superfície deformada 2 = areia 3 = erva tropical 4 = cerrado, macega agreste 5 = floresta, mata e bosque 6 = plantação 7 = pomar 8 = vinhedo 9 = mangue 10 = salina 11 = arrozal terreno seco 12 = arrozal terreno úmido 13 = padrão urbano 14 = rio perene (largura maior que 1 mm sobre a carta topográfica - a bacia hidrográfica é colocada no item "bacino") 15 = rio temporário (largura maior que 1 mm sobre a carta topográfica - a bacia hidrográfica é colocada no item "bacino") 16 = meandro abandonado perene (a bacia hidrográfica é colocada no item "bacino") 17 = meandro abandonado temporário 18 = lagoa perene 19 = lagoa temporária
Roccia	Int	1	1	flag afloramento rochoso	0=não 1=sim
Coltura	Int	1	1	flag para áreas cultivadas	0=não 1=sim
Inondabile	Int	1	1	flag para áreas inundáveis	0 = não 1 = sim
Brejo	Int	1	1	flag para brejo	0 = não 1 = sim
Bacino	Char	3	3	Bacia Hidrográfica	Apa = Apa Aqd= Aquidabà Aqu = Aquidauana Bra = Branco Cac = Cachoeiãò Char = Characol Cox = Coxim Fei = Feioso Im = Dois Irmãos Mir = Miranda Nio = Nioaque Par = Paraguay Pas = Pantanal Sud Piq = Piquiri Pir = Piripucu Riv = Rio Verde San = Sango Tab = Tabaco Taq = Rio Taquari Ter = Tererè Conforme a tabela I.5.
Foglio	Char	15	15	Nome da Folha Topográfica de origem do dado	...

Tabela I.7 : lista dos "items" dos centróides e suas características.

Depois que os centróides estiverem na posição correta, são transferidos para a *coverage* "usuolo1966tmp" (comando *get from coverage*) e a topologia poligonal é atualizada.

Os eventuais erros são corrigidos e esta *coverage* é salva com o nome "usuolo1966" (uso do solo de 1966).

Os arcos de "usuolo1966" que tem atributo 1 no *item* "confine" são atualizados na *coverage* "architot".

Os "labels" de "usuolo1966" devem ser salvos como a *coverage* "centroidi".

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim são obtidas as seguintes *coverages* georreferenciadas (e banco de dados associado) :

"isoipse" - curvas de nível

"punti_q" - pontos cotados

"idrografia" - hidrografia

"strade" - rede viária principal de 1966

"usuolo1966" - cobertura do solo de 1966

Manter-se a nomenclatura dos processos e de todos arquivos criados durante todo o trabalho de elaboração dos bancos de dados e análise destes é essencial. Isto permite que os bancos de dados possam ser trabalhados por diferentes pessoas em qualquer uma das etapas da análise multitemporal.

Uma das vantagens desta proposta é que este método pode ser, em parte, ou totalmente adaptada a outros caso de estudo. Além disto os *softwares* aqui utilizados podem ser substituídos por outros. Por exemplo, a base de mapas poderia ter sido vetorializada com outros *softwares* gráficos (raster ou vetoriais, como por exemplo o *Corel® Draw®*, o *AutoDesk® AutoCad®*, ou o *Adobe® Illustrator®*), disponíveis no mercado para os diversos tipos de sistemas operacionais e plataformas de hardware. Para a georreferenciação das imagens também estão disponíveis no mercado diversos *softwares* (como o *IDRISI®* ou o *SPRING®*, este último de domínio público), os quais, muitas vezes, podem também efetuar as demais operações SIG citadas neste trabalho.

Além disto os dados de outras fontes de dados como imagens de radar ou fotografias aéreas podem ser facilmente adicionados ao contexto da metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, Jorge. **Diagnóstico do Pantanal: características ecológicas e problemas ambientais**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995, 50p.
- ADOBE SYSTEMS Inc. **Photoshop version 4.0**. Adobe Systems Inc. 1996. USA. 1 CD ROM.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Depósitos Mesozóicos do Planalto de Maracajú, Estado de Mato Grosso. In : Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, 2. **Anais** : Petrópolis, 1946, v.3, p.211-45.
- ALMEIDA, F.F.M. de. **Contribuição a geologia dos estados de Goiás e Mato Grosso**. Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro v. 46, p. 1-15, 1948.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Geologia do centro leste Mato-Grossense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro n. 150, p. 1-97, 1954.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Traços gerais da geomorfologia do Centro Oeste brasileiro. In : Guia da excursão nº 1, realizada por ocasião do 18º Congresso Internacional de Geografia (Rio de Janeiro). **Anais**. Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 1959. 170p., p. 7 - 65. 1959.
- ALMEIDA, F.F.M. de. Geologia do Centro Oeste Mato-Grossense. **Boletim da Divisão de Geologia de Mineralogia**. Rio de Janeiro, n. 215, p. 1-133, 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. Geologia da serra da Bodoquena (Mato Grosso). **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro, n. 219, p. 1-96, 1965.
- ALMEIDA, F.F.M. de. & MANTOVANI, M.S.M. Geologia e geocronologia do granito de São Vicente, Mato Grosso. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 47(3/4), p. 451-458, 1975.

- AMARAL, G. et al. Potassium – Argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. London, v.30, n. 2, p. 159-189, Jan/June 1966.
- ASSINE, M.L. **Aspectos da Estratigrafia das Seqüências Pré-Carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese de Doutorado. IG - USP - São Paulo. 207 p.
- AUTODESK Inc. **AutoCad version 14**. AutoDesk Inc. San Francisco – California. 1997. 1 CD ROM.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR, R. Equação de perdas do solo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo**. Campinas, SP. n. 21, p. 1-25. 1975.
- BEURLEN, K. A geologia pós-algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro, n. 163, p. 1-137, 1956.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do sul do Estado de Mato Grosso**. Boletim Técnico nº 18 do DNPEA-DPP. Rio de Janeiro: DNPEA-DPP, 1971. 839 p.
- CAMARGO, M. N. Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro Oeste. **Texto explicativo**. Rio de Janeiro, Boletim Técnico Departamento Nacional de Pesquisas Agronômicas, n. 17, 553 p. 1975.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E. & KAUFFMANN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.
- CARTHA. **Cartha for Windows version 3.1**. Cartha. Milão – Itália. 1995. 1 CD ROM.
- CARVALHO, A. L. et al. **Levantamento exploratório de solos**. In: Brasil, Levantamento de Recursos Naturais. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. 13. Rio de Janeiro, p. 155-237. 1977.
- COREL Corp. **Corel Draw version 7.0**. (version 7.373) Corel Corporation. Ottawa – Canada. 1996. 2 CD ROMs.
- CORINE. **CORINE Land Cover**. CORINE - Coordination of Information on the environment. 1992. Comm of European Communities, Bruxelas. 106 pp.
- CORRÊA J.A. et al. **Projeto Bodoquena; relatório final**. Goiânia, DNPM/CPRM, 1976. 8v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2573) v.1.

- CORRÊA, J.A. & COUTO, E.A. do. **Projeto aluviões diamantíferos de Mato Grosso**. Relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1972. 2v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 1940).
- DANIELS, R. B. et al. Morphology of discontinuous phase plinthite and criteria for its field identification in the southerastern United Sates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 42, n. 6, p. 944-949, 1978.
- DEL'ARCO, J.O., DA SILVA R.H., TARAPANOFF I., FREIRE, F.A., PEREIRA L.G.M., DE SOUZA, S.L., DA LUZ, D.S., PALMEIRA, R.C.B. E TASSINARI C.C.G. In : **Geologia – Projeto RADAMBRASIL**. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. - Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20: Levantamento de Recursos Naturais, 27. Rio de Janeiro, p. 25-143. 1982.
- DERBY, O A A geologia da região diamantífera da província do Paraná no Brasil. **Archivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, n. 3, p. 89-98, 1878.
- DERBY, O A A . Nota sobre a geologia e paleontologia de Matto-Grosso . **Archivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, n. 9, p. 59-88, 1895.
- DISPERATI, L.; BOCCI, M.; FANTOZZI, P.L.; KOSCIAK, S. PARANHOS Fº, A.C. e RIGHINI, G. "Mapping Land Use Changes Through Remote Sensing and GIS analysis : the case os Rio Verde do Mato Grosso area in the Pantanal region (MS, Brasil)". IN : 7th ICCTA – International Congress for Computer Technology in Agriculture " Computer Technology in Agricultural Management and Risk Prevention". **Anais**. Florença – Itália, 15 – 18 de novembro de 1998.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. **Carta Camapuã**. Folha SE.21-Z-D (MIR-445). Escala 1:250.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil- Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1982a.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. **Carta Coxim**. Folha SE.21-Z-B (MIR-432). Escala 1:250.000. Ministério do Exército - Região Centro-Oeste do Brasil- Diretoria do Serviço Geográfico Brasileiro. Carta. 1982b.
- EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da borda oeste do Pantanal: maciço do Urucum e adjacências**. MS. Corumbá, MS, 1996. (EMBRAPA-CPAP). No prelo.

- EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade, avaliação da aptidão agrícola das terras e indicação de culturas em áreas homogêneas de solos de alguns municípios do sudoeste do Estado do Mato Grosso.** Boletim de Pesquisa nº 17, EMBRAPA-SNLCS. Rio de Janeiro, 1982. 484p. il.
- EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento.** Normas em uso pelo SNLCS. Documentos, 11 EMBRAPASNLCS. Rio de Janeiro, 1988a. 67p.
- EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Definição e notação de horizontes e camadas de solo.** Documentos, 3, EMBRAPA-SNLCS. 2. ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1988b. 54p.
- ERDAS Inc. **Erdas Imagine version 8.2.** Erdas Inc. Atlanta – Georgia. 1995. 1 CD ROM.
- ERDAS Inc. **Erdas Imagine version 8.3.1.** Erdas Inc. Atlanta – Georgia. 1997. 1 CD ROM.
(a).
- ERDAS Inc. **Erdas Field Guide.** Erdas Inc. Atlanta – Georgia. Fourth Edition. 1997. 656 p.
(b).
- ESRI Inc. **ARC/INFO version 7.11.** Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 1997. 1 CD ROM. (a).
- ESRI Inc. **Understanding GIS - The ARC/INFO method.** Environmental Systems Research Institute Inc. John Wiley & Sons, New York. Fourth Edition. 526 p. 1997 (b).
- ESRI Inc. **ARC VIEW version 3.1.** Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 1998. 1 CD ROM.
- FAO. **Soil map of the world: 1:5.000.000 legend.** Paris, UNESCO, 1974. v. 1, 59p.
- FIORI, A.P. e LAMDIM, P.M.B. Estratigrafia da Formação Aquidauana (Grupo Tubarão) no Sudoeste do estado de Minas Gerais. **Anais da Acad. Brasil. Ciênc.**, v. 52, n. 1, p. 109-124. 1980
- FIORI, A.P. e OKA FIORI, C. **A Erosão e os Solos do Pantanal.** Projeto Pantanal Departamento de Geologia - UFPR. Dois Volumes 89p. e 55 p. 1998 Curitiba. Inédito.

- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. e MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, November-December, p. 355 - 359, 1981.
- FREIRE, O.; GODOY, M. C. T. F.; CARVALHO, W. A. Erodibilidade de alguns solos do oeste do Estado de São Paulo. **Revista de Geografia**, São Paulo, n. 11, p. 77-87, 1992.
- GONÇALVES, A. & SCHNEIDER, R.L. **Geologia do centro-leste de Mato Grosso**. Ponta Grossa, PETROBRÁS-DESUL, 1970. 43p. (Relatório técnico Interno, 394).
- GORDON JR, M. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. DNPM – DGM, **Notas preliminares e estudos nº 38**, Rio de Janeiro. 1947.
- GORDON S. Utilizing Landsat imagery to monitor land use change: a case study of Ohio. **Remote Sensing of environment**, n. 9, p. 189-196, 1980.
- HENNIES, W.T. **Geologia do centro-norte mato-grossense**. 1996. Tese de doutoramento em Engenharia., Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 65p.
- HEYMANN Y., STEENMANS C., CROISILLE G. & BOSSARD M. **CORINE Land Cover Project - Technical Guide**. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, ECSC-EEC-EAEC, Brussels-Luxembourg, 1994. 136 pp.
- JACOMINE, P. K. T. et. al. I - **Levantamento exploratório de solos do Estado da Paraíba**. II - **Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, Recife, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, SUDENE. Divisão de Agricultura e Geologia, 1972. 670 p.
- JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório de solos do Estado de Pernambuco**. Boletim Técnico, nº 26, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, Recife, 1973. 2 v.
- KOK, K.; CLAVAU, M.B.W.; HEEREBOUT, W.M. & BRONSVELD, K. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain. **ITC Journal** 3:217-228, 1995.
- LANDSAT TM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de Satélite**. Órbita 225 ponto 072. CD ROM. De 13 de agosto de 1985 (a).

- LANDSAT TM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de Satélite**. Órbita 225 ponto 073. CD ROM. De 16 de outubro de 1985 (b).
- LANDSAT TM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de Satélite**. Órbita 225 ponto 072. CD ROM. De 12 de setembro de 1996 (a).
- LANDSAT TM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de Satélite**. Órbita 225 ponto 073. CD ROM. De 28 de setembro de 1996 (b).
- LE MOS, R. C. et. al. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo**. Boletim nº 12, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, Rio de Janeiro, 1960. 634 p.
- LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons Inc. New York – USA. 1994. 3 ed. 750p.
- LISBOA, M.A.R. **Oeste de São Paulo – Sul de Mato Grosso, estrada de Ferro Noroeste do Brasil**. Comissão E. Shnoor, 172p. 1909.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53 p. (Dissertação de Mestrado).
- LUDWIG, G. & RAMOS, A N. Estudo faciológico das formações lapó, Furnas e Ponta Grossa do paleozóico inferior da bacia do Paraná, Brasil. Ponta Grossa, PETROBRÁS-DEBSP, 1965. 10p. (**Relatório Técnico Interno**, 292).
- LUZ, J.da S. et al. Projeto Coxipo, relatório final -.Fase I. Goiânia , DNPM/CPRM,1980 5v.(**Relatório do Arquivo Técnico da DGM**, 2976) v.1.
- MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, n. 2, p. 64-154, 1947.
- MACROMEDIA Inc. **FreeHand version 7**. Macromedia Inc. San Francisco – California. September 1995. 1 CD ROM.
- MACROMEDIA Inc. **FreeHand version 8**. Macromedia Inc. San Francisco – California. January 1997. 1 CD ROM.

- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Macrozoneamento geoambiental**. Estudos integrados do potencial de recursos naturais do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande: SEPLAN-FIPLAN, 1989. Mapas anexos.
- MENDES, J.C. & PETRI, S. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Instituto Nacional do Livro (Enciclopédia Brasileira, Biblioteca Universitária, geociências, Geologia, 9), 207 p. 1971.
- MILLS, W.B.; PORCELLA, D.B.; UNGS M.J.; GHERINI, K.V.; SUMMERS, K.V.; LINGFUNG MOK, G.L.; RUPP, G.L. BOWIE, G.L.; HAITH, D.A. **Water Quality Assesment : A Screening Procedure for toxic and Conventional Polltants in surface and Ground Water**. Report Volume I – Environmental Research Laboratory. United States Department of Commerce, NTIS - National Technical Information Service. September 1985. 314 p.
- MUHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. Ponta Grossa, PETROBRÁS-DESUL, 1974. 186P.(Relatório Técnico Interno,444).
- MORAES RÊGO, L.F. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. **Bol. Serv. Geol. Min.** (Brasil). Bol n. 46, 1930, 105 p.
- NOGUEIRA, V. L. et al. **Projeto Bonito - Aquidauana**; relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1978. 14v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2744) v.1.
- OAKES, H. & THORP, J. Dark-clay of warm regions variously called Rendzina, Black Cotton Soils, Regur and Tirs. **Soil Sci., Soc. Am. Proc.**, Madison, n. 15, p. 347-54, 1951.
- OLIVATTI, O. & MARQUES, V.J. **Projeto Águas Quentes**; relatório final. Goiânia, CODEMAT/CPRM, 1972. 47p.
- OLIVEIRA, A.I. de & LEONARDOS, O.H. **Geologia do Brasil**. 2.ed.ver.atual. Rio de Janeiro, serviço de Informação Agrícola, 1943. 813p. (Sér. Didática, 2).
- OLIVEIRA, E.P. de. O terreno devoniano do sul do Brasil. **Anais da Escola de Minas**, Ouro Preto, v.14, p. 31-39, 1912.
- OLIVEIRA, E. P. de. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. **Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico**. Rio de Janeiro, v. 6, p. 1-169, 1927.

- OLIVEIRA, M.A.M. de. **Reconhecimento geológico expedido na região do Alto Paraguai**. Ponta Grossa, PETROBRAS-DEBSP, 1964. 26p. (Relatório Técnico Interno, 266)
- PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. In : **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Volumes : I. 73 p. II, Tomos I e II-A, 334 p. e 386 p. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA. 1997.
- RADAMBRASIL Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SD 21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Levantamento de Recursos Naturais, 26. Rio de Janeiro, 1981. 520p. il. 5 mapas.
- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SF 21 Campo Grande: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Levantamento de Recursos Naturais, 28. Rio de Janeiro, 1982a. 416p. il. 5 mapas.
- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Levantamento de Recursos Naturais, 27. Rio de Janeiro, 1982b. 452p. il. 5 mapas.
- RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SE 22 Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Levantamento de Recursos Naturais, 31. Rio de Janeiro, 1983. 768p. il. 6 mapas.
- REGIONE TOSCANA. **Progetto CORINE Land Cover per la Toscana**. Unione Europea. Bruxelas. 1990 - Inédito. 60p.
- RIGHINI, G.; DISPERATI, L.; FANTOZZI, P.; PIERUCCINI, U.; CARMIGNANI, L. e FIORI, A.P. **Analisi della dinamica ambientale dell'area di Rio Verde do Mato Grosso, Brasile, tramite dati Landsat TM multitemporali**. **Rivista Italiana di Telerilevamento**. Associazione Italiana Telerilevamento, n. 14/15, p. 33-44 – settembre 1998 / gennaio 1999. 1999.
- ROBINSON, G. W. **Soil their origin, constitution and classification**. London. Ed. T. Murby, 1949. 573 p.
- ROSS, J. L. S. et al. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995, 60p.

- RUFINO, R. L. – Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: Segunda aproximação. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 10, p. 279-281. 1986.
- SALOMÃO, F. X. T. & ANTUNES, F. S. **Solos**. Geologia de Engenharia, ABGE, São Paulo, 1998, 587p.
- SCHNEIDER, R.L. MUHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. IN: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. **Anais**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974.v.1,p.41-65.
- SCHOBENHAUS FILHO, C. & OLIVA, L.A. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**; folha Corumbá (SE.2.1). Brasília, DNPM, 1979. Esc.: 1:1.000.000.
- SHIRAIWA, S. **Flexura da litosfera continental sob os Andes Centrais e a origem da Bacia do Pantanal**. 1994. Tese de Doutorado. Departamento de Geofísica/USP. São Paulo. 77p.
- SOARES, P. C. et al. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 10, n. 30, p. 177-185, set. 1980
- SOARES, P.C., ASSINE, M.L. REBELLO, A. & BALLÃO, J.T. The Giant alluvial fan in Pantanal Basin, Central South America. **30 International Geological Congress**. Beijing (China), 1996, **Expanded Abstract**.
- SOUZA JR. J.J. de & DEL'ARCO, J.O. **Reconhecimento geológico da Folha SE.21-X-D e de partes das Folhas SE.21-X-B e SE.21-Z-B, na escala 1:250.000**. Operação 466/78. Goiânia, Projeto RADAMBRASIL, 1978. 22p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 402-G).
- STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, F.A.; PONÇANO, E.L. & LOMBARDI NETO, F. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópica na Bacia do Peixe-Parapanema. **Anais do Simpósio Nac. de Controle de Erosão**, 4, Marília, São Paulo, ABGE/DAEE, p.105-135. 1987.
- STEININGER M.K. Tropical secondary forest regrowth in the Amazon: age, area and change estimation with Thematic Mapper data. **Int. Journ. Remote Sensing**, n. 17, v. 1, p. 9-27; 1996.

- TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data, **Hydrological Processes**. v. 5, p. 81-100. 1991.
- TASSINARI, C.C.G. **Estudo geocronológico pelos métodos Rb/Sr e K/Ar em rochas da Folha SE.21 Corumbá**. Goiânia, Projeto RADAMBRASIL, 1981. 20p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 408-G).
- TAVARES, A. C. **A Erosão dos Solos no Contexto da Análise Ambiental: O Exemplo do Alto Curso do Rio São José dos Dourados**. SP, FFLCH-USP, Tese de Doutorado, 300p. 1986.
- TEIXEIRA, W. **Folhas ao milionésimo SH.22 Porto Alegre, SH.21 Uruguaiana, SI.22 Lagoa Mirim**; considerações preliminares a respeito do quadro geocronológico existente. São Paulo, Projeto RADAMBRASIL, 1980. 21p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 380-G).
- TRAVAGLIA C., KAPETSKY J.McD & RIGHINI G. **Monitoring wetlands for fisheries by NOAA AVHRR LAC thermal data**. RCS Series 68, FAO, Rome, 1995, p. 30.
- VIEIRA, L. S. & VIEIRA, M. N. F. **Manual da Ciência do Solo**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1975. 464 p.
- VITTE, A.C. Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias de drenagem. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 45, p. 45-65, Editora da UFPR. 1997
- WHITE, I.C. **Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brazil**. Trad. Carlos Moreira. Rio de Janeiro, Imp. Nacional, 1908. 617p.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Rainfall Energy and its Relationships to Soil Loss. **Amer. Geoph. Union, Transactions**, Washington, 39(2):285-291, 1958.
- WISCHMEIER, W. H. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation. **Soil Sc. Soc. Am. Proc.**, Madison, 23(2):246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. **USDA Handbook N° 537**. Washington, 57 p. 1978.

Nota : *Macromedia*[®], *FreeHand*[®], *Windows*[®], *Erdas*[®], *Imagine*[®], *Esr*[®], *Arc Info*[®], *Info*[®], *Arc View*[®], *Cartha*[®], *Corel*[®] *Draw*[®], *AutoDesk*[®], *AutoCad*[®], *Adobe*[®] *Illustrator*[®], *IDRISI*[®] e *SPRING*[®] são todas marcas registrada de seus respectivos fabricantes.