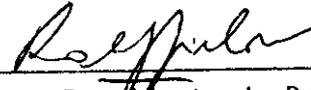


1. Classificação INPE-COM.1/TPT C.D.U. 621.38SR:63(811)		2. Período	4. Critério de Distribuição:	
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) PROJETOS AGROPECUÁRIOS LANDSAT-1 CONDIÇÕES NATURAIS AMAZÔNIA			interna <input type="checkbox"/>	externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-1044-TPT/056	6. Data Junho de 1977		7. Revisado por <i>Antonio Tebaldi Tardin</i> Antonio Tebaldi Tardin	
8. Título e Sub-Título USO DE DADOS DO LANDSAT-1 NA IMPLANTAÇÃO, CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE PROJETOS AGROPECUÁRIOS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA LE GAL			9. Autorizado por <i>Narado</i> Nelson de Jesus Parada Diretor	
10. Setor	Código		11. Nº de cópias 30	
12. Autoria ARMANDO PACHECO DOS SANTOS EVLYN MARCIA LEÃO DE MORAES NOVO			14. Nº de páginas 207	
13. Assinatura Responsável <i>Armando</i>			15. Preço	
16. Sumário/Notas - Este trabalho consistiu da utilização de dados do LANDSAT aplicados a problemas de ocupação da Amazônia. A área de estudo localiza-se no NE do Mato Grosso com coordenadas de 9° e 16° S e 50° e 54° W, aproximadamente. Os principais aspectos da área que foram estudados referem-se à vegetação, à drenagem, ao relevo, ao sistema rodoviário e ao desmatamento na tentativa de indicar áreas propícias à implantação de projetos agropecuários. O grau de desmatamento e qualidade das pastagens foram também avaliados. Os resultados alcançados mostram a grande eficiência da utilização de imagens LANDSAT para a Amazônia no que se refere à sua exploração.				
17. Observações Tese de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações, aprovada em 13 de dezembro de 1976. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Convênio nº 093/76-SUDAM, de 12 de agosto de 1976.				

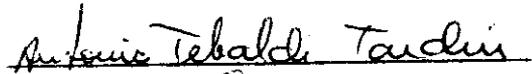
Aprovado pela Banca Examinadora em
cumprimento dos requisitos exigidos
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensores Remotos e Aplicações

Dr. Ralf Gielow



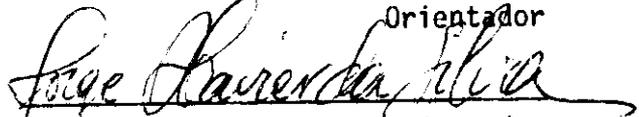
Presidente da Banca

Eng. Agro. Antonio Tebaldi Tardin, MSc.



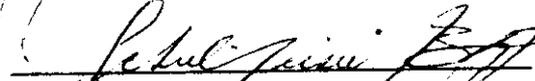
Orientador

Dr. Jorge Xavier da Silva



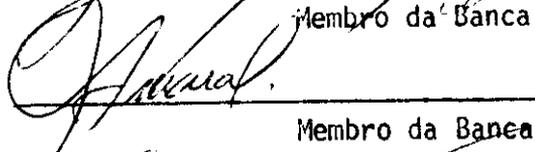
Orientador

Eng. Agro. Getulio Teixeira Batista, MSc.



Membro da Banca

Dr. Gilberto Amaral



Membro da Banca

Eco. Renê Antonio Novaes, MSc.



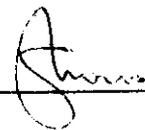
Membro da Banca

Armando Pacheco dos Santos



Candidato

Evlyn Marcia Leão Moraes Novo



Candidata

São José dos Campos, 13 de dezembro de 1976

ÍNDICE

	Pag.
ABSTRACT	<i>vi</i>
LISTA DE FIGURAS E MAPAS	<i>vii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>ix</i>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 - VEGETAÇÃO	5
2.2 - IMAGENS DO LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO	9
2.3 - VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS	15
2.4 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS	20
2.5 - REDE DE DRENAGEM	25
2.6 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM ...	26
2.7 - REDE RODOVIÁRIA	27
2.8 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA	30
CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 - DESCRIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	33
3.2 - MATERIAIS	51
3.2.1 - SISTEMA LANDSAT	51
3.2.2 - SISTEMA INTERATIVO DE ANÁLISE DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS (IMAGE-100)	52

	Pag.
3.2.3 - CARTAS TOPOGRÁFICAS	55
3.2.4 - MATERIAL DE ESCRITÓRIO	55
3.2.5 - PROGRAMAS DE COMPUTADOR	57
3.2.6 - RECURSOS MATERIAIS PARA TRABALHO DE CAMPO	57
3.3 - MÉTODOS	57
3.3.1 - LEVANTAMENTO DE PROBLEMA DE OCUPAÇÃO DO NORDESTE DE MATO GROSSO	57
3.3.2 - INSPEÇÃO DE IMAGENS DO LANDSAT-1	58
3.3.3 - LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS	61
3.3.4 - VERIFICAÇÃO DE CAMPO	62
3.3.5 - COLETA DE DADOS EM IMAGENS E CARTAS TOPOGRÁFICAS	63
3.3.6 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	76
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.1 - REDE DE DRENAGEM	81
4.2 - COBERTURA VEGETAL	91
4.3 - VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS	100
4.4 - REDE RODOVIÁRIA	139
4.5 - CONTROLE DO DESMATAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS	149
4.5.1 - ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DO DESMATAMENTO	152
4.5.2 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS	157
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	161

	Pag.
AGRADECIMENTOS	169
BIBLIOGRAFIA	171
APÉNDICE A	A.1
APÉNDICE B	B.1
APÉNDICE C	C.1
APÉNDICE D	D.1

ABSTRACT

A study was carried out in the Amazon Region using LANDSAT images in order to explore its natural resources. An area northeast of Mato Grosso State having approximate latitudes of $09^{\circ}00'S$ to $16^{\circ}00'S$ and longitudes of $50^{\circ}00'W$ to $54^{\circ}00'W$ was selected for this study. Vegetation, drainage, topographic conditions, road system and deforestation were included aspects of this study. The objectives of this study were to find suitable areas for cattle, to map deforested areas and to determine quality of pasture in these areas. The results show that LANDSAT images can be used very efficiently to map different kinds of natural vegetation, drainage network even under forest, topographic conditions and road network. Areas being deforested could be monitored and evaluated. The suitable areas for cattle grazing could be indicated in accordance with each one of the mentioned aspects. Data collected through the LANDSAT image interpretation can be used to explore the region in a more rational way. It is also possible to verify the conditions of the area already occupied, using LANDSAT data.

LISTA DE FIGURAS E MAPAS

	Pag.
FIG. III.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA TESTE	34
FIG. III.2 - DISTRIBUIÇÃO DE CLIMAS	36
FIG. III.3 - ESBOÇO GEOLÓGICO	38
FIG. III.4 - MAPEAMENTO ESQUEMÁTICO DA VEGETAÇÃO	44
FIG. III.5 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS IMAGENS QUE RECOBREM A ÁREA TESTE	53
FIG. III.6 - ESQUEMA DOS COMPONENTES DO SISTEMA IMAGE-100	56
FIG. IV.1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM SOB VEGETAÇÃO Densa COM IMAGENS LANDSAT-1 DO PERÍODO SECO	82
FIG. IV.2 - UNIDADES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA OBTIDAS POR ANÁLISE VISUAL	103
FIG. IV.3 - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE RUGOSIDADE	126
FIG. IV.4 - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE TEXTURA TOPOGRÁFICA	127
FIG. IV.5 - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE DECLIVIDADE	128
FIG. IV.6 - PERFIL DOS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BA SE NOS VALORES COMPUTADOS PARA A SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU	130
FIG. IV.7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA, RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE EM PER FIS CONSTRUÍDOS COM VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍ CIE DE OITAVO GRAU	131
FIG. IV.8 - COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA, RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE EM PER FIS CONSTRUÍDOS COM VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍ CIE DE OITAVO GRAU	132

	Pag.
FIG. IV.9 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS AGRUPAMENTOS DE ÁREAS COM BASE NA DENSIDADE DA REDE RODOVIÁRIA E PORCENTAGEM DE ÁREA DESMATADA	147
MAPA D.1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM	D.1
MAPA D.2 - ZONEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE TEXTURA TOPOGRÁFICA	D.2
MAPA D.3 - ESBOÇO DA COBERTURA VEGETAL	D.3
MAPA D.4 - ZONEAMENTO DAS VARIAÇÕES TOPOGRÁFICAS COM BASE NAS VA RIAÇÕES DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE	D.4
MAPA D.5 - TRAÇADO DA REDE RODOVIÁRIA	D.5
MAPA D.6 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS LIGA DOS PELA REDE RODOVIÁRIA	D.6
MAPA D.7 - ZONEAMENTO DE ÁREAS COM BASE NA DENSIDADE DA REDE E PORCENTAGEM DE ÁREA DESMATADA	D.7
MAPA D.8 - DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS ATÉ AGOSTO DE 1973 ...	D.8
MAPA D.9 - DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS ATÉ JUNHO DE 1975	D.9

LISTA DE TABELAS

	Pag.
TABELA III.1 - RELAÇÃO DE IMAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA	54
TABELA III.2 - RELAÇÃO DE FITAS COMPATÍVEIS COM COMPUTADOR UTILIZADAS NA PESQUISA	54
TABELA IV.1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ÍNDICES DE TEXTURA TOPOGRÁFICA OBTIDOS DAS CLASSES HOMOGÊNEAS DE DRENAGEM ...	86
TABELA IV.2 - APLICAÇÃO DO TESTE DE MENOR DISTÂNCIA SIGNIFICATIVA ÀS CLASSES HOMOGÊNEAS DE DRENAGEM	87
TABELA IV.3 - NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO RUGOSIDADE - TESTE DE WILCOXON	105
TABELA IV.4 - NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO TEXTURA TOPOGRÁFICA - TESTE DE WILCOXON	106
TABELA IV.5 - NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO DENSIDADE DE DRENAGEM - TESTE DE WILCOXON	107
TABELA IV.6 - NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO DECLIVIDADE - TESTE DE WILCOXON	108
TABELA IV.7 - MÉDIA DAS CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS RUGOSIDADE (R), TEXTURA TOPOGRÁFICA (Tt), DENSIDADE DE DRENAGEM (Dd) E DECLIVIDADE (D)	109
TABELA IV.8 - DIAGRAMAS REPRESENTATIVOS DOS AGRUPAMENTOS DAS CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS SELECIONADOS	110
TABELA IV.9 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE O ÍNDICE DE RUGOSIDADE E OS ÍNDICES QUE EXPRESSAM VARIÁÇÕES DA TOPOGRAFIA	114
TABELA IV.10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TESTAR A SIGNIFICÂNCIA DAS SUPERFÍCIES DE TENDÊNCIA DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE DE	117

	Pag.
TABELA IV.11 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS SUPERFÍCIES DE TENDÊNCIA PARA O ÍNDICE DE DECLIVIDADE	118
TABELA IV.12 - TESTE DA VALIDADE DE AJUSTE DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU	122
TABELA IV.13 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE RUGOSIDADE, DECLIVIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA	123
TABELA IV.14 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE RUGOSIDADE/DECLIVIDADE E RUGOSIDADE/TEXTURA TOPOGRÁFICA PARA VALORES ORIGINAIS (Y), VALORES DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU (Yc) E VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU (Ycp)	134
TABELA IV.15 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DOS RESÍDUOS DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE	136
TABELA IV.16 - VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE OBTIDOS POR CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA DE PARES RECÍPROCOS	139
TABELA IV.17 - HIERARQUIZAÇÃO DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS QUANTO À ACESSIBILIDADE EM TERMOS DE SUA POSIÇÃO EM RELAÇÃO À REDE	143
TABELA IV.18 - HIERARQUIZAÇÃO DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS QUANTO À ACESSIBILIDADE EM TERMOS DE TEMPO DE PERCURSO (EM MINUTOS)	144
TABELA IV.19 - CATEGORIAS DE DENSIDADE DE REDE RODOVIÁRIA E PORCENTAGEM DE ÁREA DESMATADA	145
TABELA IV.20 - ÁREA DESMATADA CALCULADA ATRAVÉS DE ANÁLISE VISUAL E AUTOMÁTICA	151
TABELA IV.21 - CONTROLE E DESMATAMENTO	153
TABELA IV.22 - INCREMENTO DOS DESMATAMENTOS DE AGOSTO DE 1973 ATÉ JUNHO DE 1975	156
TABELA IV.23 - CONTROLE DO CRONOGRAMA DOS DESMATAMENTOS	158
TABELA IV.24 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS	160

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Em conformidade com o Artigo 1º, alínea b, do Decreto Lei nº 756/69, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia tornou-se responsável pela distribuição de incentivos fiscais para a implantação de projetos agropecuários na Amazônia Legal.

Através do II Plano de Desenvolvimento Nacional foi criado o Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (Polamazônia, Decreto-Lei nº 74 607 de 25 de setembro de 1974) para o estabelecimento de áreas prioritárias na obtenção de recursos de modo a integrá-las ao processo de desenvolvimento econômico do país.

Com esse programa, a Região Nordeste do Estado do Mato Grosso e Sul do Estado do Pará, sob a influência da BR 080 e BR 158, foi beneficiada com a implantação do Polo Agropecuário Xingu-Araguaia. A atuação deste Polo visa a interligação das zonas produtoras de carne bovina ao Polo Agro-Industrial através da complementação do sistema viário, implantação de novas cidades e centros de treinamento e capacitação de mão de obra, conforme Exposição de Motivos - 015/74 (Brasil, 1974b).

Por ser de responsabilidade da SUDAM a concessão de incentivos, uma de suas necessidades é a fiscalização dos desmatamentos

para a formação de pastagens, em atendimento ao que preceitua a Lei nº 4771, de 15 de novembro de 1965, artigo 16, alínea b, que institui o novo Código Florestal e segundo a qual "nas áreas ainda incultas, sujeitas a forma de desbravamento, as derrubadas de florestas primitivas, nos trabalhos de instalação de novas propriedades agrícolas, serão toleradas até o máximo de 50% da área da propriedade" (Brasil, 1971).

Com a implantação de projetos agropecuários, tornou-se necessário um melhor conhecimento das características da região, de modo a direcionar a aprovação de novos projetos, para que o desenvolvimento econômico da área não implique em alterações drásticas nas condições naturais.

Devido à grande extensão da área de atuação da SUDAM, os métodos convencionais de fiscalização através de visitas às propriedades são aplicados com dificuldade. Diante disso, a SUDAM firmou um convênio com o INPE, através do qual seria desenvolvido um projeto de pesquisa com o objetivo de verificar quais os tipos de informações que o sistema LANDSAT poderia fornecer para auxiliar na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários em áreas sujeitas a desmatamento.

A área teste escolhida para o desenvolvimento desse projeto foi a região Nordeste do Estado do Mato Grosso, compreendida entre

os rios Xingu e Araguaia, entre os paralelos de 9° e 16° de latitude Sul e os meridianos de 50° e 54° de longitude Oeste.

Na escolha dessa região levou-se em conta que é uma das áreas mais carentes de informação, além de representar uma situação típica em que a dificuldade de acesso cria problemas para a fiscalização. É também uma área da Amazônia Legal que ainda não foi mapeada pelo Projeto RADAM.

Como parte desse convênio, esse projeto de pesquisa tem o objetivo de avaliar a utilização do sistema LANDSAT para:

1. Levantamento da cobertura vegetal;
2. Análise da variabilidade das condições topográficas;
3. Controle de desmatamento;
4. Avaliação da qualidade das pastagens; e
5. Fornecimento de dados para estudo da rede rodoviária regional.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - VEGETAÇÃO

Vários autores como Waibel (1958) e Schrumpf (1973), já haviam salientado a importância do mapeamento da vegetação. O contraste entre a mata e o cerrado desempenha um papel decisivo no planejamento agrícola, pois a cobertura vegetal reflete, muitas vezes, as condições de fertilidade do solo.

Guerra (1960) comenta que as áreas de mata apresentam geralmente solos melhores para a agricultura do que os campos e campos cerrados, principalmente nos primeiros anos de cultivo, quando ainda apresentam camada húmifera.

Magnanini (1966) salienta que os solos de cerrado, devido à ausência de cobertura contínua de vegetação arbóreo-arbustiva, caracterizam-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixo teor de sais minerais como cálcio, fósforo, magnésio e baixo teor de carbono e nitrogênio. Apesar das condições de fertilidade do solo serem desfavoráveis, Magnanini admite a possibilidade de uso racional, pois as áreas de ocorrência de cerrado possuem topografia plana, favorável à mecanização agrícola.

Reconhecendo a importância da cobertura vegetal para a caracterização de solos, foram utilizadas fases de vegetação para a subdivisão de classes de solo no Mapa Esquemático dos Solos das Regiões Norte, Meio Norte e Centro-Oeste do Brasil, publicado pela EMBRAPA (1975). Segundo os autores do relatório, as fases de vegetação visam fornecer importantes subsídios para a interpretação da aptidão agrícola do solo. A vegetação natural, segundo eles, reflete as condições mesológicas de uma área, podendo-se obter dela, ou de seus remanescentes, informações sobre o clima local, permitindo inferir sobre as condições hídricas locais. Alguns tipos de vegetação são indicadores do excesso de umidade do solo, como é o caso das campinas de várzea.

Referindo-se aos solos que ocorrem na região de florestas na bacia do Rio Xingu, Setzer (1967) afirma que bastam poucos anos de cultivo para que eles se tornem improdutivos. Para ele, um uso racional, com adubação, rotação de culturas, exige muitos recursos, o que seria inviável numa região despovoada e de difícil acesso.

Estudando os problemas causados pelo desmatamento no Norte do Paraná, Maack (1964) conclui que houve um abaixamento do nível freático, redução da capacidade das fontes e desregulação do regime dos rios.

Segundo Penteadó (1974), sob floresta densa a lixiviação

do solo é intensa, favorecendo a concentração de hidróxido de ferro e alumina. Com o deflorestamento, há o endurecimento desse material, formado carapaças lateríticas que contribuem para a preservação de superfícies aplainadas.

Maack (1964) concluiu que as queimadas para a limpeza e formação de pastagens diminuem a capacidade de suporte para o gado, pois o fogo torna o ambiente desfavorável ao desenvolvimento de espécies nutritivas, provocando o alastramento de espécies xerofíticas.

Howard (1973) observou que mesmo nas áreas de pastagens naturais a ocupação irracional leva à degradação dos solos. Segundo ele, a superlotação de pastagens é um dos fatores que levou ao empobrecimento dos solos no Oeste dos Estados Unidos.

Setzer (1976) atribui às queimadas a origem de manchas de cerrado no meio da mata.

Para Joly (1970) a maior parte das plantas do cerrado está adaptada a resistir aos incêndios periódicos, e isto, particularmente, permite às plantas do cerrado migrarem para áreas devastadas, de outras associações vegetais, o que contribui para a expansão da área original de cerrado.

Christofolletti (1966) conclui que devido à ação do homem através dos desmatamentos e queimadas, está havendo uma expansão do cerrado sobre as áreas de floresta.

Freitas e Silveira (1976) estudando o problema de aptidão agrícola dos principais solos do cerrado, concluíram que os solos sob vegetação de cerrado sã devem ser utilizados num sistema de manejo desenvolvido.

Camargo et al (1976), com base em dados bibliográficos e observações de campo, concluíram que as limitações climáticas do cerrado são praticamente as mesmas que existem nas áreas de matas. Assim sendo, as áreas de cerrado deveriam ser ocupadas com prioridade sobre as áreas de matas.

Arens, conforme citação de Camargo et al (1976), considera que as queimadas, os roçados e as derrubadas podem mudar o aspecto do Cerrado, transformando-o, através da rarefação do seu estrado superior, em Campo-cerrado. O autor também conclui que ainda não existe base científica para essa afirmação.

Molion (1975) comenta que, embora os estudos realizados sobre deflorestamenti não mostrem resultados conclusivos quanto à influência das florestas sobre o clima, é sabido que mudanças da situação de floresta para a de campos de cultivo alteram o balanço de calor. Segundo ele, a exposição do solo modifica a condução do calor, provocando grandes extremos de temperatura.

Ainda conforme citação de Molion (1975), Landsberg assegura que há uma redução da evapotranspiração potencial após o desmatamento.

2.2 - IMAGENS DO LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Devido à importância do conhecimento da vegetação do globo para fins de planejamento da utilização dos recursos naturais a FAO, conforme Nimer (1975), apresentou um documento às Nações Unidas, no qual propõe a vigilância dos recursos florestais do mundo através da técnica de sensoriamento remoto, isto é, através de fotografias aéreas e imagens orbitais.

Willians et al (1975), comentando sobre a utilização de imagens do LANDSAT para mapeamento de vegetação ao milionésimo, concluem que o sistema orbital tem muitas vantagens sobre as fotografias aéreas, pois facilita a cartografia e evita problemas de manuseio. A classificação da vegetação através do LANDSAT-1 tem como base as diferenças fitofisionômicas.

Valério et al (1976) utilizaram a vegetação natural como um dos critérios de fotointerpretação de solos através de imagens do LANDSAT-1. Eles concluíram que não se pode fazer uma associação direta entre vegetação natural e solos, porque o homem introduziu modificações no aspecto das formações. A escala mais adequada para a identificação das formações foi 1:1.000.000, sendo que recomendam o uso da

escala 1.500.000 para o traçado dos limites. Segundo eles, os canais 5 e 7 são os melhores para a caracterização das formações vegetais. A análise desses canais permitiu a identificação de três tipos de cobertura vegetal: floresta-cerradão, cerrado e campo cerrado.

Lee et al (1974) estudaram uma metodologia para controle de áreas de floresta, concluindo que o canal 5 é o melhor para a coleta de grande número de informações, mas para a separação visual de quatro classes de cobertura vegetal usaram composições coloridas dos canais 4, 5 e 6.

Tueller et al (1973) concluíram que o uso de imagens em diversas passagens sequenciais do inverno ao verão, aumentou significativamente a capacidade de separar os tipos de cobertura vegetal. Recomendaram, também, a técnica de vôos de reconhecimento e interpretação de fotografias em escalas maiores para a complementação das informações das imagens.

Haas et al (1975) consideram que as mudanças da iluminação da cena com as estações do ano são prejudiciais na comparação de dados temporais. Segundo eles, para a interpretação de dados temporais deve-se empregar algoritmos para correção do ângulo de elevação do sol.

Valério et al (1976) trabalhando na região de Dourados/Amambaí no Estado de Mato Grosso, e utilizando imagens de duas

épocas diferentes, concluíram que a imagem da estação chuvosa foi a melhor para a caracterização da vegetação natural.

Joice (1973) utilizando imagens de passagens sucessivas conseguiu identificar 10 classes de uso do solo no Estado de Washington.

Rouse et al (1973) estudaram os efeitos da variação temporal na discriminação de solos, vegetação, etc., com passagens de quatro estações.

MacDonald (1973) considera a cobertura repetitiva e a uniformidade de iluminação solar como os principais fatores favoráveis à extração de informações de dados orbitais.

Erb (1973) concluiu que dados de diversas passagens podem melhorar a capacidade de classificação de terras quando se usam técnicas de reconhecimento automático de padrões.

Schrumpf (1973), através de técnicas de interpretação automática de dados orbitais, separou trinta e um diferentes tipos de cobertura vegetal na região de Tucson e Welton, no Estado do Arizona. A técnica por eles utilizada foi a razão entre os canais do MSS.

Williamson (1973) concluiu que as imagens do LANDSAT-1 permitem o mapeamento de grandes tipos de vegetação e também a identificação de áreas com queimada. Durante a fase de interpretação de

dados, ele fez uma comparação entre informações retiradas de composições coloridas com os canais 4, 5 e 7 na escala 1:250.000 e as retiradas de imagens preto e branco na escala 1:1.000.000. Concluiu que as composições coloridas fornecem grande quantidade de informações adicionais. A interpretação preliminar foi verificada em campo através de sobrevôos na área.

Schrumpf (1973) considera que a vegetação natural pode ser interpretada a partir de imagens do LANDSAT-1 utilizando-se do conjunto de características físicas do terreno que se associam à vegetação, entre as quais se destacam relevo, densidade de drenagem e material de origem.

Estes et al (1973), utilizando imagens do ERTS-1 para estudos de uso da terra e monitoramento de parâmetros ambientais a ele relacionados, concluíram que é possível identificar ilhas de vegetação queimada, assim como traçar o perímetro dessas áreas. Outra conclusão a que os autores chegaram foi que, utilizando imagens ERTS de 18 em 18 dias, é possível monitorar a taxa de recobrimento pela vegetação da área queimada.

Lee et al (1973), utilizando imagens ERTS de 1972 e 1973 para examinar vários aspectos do controle de áreas de florestas, concluíram que é possível acompanhar o avanço do desmatamento através da análise de imagens de duas épocas diferentes.

Assinalam, ainda, que as áreas desmatadas aparecem em tons claros. Quanto ao desmatamento pode-se discernir se foi feito através de queimada ou por corte das árvores.

Wiegand et al (1973) estudaram a possibilidade de utilizar imagens do LANDSAT-1 para inferir a densidade de vegetação numa dada área. Conforme os autores, os canais 6 e 7 contêm informações que podem ser relacionadas ao rendimento das culturas e capacidade de suporte das pastagens. Como a reflectância da vegetação aumenta com o aumento da densidade da cobertura no intervalo de 750 a 1.350 nanômetros, eles concluíram que as bandas 6 e 7 podem indicar diferenças de densidade de vegetação. Os distúrbios fisiológicos nas plantas que alteram sua cor podem ser detetados pelo uso das bandas 4 e 5 das imagens do LANDSAT-1.

Morrison (1973) utilizou imagens do LANDSAT-1 para o estudo das mudanças ocorridas em pastagens naturais pelo pisoteio intenso do gado no Sul do Arizona. As mudanças, isto é, alteração do sistema de drenagem e diminuição da produtividade das pastagens, foram causadas, acreditam os autores, pelo manejo inadequado das pastagens com lotação excessiva e mudança climática. Com o pisoteio intenso, há uma diminuição da cobertura vegetal, menor retenção de sedimentos, aumento da carga sólida no escoamento superficial e conseqüentemente maior erosão. Segundo o autor, a erosão progride em 3 estágios:

- 1) Alteração na cobertura vegetal;
- 2) Erosão laminar;
- 3) Formação de ravinas.

Neste trabalho, o autor encontrou que o canal 5 é melhor para mapear riachos, devido ao alto contraste entre a vegetação escura e o tom claro dos leitos das ravinas. No inverno o canal 7 é melhor para identificação das ravinas.

Segundo Lee et al (1973), dentro de áreas não florestadas, certas características podem ser distinguidas, por exemplo, áreas de pastagens naturais. Eles concluem, também, que as várzeas possuem um tom semelhante às pastagens naturais no canal 5, mas podem ser diferenciadas no canal 7 porque as pastagens naturais neste canal aparecem com tonalidade clara. Áreas de floresta recentemente cortadas têm tons semelhantes aos das pastagens naturais, mas podem ser distinguidas devido às suas formas regulares.

McDonald (1973) estudou a possibilidade do cálculo do conteúdo de biomassa verde das pastagens através de imagens do LANDSAT-1. Através de pesquisas de campo e laboratório, pôde concluir que existe uma alta correlação ($r=0,93$) entre o conteúdo de biomassa verde e radiação nas bandas 6 e 7. Para este tipo de abordagem, o autor considera imprescindível a utilização de dados temporais obtidos durante o período crítico do ciclo de crescimento das pastagens.

Carnegie (1973) fez um estudo sobre a utilidade de dados orbitais e dados de aeronave para monitoramento de recursos forrageiros. Segundo ele, este monitoramento é muito importante para se determinar a capacidade de suporte. A repetitividade dos dados e a sua obtenção em tempo real são as principais características do sistema, no que se refere ao monitoramento de pastagens. Entretanto, ele reconheceu que as limitações de resolução do sistema não permitem a determinação das condições de volume da biomassa, mas admite que o sistema LANDSAT-1 consegue determinar a época em que cessa o crescimento das forrageiras.

Segundo Erb (1973) a resolução do sistema LANDSAT-1 permite a detecção de campos de cultivo de 60 metros de largura, quando estão orientados no sentido Norte-Sul. Quando sua orientação é no sentido das linhas de varredura, só podem ser distinguidos se sua largura é superior a 135 metros.

Duggin et al (1973) realizaram um experimento para verificar se havia diferenças significativas entre pastagens submetidas a diferentes tipos de manejo, e concluíram que, utilizando-se dados de reflectância e radiância hemisférica direcional das imagens do LANDSAT-1, pode-se separar pastagens com diferentes tipos de manejo.

2.3 - VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

Conforme relatório da EMBRAPA (1975), entre os fatores que influenciam a susceptibilidade à erosão, incluem-se: o clima,

através da intensidade e distribuição da chuva, a extensão do declive, o microrrelevo, a velocidade de infiltração, a permeabilidade, a capacidade de retenção da umidade, a presença ou ausência de camada compacta no perfil, pedregosidade superficial e superfícies de deslizamento no subsolo. Abstraindo a variação climática e a variação das propriedades do solo, a variação topográfica, através do grau e extensão do declive, seria um dos fatores indicativos de terrenos mais sujeitos a processos de erosão acelerada.

Strahler (1957) já havia anteriormente afirmado que a declividade é um dos aspectos mais importantes da topografia, desde que os ângulos de inclinação controlam a atuação da forma gravitacional para o trabalho geomórfico, isto é, para a ação erosiva.

Correa (1969) cita a erosão como o principal fator a destruir a fertilidade do solo. Além de subtrair os nutrientes do solo, a erosão destrói sua estrutura física através da retirada constante de sedimentos. No Brasil, devido às condições climáticas, a água da chuva é o principal agente de erosão dos solos. A chuva, ao cair diretamente sobre o terreno, solta as partículas do solo que são carregadas pelas enxurradas. Para o autor o efeito erosivo das águas pode variar em função das condições topográficas. Segundo ele, a declividade e o comprimento da encosta são os fatores mais importantes no processo de erosão. Conforme citado por Correa (1968), Marques et al fizeram experimentos que demonstraram que para uma rampa de 25 metros, com declividade de 7% há uma perda de 13,9 toneladas de so

lo por hectare, enquanto que, com a mesma declividade, uma rampa de 50 metros perde 19,9 toneladas por hectare. Para rampas de igual tamanho, um aumento de declividade provocará uma maior perda de solo por erosão.

Vieira (1974), embora reconheça a importância da declividade e do tamanho da encosta, salienta que a forma da vertente também deve ser considerada. As áreas convexas, segundo o autor, são mais sujeitas a qualquer tipo de erosão, porque há um aumento constante da declividade do topo para a base da encosta. O aumento da declividade implica no aumento da velocidade de escoamento. A maior velocidade de escoamento aumenta a potência erosiva da água pelo aumento de sua capacidade de transporte.

Rougerie, conforme a citação de Penteado (1974), realizou uma série de medidas de perda de material por escoamento difuso na Costa do Marfim. Os resultados demonstram que vertentes de 0° a 4° perdiam cerca de 2 mm da película superficial por ano, enquanto vertentes de 4° a 10° perdiam cerca de 3 mm.

Leinz e Amaral (1970) referem-se a uma estimativa do material retirado por Km^2 , por ano, na bacia amazônica, à montante de Óbidos; na bacia do Paraíba, à montante de Piraí; e na bacia do São Francisco, à montante de Juazeiro. O maior valor estimado de desgaste foi para a bacia do Paraíba, o que foi atribuído pelos autores a sua topografia acidentada, ocupação intensa do solo e clima úmido.

O valor mais baixo encontrado para bacia amazônica foi relacionado à topografia menos acidentada e a densa cobertura vegetal.

Pitty (1971) reconheceu também a importância da cobertura vegetal na variação da intensidade de desgaste do terreno. Salientou que o desmatamento tem efeitos graves sobre as condições do solo, porque aumenta o escoamento superficial e reduz sua resistência à erosão.

Keech (1968) encontrou que a conjugação de fatores mais favoráveis à erosão dos solos era a presença de topografia acidentada com paredões abruptos, solos de textura fina e alta pressão populacional.

Pitty (1971), embora reconhecendo a importância da textura dos solos no processo de erosão, comentou que na faixa equatorial o escoamento superficial é função sobretudo da quantidade de precipitação e da declividade.

Vieira (1974) salientou que o fator topográfico mais importante no estudo da origem das voçorocas é a declividade, pois quanto maior a inclinação das vertentes, maior a quantidade de água disponível para o escoamento superficial, mantidas constantes as outras características ambientais.

Conforme citação de Christofolletti (1971), Peltier rea

lizou um estudo morfométrico relacionando a frequência de rios com a declividade média. O resultado foi uma correlação alta e positiva entre declividade e frequência de rios. Isto significa que para as condições de clima do Brasil, as áreas mais intensamente dissecadas pela drenagem são as que apresentam maior grau de declividade. Sobre o relacionamento entre precipitação, escoamento, declividade podem ser consultados Leopold et al (1964), Easterbrook (1969), Doornkamp and King (1971).

Diversos autores, entre os quais Horton (1945), Strahler (1957), Freitas (1952), França (1968) e Koffler (1976), têm demonstrado que existem fortes relacionamentos entre as características da rede de drenagem e as condições topográficas, e que muitas vezes variações no comportamento da rede refletem alterações das condições topográficas de uma região.

Segundo Strahler (1957), em geral, áreas com cobertura vegetal densa e relevo pouco pronunciado apresentam baixos valores de densidade de drenagem.

Freitas (1952) salientou que as rochas pouco resistentes e solos desprotegidos pela vegetação produzem texturas topográficas mais finas, isto é, as curvas de nível se acham mais cerradas, representando um relevo mais acidentado com grande quantidade de incisões pela drenagem.

França (1968) modificou o Índice de textura topográfica proposto por Smith para melhor aproveitar a capacidade que as fotografias aéreas tinham de fornecer traçados minuciosos da rede de drenagem.

Koffler (1976) utilizando a modificação do Índice de Textura Topográfica proposto por França, encontrou altos valores de correlação entre a Razão de Textura e a Densidade de Drenagem. Segundo ele, esses resultados já eram esperados após a análise comparativa entre frequência de rios e densidade de drenagem pois, sendo fixa a área circular da amostra, a relação área/perímetro mantém-se constante e, como consequência, as relações frequência de rios/razão de textura são constantes para uma dada escala.

De acordo com os resultados encontrados, França (1968) conclui que a sugestão de Horton deve ser seguida no sentido de se empregar a densidade de drenagem e a frequência de rios quando se deseja caracterizar quantitativamente as redes de drenagem.

2.4 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

Diversos autores já observaram a existência de correlação entre a textura fotográfica das imagens do LANDSAT-1 e o grau de movimentação topográfica. Koffler (1976) observou que características tais como densidade de drenagem e textura topográfica puderam

ser avaliadas através das feições de textura fotográfica nas imagens do canal 7. Segundo o autor, as áreas de topografia movimentada correspondiam às feições de textura fotográfica fina. O termo textura fotográfica fina foi utilizado por analogia, uma vez que tais porções da imagem correspondiam a áreas de textura topográfica fina, ou seja, áreas com pequeno espaçamento entre os cursos de água.

Valério et al (1976), trabalhando com imagens do LANDSAT-1, concluíram que a interpretação visual das imagens do canal 6 permitiu a separação de três classes de relevo na região de Ribeirão Preto e Dourados/Amambai: suavemente ondulado, ondulado e montanhoso.

Sallas et al (1973) utilizaram o grau de dissecação do relevo para separar áreas de diferentes declividades através de imagens do LANDSAT-1. Os autores, entretanto, não esclarecem sobre a metodologia utilizada.

O processo de erosão acelerada que está ocorrendo no sul do Estado do Arizona vem sendo acompanhado através da utilização de imagens do subsistema de varredura multiespectral do LANDSAT e fotografias aéreas em grande altitude. Para esse tipo de acompanhamento, Morrison et al (1973) concluíram que as imagens do canal 5 são as melhores para a identificação de áreas ravinadas. Imagens do canal 7, tomadas durante o fim do outono ou inverno, foram melhores para indicar solos mais sujeitos à erosão.

Palabekiroglu (1974), utilizando imagens do LANDSAT-1, separou uma unidade de rochas graníticas através de seu padrão de lineamentos. Esses lineamentos foram identificados pela oposição entre a textura fotográfica lisa que correspondia a rochas sedimentares e a textura fotográfica com padrão linear que ocorria nas áreas graníticas.

Para Sayn-Wittgenstein e Kalensky (1974) a identificação de padrões de textura deveria receber maior ênfase na interpretação de imagens do LANDSAT-1. Muitos alvos não podem ser identificados apenas com base em sua resposta espectral, que representa apenas parte da informação disponível. Os autores acrescentam que o padrão de textura fotográfica é muito sensível à escala, ou seja, ao tamanho do elemento de resolução. Quanto maior o elemento de resolução, menor a variação relativa entre elementos de resolução e mais lisa a textura. Os autores também sugerem algumas técnicas de reconhecimento automático da variação textural, mas salientam que há necessidade de estudos básicos capazes de esclarecer o significado dos padrões em termos de características do terreno.

Para Haralick e Shanmugan (1974) as feições espectrais, texturais e de contexto são os três elementos básicos na interpretação de imagens. As feições espectrais descrevem variações tonais entre diferentes bandas; as feições texturais contêm informações sobre a distribuição espacial dos valores tonais dentro de uma banda espectral e as características de contexto contêm informações derivadas das áreas vizinhas.

Haralick e Bosley (1973) entendem que o conceito de tom está baseado na variação de cinza dos elementos de resolução, enquanto o de textura se relaciona com a distribuição estatística desses tons. Segundo eles, a textura e a tonalidade não são independentes, uma vez que a textura só é definida pela variação de tonalidade. Os autores salientam que é mais fácil ao observador humano reconhecer e descrever diferentes texturas, do que defini-las precisamente para fins de análise automática.

Os relacionamentos básicos entre tom e textura percebidos intuitivamente fundamentam-se no fato de que numa pequena área da imagem, com pouca variação de tons discretos, a propriedade predominante é a tonalidade; numa área de igual tamanho com grande variação de tons discretos, a propriedade dominante é a textura. Essas características de textura podem estar associadas às características de superfície; por exemplo, uma área granítica altamente erodida pode ser identificada por uma mancha de textura fotográfica grosseira.

Segundo Gimbarzevisky (1974), a falta de cobertura este reoscópica nas imagens ERTS-1 é uma grande limitação ao reconhecimento das características topográficas do terreno. Concluiu, entretanto, que as informações desse tipo tinham que ser inferidas de padrões tonais, texturais, cobertura vegetal e efeito de sombreamento.

Rourke e Austin (1969) consideram que a diferença de declividade das encostas determina variação na quantidade de energia

refletida, provocando modificações na tonalidade em função da maior ou menor declividade do terreno.

Para Morrison e Cooley (1973) as melhores estações do ano para o mapeamento de ravinas, correspondem ao outono e inverno, porque os ângulos mais baixos de elevação do sol reduzem a reflectância e possibilitam o efeito de sombreamento. Sombras escuras tornam-se distinguíveis em ravinas mais profundas que nove metros, quando o ângulo de elevação do sol é menor que 30° . Segundo os autores pode-se distinguir ravinas mais profundas que nove metros quando o ângulo de elevação é menor que 30° , utilizando-se imagens do canal 5 do LANDSAT-1.

Lattman (1973) concluiu que será possível, talvez dentro de uma década, determinar as taxas reais de erosão no Sul do Arizona utilizando imagens orbitais em datas sucessivas. Maruyasu (1973), estudando processos costeiros de erosão, chegou a conclusões semelhantes.

Bergamini (1976) criou um processo de filtragem para as imagens do LANDSAT-1. Esse processo é rapidamente executado pelo sistema automático de classificação I-100. A principal característica desse processo é que ele permite o realce das feições texturais da imagem, permitindo-se uma maior percepção do relevo por parte do observador.

2.5 - REDE DE DRENAGEM

Conforme citação de Koffler (1976), Lueder acredita que, com exceção do relevo, o padrão de drenagem superficial é o indicador mais constante das condições do terreno disponível ao foto-intérprete.

Penteado (1970) reconheceu a importância da rede de drenagem como elemento influenciador dos padrões de ocupação da terra.

Petrone (1970) salientou que no processo de ocupação do interior do território brasileiro, os rios tiveram papel fundamental. Segundo ele, a partir de Recife-Olinda, e particularmente de Salvador, as correntes de povoamento formadas pelos criadores de gado cobriram o território norteadas pelos vales fluviais.

Keller (1970) salientou que o padrão ou ocupação do solo muitas vezes é subordinado à presença da água. Segundo o autor, os campos de cultivo se dispõem em faixas estreitas ao longo dos rios, para manter a proximidade do abastecimento de água.

Conforme citação de Keller (1970), Melo salientou que em áreas de criação extensiva de gado no Nordeste, a instalação de fazendas não se faz de forma anárquica mas é orientada pela presença de cursos de água. Em consequência, nos sertões, a rede de estabelecimentos está amarrada à rede hidrográfica.

Segundo Keller (1970), na Bahia, o sítio da fazenda de criação de bovinos é escolhido em função da distribuição dos cursos de água. Os pastos geralmente se estendem próximo às áreas inundáveis dos vales.

2.6 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

Valério et al (1976) concluíram que o mapeamento da rede de drenagem pode ser feito basicamente através da interpretação visual das imagens do LANDSAT-1 nos canais 5 e 7. Segundo estes autores, o canal 7 é o melhor para o esboço dos rios principais, que são identificados pelo tom cinza escuro. O canal 5 facilita o mapeamento dos cursos secundários, devido à presença da mata galeria. Salientaram também que o traçado da drenagem secundária é dificultado em áreas de vegetação densa, onde a mata galeria se confunde com a vegetação adjacente.

Koffler (1976) concluiu que a análise da drenagem através das imagens do LANDSAT pode ser prejudicada pelas condições da área de estudo. Segundo ele, a alta densidade de drenagem da rede hidrográfica que ocorre na área de Solos Podzolizados de Lins e Marília, em São Paulo, faz com que os canais de pequenas dimensões e pouco espaçados não possam ser individualizados nas imagens. A ausência de matas de galeria, que facilitam a identificação de rios ao nível orbital, foi outro fator negativo da área.

Koffler (1976) salientou ainda que, embora a análise quantitativa dos elementos do padrão de drenagem tenha sido prejudicada pela dificuldade de se obter um traçado suficientemente detalhado da rede de drenagem, as características como densidade de drenagem e textura topográfica puderam ser avaliadas através de feições de textura fotográfica em imagens do canal 7.

2.7 - REDE RODOVIÁRIA

Em termos geográficos, uma rede pode ser conceituada como um conjunto de localizações geográficas interconectadas em um sistema por um certo número de ligações. Neste contexto, quando se analisa uma rede, podem ser levantados diversos tipos de questões entre as quais a distância entre os lugares, o tipo de ligações, o tipo de mercadorias que circula pela rede, e muitos outros aspectos (Haggett and Chorley, 1969).

Diversos estudos realizados por Garrison (1969) e Garrison e Marble, conforme citação de Taafee e Gauthier (1973), demonstraram que existe uma forte correlação entre o estágio de crescimento estrutural de uma rede e o grau de desenvolvimento econômico de uma região. Por outro lado, Carneiro (1969) estudando alguns fatores limitantes do desenvolvimento da região Centro Oeste, mencionou a rede de transporte como um dos elementos infra-estruturais mais importantes para o seu desenvolvimento.

Conforme Haggett (1967), Cole e King (1968), Haggett e Chorley (1969) e Taafée e Gauthier (1973), existem inúmeras formas de abordagem para o estudo das redes de transporte que podem ser aplicadas em função do objetivo da pesquisa, quantidade de informações disponíveis, etc.

Para Haggett e Chorley (1969) o primeiro passo no estudo de redes seria a análise de sua estrutura. Nesse caso, pode-se partir de poucas informações sobre a rede, uma vez que se vai analisar inicialmente um diagrama de ligações, isto é, uma visão em mapa da Rede. Este tipo de abordagem se baseia em alguns princípios da Teoria dos Grafos, que permitem a redução da rede de transportes a um grafo. Os grafos são conjuntos de pontos ordenados que se conectam ou não por meio de linhas. Neste contexto, não é levado em consideração o comprimento ou orientação das linhas nem sua forma (Haggett and Chorley, 1969).

A partir da redução da rede a um grafo, diversas informações podem ser extraídas da simples análise estrutural da rede. Essas informações são resumidas através de índices que expressam o grau de conectividade da rede e a acessibilidade de cada ponto que a constitui.

Para Taafée e Gauthier (1973) uma das características mais importantes da rede quando vista sob essa perspectiva é o grau de conexão entre os vértices. Desde que a expansão e intensificação das

Ligações entre vértices estão diretamente relacionadas ao aumento das facilidades de transporte de pessoas e mercadorias, o grau de conectividade de uma rede indica a complexidade das interações espaciais na área considerada.

Existem diversos índices que podem expressar o grau de conexão entre os vértices de uma rede. Segundo Christofolletti (1972), o índice mais refinado para a avaliação do grau de conectividade de uma rede é o índice Alfa, proposto em 1962 por Garrison and Marble. Este índice é dado pela razão entre o número real de circuitos de uma rede e o maior número de circuitos que a rede poderia ter.

A forma mais simples de descrever a acessibilidade dos vértices dentro de uma rede é através da construção, a partir do grafo que representa a rede, de uma matriz de trajetórias mais curtas (Haggett and Chorley, 1969).

Segundo Taafee e Gauthier (1973) o uso da matriz de trajetórias mais curtas elimina os caminhos redundantes na determinação de nós de maior acessibilidade da rede, dando um valor mais realístico ao valor de acessibilidade de cada ponto da rede. Segundo estes autores o procedimento prático para sua construção foi oferecido por Shumbel. Através dessa matriz, a acessibilidade do ponto é obtida pelo somatório da fileira correspondente a ele. Quanto menor o valor numérico do somatório da fileira referente a um vértice, maior a sua acessibilidade em relação a rede.

Para eles os estágios de crescimento estrutural de uma rede podem ser analisados através dos índices acima propostos. Conforme citação de Taafee e Gauthier (1973), Garrison e Marble demonstraram que há correlação forte entre esses índices e certos fatores indicativos do grau de desenvolvimento de uma região. Eles concluíram que o fator demográfico e as condições físicas da área são de pouca importância para explicar a estrutura da rede, e que os fatores tecnológicos parecem estar mais relacionados ao seu desenvolvimento estrutural.

Outro tipo de abordagem no estudo da rede de transporte de uma região foi também sugerido por Taafee e Gauthier (1973). Trata-se da determinação de índices de densidade da rede para uma região e da comparação desses índices com outras características do ambiente tais como nível tecnológico, ocupação humana, etc. Segundo ele, os índices de densidade da rede se correlacionam positivamente com índices indicadores do grau de desenvolvimento econômico de uma região.

2.8 - IMAGENS LANDSAT-1 NA CARACTERIZAÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA

Existem poucos trabalhos que se referem à caracterização da rede rodoviária através das imagens do LANDSAT-1 devido à relativa simplicidade com que pode ser identificada.

Estes et al (1973) utilizaram o canal 7 para o mapeamento de rodovias, ferrovias, aeroportos e canais. Os autores não esclarecem o motivo da seleção da banda 7 para a caracterização desse tipo de feição.

Foresti et al (1973) para mapeamento de rodovias do Pla
nalto Central do Brasil, utilizaram o canal 5 do imageador multiespec
tral. Segundo eles, as rodovias podem ser identificadas pela tonalida
de clara com que se apresenta nos canais 4 e 5 e por seu traçado li
near. No canal 5, entretanto, devido ao maior contraste entre o leito
da estrada e a vegetação, as rodovias foram melhor caracterizadas.

Na opinião de Malan et al (1973) a maior ou menor facili
dade na reconstituição do traçado de rodovias através de imagens do
LANDSAT-1 depende muito da região em estudo. As rodovias são particu
larmente visíveis quando estão em fase de construção, com o solo expos
to, quando são pavimentadas com material claro e quando atravessam re
giões de cobertura vegetal mais densa. Para o mapeamento de estradas
os autores sugerem o uso de composições coloridas.

Lee et al (1973) comparando a eficiência de diversas
técnicas de "enhancements" concluíram que para a identificação de es
tradas, o melhor procedimento seria a utilização de combinações colo
ridas dos canais 4 e 5, utilizando filtro azul para o canal 4 e verde
para o canal 5.

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - DESCRIÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

De acordo com a divisão política do Brasil, a área em estudo encontra-se localizada no Estado do Mato Grosso, entre os paralelos de 9° e 16° de Latitude Sul e os meridianos de aproximadamente 50° e 54° de Longitude Oeste (Figura III.1), sendo abrangida pelas Folhas SC-22 e SD-22 do Atlas do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 1972).

No que se refere às condições climáticas, a região em estudo apresenta dois tipos de clima, conforme a classificação de Köppen (EMBRAPA, 1975). Ao norte e noroeste da área ocorre o tipo climático Am, caracterizado por ser quente e úmido, com elevado total pluviométrico (2000mm), que compensa a existência de uma estação seca acentuada. De fato, por observações de campo, pode-se constatar a ocorrência de Floresta Equatorial, o que até certo ponto comprova a existência de maiores índices pluviométricos nesta área.

No resto da área ocorre o tipo climático Aw, que se caracteriza pela existência de duas estações bem definidas. Os totais pluviométricos variam de 1020 mm a 2025 mm, mas se encontram concentrados no período que vai de novembro a março, principalmente. No período de abril a outubro a estação é extremamente seca, com chuvas esporá-

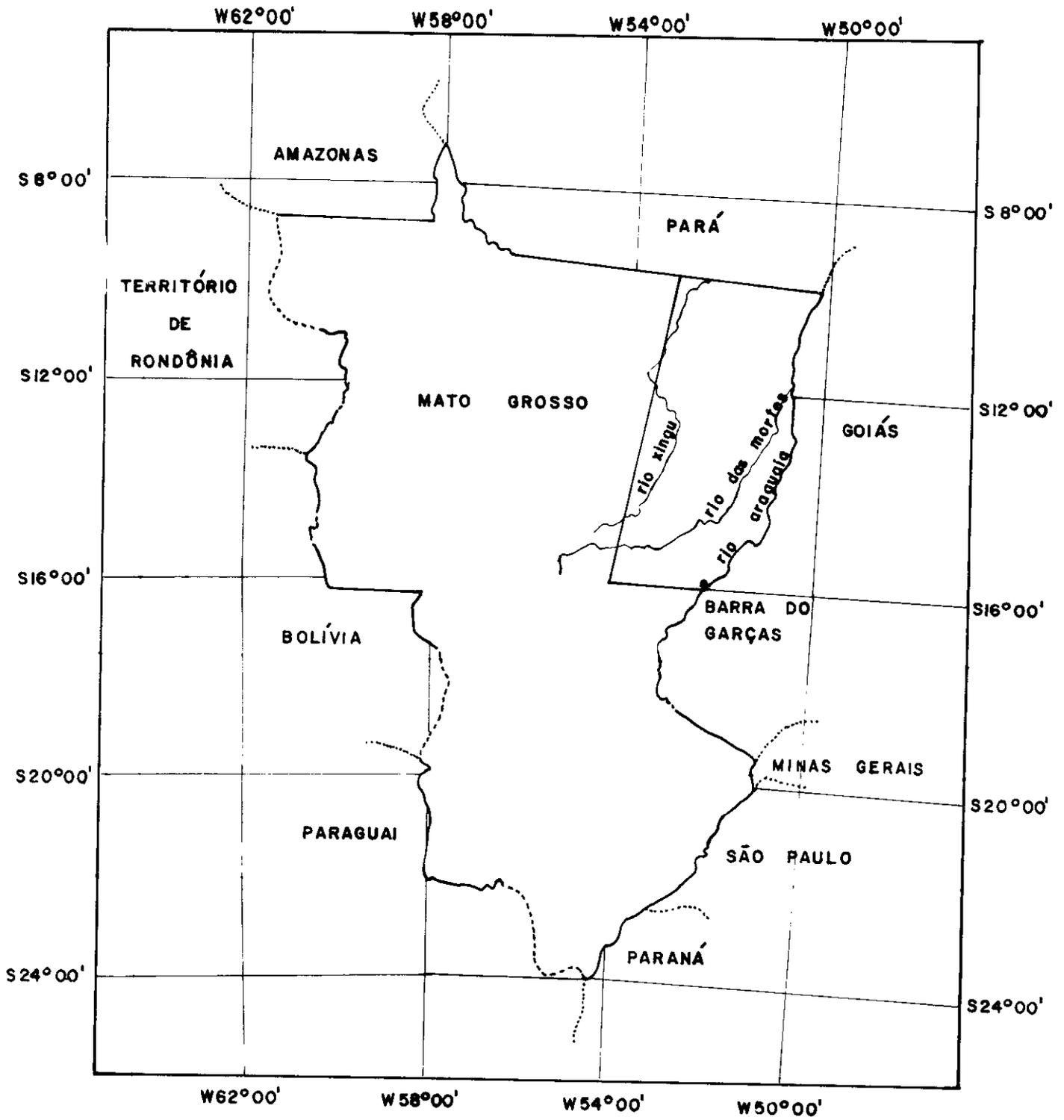
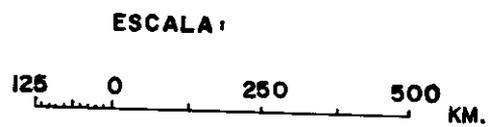


FIGURA III.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA TESTE.



dicas. Estas condições climáticas podem ser associadas à ocorrência de cerrados (Figura III.2).

Quanto à geologia, as primeiras informações sobre a área encontram-se no "Relatório sobre a Expedição ao Xingu em 1884" escrito por Clauss (1959). Nesse relatório, o autor se refere ao Planalto do Mato Grosso, que abrange as nascentes dos rios Xingu, Araguaia, Tapajós, Madeira e Paraguai. Esse planalto, segundo o autor, seria constituído de extensas formações de arenito de idade permiana ou triássica. Segundo ele, o rio Xingu corre até 10° de latitude Sul sobre rochas arenosas. A partir de 10° entra numa província granítica, com o aparecimento de inúmeros turbilhões e corredeiras.

Outro trabalho pioneiro na região é o de Almeida (1948), que percorreu a área desde a cidade de Barra do Garças até a Serra do Roncador. Segundo ele, a maior parte da bacia do Rio das Mortes é recoberta por depósitos aluviais recentes que se encontram tanto nos leitos maiores e baixos terraços, como nos interflúvios 50 metros acima do nível dos rios. Nos aluviões antigos e mais elevados geralmente ocorrem crostas lateríticas. O autor salientou a ocorrência de arenitos de estratificação cruzada, com espessura de até 200 metros, semelhantes ao Arenito Furnas da Bacia do Paranã, estendendo-se desde a Chapada até a Serra Azul, nas proximidades de Barra do Garças, e do Rio das Mortes ao Rio Verde. Na Serra do Roncador o autor reconheceu a existência de camadas do Grupo Alto Paraguai e arenitos e folhelhos devonianos.

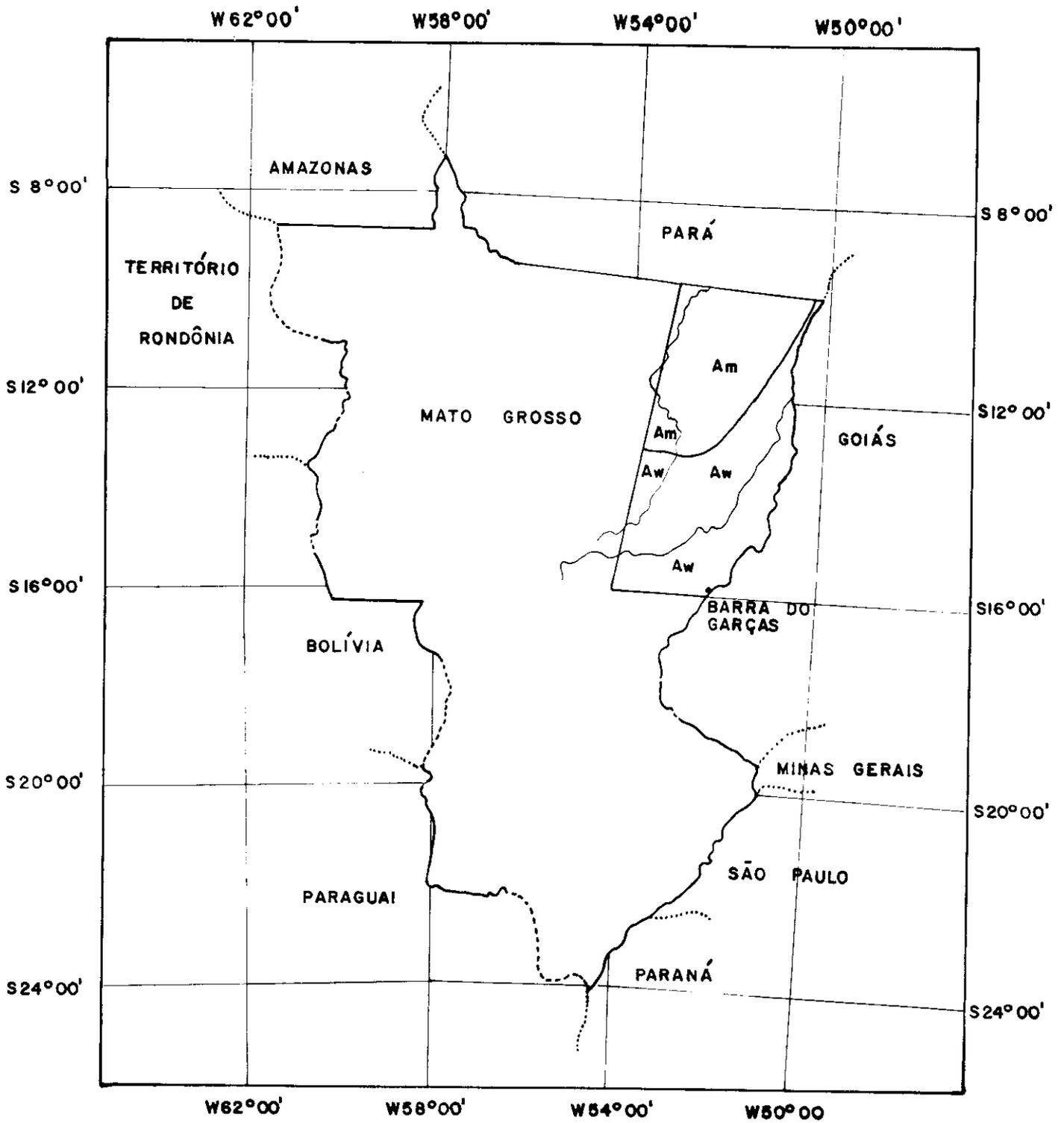


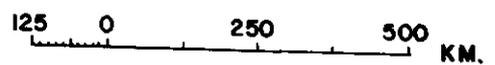
FIGURA III.2 - DISTRIBUIÇÃO DE CLIMAS.

LEGENDA

Am TROPICAL ÚMIDO COM ESTAÇÃO SECA POUCO PRONUNCIADA.

Aw TROPICAL ÚMIDO, CHUVAS DE VERÃO, SECA NO INVERNO.

ESCALA:



(FONTE : EMBRAPA, 1975)

Petri e Fulfaro (1966) reconheceram também a existência de arenito fácies Furnas na Serra do Taquaral, próximos a Barra do Garças. Os autores se referem ainda a falhamentos em bloco na região, demonstrando que a Serra do Taquaral está limitada por um sistema de falhas dirigidas para Norte-Nordeste.

O mais recente trabalho sobre a geologia da região é resultante de compilação bibliográfica, fotointerpretação e trabalho de campo. Trata-se do Relatório das Folhas de Goiás e Tocantins publicado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (1975). Conforme mapa da Figura III.3, pode-se reconhecer cinco principais unidades geológicas na área: Pré-Cambriano Indiferenciado, Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia (Almeida, 1964), Sedimentos da Bacia do Paraná, Depósitos Terciários e Depósitos Quaternários.

A principal área de ocorrência do Pré-Cambriano é no médio Curso do Rio Xingu, a partir de 10° em direção ao Equador, como já havia sido relatado por Clauss (1959). A Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia é constituída por metassedimentos do Grupo Cuiabá e sedimentos do Grupo Alto Paraguai.

Os Sedimentos da Bacia do Paraná que ocorrem nesta região são representados pela Formação Furnas (arenitos brancos e arenitos conglomeráticos e feldspáticos e siltitos), Formação Ponta Grossa (siltitos e folhelhos), e Formação Aquidauana (arenitos cimentados com material ferruginoso e argiloso, siltitos, folhelhos e conglomerados).

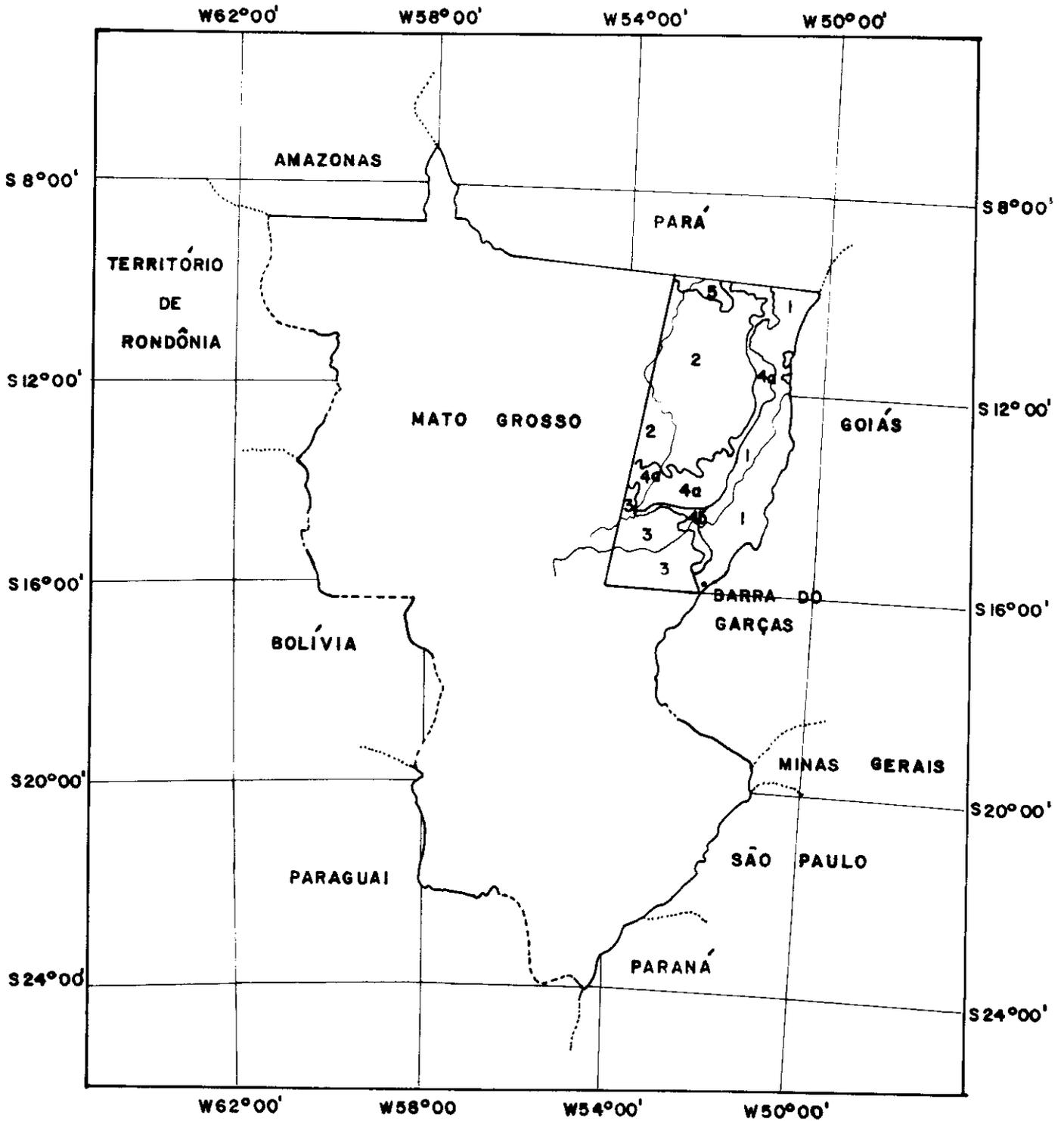
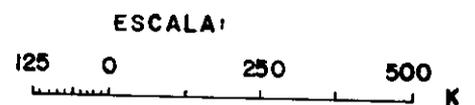


FIGURA III.3 - ESBOÇO GEOLÓGICO.

LEGENDA

- 1 SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS
- 2 SEDIMENTOS TERCIÁRIOS
- 3 SEDIMENTOS DA BACIA DO PARANÁ
- 4a GRUPO ALTO PARAGUAI 4b GRUPO CUIABÁ
- 5 PRÉ-CAMBRIANO INDIFERENCIADO



(FONTE: DNPM, 1975)

Os Sedimentos Terciários são sedimentos detrítico-lateríticos que ocupam os interflúvios da Bacia do Rio Xingu principalmente. O Quaternário ocorre principalmente na Bacia do Rio Araguaia e nas áreas de vales e aluviões, constituindo-se por sedimentos finos.

Existem poucos trabalhos sobre a Geomorfologia da região, sendo que a maior parte das informações se referem ao trabalho de Almeida (1948) e ao Relatório da Folha de Goiás (DNPM, 1975).

Para Almeida (1948), na esculturação do relevo da área, um papel importante deve ser atribuído aos cursos de água, não são devido ao intenso trabalho de degradação do arcabouço rochoso, como também pelo trabalho de escoamento de material detrítico para fora dela. O relevo regional resulta em grande parte do relacionamento entre as características litológicas das rochas e o clima vigente no Centro-Oeste brasileiro. A presença de folhelhos e filitos de fácil decomposição sob essas condições climáticas, provoca uma topografia onde predominam perfis suavizados de colinas pouco elevadas.

No planalto do Rio das Mortes, a presença de sedimentos argilosos produz uma topografia recortada por grande número de pequenos cursos insequentes.

A presença do Arenito Furnas, segundo o autor, dá à região uma das suas principais características geomorfológicas, que é a formação de chapadões extensos e pouco dissecados. Quando esses areg

nitos se encontram sobre filitos, limitam-se geralmente por grandes es car pas de até cem metros de altura. O Arenito Aquidauana, devido ao cimento argilo-ferruginoso, torna-se mais resistente, provocando o aparecimento de escarpas maiores que 200 metros. Geralmente a faixa de transição entre as planícies circundantes e as escarpas areníticas é estreita e com topografia acidentada.

Almeida (1948) distinguiu na área percorrida quatro grandes feições geomorfológicas: o Planalto dos Alcantilados, o Pla nal to do Rio das Mortes, Planalto do Roncador e a Peneplanície do Araguaia.

O Planalto dos Alcantilados é maturamente dissecado e estabelecido em sedimentos que apresentam mergulho suave para Leste e Sudeste. Ao Norte é limitado pelo Planalto do Rio das Mortes e man têm altitudes por volta de 800 metros. Constitui-se na sua maior par te por Arenitos Aquidauana ocorrendo folhelhos e arenitos devonia nos no fundo dos vales.

O Planalto do Rio das Mortes é formado principalmente por um pacote espesso de arenitos devonianos dispostos horizontalmen te. Sobre ele se desenvolve o relevo mais uniforme da região, com ex ten sos chapadões recortados por rios largos e rasos que formam gar gantas profundas apenas nas bordas do planalto. Nesse planalto se desenvolve o alto curso do Rio das Mortes, que mantém um traçado ge ra l no sentido Leste-Oeste, o que reflete, segundo Almeida (1948)

uma perfeita adaptação à direção das camadas. O limite oriental do Planalto do Rio das Mortes é a Serra Azul. Nessa região existem evidências topográficas da presença de um sistema de grandes blocos de falhas, fraturados segundo direção predominantemente nordeste-sudoeste.

O Planalto do Roncador apresenta-se maturamente dissecado, com drenagem dendrítica estabelecida em cobertura sedimentar pouco espessa repousando sobre rochas metamórficas. A Serra do Roncador, ao norte de Xavantina, representa a borda escarpada e festonada de uma cuesta. Em direção a cumieira, a serra acha-se revestida de areiões, com algumas ocorrências de folhelhos, que dão uma topografia mais dissecada. Esse Planalto constitui o divisor de águas entre as bacias fluviais dos rios Xingu e Araguaia.

A Peneplanície do Araguaia estende-se dos planaltos do Rio das Mortes e Araguaia em direção ao Norte, ao longo da bacia do Rio Araguaia. Corresponde ao que Almeida (1948) chamou de superfície de erosão rejuvenescida. Essa superfície corta indiferentemente rochas perturbadas pré-cambrianas, principalmente xistos, granitos e gnaisses.

Segundo o Relatório da Folha de Goiás (SD-22), publicado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (1975), essa região pode ser dividida geomorfologicamente em quatro unidades.

A Planície Araguaia é constituída por sedimentos quater-

nários que preenchem uma alongada depressão modelada em rochas pré-cambrianas. É caracterizada por áreas inundáveis, com lagoas subcirculares e meandros abandonados, onde predomina a sedimentação atual, tornando áreas mais elevadas já submetidas localmente à erosão. Mantém cotas por volta de 250 metros.

A Planície do Xingu corresponde a uma bacia sedimentar cenozóica, principalmente terciária, que preenche uma depressão em rochas paleozóicas. Caracteriza-se por extensas áreas planas que mantêm cotas em torno de 350 metros.

Arqueamentos pós terciários soergueram a borda dessa bacia, dando origem a uma área mais elevada (500 a 550m) denominada Planalto do Roncador. Este apresenta um "front" escarpado em forma de cuesta que é mantida pelas formações Furnas, Aquidauana e Ponta Grossa.

O Planalto da Chapada ocorre a Sudoeste do Planalto do Roncador, estando recoberto por uma camada Laterítica que representa o testemunho de uma superfície de erosão terciária.

Muito pouco tem sido escrito, detalhadamente, sobre a vegetação natural da área em estudo. O que se encontra como bibliografia, são relatórios de viagens, cujos autores dão uma idéia geral da vegetação, ou mapeamentos esquemáticos em escalas muito pequenas, como o mapa de vegetação do Brasil, publicado pelo IBGE em 1970, na escala

1:5.000.000. O trabalho mais recente encontrado é o boletim da EMBRAPA (1975), onde se tem um mapeamento esquemático da vegetação natural da Região Centro-Oeste, como mostra a Figura III.4.

De acordo com esse boletim, as formações vegetais que ocorrem na Região Centro-Oeste variam desde o Norte do Mato Grosso, onde predomina uma formação nitidamente florestal, até o Sul da região, área dominada pelo complexo do Pantanal, transitando por uma graduação de paisagens.

Segundo Guimaraes (1973), a vegetação é um dos aspectos que melhor caracterizam a Região Centro Oeste, distinguindo-se pela sua extensão e particular fisionomia, os cerrados, dominantes nas áreas de chapadas e chapadões, que marcam o relevo regional. Entretanto, devido às suas dimensões e posição geográfica, merecem destaque outros tipos de vegetação, como a floresta úmida, a floresta semi-úmida, os campos limpos e o complexo do pantanal.

Como apenas uma parte da Região Centro-Oeste, o Nordeste do Estado do Mato Grosso, é de interesse na pesquisa, serão descritas separadamente as formações vegetais existentes nessa área.

1. Floresta Equatorial

Na descrição do boletim da EMBRAPA (1975), a Floresta Equatorial ocupa o Norte e o Oeste do Estado do Mato Grosso, cons

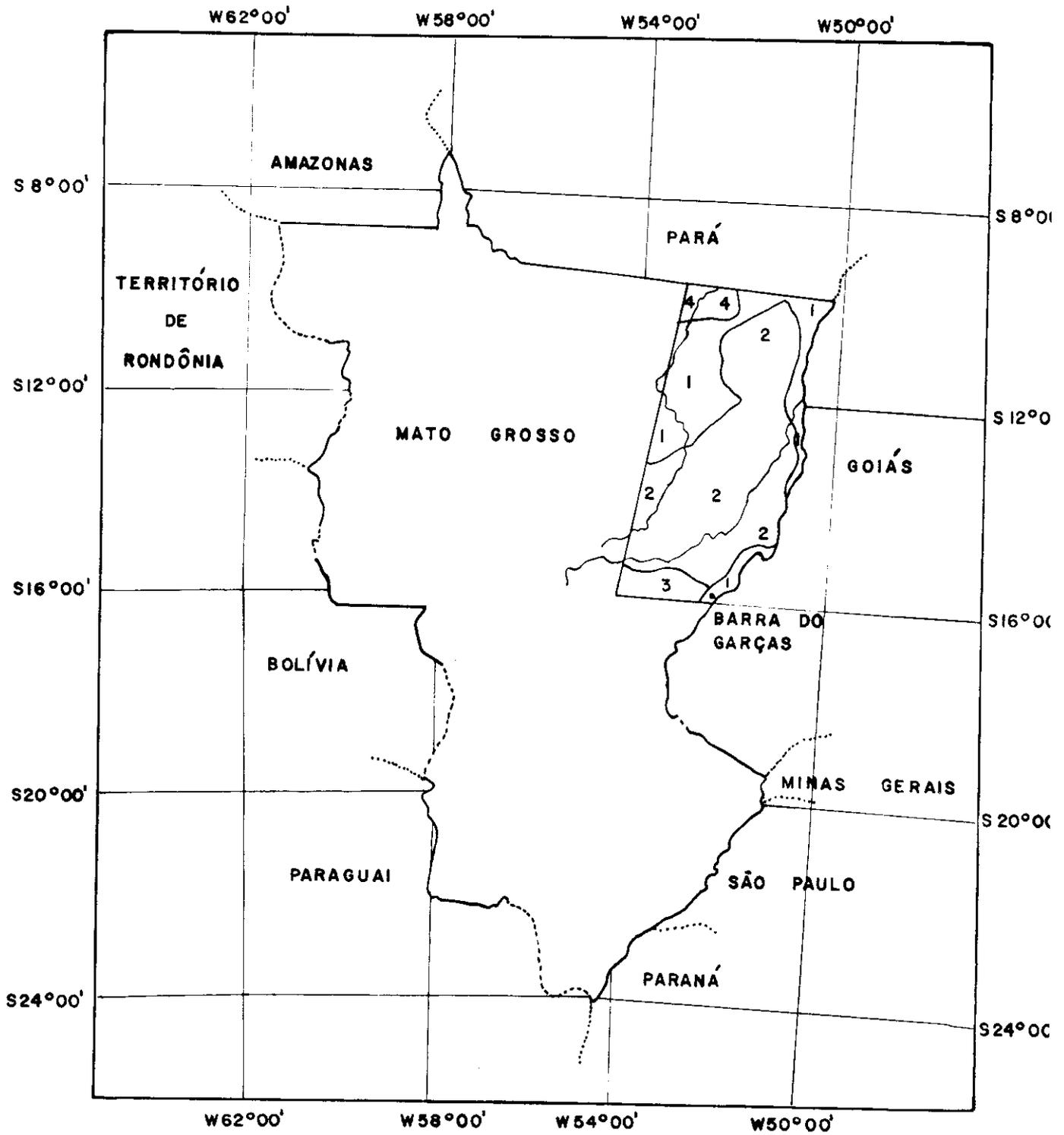
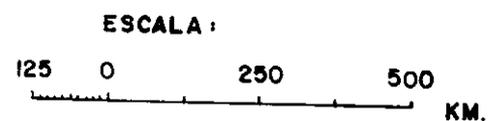


FIGURA III.4 - MAPEAMENTO ESQUEMÁTICO DA VEGETAÇÃO.

LEGENDA

- 1 FLORESTA MESÓFILA
- 2 FLORESTA XEROMORFA - CERRADÃO
- 3 CERRADOS
- 4 COMPLEXO DO RORAIMA E CACHIMBO



(FONTE : EMBRAPA, 1975)

tituindo um prolongamento da Região Norte, e que, em relação a área total da Região Centro-Oeste, ocupa uma área proporcionalmente pequena. No Norte e Oeste de Mato Grosso possui ampla distribuição, transitando em seguida para ocorrências nos vales mais úmidos em áreas ao sul. Possui as mesmas características da floresta equatorial da Região Norte, variando à medida que vai se tornando gradativamente mais seca, devido a mudança climática que ocorre na região, onde o clima é tropical e não equatorial como mais ao Norte.

Kuhlmann (1960) descreve a floresta equatorial como "luzuriante, úmida, verde, estratificada e com grande número de espécies, podendo ser dividida em mata de igapó, mata de várzea e mata de terra firme". A passagem do clima equatorial para o tropical faz-se sentir na predominância das árvores que perdem as folhas na estação seca. As árvores em geral são altas, ultrapassando 15 metros, notando-se um pequeno número de palmeiras e epífitas.

Joly (1970) salienta que a mata de terra firme apresenta composição botânica (espécies) diferentes da mata alagada, mas fisionomicamente são iguais. A maior diferença está na continuidade da cúpula formada pelas grandes árvores, onde cada copa toca a sua vizinha. Como consequência há uma diminuição das plantas herbáceas do solo e das epífitas pela falta de luz, predominando no estrato inferior as palmeiras e cipós.

2. Floresta Mesófila (ou de Transição)

Segundo Kuhlmann (1960), a Floresta de Transição corresponde à floresta semidecídua que ocorre em área de clima Aw e solos arenosos, profundos e porosos. Este tipo de vegetação forma um verdadeiro cinturão em torno da floresta equatorial úmida. De modo geral, predominam neste tipo de vegetação árvores altas de 15 a 20 metros, troncos finos, copa pouco desenvolvida. Há vários estratos, sendo que o mais alto perde quase totalmente as folhas na estação seca.

No boletim da EMBRAPA (1975) este tipo de formação é descrito como uma floresta semelhante à equatorial, mais seca, com características marcantes de maior ou menor perda de folhas na estação seca, tendo por isso, caráter semicaducifólio. À medida que o clima muda, passando de equatorial a tropical, existe uma influência direta na vegetação, aparecendo, devido a este fato, a floresta mesófila.

De acordo com esse boletim, as florestas mesófilas ocorrem no Nordeste do Mato Grosso e Sudeste do Pará, sendo usualmente difícil delimitá-las da floresta equatorial. Este tipo de vegetação são formações tipicamente de transição, assumindo feições distintas de acordo com os solos em que ocorrem e com a intensidade da estação seca prevalecente.

3. Floresta de Galeria (Mata ciliar)

Magalhães (1966) diz que esta formação ocorre nas regiões de dispersão do cerrado. Possuem fisionomia florestal sempre verde em decorrência de certo grau de umidade permanente nas suas áreas. Ocorrem tipicamente no Planalto Central Brasileiro, e sua característica mais evidente é a posição ciliar em relação aos cursos de água, em terrenos planos e ondulados.

Santos (1970) descreve a floresta de galeria como sendo a mata que aparece ao longo dos rios ou nas depressões mais úmidas no meio do cerrado. As condições hidrográficas e topográficas parece que controlam o aparecimento dessa formação.

O autor ainda salienta que a floresta de galeria é uma formação que reflete a influência das chuvas e da umidade do solo. Apresentam-se em geral com um só andar vegetativo composto por espécies arbóreas, sendo que os arbustos e ervas aparecem em pequena quantidade.

4. Floresta Xeromorfa (Cerradão)

Gonzaga de Campos em 1926, conforme citação de Waibel (1958) caracteriza o cerradão da seguinte forma: "O cerradão é mata mais rala e fraca, os indivíduos têm porte menos elevado, que em geral não excede de 12 a 15 metros".

O cerradão, descrito no boletim do EMBRAPA (1975), é uma floresta mais seca que a equatorial e a mesófila, que ocorre no centro de Mato Grosso e em áreas da parte central e norte de Goiás. Trata-se de uma formação mais evoluída do cerrado. Suas espécies são as mesmas do cerrado, apresentando porém, indivíduos que normalmente podem atingir de 10 a 20 metros de altura, com troncos tortuosos, às vezes retilíneos, possuindo copas desenvolvidas que chegam a se tocar, sem contudo impedir a penetração de luz.

Embora exista alguma controvérsia quanto à inclusão do cerradão como formação florestal, Kuhlmann (1954), Rizzini (1963) Christofolletti (1966) e Heringer (1976), consideram-no como uma classe natural de floresta do Planalto Central.

Segundo Heringer (1976), o Cerradão é composto de algumas espécies amazônicas e atlânticas, de ampla dispersão, e de certas espécies de Mata Seca. É formado de árvores que alcançam de oito a dezoito metros de altura e exibem, via de regra, três estratos: arbóreo, arbustivo e herbáceo.

5. Cerrado

Quanto a formações não florestais, o que predomina no Centro-Oeste, é o Cerrado, e em algumas áreas, o Campo Limpo, ou seja, as formações arbóreo -arbustivas, arbustivo-herbáceas e herbáceas.

Setzer (1951) considerou o Cerrado como uma vegetação capaz de resistir a seca, solos pobres e ácidos. Há plantas de crescimento lento, protegidas contra a evaporação por verniz nas folhas enquanto o tronco é revestido por cortiça. Outras possuem raízes aptas a atingir o lençol freático em profundidade.

Kuhlmann (1960) comentou que o Cerrado, apesar de apresentar características diferenciadas, se individualiza pelas adaptações ao meio que se repetem em quase todas as espécies: tronco e galhos retorcidos, folhas grandes, coriáceas, pilosidade, etc.

Christofoletti (1966) e Santos (1970) consideram o Cerrado como uma vegetação composta por dois andares vegetativos: um andar de vegetação de gramíneas, arbustiva, subarbustiva e herbácea contínua e um andar arbóreo de indivíduos esparsos.

Segundo o boletim do EMBRAPA (1975), a estrutura do cerrado é inconfundível nas áreas em que ocorre de maneira mais contínua, revestindo grandes superfícies tabulares contínuas que são características do relevo do Centro-Oeste.

No que se refere às condições climáticas, embora não se tenha nenhum estudo que comprove a correlação clima/cerrado, Christofoletti (1966) salienta que se tem observado a ocorrência do Cerrado em condições de clima bem definidas, caracterizada por duas estações: a do verão, com chuvas de convecção,

quente e úmida, e a do inverno, onde há o abaixamento da temperatura e um período seco.

Joly (1970) comenta que a região onde se encontra o cerrado tem uma marcada estação seca de cinco a sete meses. Esta prolongada estiagem faz com que a vegetação arbustiva e herbácea baixa seque e desapareça. As plantas com sistema radicular mais longo, entretanto, conseguem se manter verdes assegurando o suprimento de água através do lençol freático.

6. Campos

No boletim da EMBRAPA (1975), o Campo é caracterizado por se constituir de formação herbácea. Sua existência parece estar intimamente ligada à topografia, notando-se normalmente uma associação do Campo com a topografia levemente ondulada, sendo encontrado notadamente nos divisores de água, nas encostas das elevações onde o lençol freático aflora e em algumas várzeas de rios.

Os campos, segundo Joly (1970), se desenvolvem em vertentes onde a pouca profundidade do solo impossibilita o desenvolvimento de plantas com sistema radicular profundo. Os campos geralmente são formados por espécies de ciclo vegetativo curto, que se desenvolvem rapidamente na época chuvosa e desaparecem na seca.

7. Campos-Cerrado

Para Warning, segundo Cole (1958) e Guerra (1960), o Campo-Cerrado é caracterizado por uma mistura de gramíneas altas e baixas e de árvores contorcidas de quatro a oito metros de altura. Pode ser fechado, denso ou aberto, permitindo a passagem da luz até o nível do solo.

8. Campos de Várzea

Kuhlmann (1960) definiu os Campos de Várzea como sendo caracterizados pela pobreza de indivíduos, que ocorrem em pequenos tufois isolados de gramíneas e arbustos. Estas características estão associadas aos períodos de grande umidade e de seca extrema a que está sujeita a região em estudo.

9. Complexo de Roraima e do Cachimbo

Trata-se de uma área em que ocorrem os mais variados tipos de vegetação.

3.2. - MATERIAIS

3.2.1 - SISTEMA LANDSAT

Na realização dessa pesquisa foram usados produtos do Sistema LANDSAT (LAND SATELLITE) cuja descrição pode ser encontrada

nos trabalhos da National Aeronautics and Space Administration (1972), Nosseir et al (1975), Valério Filho et al (1976) e Koffler (1976).

A área de estudo corresponde às órbitas 234 e 248, pontos 19, 20, 21, 22 e 23 (Figura III.5). As informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa foram extraídas de dez cenas obtidas através do Subsistema de Varredura Multiespectral (MSS) do LANDSAT-1. Neste trabalho foram utilizadas imagens em preto e branco nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000 nos canais 5 e 7 (Tabela III.1) e fitas compatíveis com computador (Tabela III.2).

3.2.2 - SISTEMA INTERATIVO DE ANÁLISE DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS (IMAGE-100)

O Sistema IMAGE-100 foi desenvolvido pela General Electric Company com a finalidade de realizar classificação automática de imagens orbitais e de aerofotografias por meio de transparências ou fitas digitalizadas.

A função principal do sistema é extrair informação temática de imagens multiespectrais, podendo secundariamente proporcionar um melhoramento da imagem analisada através de subsistemas próprios.

A extração de informação temática é feita de maneira supervisionada e interativa, isto é, o analista tem condições de supervisionar a classificação feita pelo sistema e com ele interagir para modificá-la. O analista define as áreas de treinamento e o sistema

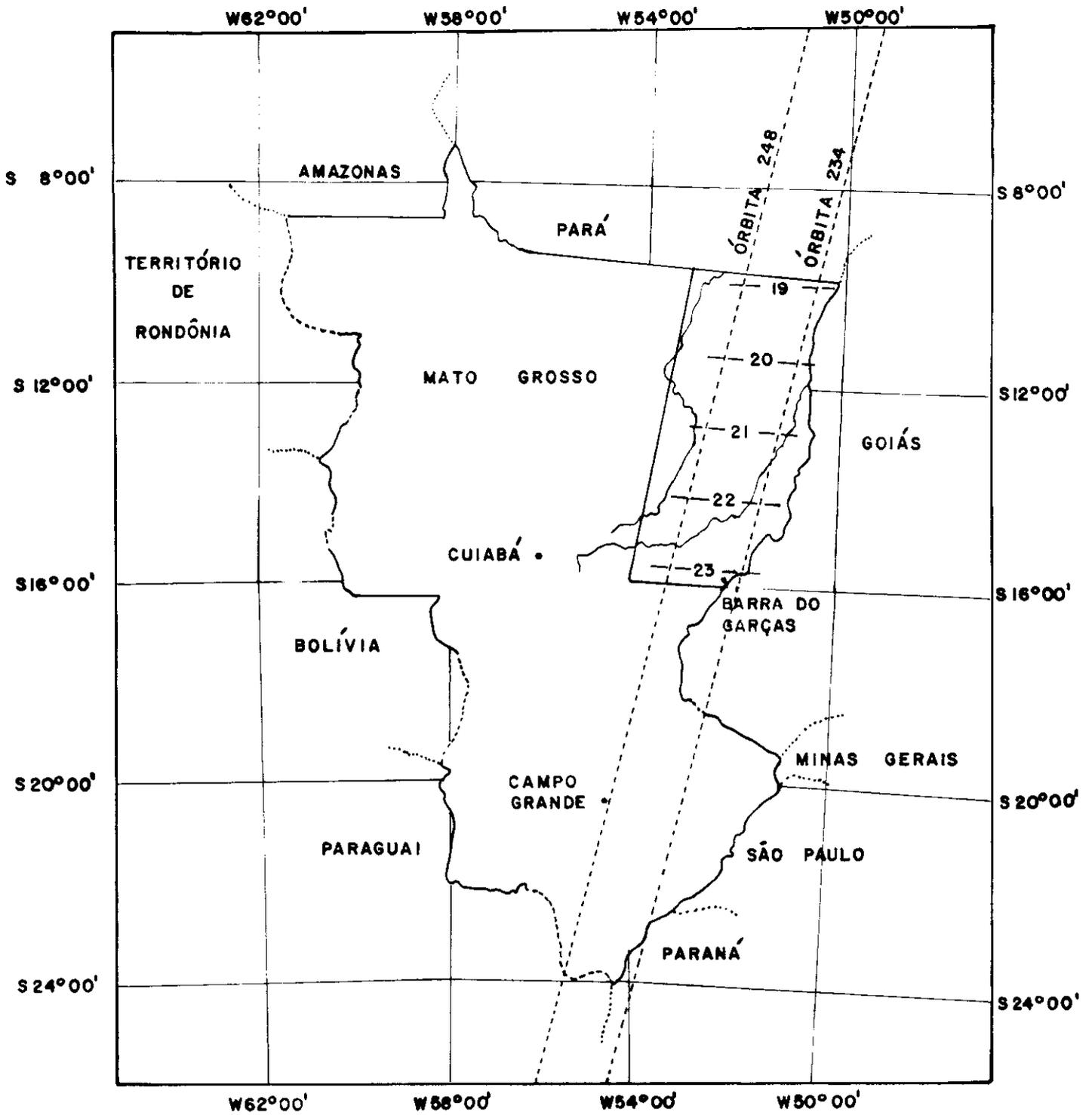


FIGURA III.5 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS IMAGENS QUE RECOBREM A ÁREA TESTE.

ESCALA:

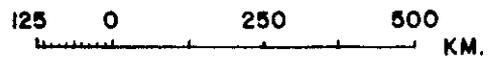


TABELA III.1

RELAÇÃO DE IMAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA

IMAGEM Nº	ÓRBITA	PONTO	DATA	ESCALA	CANAIS
1377 - 12582	234	19	04/08/73	1:1.000.000	5 e 7
1377 - 12584	234	20	04/08/73		
1360 - 13044	248	20	18/08/73		
175152-123730	234	19	01/06/75	1:1.000.000 1:500.000 e 1:250.000	5 e 7
175152-123755	234	20	01/06/75		
175152-123820	234	21	01/06/75		
175152-123845	234	22	01/06/75		
175152-123910	234	23	01/06/75		
175171-124206	248	19	20/06/75		
175171-124231	248	20	20/06/75		
175171-124256	248	21	20/06/75		
175171-124321	248	22	20/06/75		
175171-124346	248	23	20/06/75		

TABELA III.2

RELAÇÃO DE FITAS COMPATÍVEIS COM COMPUTADOR UTILIZADAS NA PESQUISA

FITA Nº	ÓRBITA	PONTO	DATA	CANAIS
1-75-171-12-42-34	248	20	20/06/75	4, 5, 6 e 7
1-75-152-12-37-30	234	19	01/06/75	
1-75-152-12-37-56	234	20	01/06/75	

classifica o restante da imagem com base nas propriedades espectrais medidas nessas áreas.

Para a operação do sistema o analista deve ter conhecimento das áreas de treinamento, a fim de fornecer essa informação ao sistema para que o processo de extração temática possa ser completado.

As áreas de treinamento são caracterizadas por suas assinaturas espectrais, que são definidas como características de um dado objeto ou material em função de sua reflectância em um dado intervalo de comprimento de onda.

A descrição dos componentes do sistema IMAGE-100 (Figura III.6), bem como suas funções encontram-se bem caracterizados no manual de utilização fornecido pela General Electric Company (1975).

3.2.3 - CARTAS TOPOGRÁFICAS

Como base para a coleta de dados e localização de acidentes geográficos foram usadas as Cartas Topográficas SC-22 e SD-22 na escala 1:1.000.000 do Atlas do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 1972), Folha de Canabrava e a Folha Serra das Almas na escala 1:100.000 (S.G.E., 1969).

3.2.4 - MATERIAL DE ESCRITÓRIO

Foram utilizados equipamentos de desenho, máquina de calcular (HP 45), lupa de mesa, lupa de mão, rede milimetrada, papel poliéster estável transparente, lápis cera e prancheta.

IMAGE 100

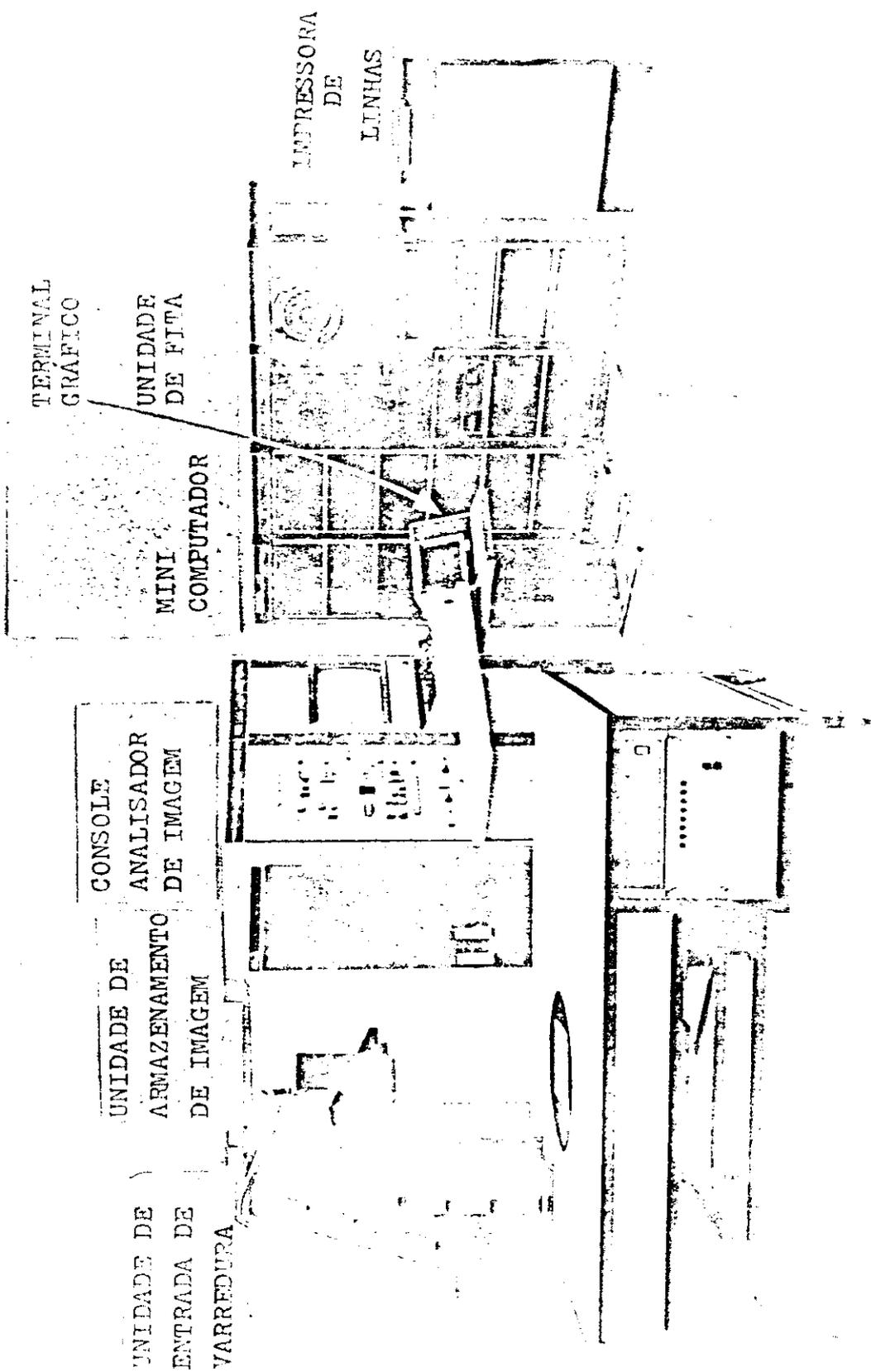


FIGURA III.6 - ESQUEMA DOS COMPONENTES DO SISTEMA IMAGE - 100.

3.2.5 - PROGRAMAS DE COMPUTADOR

No processamento dos dados coletados foram empregados programas de Análise de Superfície de Tendência e Análise de Agrupamento.

3.2.6 - RECURSOS MATERIAIS PARA TRABALHO DE CAMPO

Na realização do trabalho de campo foram empregados os seguintes recursos: máquina fotográfica, altímetro, bússola, fichas de campo (Apêndice A), fichas de sobrevôo (Apêndice B), questionários de campo (Apêndice C), binóculo, lápis cera, imagens LANDSAT-1 nos canais 5 e 7, nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000.

3.3 - MÉTODOS

A metodologia utilizada nesse trabalho de pesquisa consistiu basicamente das seguintes fases:

3.3.1 - LEVANTAMENTO DO PROBLEMA DE OCUPAÇÃO DO NORDESTE DE MATO GROSSO

Nesta etapa foram levantados os problemas da ocupação da região de modo a estabelecer os objetivos desse trabalho de pesquisa.

Dentre os principais problemas da região foram destacados aqueles relacionados à cobertura vegetal, ao relevo, à drenagem, ao sistema viário e à implantação e controle de projetos agropecuários.

Com base nesses aspectos, a finalidade básica desse trabalho de pesquisa foi avaliar o uso de dados orbitais como técnica auxiliar nos programas de controle e acompanhamento para ocupação racional desta região.

3.3.2 - INSPEÇÃO DE IMAGENS DO LANDSAT-1

A inspeção preliminar foi realizada em imagens dos canais 5 e 7, nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000. Visou o levantamento das informações extraídas diretamente da imagem através da análise visual de tonalidade e textura.

Nesta fase foram executadas as seguintes operações:

1. Caracterização da Rede de Drenagem

No esboço da rede de drenagem foram utilizadas imagens do canal 7 para o traçado dos rios principais (Valério et al, 1976). Os cursos secundários em áreas de campos e cerrado foram mapeados através da análise de imagens do canal 5 (Valério et al, 1976). Em áreas de vegetação densa foram utilizadas imagens do canal 7 para o levantamento da rede secundária.

Para a caracterização da rede de drenagem foram interpretadas imagens na escala 1:1.000.000. O esboço da rede foi feito sobre papel poliéster estável transparente para cada imagem. As transparências foram então montadas com base nas coordenadas do LANDSAT-1 para servir de base cartográfica na montagem dos mapas obtidos no decorrer da pesquisa. Serviu também para a coleta de dados sobre as características da rede hidrográfica da região.

2. Caracterização da Cobertura Vegetal

Para a caracterização da cobertura vegetal foram utilizadas imagens na escala 1:1.000.000 nos canais 5 e 7.

A análise visual da tonalidade no canal 5 permitiu a separação de sistemas homogêneos, uma vez que essa banda apresenta maiores diferenças nas respostas espectrais dos diversos tipos de vegetação (Nosseir et al, 1975).

Procurou-se individualizar o maior número possível de sistemas homogêneos correspondentes às variações da cobertura vegetal. Para isso foram utilizadas imagens de baixo contraste que permitiram a discriminação visual de um grande número de tons de cinza.

A análise visual da tonalidade no canal 7 permitiu a identificação de áreas sujeitas à inundação, vegetação de várzea e delimitação de áreas em que as diferenças de cobertura vegetal estavam associadas a diferentes condições de umidade do solo.

A delimitação das unidades foi feita em papel poliéster estável transparente para cada imagem. As transparências foram montadas na base cartográfica fornecida pelo mapa de drenagem.

3. Caracterização das Variações Topográficas

Para essa caracterização foram utilizadas imagens no canal 7 na escala 1:1.000.000 e 1:500.000, que permitiram a individualização de um maior número de unidades de textura fotográfica correspondentes às variações da topografia (Koffler, 1976).

4. Caracterização da Rede-Rodoviária

O traçado da Rede Rodoviária foi feito utilizando-se imagens nos canais 5 e 7 na escala 1:1.000.000.

A análise visual do canal 5 permitiu a definição de estradas tanto nas áreas de vegetação densa quanto nas áreas de campo e cerrado. O canal 7 auxiliou na definição de alguns trechos de estradas em áreas de vegetação densa.

As transparências com o traçado das estradas foram montadas sobre a base cartográfica representada pelo mapa de drenagem.

5. Demarcação de Áreas Desmatadas

A demarcação das áreas desmatadas foi feita sobre imagens nos canais 5 e 7 nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000 em papel poliéster estável transparente.

Para verificar a evolução das áreas desmatadas foram usadas imagens de duas datas diferentes: agosto de 1973 e junho de 1975.

6. Caracterização de Variações de Cobertura Vegetal Dentro das Áreas Desmatadas

Fela análise visual foram observadas diferenças de tonalidade de cinza nas áreas desmatadas, que foram relacionadas às variações na cobertura vegetal. Essas diferenças foram identificadas em imagens do canal 5 nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000.

3.3.3 - LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

Nesta etapa foram coletadas informações bibliográficas e material cartográfico sobre a região.

As informações bibliográficas foram catalogadas por assunto e fichadas de modo a facilitar sua recuperação para consultas posteriores.

3.3.4 - VERIFICAÇÃO DE CAMPO

O roteiro de trabalho de campo foi estabelecido de modo a cobrir o maior número possível de alvos de interesse na pesquisa e realizado através de duas etapas.

A primeira consistiu de sobrevôo a baixa altitude (aproximadamente 300 metros), durante a qual os sistemas homogêneos de vegetação e topografia foram caracterizados através de fichas de sobrevôo e tomadas de fotografias (Tardin et al, 1976). Nessas fichas foram classificadas as variações da cobertura vegetal e da topografia que puderam ser diretamente relacionadas às variações de tonalidade e textura da imagem.

A segunda etapa correspondeu a um percurso terrestre durante o qual foram observados e descritos os mesmos aspectos da fase de sobrevôo, diferindo apenas quanto ao nível de observação. Nesta etapa foram visitados diversos projetos, nos quais foram aplicados questionários, e os proprietários auxiliaram na localização das áreas desmatadas pertencentes a cada projeto.

Os desmatamentos foram inspecionados e as diferenças de

tonalidade da imagem foram associadas às variações na qualidade das pastagens no que se refere à cobertura de gramíneas.

Com relação à análise do sistema viário, foi estimado o tempo médio do percurso por tipo de rodovia. Foi também avaliada a capacidade das imagens LANDSAT-1 para a caracterização de estradas.

Nas duas etapas do trabalho de campo foram utilizadas imagens dos canais 5 e 7 nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000.

3.3.5 - COLETA DE DADOS EM IMAGENS E CARTAS TOPOGRÁFICAS

1. Rede de Drenagem

A análise das características da rede hidrográfica da região foi realizada com base em dados coletados sobre o mapa de drenagem anteriormente confeccionado.

Esta análise visou ao zoneamento da região em áreas com condição de drenagem superficial mais favorável à implantação de pastagens, em atendimento às necessidades verificadas em campo.

Para o estabelecimento dessas unidades, a rede de drenagem foi analisada qualitativamente, sendo distinguidas áreas com padrões homogêneos de arranjo e distribuição de rios (Ricci e Petri, 1965).

Através de uma grade quadriculada de 1 cm x 1 cm foram sorteadas 30 amostras para cada área homogênea. Para essas amostras foram calculados os Índices de Razão de Textura (França, 1968) ou Textura Topográfica (Christofolletti, 1969).

O Índice de Textura Topográfica foi calculado segundo as modificações propostas por França (1968) e é expresso pela fórmula:

$$T_t = \frac{N}{P}$$

onde

T_t = Textura Topográfica da Quadrícula

N = Número de rios dentro da amostra

P = Perímetro da amostra em Km

2. Estabelecimento da Legenda para a Cobertura Vegetal

Durante o trabalho de campo foram estabelecidas correlações entre imagem e alvo que permitiram a atribuição de nomes às unidades mapeadas.

Os limites das unidades de cobertura vegetal foram redefinidos e se estabeleceu a legenda com base na coordenação de informações bibliográficas, informações de campo e dados da imagem.

3. Variabilidade das Condições Topográficas

No trabalho de campo procurou-se verificar a relação entre textura fotográfica das imagens e a variação das condições topográficas.

Para verificar que características da topografia estariam afetando a textura fotográfica foram selecionados os seguintes parâmetros:

- a) Densidade de Drenagem. Pela definição de Horton (1945) esse índice é expresso por:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

onde

Dd = Densidade de Drenagem da Amostra

L = Comprimento Total dos Canais em Km da Amostra

A = Área da Amostra em Km²

- b) Textura Topográfica. Definido anteriormente para a Análise da Rede de Drenagem.

c) Declividade. Segundo Guerra (1972) a declividade é a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte. É expressa matematicamente por:

$$\theta = \text{arctg} \frac{H}{D}$$

onde

θ = Ângulo de Declividade

H = Diferença de nível em metros

D = Distância horizontal em metros

d) Rugosidade. Este índice foi criado para tentar expressar quantitativamente a textura da imagem em termos da percepção visual da rugosidade. De acordo com Haralick e Shanmugan (1974) a textura pode ser definida como a variação da tonalidade dentro de uma banda espectral. O índice de Rugosidade representaria portanto uma contagem das variações de tonalidade dentro de uma área amostrada.

Conforme sugestão de Evans (1972) confeccionou-se uma grade sobre a qual foram amostrados os parâmetros anteriormente selecionados. O tamanho da quadrícula base definido pela grade foi de 0,5 cm x 0,5 cm.

Para a análise do relacionamento entre esses parâmetros foram selecionadas três áreas-testes:

- a) Área Teste do Roncador - Imagem nº 175152-123820 de 01/06/1975, escala 1:1.000.000.

A escolha dessa área teste levou em conta a necessidade de se correlacionar valores de declividade coletados em cartas topográficas com os dados das imagens.

A imagem da Serra do Roncador foi escolhida porque contava com cinco pontos de controle astronômico e grande diversidade de padrões de textura fotográfica sob diferentes condições de cobertura vegetal, representando assim o comportamento da região.

Dentro da região de estudo, a imagem selecionada possuía o maior número de pontos de controle necessários para uma transferência mais segura das informações da carta topográfica para a imagem.

Para essa imagem foram coletados dados de Densidade de Drenagem, Textura Topográfica, Declividade e Rugosidade em cada quadrícula base amostrada.

Como esses índices seriam submetidos a dois tipos de tratamento estatístico, foram realizadas duas formas de amostragem.

A primeira amostragem foi feita aleatoriamente por unidade de textura fotográfica anteriormente mapeada (item 3.3.2).

Devido ao tamanho variado das unidades de textura fotográfica, a amostragem ficou restrita a treze quadrículas-base

por unidade, porque a menor unidade continha apenas treze amostras.

No segundo tipo foram sorteadas 350 quadrículas-base segundo um plano de amostragem aleatória em área, que permitiu que toda a imagem fosse recoberta uniformemente pelas amostras.

Os índices de Densidade de Drenagem e Textura Topográfica foram coletados no mapa de drenagem anteriormente obtido na escala 1:1.000.000. Para a medida do comprimento dos canais foi utilizada régua graduada.

O valor da declividade foi obtido calculando-se a diferença de nível tomada no sentido transversal ao rio principal (rio de ordem superior) e dividindo-se esse valor pela distância entre duas curvas de nível que incluíam a quadrícula-base ou nela estavam incluídas.

O valor do ângulo de declividade para cada amostra foi dado pela média de, no mínimo, três medidas.

O índice de Rugosidade foi coletado contando-se o número de vezes que havia variação de tonalidade dentro de cada quadrícula-base. Na contagem da variação de tonalidade procurou-se atingir o nível de detalhe dado pela capacidade de percepção do olho humano.

- b) Área Teste de Canabrava - Imagem nº 1066-12314 de 27/09/1972, escala 1:1.000.000.

Essa área teste não pertence à região de interesse deste trabalho. Serviu apenas para testar a influência da escala

de coleta de dados de declividade nas cartas topográficas no cálculo do valor de correlação entre o ângulo de declive e a rugosidade da imagem.

Essa área teste é recoberta pela Folha de Canabrava (S.G.E., 1969) na escala 1:100.000. Na sua seleção considerou-se que ela deveria possuir condições semelhantes às da área teste de Roncador quanto à cobertura vegetal e topografia (Nosseir et al, 1975).

Na coleta dos dados de Rugosidade e Declividade foi utilizada a mesma grade já mencionada, segundo um plano de amostragem aleatória em área.

- c) Área Teste de Serra das Almas - Imagem nº 1048-12321 de 09/09/1972, escala 1:500.000.

Esta área teste também não pertence à região de estudo e foi utilizada para verificar se a mudança de escala da imagem afetaria o relacionamento entre Rugosidade e Declividade.

A área recoberta pela Folha Serra das Almas (S.G.E., 1969), escala 1:1000.000, foi selecionada por apresentar condições semelhantes às da área teste de Roncador e Canabrava.

Na coleta dos dados foi mantida a mesma grade, diminuindo-se assim a área do terreno para a qual foram coletados os dados de declividade (Chorley, 1972), em função da escala maior.

As amostras foram sorteadas segundo um plano de amostragem aleatória em área.

4. Rede Rodoviária

Através do trabalho de campo ficou evidenciado que nem todas as estradas existentes podiam ser mapeadas através de análise visual. Para melhorar a definição da Rede Rodoviária foram usados diversos tipos de composição com canais do MSS do LANDSAT-1 e diferentes tipos de filtros, conforme metodologia utilizada por Lee et al (1974). Foram usados também programas de classificação temática através do Image-100.

A análise da rede foi realizada conforme metodologia proposta por Taafee e Gauthier (1973), Garrison (1972) e Cole e King (1969).

A rede rodoviária que une os projetos agropecuários foi primeiramente reduzida a um grafo. Para esse grafo foram então calculados índices de conectividade da rede e de acessibilidade dos projetos agropecuários.

Os índices de conectividade foram calculados pelas fórmulas propostas por Taafee e Gauthier (1973):

- a) Índice Alfa (α). Este índice representa a razão entre os circuitos existentes na rede e o número máximo de circuitos que ela poderia ter. A existência de circuitos pressupõe a existência de caminhos alternativos entre pontos quaisquer da rede.

$$\alpha = \frac{E - V + 1}{2V - 5}$$

onde

α = Grau de Conectividade

E = Número de ligações da rede

V = Número de vértices da rede

- b) Índice Gama (γ). Este índice representa a razão entre o número real de ligações de uma rede e o número máximo que ela poderia ter.

$$\gamma = \frac{E}{3(V - 2)}$$

onde

γ = Grau de Conectividade

E = Número de ligações da rede

V = Número de vértices da rede

Para se determinar os projetos mais acessíveis em relação a todos os projetos ligados pela rede foi utilizada a técnica de construção de Matrizes de Trajetória mais Curtas (Shortest Path

Matrix) conforme Taafee e Gauthier (1973). Na determinação dos valores de acessibilidade foram executados os seguintes passos:

- a) Os projetos foram ordenados tanto nas linhas quanto nas colunas.
- b) A diagonal da matriz foi preenchida por zeros.
- c) Na intersecção de projetos ligados diretamente foi atribuído o valor 1.
- d) Na intersecção de projetos ligados por duas, três ou mais ligações foram atribuídos os valores dois, três ou mais.
- e) O valor de acessibilidade foi obtido através do somatório dos valores inseridos nas linhas.

Os projetos mais acessíveis são os projetos que se conectam por um menor número de ligações a todos os demais.

Considerando-se os mesmos caminhos utilizados na construção da matriz de Trajetória mais Curta foi calculado o tempo de percurso para cada uma das ligações existentes entre os projetos. No cálculo do tempo de percurso foi levada em conta a velocidade média por tipo de estrada.

Foi então construída uma matriz na qual os projetos foram ordenados tanto nas linhas quanto nas colunas. Na intersecção dos projetos foi atribuído o tempo total em minutos gastos em percorrer a ligação entre eles.

O objetivo da construção dessas matrizes foi verificar se os caminhos mais curtos entre os projetos eram os que levavam menor tempo para serem percorridos.

Conforme sugestão de Taafee e Gauthier (1973) foi também calculado o Índice de Densidade da Rede Rodoviária. Esse Índice, em análise posterior a ser discutida, foi relacionado a áreas desmatadas para indicação de locais mais favoráveis a futuras implantações de projetos agropecuários.

A região de estudo foi quadriculada com uma grade de 3 cm x 3 cm, e o Índice de Densidade de Rede Rodoviária foi obtido para cada quadrícula segundo a fórmula:

$$D_r = \frac{L}{A}$$

onde

D_r = Densidade da Rede Rodoviária para cada amostra

L = Extensão total da rede em Km dentro da amostra

A = Área da amostra em Km²

A extensão da rede foi medida com régua graduada, na escala 1:500.000.

5. Controle do Desmatamento

Para o controle do desmatamento foram utilizadas técnicas de análise visual e automática na obtenção dos dados de área dos desmatamentos (Barker, 1975).

No cálculo de área através de análise visual utilizou-se a técnica de contagem em uma grade milimetrada sobre as transparências obtidas na escala 1:250.000.

A análise automática através do Analisador Interativo Multiespectral IMAGE 100 foi realizada conforme as seguintes etapas:

- a) Leitura das fitas compatíveis com computador com correção radiométrica.
- b) Localização do cursor sobre a área de interesse.
- c) Utilização do programa Escala já incorporado ao sistema IMAGE 100 para ampliação do projeto para a escala 1:100.000.
- d) Coleta de amostras de treinamento.
- e) Classificação temática através da aquisição de assinatura de célula única.
- f) Modificação dos limites dos histogramas para melhorar a classificação temática.

- g) Utilização do programa Cálculo de Área também incorporado no sistema IMAGE 100.
- h) Gravação dos resultados.

Para verificar a evolução das derrubadas no período de agosto de 1973 até junho de 1975 foram realizadas as seguintes operações:

- a) Transferência dos limites dos desmatamentos demarcados em imagens na escala 1:1.000.000 de 1973 para transparências com a demarcação das áreas desmatadas obtidas das imagens na escala 1:250.000 de 1975 com o auxílio do aparelho "ZOOM TRANSFER SCOPE" (Bausch & Lomb, 1975).
- b) Cálculo do incremento das derrubadas através da técnica de contagem em uma malha milimetrada.

Para associar a disponibilidade de terra à disponibilidade de estradas para a implantação de projetos agropecuários foram determinadas as porcentagens de área desmatada em toda a região. As porcentagens foram calculadas na escala 1:1.000.000, para quadrículas-base de 3 cm x 3 cm.

6. Avaliação da Qualidade das Pastagens

Foi feita através de análise automática com o uso do Analisador Interativo Multiespectral IMAGE 100. A técnica de

tratamento das fitas foi a mesma utilizada no item anterior, apenas diferindo na coleta de amostras de treinamento, que foi realizada em composições coloridas dos canais 4, 5 e 7.

3.3.6 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

1. Rede de Drenagem

Os valores de Textura Topográfica foram submetidos à Análise de Variância para verificar se havia diferenças significativas entre as unidades mapeadas. Utilizou-se também o teste de Menor Distância Significativa (M.D.S.) entre as médias das classes.

2. Variabilidade das Condições Topográficas

Os dados coletados na Área Teste de Roncador foram submetidos a dois tipos de análise estatística: Análises de Agrupamento e Correlação e Análise de Superfície de Tendência.

Para a análise de agrupamento e correlação foram utilizados testes de estatística não-paramétrica, porque o número de amostras por unidade de textura fotográfica ficou reduzido a apenas 13 quadrículas-base. Conforme Siegel (1956), Koch e Link (1971) e Doornkamp e King (1972), estes testes são aplicáveis quando não se conhece a distribuição dos dados com que se está trabalhando, e o número de amostras não é suficiente para permitir o seu estudo.

Para verificar se havia diferenças significativas entre as unidades de textura mapeadas quanto aos parâmetros escolhidos, foi aplicado o teste de Wilcoxon (Steel e Torrie, 1960). Foi aplicado também o coeficiente de correlação de Spearman para verificar o grau de relacionamento entre os parâmetros selecionados.

A análise de superfície de tendência foi realizada através de um programa "TREND SURFACE ANALYSIS", que permitiu o ajuste de superfície de até o oitavo grau para a distribuição em área dos parâmetros Rugosidade, Textura Topográfica e Declividade.

As saídas do programa citado foram examinadas conforme metodologia sugerida por Doornkamp (1972), Davis (1973) e Amaral (1976).

O primeiro passo nessa análise foi o estudo dos parâmetros estatísticos para a escolha da superfície de melhor ajuste. Segundo Amaral (1976), os parâmetros mais importantes a serem examinados são: a porcentagem da soma total dos quadrados, variância, número F, coeficiente de correlação e a verificação interna em S.

Para Davis (1973), entretanto, a significância de uma tendência pode ser testada através da análise de variância que é um processo de separação da variação total de um conjunto de observações em componentes associados com fontes de variação definidas. Isto quer dizer que, para o autor, o número F é o parâmetro estatístico mais importante.

O segundo passo de análise de superfície de tendência, também sugerido por Davis (1973), constituiu no teste para verificar se existiam diferenças significativas entre ajustes sucessivos.

O terceiro passo na análise, conforme Amaral (1976), consistiu da comparação da porcentagem da soma total dos quadrados de cada uma das variáveis com a porcentagem da soma total dos quadrados de uma distribuição ao acaso para verificar a validade do ajuste.

Após a aceitação da superfície de melhor ajuste, foram traçados perfis que permitiram a comparação da tendência da Declividade e Textura Topográfica com a Rugosidade.

Os dados dos perfis foram por fim submetidos a tratamento estatístico através do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman entre os pares de variáveis.

Os dados de Rugosidade e Declividade coletados tanto para a área-teste de Canabrava, quanto para a área teste da Serra das Almas, foram analisados através da aplicação do coeficiente de correlação de Spearman.

3. Rede Rodoviária

Os dados de acessibilidade quanto à posição do projeto e quanto ao tempo foram submetidos ao teste de correlação de Spearman.

Os valores de densidade de rede rodoviária e de porcentagem de área desmatada foram submetidos à Análise de Agrupamento. Nesta análise foi utilizado um programa que mediu a similaridade entre as amostras num espaço a duas dimensões. Como medida de similaridade foi usado o coeficiente de distância que expressa o grau de similaridade como distâncias num espaço n-dimensional. Quanto menor a distância, maior o grau de similaridade. A fórmula utilizada para o cálculo da distância foi:

$$D_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (X_{ik} - X_{jk})^2}{m}}$$

D_{ij} = Coeficiente de distância

X_{ik} = Valor da variável K na amostra i

X_{jk} = Valor da variável K na amostra j

m = Número de variáveis medidas

FONTE: Davis, 1973

As amostras são agrupadas sucessivamente com base na maior semelhança entre elas. Baseado na sequência de agrupamento o programa constrói um dendrograma, que é a forma gráfica mais usada para a apresentação desses agrupamentos hierárquicos (Sugio e Coimbra, 1974).

4. Controle do Desmatamento

Os dados de área calculados através das duas técnicas de análise foram comparados em termos de tempo de obtenção.

Foi aplicada também análise de variância para verificar se havia diferenças significativas entre os dados de área coletados através das técnicas de análise visual e automática.

Os dados de área desmatada foram comparados com dados fornecidos pela SUDAM, para se determinar a porcentagem de área desmatada em relação à área total de cada projeto.

5. Avaliação da Qualidade das Pastagens

Os dados de área ocupada por pastagens com predominância de gramíneas foram comparados com os dados de área total dos desmatamentos, para se determinar a porcentagem da área desmatada realmente utilizada como pastagens.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - REDE DE DRENAGEM

O levantamento da rede de drenagem foi feito através da inspeção visual das imagens do LANDSAT-1 nos canais 5 e 7. Conforme já havia sido observado por Valério et al (1976), os rios maiores aparecem bem definidos no canal 7 uma vez que, sendo geralmente mais largos, sua lâmina de água absorve maior quantidade da radiação infravermelho, resultando numa tonalidade cinza escuro que acompanha seu traçado.

Utilizaram-se também imagens deste canal no período seco para o esboço da drenagem secundária em áreas recobertas por vegetação densa, pois nessa época existem diferenças entre a resposta espectral da mata galeria e da mata adjacente, devido à diferença de umidade. Ao longo dos cursos de água a tonalidade de cinza torna-se mais escura devido ao maior teor de umidade. Portanto, o uso de imagens do período seco mostrou-se a técnica adequada para o levantamento da rede de drenagem secundária, mesmo em áreas onde há ocorrência de mata densa (Figura IV.1).

As imagens do canal 7 também mostraram-se as mais adequadas à identificação e demarcação de planícies de inundação (Salomonson, 1973).

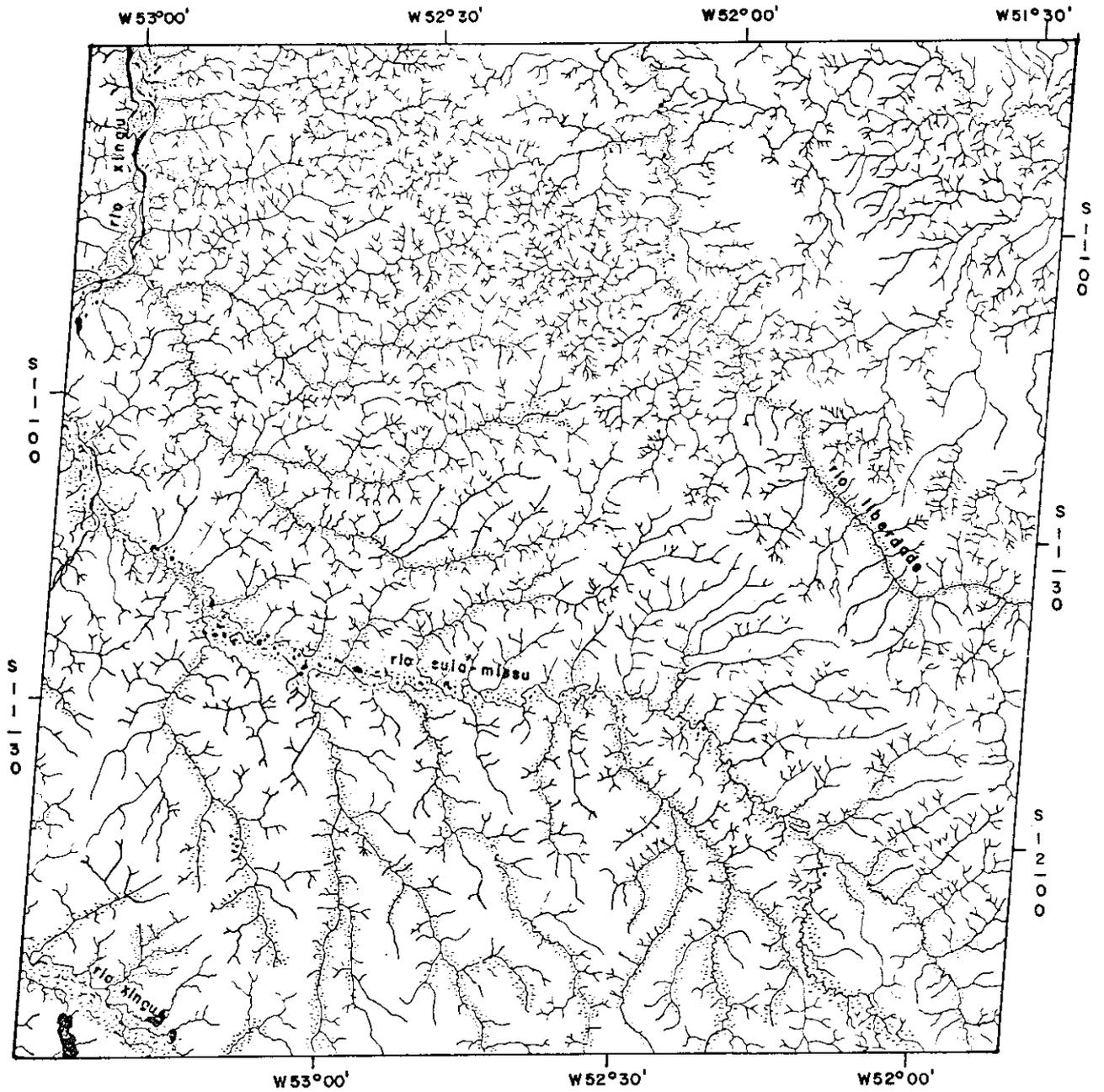


FIGURA IV.1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM SOB VEGETAÇÃO DENSE COM IMAGENS LANDSAT-I DO PERÍODO SECO.

LEGENDA

-  LAGOS
-  RIOS
-  VÁRZEA

ESCALA:
10 0 20 40 KM.

O canal 5 foi usado para o levantamento da rede secundária em áreas de cobertura vegetal pouco densa, devido à diferença de tonalidade entre a mata ciliar, que apresenta tom cinza escuro, e as áreas adjacentes, como já havia sido observado por Valério et al (1976).

Durante a montagem das interpretações das imagens em mapa da região de estudo, encontrou-se dificuldade em ajustar o sistema de coordenadas do LANDSAT ao sistema de coordenadas da Carta do Brasil ao Milionésimo. Além disso, constatou-se que as Folhas SD-22 (Folha de Goiás) e SC-22 (Folha de Tocantins) apresentavam um número reduzido de pontos astronômicos por imagem.

Erb (1973), utilizando a técnica de transferência de pontos de controle de cartas topográficas na escala 1:24.000 para as imagens LANDSAT-1 na escala 1:1.000.000 através de uma grade UTM, concluiu que diferentes características puderam ser localizadas com uma precisão de 200 metros no terreno.

Com o objetivo de avaliar a influência do modelo geodésico na determinação das coordenadas de um ponto, Ferreira e Pavan (1976) fizeram uma comparação entre o modelo matemático que define o sistema geodésico brasileiro e o modelo de Fischer que define o sistema geodésico adotado pelas imagens LANDSAT. Através desse estudo concluíram que o deslocamento teórico existente é em média 200 metros entre um ponto localizado no terreno pelo elipsóide adotado pelo LANDSAT e o

mesmo ponto localizado nos mapas utilizados nos trabalhos. Essa diferença levada para a escala 1:1.000.000 é apenas 0,200 mm o que torna a precisão do sistema LANDSAT perfeitamente aceitável. No que se refere à precisão cartográfica, esta é aceita como 900 metros, conforme o Manual de Usuário (NASA, 1972).

Tendo em vista os resultados das pesquisas acima mencionadas, no presente trabalho optou-se pela confecção da base cartográfica referenciada ao sistema de coordenadas do Sistema LANDSAT, através da montagem de um mapa da rede de drenagem na escala 1:1.000.000, pois esta fornece inúmeros pontos de controle no ajuste das interpretações obtidas em imagens diferentes (Mapa D.1).

O mapa de drenagem foi utilizado também para o estabelecimento de unidades homogêneas em termos da rede hidrográfica. Este zoneamento teve a finalidade de levantar as áreas em que as condições de drenagem superficial fossem mais apropriadas à implantação de pastagens.

Como já havia sido observado por Petrone (1970) e Keller (1970), a disposição e distribuição dos cursos de água é um dos fatores mais importantes na localização dos pastos, tendo em vista a necessidade de abastecimento de água para o gado.

Onde a drenagem é esparsa, com grande espaçamento entre os cursos de água, torna-se difícil para o proprietário delimitar as

pastagens dentro da propriedade de modo a minimizar a distância a ser percorrida pelo gado em busca de água.

No zoneamento da rede de drenagem foi feita primeiramente uma análise qualitativa da mesma, separando-se nove classes homogêneas quanto ao padrão e distribuição de rios.

Tendo em vista que a característica de maior interesse nessa análise era o espaçamento entre os cursos de água, foi calculado o Índice de Textura Topográfica para cada unidade homogênea. Conforme sugestão de Freitas (1952), França (1968) e Koffler (1976), áreas com altos valores de Textura Topográfica apresentam-se intensamente recortadas por cursos de água.

Como pode ser observado na Tabela IV.1, a unidade 9 não foi incluída na Análise de Variância, uma vez que, devido às condições de sua área de ocorrência, não foi possível o traçado da rede de drenagem com o mesmo nível de informação conseguido na área restante.

Os dados de Textura Topográfica coletados em cada unidade foram submetidos a Análise de Variância (Tabela IV.1) para verificar se existiam diferenças significativas entre elas quanto a este índice. Os resultados demonstraram a existência de diferenças significativas entre as unidades, ao nível de significância de 0,01.

TABELA IV.1

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS ÍNDICES DE TEXTURA TOPOGRÁFICA
OBTIDOS DAS CLASSES HOMOGÊNEAS DE DRENAGEM

FONTES DE VARIACÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F CALCULADO	VALOR DE F TABELADO (NÍVEL 0,01)
Tratamentos	7	23,16	3,31	110,33**	2,576
Erro	232	6,36	0,03		
TOTAL	239	29,52			

** Significante ao nível de 0,01.

Através da aplicação do teste de Menor Diferença Significativa (M.D.S.) (Steel e Torrie, 1960), as unidades mapeadas puderam ser reagrupadas em 6 unidades.

A Tabela IV.2 demonstra que houve um agrupamento das unidades 7, 6 e 5, o que pode ser explicado pelo fato de que na separação visual levou-se em conta outros aspectos além do espaçamento entre os cursos de água.

TABELA IV.2

APLICAÇÃO DO TESTE DE MENOR DISTÂNCIA SIGNIFIVATIVA
AS CLASSES HOMOGÊNEAS DE DRENAGEM

VALOR DA M.D.S. (NÍVEL 0,05)	CLASSES							
	8	7	6	5	4	3	2	1
0,078	<u>0,08</u>	<u>0,12</u>	<u>0,14</u>	<u>0,15</u>	<u>0,29</u>	<u>0,33</u>	<u>0,62</u>	<u>1,03</u>
	F	E			D	C	B	A

$$M.D.S. = \left[\sqrt{\frac{2QM_E}{N}} \right] t(0,05) \text{ com G.L.E}$$

onde:

M.D.S. = Menor Distância Significativa

QM_E = Quadrado Médio do Erro (Tabela IV.1)

t = Valor Tabelado de "t"

G.L.E = Graus de Liberdade do Erro (Tabela IV.1)

N = Número de Observações em cada Tratamento

Após a Análise de Variância as classes foram mapeadas e descritas (Mapa D.2):

1. Unidade A

É representada principalmente pelas cabeceiras dos rios Sete de Setembro, Couto de Magalhães, Coluene e Curisevo. Estes rios caracterizam-se, nessa área, por possuírem grande quantidade de afluentes curtos, pouco espaçados e regularmente distribuídos.

2. Unidade B

É representada pelas cabeceiras dos afluentes da margem direita do médio curso do Rio Xingu, pelas cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do Rio Liberdade e Rio das Mortes. Apesar de apresentarem grande quantidade de rios curtos, elas se encontram relativamente mais espaçadas que na unidade anterior.

3. Unidade C

Sua área principal de ocorrência é formada pelo baixo curso dos tributários da margem direita do Rio Suiã-Missu. Ocorre também na região do médio curso do Rio Tapirapê e dos afluentes

da margem esquerda do Rio das Mortes, já próximo à confluência com o Rio Araguaia. Representa uma área de transição em termos de densidade de drenagem, sendo bem drenada por rios de tamanho médio, distribuídos regularmente pela unidade.

4. Unidade D

É formada pelos afluentes do alto curso do Rio das Mortes. Caracteriza-se por apresentar drenagem densa, porém mal distribuída.

5. Unidade E

Sua principal área de ocorrência é formada pelos afluentes da margem esquerda do rio Suiã-Missu. Ocorre também no alto curso do Rio Araguaia. Caracteriza-se pelo espaçamento grande, porém regular entre os cursos de água e pelo predomínio de rios de tamanho médio.

6. Unidade F

É formada pelo vale do Rio Araguaia e pelo trecho do Rio das Mortes que escoam sobre sedimentos recentes. Caracteriza-se pela pouca quantidade de rios, predominando cursos longos e mal distribuídos.

7. Unidade G

Esta unidade não foi incluída na análise devido à dificuldade encontrada no esboço da rede de drenagem. Conforme Koffler (1976), em áreas com alta densidade de drenagem, rios muito pequenos e pouco espaçados não podem ser individualizados na imagem do LANDSAT-1. Desta maneira, se fossem coletados índices para essa unidade, eles não seriam comparáveis aos das demais unidades individualizadas.

Os critérios de escolha das unidades mais favoráveis à implantação de pastagens em termos de drenagem superficial levaram em conta:

- a) os valores de Textura Topográfica para representar o espaçamento entre os rios.
- b) a variabilidade dos valores de Textura Topográfica para indicar a regularidade do espaçamento entre os cursos de água.
- c) a ocorrência de cabeceiras de drenagem em atendimento ao previsto na alínea C, do artigo 2º da Lei nº 4771 (Brasil, 1971).

As unidades de potencialidade alta seriam aquelas com valor médio de Textura Topográfica, uma vez que valores altos cor

responderiam a áreas com topografia mais acidentada (Freitas, 1952). Valores baixos, por sua vez, representariam áreas com grande espaçamento entre os rios.

Desta forma, as unidades foram ordenadas conforme a potencialidade para a implantação de projetos agropecuários:

ALTA: Unidade C
MÉDIA: Unidade D e E
BAIXA: Unidades A, B e F

4.2 - COBERTURA VEGETAL

A coleta de informações sobre a cobertura vegetal desempenha um papel fundamental nos problemas de controle de recursos naturais (Schumpf, 1973). A caracterização da cobertura vegetal representa, portanto, um dos fatores mais importantes do ambiente, no que se refere à ocupação da terra.

Neste trabalho, o levantamento da cobertura vegetal levou em conta a necessidade de:

1. Indicar áreas onde as condições de cobertura vegetal fossem mais favoráveis à implantação de projetos agropecuários.
2. Indicar áreas de mata densa, em decorrência do estudo que está

sendo realizado no sentido de restringir o desmatamento para a formação de pastagens nestas áreas.

Para isso, foi elaborado um mapa na escala 1:1.000.000 através da análise visual da tonalidade.

A delimitação das variações de tonalidade foi mais facilmente realizada através da análise visual das imagens do canal 5, conforme já havia sido observado por Lee et al (1974), Nosseir et al (1975) e Valério et al (1976). Como os diferentes tipos de vegetação apresentam diferentes taxas de cobertura do solo, áreas com vegetação densa, em que a cobertura do solo é total, apresentam tonalidade de cinza escuro, pois nesta banda a vegetação absorve maior quantidade de energia solar. À medida que vai aumentando a exposição do solo, a resposta da vegetação vai sendo influenciada pela reflexão do solo, e a tonalidade torna-se mais clara, atingindo o máximo onde o solo é totalmente exposto.

Como a disponibilidade de água para as plantas afeta diferencialmente as formações vegetais, o uso de imagens do período seco permitiu sua discriminação através da resposta espectral, uma vez que certas espécies perdem as folhas na estação seca, outras amarelecem e outras, ainda, conseguem se manter verdes.

Na faixa espectral do canal 7, há grande absorção de energia solar pela água, e por isso, as unidades de cobertura vegetal

caracterizadas por se localizarem em ambientes úmidos foram separadas mais facilmente neste canal. Como a vegetação reflete grande quantidade de radiação infravermelho nesta faixa, existe maior contraste entre áreas sujeitas ou não à umidade. No canal 5, esta distinção é dificultada porque a umidade do solo não influencia significativamente a reflectância na região de 600 a 700 nanômetros, tornando sua resposta espectral semelhante a outras formações vegetais.

As imagens dos canais 5 e 7 permitiram, portanto, a identificação de sistemas homogêneos em função principalmente da variação de tonalidade. Através de trabalho de campo na área (Tardin et al, 1976) foram estabelecidas chaves de interpretação para esses sistemas em termos de cobertura vegetal.

Na escolha da legenda levou-se em conta que ela deveria ser compatível com a escala de trabalho, adequada às condições da região e adaptada aos objetivos do levantamento da cobertura vegetal.

Com base nas informações bibliográficas e no levantamento de campo, as unidades mapeadas na imagem foram classificadas nos seguintes tipos de cobertura vegetal (Mapa D.3).

1. Mata Densa

Apresenta tonalidade cinza escura homogênea no canal 5, que resultou da cobertura contínua do solo por essa formação. No

canal 7 apresentou tonalidade cinza claro devido à alta porcentagem de reflexão de energia infravermelho pela copa das árvores.

2. Mata Fina

Encontrou-se dificuldade em separar a Mata Fina da Mata Densa através da análise visual das imagens, pois seu limite não é bem definido, justamente por se tratar de uma formação de transição (EMBRAPA, 1975).

Como foram usadas imagens do período seco, tornou-se possível sua identificação, pois segundo Kuhlmann (1960), a Floresta de Transição perde as folhas na estação seca.

Esse caráter caducifólio da Mata Fina permitiu caracterizá-la no canal 5, por apresentar tonalidade de cinza escura sem a homogeneidade encontrada na área de ocorrência de Mata Densa. No canal 7, ao contrário, apresentou tonalidade de cinza mais escura que a da Mata Densa.

3. Mata Galeria

Caracterizou-se pela localização ao longo dos cursos de água, nas áreas de campo e cerrado. No canal 5 apresentou tonalidade de cinza escuro em contraste com a tonalidade das áreas adjacentes por se constituir numa vegetação mais densa. No canal 7, a Mata Galeria não apresentou limites bem definidos.

4. Cerradão

Apresentou dois padrões distintos de resposta espectral nas imagens do LANDSAT-1. Na porção sul da área de estudo, na região que se estende aproximadamente de Araguaiana a Xavantina, ocorre uma mancha de Cerradão que apresentou resposta espectral semelhante à da Mata Densa tanto no canal 5 quanto no canal 7. As demais áreas de ocorrência de Cerradão, entretanto, apresentaram tonalidade de cinza mais clara que a da Mata Fina no canal 5.

Através de verificação de campo, observou-se que esta diferenciação na resposta espectral se deve ao caráter perenifólio do Cerradão na região de Xavantina. Nesta área, mesmo na estação seca, o Cerradão apresenta densa cobertura de solo, mantendo sua folhagem normal. No sul da região de estudo este tipo de formação ocorre, geralmente, nas encostas mais úmidas, em forma de manchas descontínuas.

5. Cerrado

No terreno, o Cerrado típico caracterizou-se por possuir o estrato superior mais denso, apresentando maior porcentagem de cobertura do solo pelas copas, embora de modo irregular.

Estas características determinaram no canal 5 uma tonalidade de cinza médio, pouco homogênea, com manchas de tonalidade mais escuras onde há adensamento das copas.

6. Cerrado com Predominância de Substrato de Dicotiledônea

No terreno esta unidade caracterizou-se pelo estrato superior esparsos, permitindo que a resposta espectral fosse influenciada pelo substrato de dicotiledôneas.

Apresentou tonalidade de cinza médio, homogênea no canal 5, pois o substrato apresenta cobertura contínua do solo, e se mantém verde durante toda a estação seca por possuir espécies de sistema radicular profundo.

7. Cerrado com Predominância de Substrato de Gramíneas

Apresentou no campo estrato superior bem mais esparsos que o da unidade anterior e substrato formado principalmente por gramíneas. Como as gramíneas apresentam sistema radicular curto, perdem vitalidade durante a estação seca, adquirindo tonalidade que se confunde com a cor do solo. Estas características produziram uma tonalidade de cinza mais clara que a do cerrado no canal 5.

8. Campos

Devido ao predomínio de gramíneas esta unidade apresentou tonalidade de cinza claro no canal 5.

9. Campos-Cerrado

Apresentou tonalidade de cinza mais clara que a do Cerrado e se caracterizou por estar localizada em áreas de topografia mais movimentada como a das zonas de recuo de escarpas. Segundo Guerra (1960) e Warning, conforme citação de Cole (1958), os Campos-cerrado caracterizam-se por possuírem um estrato inferior com gramíneas e um estrato superior arbustivo esparso.

10. Campos Úmidos

Durante o trabalho de campo essa unidade foi descrita como possuindo vegetação de gramíneas sobre topografia plana, com solos úmidos, arenosos e sujeitos a inundações sazonais.

Na estação seca a umidade do solo diminui, fazendo com que a resposta espectral seja determinada pelo solo arenoso. Em depressões do terreno, onde o acúmulo de água é maior, permanecem áreas úmidas. Destas características resultou tonalidade clara nos canais 5 e 7, com manchas escuras correspondentes às áreas alagadas.

11. Campos-Cerrado Úmidos

No canal 5 esta unidade não se diferenciou do cerrado quanto à tonalidade, distinguindo-se apenas pela presença de manchas mais escuras que representavam áreas alagadas. No campo foi observado que este tipo de formação possui aspecto semelhante aos Campos-cerrado descrito anteriormente.

No canal 7 foi melhor caracterizada, pois apresentou tonalidade de cinza mais escura que a do Cerrado, devido ao maior teor de umidade.

12. Campos de Várzea

No canal 5 esta unidade se apresentou com tonalidade mais clara que a da Mata de Galeria. No canal 7, caracterizou-se por tonalidade escura com numerosos corpos de água. Localizam-se sempre nas planícies de inundação dos maiores cursos água, encontrando-se por isso permanentemente alagados (Hallberg et al, 1973).

Devido à necessidade de indicação de áreas com condições de cobertura vegetal mais favoráveis à implantação de projetos agropecuários, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- a) Mata Densa e Mata Galeria deveriam ser preservadas.
- b) Áreas sujeitas a inundação seriam desfavoráveis ao pastoreio.

- c) Em áreas de vegetação densa, a implantação de projetos exigiria maiores investimentos.

A partir desses critérios, as unidades de cobertura vegetal foram classificadas em três categorias quanto à potencialidade de implantação de projetos:

1. Alta: Cerrado, Cerrado com Predominância de Substrato de Gramíneas, Cerrado com predominância de Substrato de Dicotiledôneas, Campos-Cerrado e Campos.
2. Média: Mata Fina e Cerradão.
3. Baixa: Mata Densa, Mata Galeria, Campos de Várzea, Campos Úmidos e Campos-cerrado Inundáveis.

Pelo mapa de vegetação verificou-se que as tendências atuais de implantação de projetos agropecuários não estão de acordo com os critérios selecionados para a determinação de áreas mais favoráveis a elas em termos de cobertura vegetal. De fato, dos projetos identificados, que recebem incentivos fiscais, 85% foram implantados em áreas de mata densa.

4.3 - VARIABILIDADE DAS CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

Durante o trabalho de campo no Nordeste do Estado de Mato Grosso foi observado que a variação das condições topográficas provocaram variações de textura fotográfica da imagem do canal 7. Com a variação das condições topográficas há variações na iluminação dos alvos, o que determina, portanto, variações na textura fotográfica.

Nesta fase, entretanto, não foi possível determinar que características da topografia estariam afetando a textura fotográfica das imagens. Desta forma, foi necessário selecionar alguns parâmetros que estando relacionados às condições topográficas, poderiam estar afetando a textura da imagem.

As variações de textura fotográfica foram melhor caracterizadas em imagens do canal 7, embora Valerio et al (1976) tenham utilizado imagens do canal 6 para esse tipo de caracterização na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo e Dourados/Amambai, Estado de Mato Grosso.

Pela inspeção de imagens nos canais 6 e 7 para diversas regiões, verificou-se que a melhor banda para a caracterização da textura varia com as características da área de interesse. De fato, Koffler (1976) estudando solos na região de Araçatuba concluiu que o canal 7 era o mais adequado à análise das feições de textura fotográfica para essa região.

Devido à grande extensão em área da região de estudo e da inexistência de fontes cartográficas precisas, selecionou-se a imagem da Serra do Roncador, que serviu de área teste sobre a qual foram coletados os dados necessários ao estabelecimento de relações entre a variabilidade das condições topográficas e a variabilidade da textura fotográfica nas imagens LANDSAT-1.

Para expressar o comportamento da topografia, foram selecionados parâmetros já consagrados como o Ângulo de Declive, a Densidade de Drenagem e a Textura Topográfica. Através do ângulo de Declividade podem ser diferenciadas, por exemplo, topografias planas de topografias dissecadas com predomínio de vertentes íngremes. A Densidade de Drenagem e a Textura Topográfica caracterizam a topografia na medida em que expressam a maior ou menor dissecação do arcabouço rochoso pelos cursos de água. Freitas (1952) já havia observado que áreas com rochas pouco resistentes e solos desprotegidos pela vegetação produzem texturas topográficas mais finas, isto é, com curvas de nível mais cerradas, representando um relevo mais acidentado com grande quantidade de incisões pela drenagem.

Para expressar o comportamento das feições texturais da imagem foi criado o Índice de Rugosidade. Como já foi mencionado anteriormente, a textura pode ser definida como a variação de tonalidade dentro de uma banda espectral. Áreas onde há grande variação de tonalidades apresentam texturas que podem ser definidas como rugosas. Onde a tonalidade varia pouco a textura é definida como lisa.

Desta forma, o Índice de Rugosidade expressa a maior ou menor quantidade de tons de cinza dentro de uma área definida da imagem. Ele representa, portanto, uma contagem das variações de tonalidade percebidas visualmente numa dada porção da imagem.

A coleta dos parâmetros acima mencionados foi feita através de técnicas de amostragens aleatória sobre uma grade de 0,5 cm x 0,5 cm. A definição do tamanho da quadrícula-base da grade procurou conciliar a coleta de dados de rugosidade e declividade. Com uma quadrícula-base muito pequena, não seria possível registrar as variações de tonalidade ao nível de percepção do olho humano (Haralick e Bosley, 1973) pois quanto menor a porção da imagem considerada, menor seria a quantidade de variações tonais perceptíveis visualmente. Por outro lado, o valor do ângulo de declividade, segundo Evans (1972) deveria ser idealmente coletado para um ponto, o que seria impossível devido à escala de trabalho utilizada nesta pesquisa. Portanto, a quadrícula-base deveria ser a menor possível, de modo a determinar uma área mínima no terreno. Quanto menor a quadrícula-base, mais representativo seria o valor de declividade em termos das condições reais do terreno.

Na área teste da Serra do Roncador a análise visual da textura fotográfica no canal 7 permitiu a identificação de 9 unidades de textura variando de lisa a rugosa, sendo que elas não foram hierarquizadas segundo o nível de rugosidade não havendo, portanto, correspondência entre a numeração da Figura IV.2 com o nível de rugosidade.

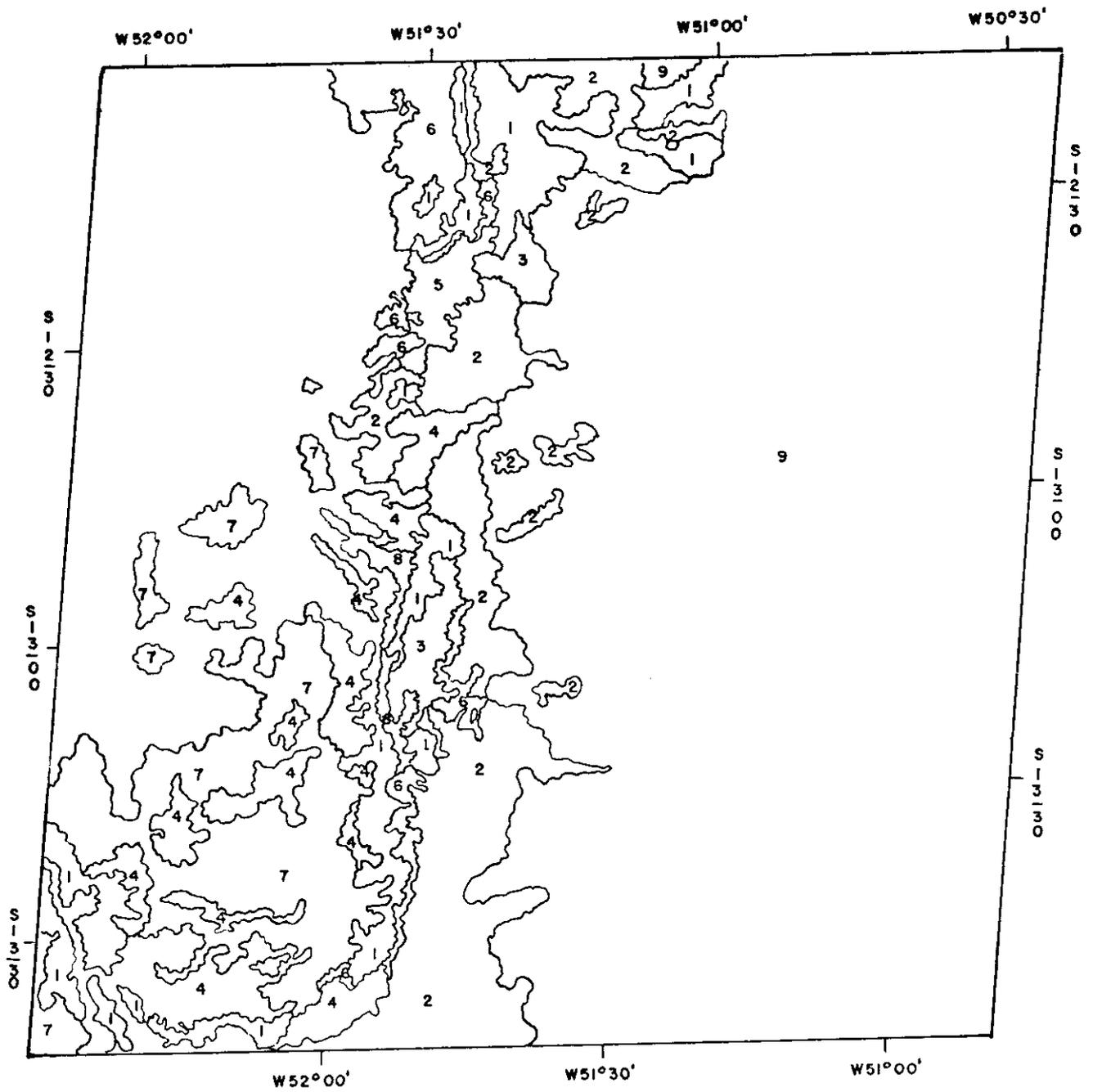
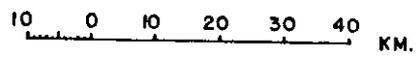


FIGURA IV.2 - UNIDADES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA OBTIDAS POR ANÁLISE VISUAL.

ESCALA:



Para verificar se havia diferenças significativas entre estas unidades quanto aos parâmetros Rugosidade, Textura Topográfica, Densidade de Drenagem e Ângulo de Declividade, foi aplicado o teste de Wilcoxon (Steel e Torrie, 1960) cujo resultado encontra-se resumido nas Tabelas IV.3, IV.4, IV.5 e IV.6.

Para a organização dessas tabelas, as classes de textura fotográfica foram dispostas, tanto nas linhas como nas colunas, segundo a ordem crescente de suas médias (Tabela IV.7). Na intersecção das classes encontra-se representado o nível de significância das diferenças existentes entre elas. Com base nessas tabelas, foram construídos os diagramas da Tabela IV.8.

Pelo exame das Tabelas IV.3, IV.4, IV.5 e IV.6 pode-se verificar que o parâmetro Rugosidade foi o que apresentou maior poder discriminatório em relação às unidades de textura fotográfica identificadas visualmente. De fato, a maior parte das classes apresenta diferenças significativas ao nível de 0.01 quanto ao parâmetro Rugosidade.

Pelo diagrama 1 da Tabela IV.8 pode ser observado que existem poucas ligações entre as classes quanto ao parâmetro Rugosidade, o que permitiu que elas fossem reagrupadas em seis unidades. A representação diagramática dos demais parâmetros demonstrou que eles permitem a discriminação de apenas três unidades. Todos os diagramas entretanto foram consistentes na discriminação da classe 9, que, de fato se apresenta bem diferenciada no terreno, quer quanto à declivi

TABELA IV.3

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA
QUANTO AO PARÂMETRO RUGOSIDADE - TESTE DE WILCOXON

	9	1	2	7	4	3	8	5	6
9		**	**	**	**	**	**	**	**
1			*	**	**	**	**	**	**
2				*	**	**	**	**	**
7					NS	*	**	**	**
4						NS	**	**	**
3							NS	NS	**
8								NS	**
5									**
6									

** *Significante ao nível de 0,01.*

* *Significante ao nível de 0,05.*

NS *Sem diferenças significativas.*

TABELA IV.4

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO
AO PARÂMETRO TEXTURA TOPOGRÁFICA - TESTE DE WILCOXON

	9	1	2	3	7	8	4	5	6
9		**	**	**	**	**	**	**	**
1			NS	NS	**	**	**	**	**
2				NS	*	*	*	**	**
3					NS	NS	NS	**	**
7						NS	NS	NS	**
8							NS	NS	NS
4								NS	NS
5									NS
6									

** *Significante ao nível de 0,01.*

* *Significante ao nível de 0,05.*

NS *Sem diferenças significativas.*

TABELA IV.5

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO
AO PARÂMETRO DENSIDADE DE DRENAGEM - TESTE DE WILCOXON

	9	2	1	3	7	8	4	5	6
9		*	**	**	**	**	**	**	**
2			NS	NS	NS	*	**	**	**
1				NS	NS	NS	*	*	**
3					NS	NS	NS	*	**
7						NS	NS	*	**
8							NS	NS	*
4								NS	*
5									NS
6									

** *Significante ao nível de 0,01.*

* *Significante ao nível de 0,05.*

NS *Sem diferenças significativas.*

TABELA IV.6

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA
QUANTO AO PARÂMETRO DECLIVIDADE - TESTE DE WILCOXON

	9	1	5	2	3	4	6	7	8
9		*	**	**	**	**	**	**	**
1			NS	NS	*	*	*	NS	**
5				NS	NS	NS	*	NS	**
2					NS	NS	NS	NS	**
3						NS	NS	NS	NS
4							NS	NS	NS
6								NS	NS
7									NS
8									

** Significante ao nível de 0,01.

* Significante ao nível de 0,05.

NS Sem diferenças significativas.

TABELA IV.7

MÉDIA DAS CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS RUGOSI
DADE (R), TEXTURA TOPOGRÁFICA (T_t), DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d) e
DECLIVIDADE (D)

\bar{X}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	2,31	3,69	8,62	6,46	11,62	15,54	5,08	9,85	0,85
T _t	0,42	0,36	0,48	0,60	0,68	0,80	0,50	0,56	0,14
D _d	0,30	0,23	0,33	0,40	0,45	0,52	0,34	0,37	0,10
D	0,22	0,49	0,56	0,70	0,31	0,95	1,05	1,49	0,04

TABELA IV.8

DIAGRAMAS REPRESENTATIVOS DOS AGRUPAMENTOS DAS CLASSES DE
TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS SELECIONADOS

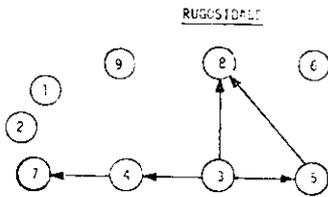


DIAGRAMA 1

AGRUPAMENTOS: 9, 1, 2, (7, 4), (3, 5, 5), 6

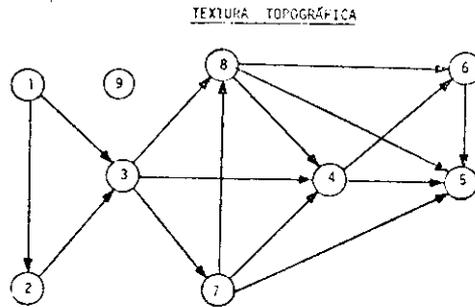


DIAGRAMA 2

AGRUPAMENTOS: 9, (1, 2), (3, 7, 8, 4, 5, 6)

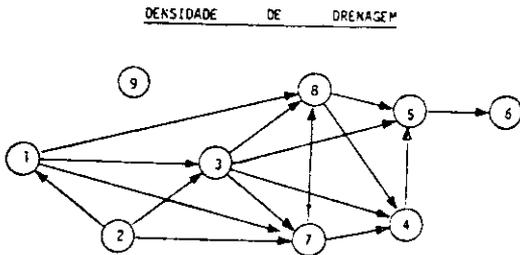


DIAGRAMA 3

AGRUPAMENTO: 9, (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8), 6

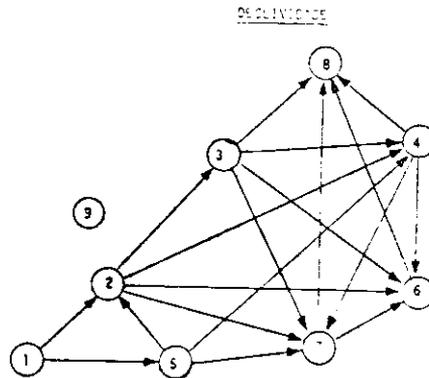


DIAGRAMA 4

AGRUPAMENTO: 9, 1, (5, 2, 3, 4, 6, 7, 8)

dade, quer quanto às condições de drenagem superficial. A classe 9 corresponde no terreno a planície do Rio Araguaia e se caracteriza por ser pouco dissecada pela drenagem, e por possuir declividade em torno de 0° . Na imagem do canal 7 apresenta textura lisa que determinou Índices baixos de Rugosidade. Pela Tabela IV.7, pode ser observado que a classe 9 apresentou os valores médios mais baixos para todos os Índices considerados.

Pelos diagramas da Tabela IV.8, pode-se observar que a classe 6 foi discriminada tanto pelo Índice de Rugosidade quanto pelo Índice de Densidade de Drenagem, apresentando valores médios mais elevados (Tabela IV.7) que as demais classes.

No terreno essa classe corresponde de fato a uma área de topografia movimentada representada principalmente pela área escarpada da Serra do Roncador que se caracteriza por declives fortes e intensa dissecação pelos afluentes da margem esquerda do Rio das Mortes. Essa unidade é também representada por uma área ao norte da Serra do Roncador que se caracteriza por uma topografia fortemente ondulada.

Na imagem essa unidade se caracterizou por uma textura rugosa que determinou um Índice de Rugosidade elevado. Entretanto, devido à dificuldade de mapear os afluentes menores na borda da escarpa que forma a Serra do Roncador (Almeida, 1948), essa unidade não foi discriminada pelo Índice de Textura Topográfica, que considera o nūme-

ro de rios pelo perímetro da amostra. Koffler (1976) encontrou o mesmo tipo de dificuldade para a caracterização da rede de drenagem na região de Araçatuba, concluindo que em áreas densamente drenadas por rios curtos e poucos espaçados, é muito difícil o esboço da rede de drenagem com imagens em escala pequena. Segundo ele, essas áreas correspondem na imagem a porções com textura fotográfica extremamente fina, ou seja, caracterizada pela variação acentuada da tonalidade. O termo textura fina, portanto, seria equivalente ao termo textura rugosa utilizado nesse trabalho.

Quanto ao Índice de Declividade, a não discriminação desta unidade deve-se ao fato de que, por ser representada principalmente pela zona de escarpas de planalto, o ângulo de declive foi afetado pela declividade das áreas aplainadas no topo e na base do escarpamento. Além disso, devido à escala de coleta de dados de declividade (1:1.000.000), a equidistância das curvas de nível (100 metros) excedia a faixa de escarpamento, não acusando a variação nos declives.

Pelos resultados ficou evidenciado que o Índice de Rugosidade apresentou maior poder discriminatório que os demais Índices, confirmando as observações de Haralick et al (1973), segundo as quais a textura fotográfica da imagem é definida pela variação da tonalidade numa dada banda espectral. Desta forma, o Índice de Rugosidade, que é representado pelo número de variações de tonalidade numa quadrícula-base, pode expressar a variação da textura fotográfica nas imagens LANDSAT.

A redução do número de classes separadas visualmente, após a análise estatística do Índice de Rugosidade, pode ser explicada pela capacidade que o olho humano tem de registrar não são variações no grau de rugosidade da textura fotográfica, como também diferenças no seu arranjo. A medida de rugosidade, entretanto, só registrou a quantidade de variação da tonalidade, sem discriminar variações no padrão de distribuição da tonalidade dentro de uma classe.

Através da aplicação do teste de Wilcoxon pôde-se suspeitar da existência de relacionamentos entre a variação da textura fotográfica e os parâmetros selecionados. Como o Índice de Rugosidade pode representar quantitativamente a variação da textura fotográfica, ele foi utilizado para medir o relacionamento entre a textura de imagem e os demais parâmetros que caracterizam a topografia.

Para essa análise foi aplicado o coeficiente de correlação de postos, proposto por Spearman (Steel and Torrie, 1960), pois conforme Siegel (1956), Kock e Link (1971), e Doornkamp e King (1972), é mais adequado ao tratamento das correlações entre distribuições não definidas.

Pela observação da Tabela IV.9, verificou-se que existe uma correlação alta e positiva entre o Índice de Rugosidade e os Índices de Textura Topográfica e Densidade de Drenagem. Entretanto, o relacionamento entre o Índice de Rugosidade e Declividade é baixo.

TABELA IV.9

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE O ÍNDICE DE RUGOSIDADE
E OS ÍNDICES QUE EXPRESSAM VARIAÇÕES DA TOPOGRAFIA

CORRELAÇÃO	TEXTURA TOPOGRÁFICA	DENSIDADE DE DRENAGEM	DECLIVIDADE
RUGOSIDADE	0,90**	0,90**	0,57*

** *Significante ao nível de 0,01.*

* *Significante ao nível de 0,05.*

Pelas observações de campo e pelo relacionamento observado entre o Índice de Rugosidade e os demais parâmetros, era de se esperar um maior valor de correlação entre Rugosidade e Declividade. De fato, diversos autores, tais como Freitas (1952) e Melton, conforme citação de Christofolletti (1974), já tinham demonstrado que em condições ideais, o aumento do valor de Textura Topográfica e Densidade de Drenagem correspondiam a um aumento dos ângulos de declividade das encostas.

Para o baixo valor do relacionamento entre Rugosidade e Declividade, foram levantadas as seguintes hipóteses:

1. Os dados de declividade estariam afetados pelas distorções entre a posição da quadrícula-base na carta topográfica e na imagem do LANDSAT-1.

2. A escala da carta topográfica (1:1.000.000) não estaria sendo sensível à variação da declividade dentro da quadrícula-base devido à equidistância de 100 metros entre as curvas de nível.
3. A escala da imagem (1:1.000.000) estaria determinando uma área muito grande no terreno, dentro da qual haveria grande variabilidade de declives, o que tornaria a declividade média um valor incapaz de expressar a condição dominante da topografia.

Na tentativa de verificar a validade da primeira explicação para os baixos valores de correlação entre o Índice de Rugosidade e Índice de Declividade utilizou-se a técnica de Análise de Superfície de Tendência. Conforme Koch e Link (1971), Doornkamp (1972), Davis (1973) e Amaral (1976), esta técnica permite a verificação da tendência geral da distribuição dos dados numa área. Desta forma, através de sua aplicação foi possível verificar se a tendência do Índice de Declividade era semelhante à tendência do Índice de Rugosidade, tornando insignificante o efeito do deslocamento entre a carta topográfica e a imagem.

Para a escolha da superfície de tendência de melhor ajuste, foi aplicada a análise de variância, conforme sugestão de Da

vis (1973). Segundo o autor, nem sempre o aumento do grau do polinômio que define a superfície de tendência determina um aumento significativo no ajuste.

Através dessa análise verificou-se que, quanto ao parâmetro Rugosidade, havia diferenças significativas entre os ajustes de todas as superfícies (Tabela IV.10). Isto significou que o aumento no grau do polinômio até o oitavo grau determinou um acréscimo significativo no ajuste da superfície à distribuição de pontos. Em relação aos Índices de Textura Topográfica e Declividade, esta análise demonstrou que a partir da superfície sexto grau não havia diferenças significativas com o aumento do grau do polinômio.

Como o objetivo dessa análise era comparar os três parâmetros mencionados, decidiu-se pela superfície de oitavo grau, pois pela inspeção dos parâmetros estatísticos (Tabela IV.11), essa superfície representava o melhor ajuste à distribuição de pontos dos três parâmetros, embora o acréscimo do grau do polinômio não fosse significativa para os Índices de Declividade e Textura Topográfica.

O teste de verificação da validade do ajuste sugerido por Amaral (1976) demonstrou que realmente a superfície de oitavo grau estava representando a tendência da distribuição de pontos analisada. Este teste (Tabela IV.12) consiste na comparação da porcentagem da soma total dos quadrados de um conjunto de números distribuídos aleatoriamente com a porcentagem da soma total dos quadrados de um

TABELA IV.1C

ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TESTAR A SIGNIFICÂNCIA DAS SUPERFÍCIES
DE TENDÊNCIA DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE

FONTES DE VARIÇÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADOS MÉDIOS	TESTE F
Regressão do polinômio de Grau 8	2204,2606	44	50,0968	
Desvio do polinômio de Grau 8	1427,8187	307	4,6509	
Regressão do Polinômio de Grau 7	2100,3122	35	60,0089	
Desvio do polinômio de Grau 7	1531,7673	314	4,8474	
Regressão devido ao aumento do Grau 7 para o Grau 8	103,9484	9	11,5498	2,4834 **

** Significante ao nível de 0,01.

TABELA IV.11

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS SUPERFÍCIES DE TENDÊNCIA PARA O ÍNDICE
DE DECLIVIDADE

NÚMERO DE PONTOS = 350
MÉDIA DE Y OBS. = 0,3291
DESVIO DE Y OBS. = 0,6664
SOMA DOS QUADRADOS DAS VARIÂNCIAS = 155,0027

GRAU 1

MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291
DESVIO DE Y COMP. = 0,2447
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 20,8933
SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 134,1095
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 13,4793
DESVIO PADRÃO = 0,6199
VARIÂNCIA = 20,8933
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,1348
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,3671
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 13,4793
NÚMERO F = 27,0300
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 2
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 347

GRAU 2

MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291
DESVIO DE Y COMP. = 0,2944
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 30,7425
SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 124,7602
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 19,5110
DESVIO PADRÃO = 0,5979
VARIÂNCIA = 39,2425
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,1951
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,4417
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 19,5110
NÚMERO F = 27,7958
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 3
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 344

TABELA IV.11

(Continuação)

<u>GRAU 3</u>	<u>GRAU 4</u>
MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291	MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291
DESVIO DE Y COMP. = 0,3692	DESVIO DE Y COMP. = 0,3957
SOMA DOS QUAD. DAS VAR. DE Y COMP. = 47,5611	SOMA DOS QUAD. DAS VAR. DE Y COMP. = 54,6545
SOMA DE Y RES. = 0,0000	SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 107,4416	SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 100,3483
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 30,6841	PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 35,2603
DESVIO PADRÃO = 0,5548	DESVIO PADRÃO = 0,5362
VARIÂNCIA = 44,5611	VARIÂNCIA = 54,6545
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,3068	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,3526
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,5539	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,5938
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 30,6841	VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 35,2603
NÚMERO F = 37,9269	NÚMERO F = 36,4913
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 4	GRAU DE LIBERDADE NUM. = 5
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 340	GRAU DE LIBERDADE DEN. = 335

TABELA IV.11
(Continuação)

<u>GRAU 5</u>	<u>GRAU 6</u>
MEDIA DE Y COMP. = 0,3291	MEDIA DE Y COMP. = 0,3291
DESVIO DE Y COMP. = 0,4097	DESVIO DE Y COMP. = 0,4332
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 58,5687	SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 65,4924
SOMA DE Y RES. = 0,0000	SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 96,4341	SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 89,5104
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 37,7856	PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 42,2524
DESVIO PADRÃO = 0,5257	DESVIO PADRÃO = 0,5064
VARIÂNCIA = 58,5687	VARIÂNCIA = 65,49
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,3778	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,4252
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,6147	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,6500
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 37,7856	VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 42,2524
NÚMERO F = 33,3027	NÚMERO F = 33,6569
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 6	GRAU DE LIBERDADE NUM. = 7
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 329	GRAU DE LIBERDADE DEN. = 322

TABELA IV.11

(Continuação)

<u>GRAU 6</u>	<u>GRAU 7</u>
MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291	MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291
DESVIO DE Y COMP. = 0,4511	DESVIO DE Y COMP. = 0,4396
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 71,0183	SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 67,4494
SOMA DE Y RES. = 0,0000	SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 83,9844	SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 87,5533
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 45,8175	PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 43,5150
DESVIO PADRÃO = 0,4906	DESVIO PADRÃO = 0,5009
VARIÂNCIA = 71,0183	VARIÂNCIA = 67,4494
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,4581	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,4351
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,6768	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,6596
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 45,8175	VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 43,5150
NÚMERO F = 28,6568	NÚMERO F = 30,2374
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 9	GRAU DE LIBERDADE NUM. = 8
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 305	GRAU DE LIBERDADE DEN. = 314

TABELA IV.12

TESTE DA VALIDADE DE AJUSTE DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU

PORCENTAGEM DA SOMA TOTAL DOS QUADRADOS PARA A SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU			
RUGOSIDADE	DECLIVIDADE	TEXTURA TOPOGRÁFICA	300 PONTOS AO ACASO
60,6887	45,8175	57,1152	14,92 ± 3,00 *

* - Valor da distribuição do por cento da soma total dos quadrados para valores aleatórios (Fonte: Amaral, 1976).

conjunto de números aleatórios. Para a superfície representar realmente uma tendência, sua porcentagem da soma total dos quadrados deve ser superior à da distribuição ao acaso.

A Tabela IV.13 mostra os parâmetros estatísticos definidores da superfície de oitavo grau para os índices de Rugosidade, Textura Topográfica e Declividade.

Embora o objetivo da análise de superfície de tendência tenha sido verificar se os parâmetros Rugosidade e Declividade apresentavam a mesma tendência no espaço, o parâmetro Textura Topográfica

TABELA IV.13

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE
RUGOSIDADE, DECLIVIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA

RUGOSIDADE

MÉDIA DE Y COMP. = 3,0739
DESVIO DE Y COMP. = 2,5060
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 2204,2606
SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 1427,8187
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 60,6887
DESVIO PADRÃO = 2,0169
VARIÂNCIA = 2204,2606
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,6068
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,7790
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 60,6887
NÚMERO F = 52,6505
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 9
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 307

TEXTURA TOPOGRÁFICA

MÉDIA DE Y COMP. = 0,1196
DESVIO DE Y COMP. = 0,0912
SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 2,9224
SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 2,1943
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 57,1152
DESVIO PADRÃO = 0,5791
VARIÂNCIA = 2,9224
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,5711
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,7557
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 57,1152
NÚMERO F = 45,4302
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 9
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 307

TABELA IV.13

(Continuação)

DECLIVIDADE

MÉDIA DE Y COMP. = 0,3291

DESVIO DE Y COMP. = 0,4511

SOMA DOS QUAD.DAS VAR. DE Y COMP. = 71,0183

SOMA DE Y RES. = 0,0003

SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 83,9844

PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 45,8175

DESVIO PADRÃO = 0,4906

VARIÂNCIA = 71,0183

COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,4581

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,6768

VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 45,8175

NÚMERO F = 28,6568

GRAU DE LIBERDADE NUM. = 9

GRAU DE LIBERDADE DEN. = 305

foi introduzido para servir de referencial, uma vez que seu relacionamento com o Índice de Rugosidade já havia sido anteriormente definido, através do coeficiente de correlação de Spearman, esperando-se em consequência superfícies de ajuste semelhantes para esses dois Índices.

Pela análise visual dos gráficos (Figuras IV.3, IV.4 e IV.5), verificou-se que os três parâmetros apresentavam tendências semelhantes de distribuição na área. Todos eles mostraram uma diminuição do valor a partir do centro do gráfico em direção a periferia, definindo um espigão central com valores máximos. Observou-se também, que próximo à área central dos gráficos, as curvas se estreitavam indicando uma maior variabilidade nas condições topográficas. Além disso, observou-se que havia maior variabilidade dos dados, aproximadamente, no sentido Leste-Oeste.

A comparação dessas superfícies teóricas com as condições do terreno demonstrou que elas realmente estavam expressando a tendência da área de estudo. De fato, esta região se caracteriza por apresentar uma zona de topografia mais dissecada representada pelos escarpamentos da Serra do Roncador, que se estendem no sentido Norte-Sul aproximadamente, e que ocupam o centro da área considerada. À medida que se caminha para Leste, em direção à bacia do Rio Araguaia e para Oeste em direção à bacia do Rio Xingu, são encontradas topografias cada vez mais planas.

Pela análise dos gráficos, entretanto, observou-se que havia diferenças no gradiente das superfícies. No caso do Índice de

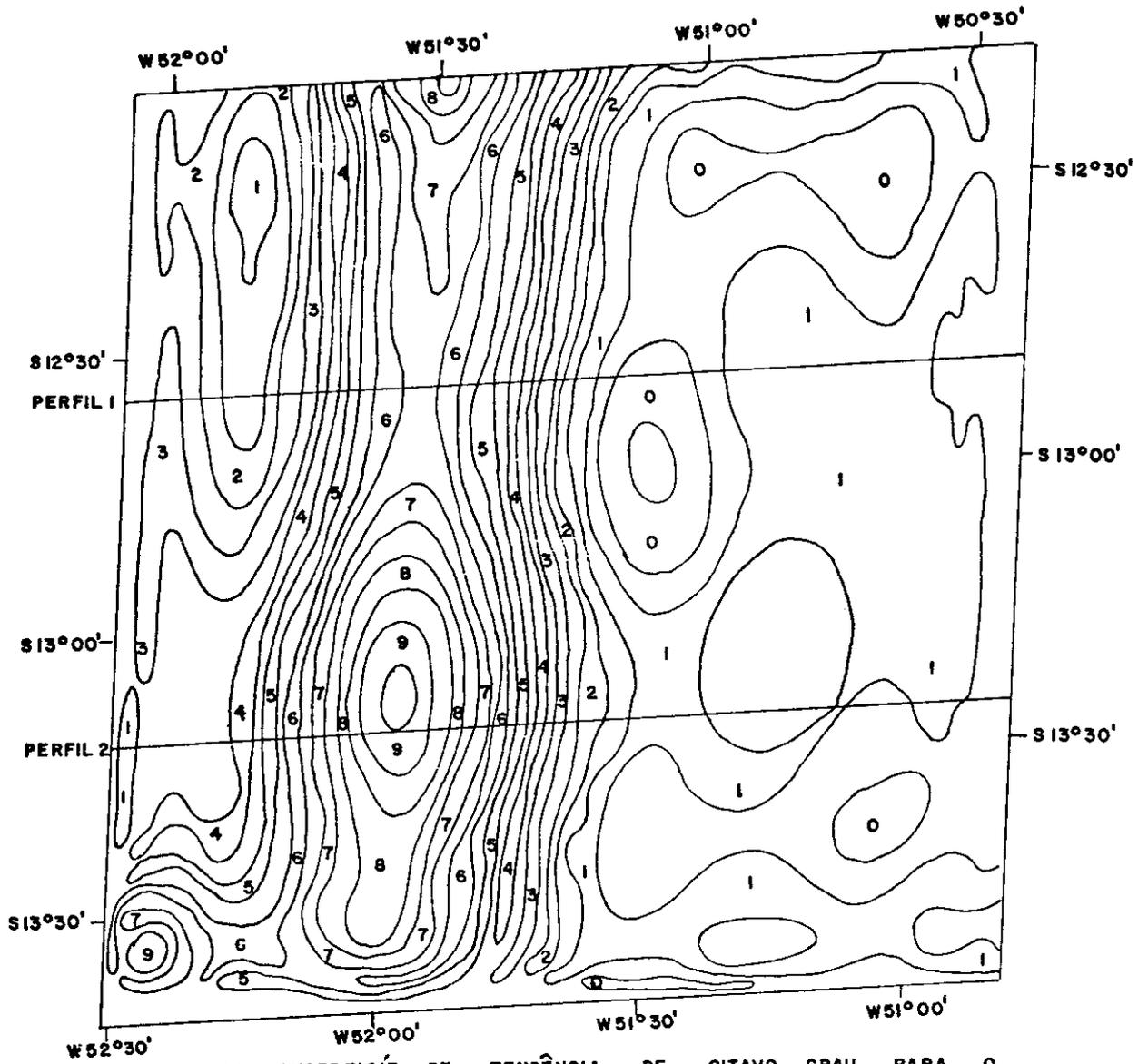
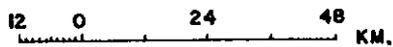


FIGURA IV.3 - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE RUGOSIDADE.

LEGENDA

SÍMBOLO	VALOR MÁX.(Nº DE VAR. TON./ÁREA)	SÍMBOLO	VALOR MÁX.
0	0,500	5	5,500
1	1,000	6	6,000
2	1,500	7	6,500
3	2,000	8	7,000
4	2,500	9	7,500
	3,000		8,000
	3,500		8,500
	4,000		9,000
	4,500		9,500
	5,000		ALEM

ESCALA APROXIMADA:



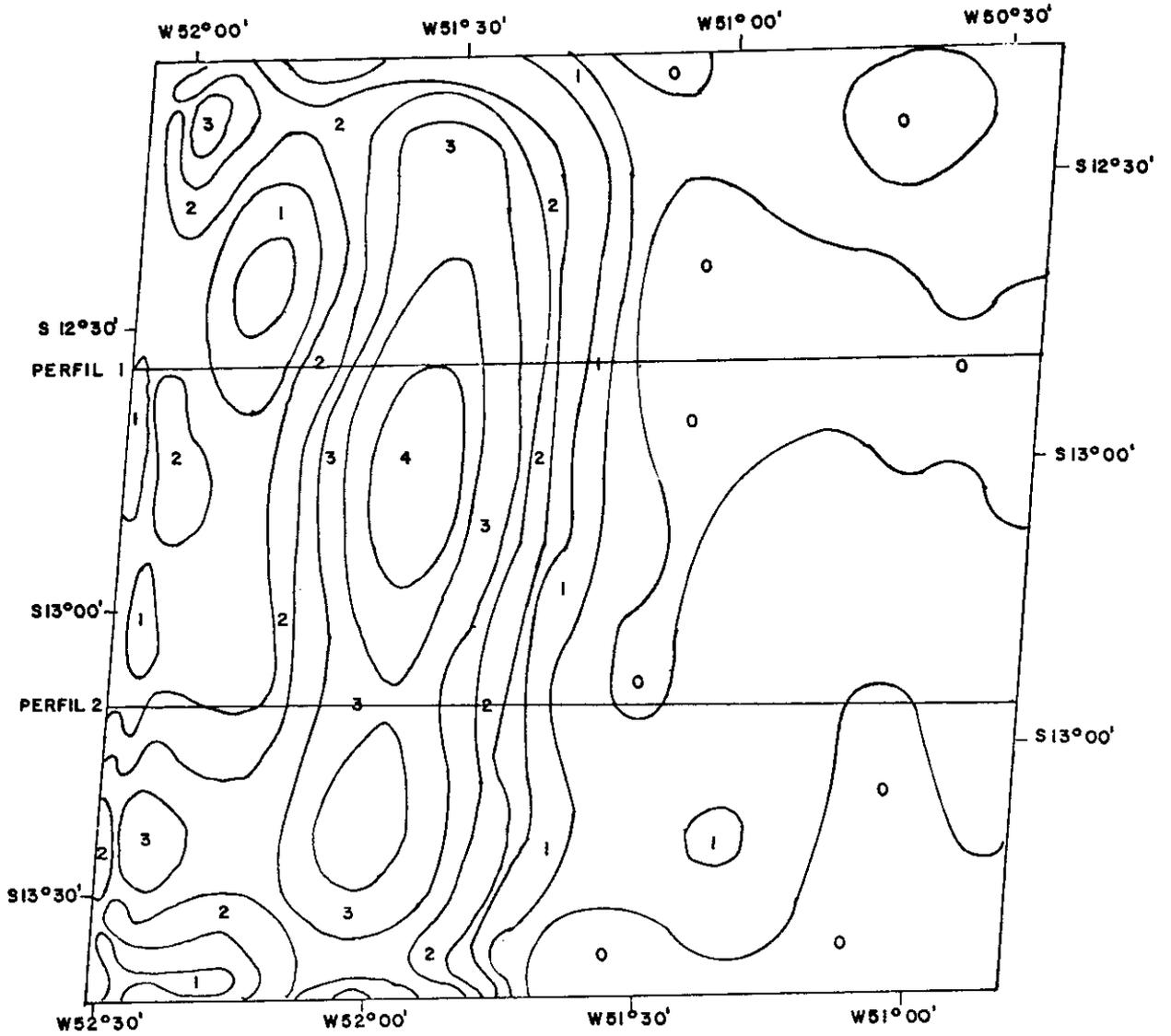
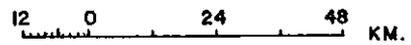


FIGURA IV.4 - SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE TEXTURA TOPOGRÁFICA.

LEGENDA

SÍMBOLO	VALOR MÁX. (Nº RIOS/KM)
0	0,040
	0,080
1	0,120
	0,160
2	0,200
	0,240
3	0,280
	0,320
4	0,360

ESCALA APROXIMADA:



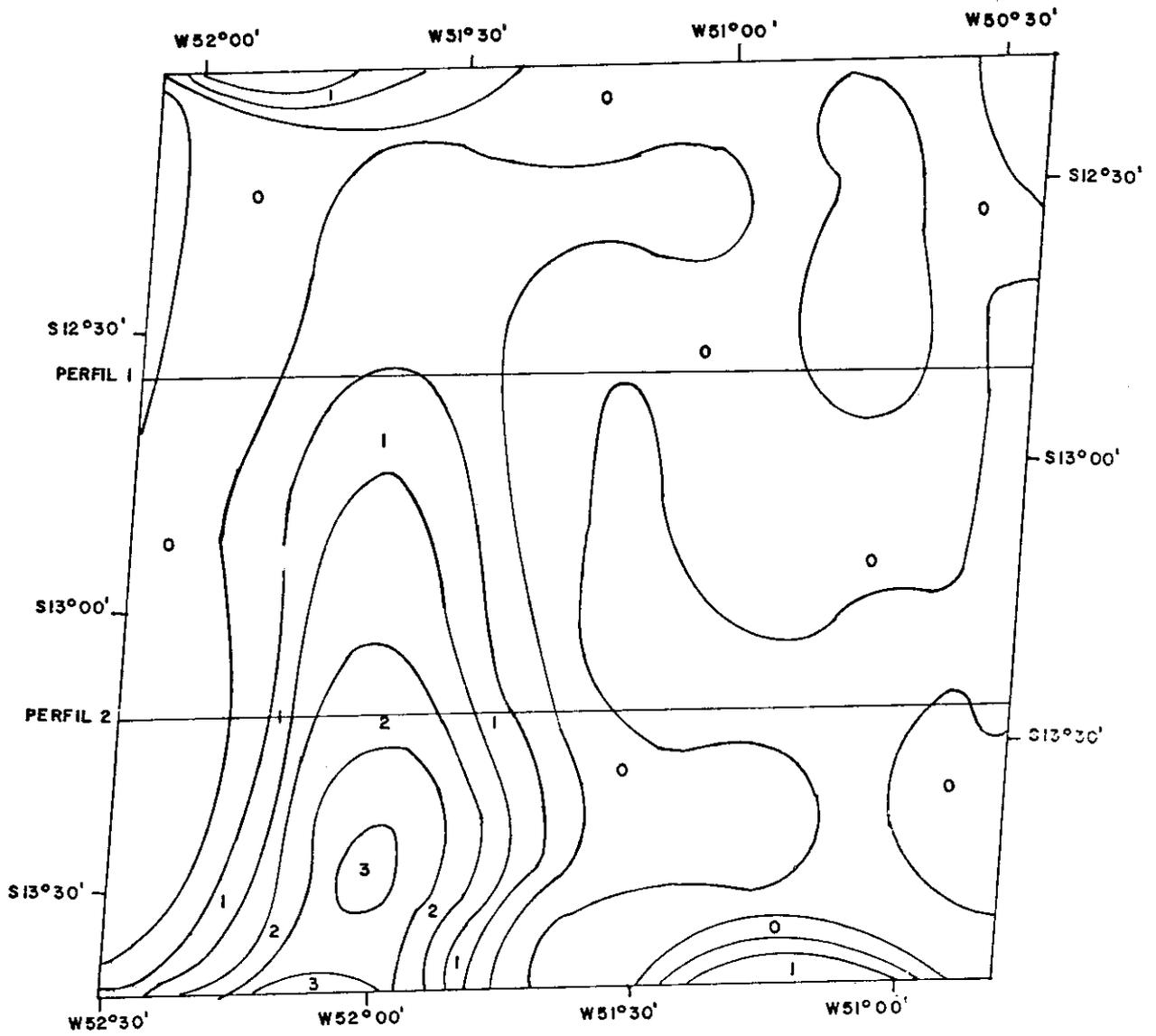
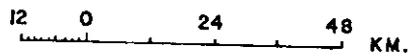


FIGURA IV.8.- SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DE OITAVO GRAU PARA O ÍNDICE DE DECLIVIDADE.

LEGENDA

<u>SÍMBOLO</u>	<u>VALOR MÁX. (GRAUS)</u>
0	0,300
	0,600
1	0,900
	1,200
2	1,500
	1,800
3	2,100

ESCALA APROXIMADA:



Rugosidade, por exemplo, os dados puderam ser classificados em dezoito níveis, enquanto os índices de Textura Topográfica e de Declividade foram classificados em apenas oito e seis níveis, respectivamente.

Isto significou que pequenas variações das condições de Declividade e Textura Topográfica corresponderam a variações mais acentuadas no valor de Rugosidade, embora o sentido da variação tenha sido o mesmo. O perfil da Figura IV.6 ilustra mais facilmente esse fenômeno. As curvas de Declividade e Rugosidade têm aproximadamente a mesma forma, mas a amplitude de variação dos dados de rugosidade é muito maior.

Este fato poderia ser explicado de duas formas. Em primeiro lugar, devido às próprias características da região em estudo, pode-se observar que não há realmente grande amplitude de variação nos valores de declividade. A outra explicação seria a natureza diferente dos dados comparados. No caso de Rugosidade, os valores que a representam possuem distribuição discreta, enquanto que os dados de Declividade e Textura Topográfica apresentam distribuições contínuas.

Para verificar esta última alternativa, foram traçados perfis sobre a superfície de oitavo grau e os dados foram padronizados para a construção desses perfis (Figura IV.7 e Figura IV.8). Esses perfis foram traçados no sentido Leste-Oeste, que é o de maior variabilidade dos dados. O perfil 1 corta uma área com vegetação densa para se analisar o efeito da cobertura vegetal sobre o relacio-

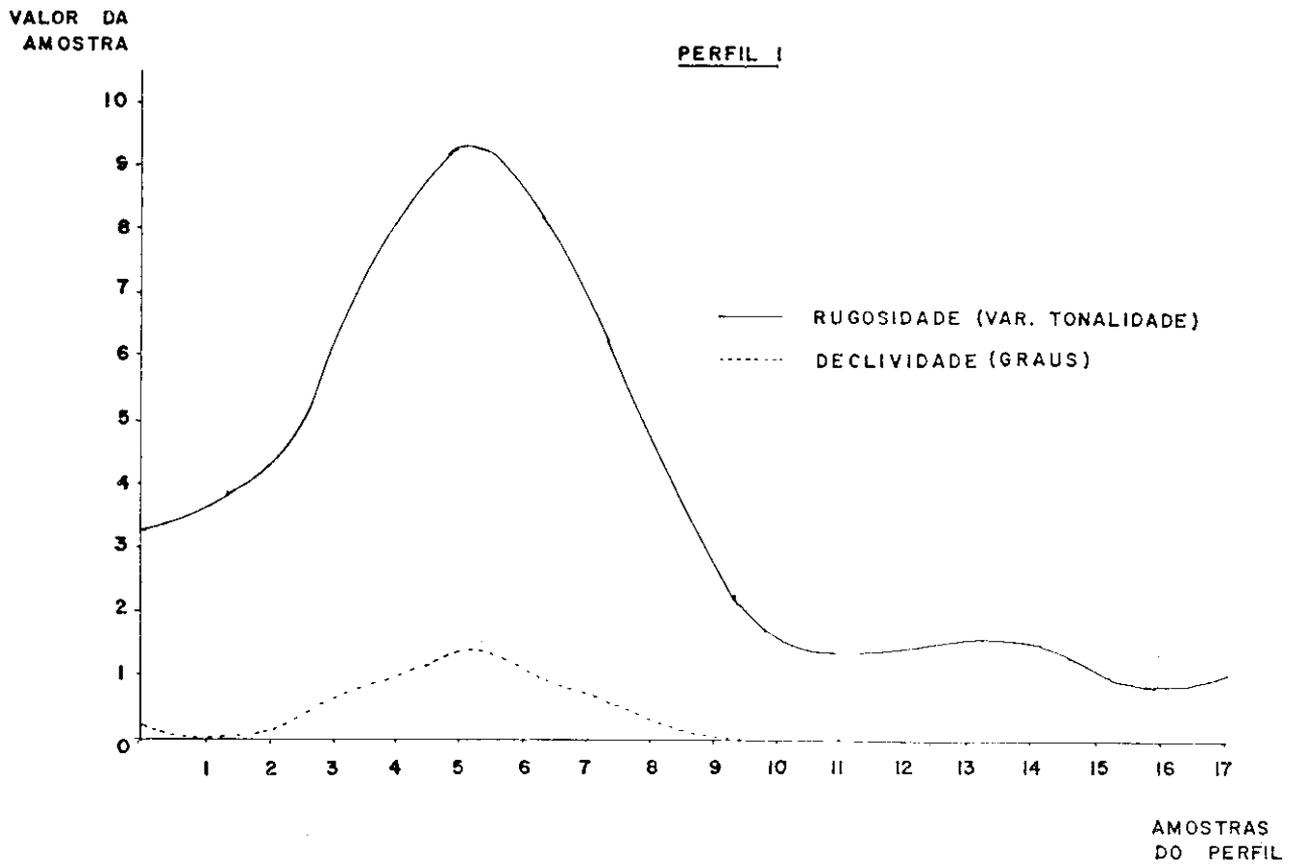


FIGURA IV.6. - PERFIL DOS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE NOS VALORES COMPUTADOS PARA A SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU.

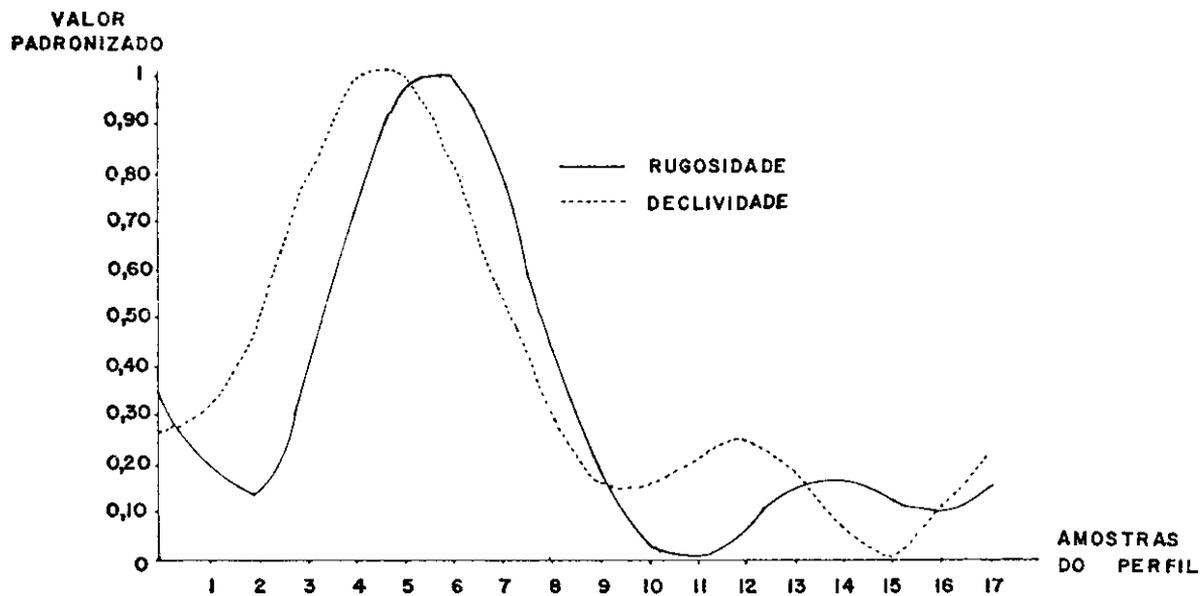
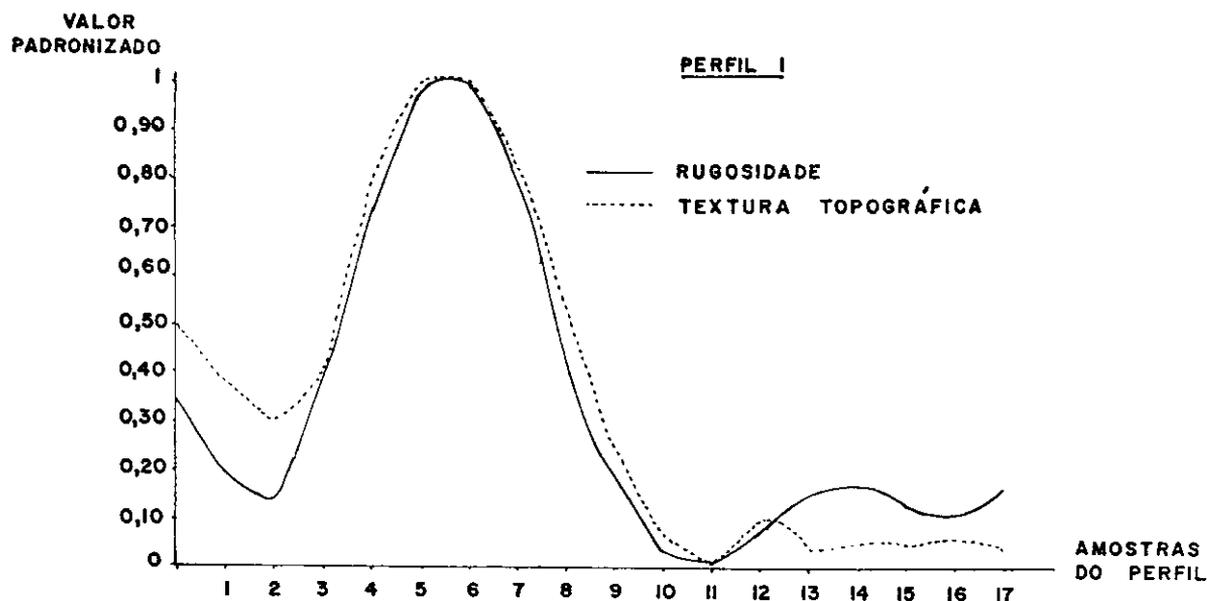


FIGURA IV.7. - COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA, RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE EM PERFIS CONSTRUÍDOS COM VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU.

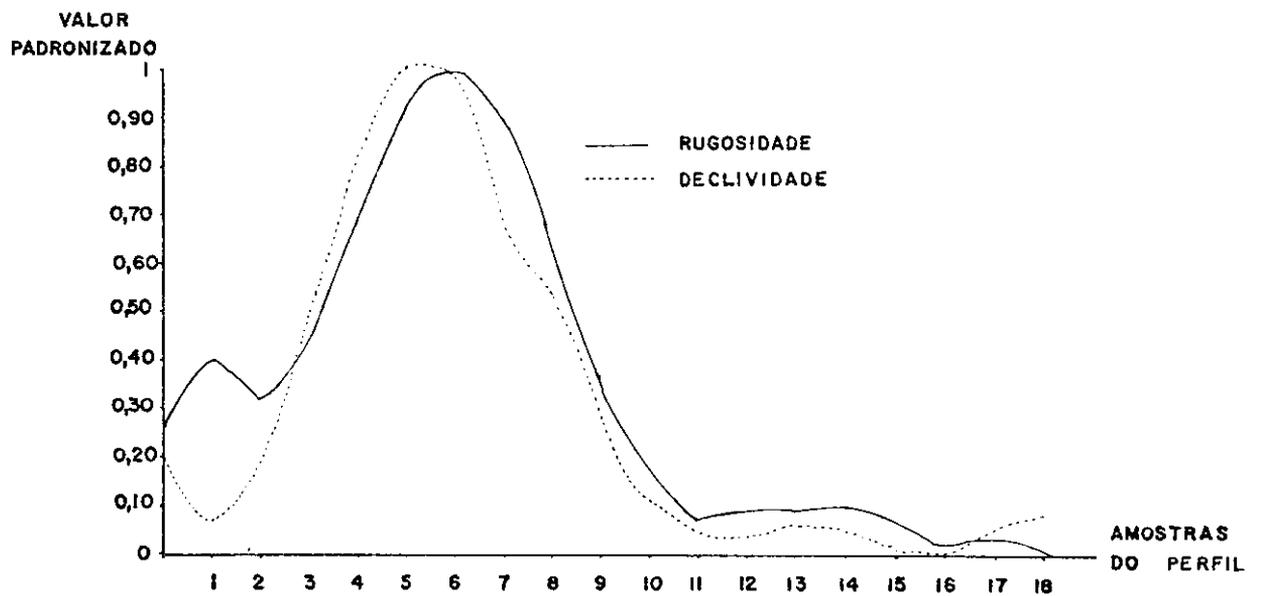
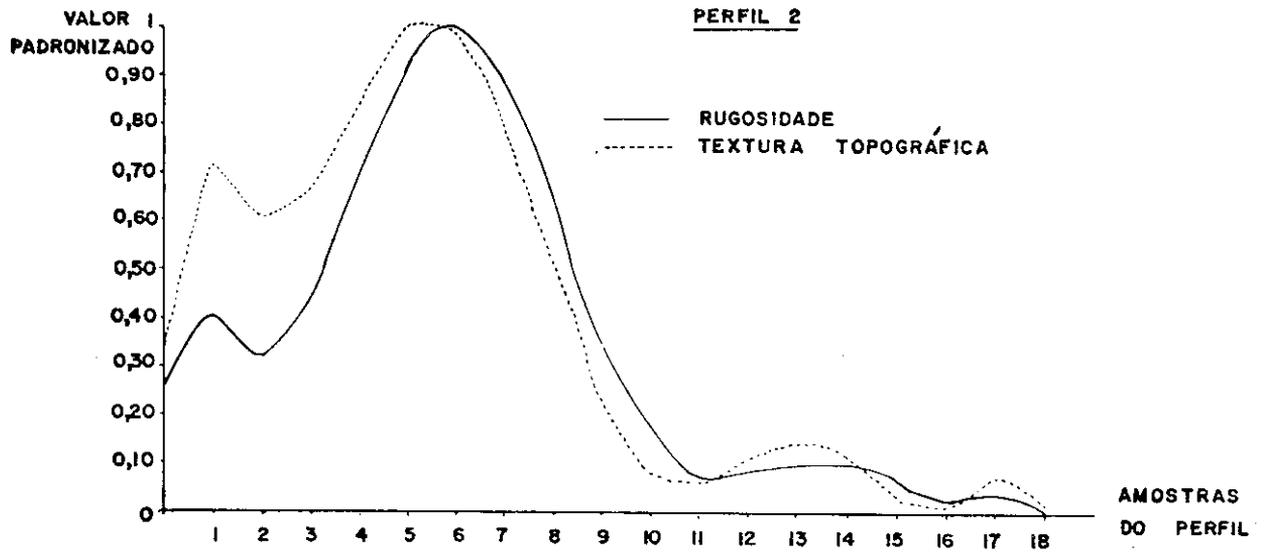


FIGURA IV.8. - COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA, RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE EM PERFIS CONSTRUÍDOS COM VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU.

namento entre as variáveis.

Essas figuras demonstram que os parâmetros de interesse de fato apresentavam tendências semelhantes de distribuição no espaço, e que na comparação entre variáveis discretas e contínuas, através de técnicas de análise de superfície de tendência, há necessidade de se padronizar os dados, para que eles se tornem comparáveis.

Sobre esses perfis foram calculados coeficientes de correlação de Spearman entre Rugosidade e Declividade e Rugosidade e Textura Topográfica, para os valores originais (Y), para os valores da superfície de oitavo grau (Y computado) e para os valores da superfície de oitavo grau padronizados (Y computado padronizado) (Tabela IV.14).

Pela análise desta tabela pode-se observar que houve um aumento do coeficiente de correlação entre Rugosidade e Declividade do Perfil 1 para o Perfil 2 considerando-se os três tipos de valores utilizados. Este aumento pode ser explicado pelo fato de que o Perfil 1 atravessa uma área recoberta por vegetação densa. Com esse resultado pode-se verificar que a cobertura vegetal tem um efeito atenuador sobre as variações da textura fotográfica. Em áreas de topografia pouco movimentada, a cobertura densa encobre suas variações de terminando uma maior homogeneidade nas condições de iluminação da cena. Entretanto, os resultados demonstram que, mesmo em área de vegetação densa pode-se registrar as variações de topografia em função da

TABELA IV.14

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE RUGOSIDADE/DECLIVIDADE E RUGOSIDADE/TEXTURA TOPOGRÁFICA PARA VALORES ORIGINAIS (Y), VALORES DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU (Yc) E VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU (Ycp)

VALOR DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO						
	Y		Yc.		Ycp	
	RUGOSIDADE DECLIVIDADE	RUGOSIDADE TEXT.TOPOGR.	RUGOSIDADE DECLIVIDADE	RUGOSIDADE TEXT.TOPOGR.	RUGOSIDADE DECLIVIDADE	RUGOSIDADE TEXT.TOPOGR.
Perfil 1	0,68	0,87	0,73	0,87	0,76	0,92
Perfil 2	0,72	0,80	0,77	0,90	0,95	0,98

variação da textura fotográfica.

No que se refere ao relacionamento entre Rugosidade e Textura Topográfica, foi observado que houve uma diminuição no valor do coeficiente de correlação calculado para os dados originais do perfil 1 para o perfil 2. Isto pode ser explicado pelo fato de que o perfil 2 atravessa a escarpa da Serra do Roncador, onde o traçado da rede de drenagem foi dificultado pela existência de rios curtos e pouco espaçados. As correlações obtidas com dados da superfície de tendência de oitavo grau e com dados padronizados não acusam esse problema.

Das observações anteriores pode-se verificar que a variação do Índice de Rugosidade nessa região representa a variação dos Índices de Declividade e Textura Topográfica.

A análise dos resíduos da superfície de tendência de oitavo grau do parâmetro Rugosidade (Tabela IV.15) demonstrou que eles estavam distribuídos aleatoriamente, de onde se depreende que esta su superfície representa um ajuste adequado às observações (Koch e Link, 1971).

Na tentativa de verificar se a escala da carta topográfica afetava o relacionamento entre declividade e rugosidade, estes da dados foram coletados para a área teste de Canabrava (Estado de Minas Ge rais).

Na coleta desses dados manteve-se o mesmo critério de a amostragem aleatória em área sobre uma grade de 0,5cm x 0,5cm utilizado na coleta de dados para a área Teste do Roncador. Foi também selecionada uma área que tivesse características semelhantes às da região de estudo, de modo que houvesse apenas variação na escala da carta topográfica onde foram coletados dados de declividade. A escala da carta topográfica utilizada foi 1:100.000 e a escala da imagem 1:1.000.000.

O valor do coeficiente de correlação de Spearman entre Rugosidade e Declividade (0.72) foi maior que o obtido para a área Te ste do Roncador (Tabela IV.9). Isto demonstrou que a escala de coleta

TABELA IV.15

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DOS RESÍDUOS DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE

GRAU 8

MÉDIA DE Y COMP. = -0,0041
DESVIO DE Y COMP. = 0,5466
SOMA DOS QUAD. DAS VAR. DE Y COMP. = 104,5657
SOMA DE Y RES. = 0,0000
SOMA DOS QUAD. DE Y RES. = 1405,1756
PORCENTO DA SOMA TOTAL DOS QUAD. = 6,9261*
DESVIO PADRÃO = 2,0037
VARIÂNCIA = 104,5657
COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,0692
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,2631
VERIFICAÇÃO INTERNA EM S = 6,9261
NÚMERO F = 2,5300
GRAU DE LIBERDADE NUM. = 9
GRAU DE LIBERDADE DEN. = 306

* Valor do por cento da soma total dos quadrados desta superfície é menor que o valor do por cento da soma total dos quadrados para uma distribuição ao acaso (Fonte: Amaral, 1976).

de dados de declividade afeta o grau de relacionamento entre as variáveis consideradas. Com o aumento da escala da carta topográfica há uma diminuição da equidistância entre as curvas de nível, o que permite uma maior aproximação dos dados aos valores reais.

O cálculo do Coeficiente de Variação para as amostras de ângulo de declividade na área teste de Roncador demonstrou que havia uma variabilidade de cerca de 40% em torno dos ângulos médios.

Devido à escala da imagem (1:1.000.000), a quadrícula base para a coleta de dados define uma área muito extensa no terreno, o que poderia explicar a grande variabilidade de ângulos de declividade.

Ainda para verificar se a escala da imagem afetava o relacionamento entre as duas variáveis, foi escolhida a área teste de Serra das Almas (Estado de Minas Gerais), que possuía características semelhantes às da região em estudo.

Na coleta de dados de Rugosidade foi utilizada uma imagem na escala 1:500.000, e os dados de Declividade foram coletados na escala 1:100.000.

O coeficiente de correlação de Spearman (0.79) demonstrou que o aumento da escala da imagem, e conseqüente redução da área de coleta de dados no terreno, provocou um aumento no grau de relacionamento entre as variáveis de interesse.

Pelos resultados acima discutidos, ficou comprovado que a análise das feições texturais das imagens permite a caracterização das variações topográficas, através da variação do Índice de Rugosidade.

Este Índice foi então coletado para toda a região de estudo, a fim de se mapear as variações topográficas, uma vez que ficou evidenciada a relação direta entre o Índice de Rugosidade e caracterização da topografia em termos de declividade e dissecação pela drenagem.

Para determinar classes homogêneas de Rugosidade, os dados coletados foram submetidos à técnica de Classificação Hierárquica por Pares Recíprocos (Sanchez, 1972), que permitiu o estabelecimento de 5 classes (Tabela IV.16). A distribuição em área dessas classes podem ser observadas no Mapa D.4, que demonstrou o predomínio de valores de Rugosidade baixos, correspondentes a áreas de pouca variação topográfica formadas pelas planícies do Rio Xingu e Araguaia.

Na indicação de áreas potenciais para a implantação de projetos, considerou-se que as áreas de topografia movimentada, correspondentes às classes de alto valor de Rugosidade, não devem ser ocupadas por pastagens, uma vez que seu desmatamento pode acelerar o processo de erosão do solo, tornando-o em pouco tempo economicamente improdutivo.

TABELA IV.16

VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE OBTIDOS POR CLASSIFICAÇÃO
HIERÁRQUICA DE PARES RECÍPROCOS

UNIDADES	VALOR MÉDIO DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE (NÚMERO DE TONALIDADES POR ÁREA)
1	6,0
2	19,0
3	34,0
4	52,0
5	67,0

Segundo o potencial para a implantação de projetos agropecuários as unidades foram divididas em:

- . Potencialidade Alta: Classes 1 e 2
- . Potencialidade Média: Classe 3
- . Potencialidade Baixa: Classes 4 e 5

4.4 - REDE RODOVIÁRIA

O traçado da rede rodoviária foi mais facilmente esboçado em imagens do canal 5, na escala 1:1.000.000. Em escalas maiores, devido à perda de definição, a identificação da rede tornou-se mais

difícil. Para a tomada de medidas, entretanto, a escala 1:500.000 mostrou-se mais adequada, pois foi mais fácil obtê-las através do simples uso de régua graduada. Como na região o traçado das estradas era retilíneo, pôde ser facilmente decomposto em segmentos mensuráveis através de régua.

Observou-se que em área de vegetação densa, devido ao maior contraste entre o leito da estrada e a área adjacente, as estradas foram mais facilmente identificadas em imagens do canal 5. Por observação de campo, notou-se que em área de vegetação densa, estradas muito estreitas e mal conservadas não são identificáveis através das imagens. Observou-se também que estradas construídas no sentido perpendicular às linhas de varredura do MSS do LANDSAT (Leste-Oeste), são mais fáceis de serem identificadas que as construídas no sentido das linhas de varredura.

O canal 5 mostrou-se mais útil na identificação de estradas, em área de vegetação densa, devido à sua tonalidade mais clara que a das áreas adjacentes (Foresti et al, 1973). Entretanto, na região do Xingu, as estradas foram identificadas pela tonalidade escura no canal 7. Nessa área houve dificuldade na identificação de estradas no canal 5.

Em áreas de vegetação esparsa, como o Cerrado, foi mais difícil a identificação de estradas devido ao menor contraste (Malan et al, 1973). Por outro lado, estradas estreitas porêm bastante transita

das, foram mais facilmente identificadas que na região de mata devido à maior exposição do solo, e devido às estradas geralmente se localizarem no topo dos divisores de água.

Como o uso de imagens preto e branco não permitiu o levantamento completo da rede, foram feitas composições coloridas através do uso do IMAGE 100, na tentativa de melhorar a definição de estradas. Foram utilizadas todas as combinações de filtros e canais, mas a quantidade de informação adicional foi insignificante.

A aplicação de análise automática no reconhecimento de estradas através do uso do Analisador Interativo Multiespectral IMAGE 100 também não forneceu informações adicionais. Em virtude das estradas apresentarem respostas espectral muito semelhante à de áreas desmatadas e solos expostos, dispendeu-se muito tempo na sua caracterização, porém não houve acréscimo de informações.

Face a esses resultados, só foi possível o levantamento das estradas mais largas e mais transitadas da região, não sendo realizado o traçado de todo o seu sistema rodoviário (Mapa D.5). Tornou-se, entretanto, possível distinguir áreas sem estradas e áreas com estradas precárias. Para efeito da análise da rede, foi considerado que as áreas onde não foi possível a definição da rede, não estavam integradas na rede regional.

Através da redução da rede rodoviária a um grafo, ficou evidente se tratar de uma rede com um baixo grau de integração, evidenciado pelo pequeno número de circuitos.

O valor do índice α (0,26) e do índice γ (0,51) permitiram classificar a rede como sendo uma transição entre o estágio espinal e o de grade, sendo que, segundo Taafee e Gauthier (1973), o estágio espinal representa o grau mais primitivo de desenvolvimento de uma rede.

A construção da Matriz de Caminhos mais Curtos permitiu a hierarquização dos projetos, quer em termos de ligações, quer em termos de tempo gasto em percorrê-los (Tabelas IV.17 e IV.18).

Os valores da tabela foram divididos em 10 classes conforme a regra:

$$N = 5 \log n$$

onde

N = Número de classes

n = Número de observações

Os projetos incluídos na classe de maior acessibilidade quanto às ligações e quanto ao tempo foram representados no Mapa D.6. Através dele pôde-se observar que os pontos melhor localizados encontram-se próximos ao entroncamento da BR 080 com a BR 158 e da BR 080 com a BR 242, onde existe maior concentração de projetos agropecuários.

TABELA IV.17

HIERARQUIZAÇÃO DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS QUANTO À ACESSIBILIDADE EM
TERMOS DE SUA POSIÇÃO EM RELAÇÃO À REDE

NÚMERO DO PROJETO	VALOR DA ACESSIBILIDADE	HIERARQUIA
1	702	42
2	635	39
3	638	41
4	704	49
5	742	53
6	634	38
7	636	40
8	709	50
9	633	37
10	574	25
11	643	42
12	527	16
13	538	20
14	794	59,5
15	794	59,5
16	727	52
17	663	46
18	603	32
19	540	21
20	482	7
21	502	10,5
22	582	10,5
23	565	1
24	583	29
25	649	44
26	713	51
27	579	76
28	475	5
29	647	43
30	564	24
31	604	33,5
33	604	33,5
34	606	35
35	544	22
36	552	18

NÚMERO DO PROJETO	VALOR DA ACESSIBILIDADE	HIERARQUIA
37	487	8
38	461	2,5
39	465	4
40	461	2,5
41	477	6
42	586	30
43	518	14
44	519	15
45	493	9
46	536	19
47	512	12,5
48	512	12,5
49	528	17
50	582	27,5
51	582	27,5
52	563	23
53	695	31
54	628	36
55	661	45
56	703	48
57	756	56
58	791	58
59	833	62
60	866	64
61	746	55
62	744	54
63	769	57
64	879	65
65	799	61
66	857	63
67	903	66
68	981	68
69	978	67
70	1047	69
71	1094	70

TABELA IV.18

HIERARQUIZAÇÃO DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS QUANTO À ACESSIBILIDADE EM
TERMS DE TEMPO DE PERCURSO (EM MINUTOS)

NÚMERO DO PROJETO	VALOR DA ACESSIBILIDADE	HIERARQUIA
1	57.049	31
2	54.932	45
3	54.307	45
4	53.132	39
5	56.244	49
6	50.398	34
7	48.299	29
8	54.214	42
9	50.074	33
10	44.899	26
11	51.113	36
12	42.253	22
13	42.174	21
14	53.222	40
15	67.298	61
16	52.187	38
17	46.598	28
18	44.785	25
19	42.596	23
20	39.629	16
21	42.003	20
22	40.945	17
23	39.202	14
24	57.601	53
25	62.155	56
26	62.983	58
27	41.200	18
28	41.579	19
29	56.386	50
30	43.532	24
31	51.167	37
33	49.472	32
34	48.882	31
35	36.639	7
36	36.629	6

NÚMERO DO PROJETO	VALOR DA ACESSIBILIDADE	HIERARQUIA
37	36.260	1,5
38	36.260	1,5
39	36.452	3
40	36.522	4
41	36.612	5
42	45.900	27
43	39.276	15
44	38.649	13
45	37.204	8
46	38.449	11
47	38.591	12
48	37.526	9
49	38.012	10
50	55.967	48
51	50.793	35
52	48.472	30
53	53.400	41
54	54.862	44
55	55.602	46
56	55.797	47
57	57.209	52
58	59.612	54
59	60.859	55
60	62.837	57
61	64.950	59
62	65.692	60
63	74.806	63
64	85.158	64
65	74.470	62
66	97.598	65
67	113.580	66
68	125.253	67
69	126.894	68
70	132.810	69
71	135.294	70

O cálculo do coeficiente de correlação de Spearman entre as duas variáveis demonstrou que os projetos melhor localizados em termos de posição dentro da rede são também os melhor localizados em termos de tempo. O valor do coeficiente 0,93 demonstrou que há uma forte relação entre um e outro aspecto da realidade, evidenciando que a construção da rede foi feita para servir os projetos agropecuários e tem um efeito cumulativo no seu desenvolvimento.

Através da análise de agrupamento pode-se classificar a região de estudo em termos de Densidade de Rede Rodoviária e Porcentagem de Área Desmatada. Estes valores foram classificados em três categorias, conforme Tabela IV.19. A obtenção das classes foi feita de terminando-se a amplitude dos dados e dividindo-se este valor por 3 que era o número desejado de categorias.

TABELA IV.19

CATEGORIAS DE DENSIDADE DE REDE RODOVIÁRIA E
PORCENTAGEM DE ÁREA DESMATADA

DENSIDADE DA REDE RODOVIÁRIA (EXTENSÃO EM KM/ÁREA EM KM ²)			PORCENTAGEM DA ÁREA DESMATADA		
BAIXA	MÉDIA	ALTA	BAIXA	MÉDIA	ALTA
0 - 0,36	0,37 - 0,73	0,74 - 1,10	0 - 10	11 - 21	22 - 32

O Programa de Análise de Agrupamento forneceu como saída um dendrograma que expressou graficamente o agrupamento entre as amostras com base nas variáveis Densidade de Rede Rodoviária e Porcentagem de Área Desmatada (Figura IV.9).

Com um nível de generalização de 30% pôde-se definir 7 unidades com base nessas duas variáveis (Mapa D.7):

- a) Unidade 1 - Incluiu as amostras das áreas em que o desmatamento é incipiente e onde a densidade de rede é praticamente nula, não se encontrando ligados aos principais eixos de comunicação da região na maioria dos casos.
- b) Unidade 2 - Apresentou as amostras caracterizadas por serem atravessadas por vias de penetração, ao longo das quais não ocorreram ainda desmatamentos.
- c) Unidade 3 - Caracterizou-se por alta porcentagem de área desmatada e baixo índice da densidade de rede.
- d) Unidade 4 - Incluiu áreas com alta densidade de rede e porcentagem média de área desmatada. Representa uma região em que existem projetos agropecuários de porte médio com uma infraestrutura de estradas muito bem equipada.
- e) Unidade 5 - Incluiu amostras que possuíam valores médios de densidade de rede rodoviária, representadas por cruzamento entre

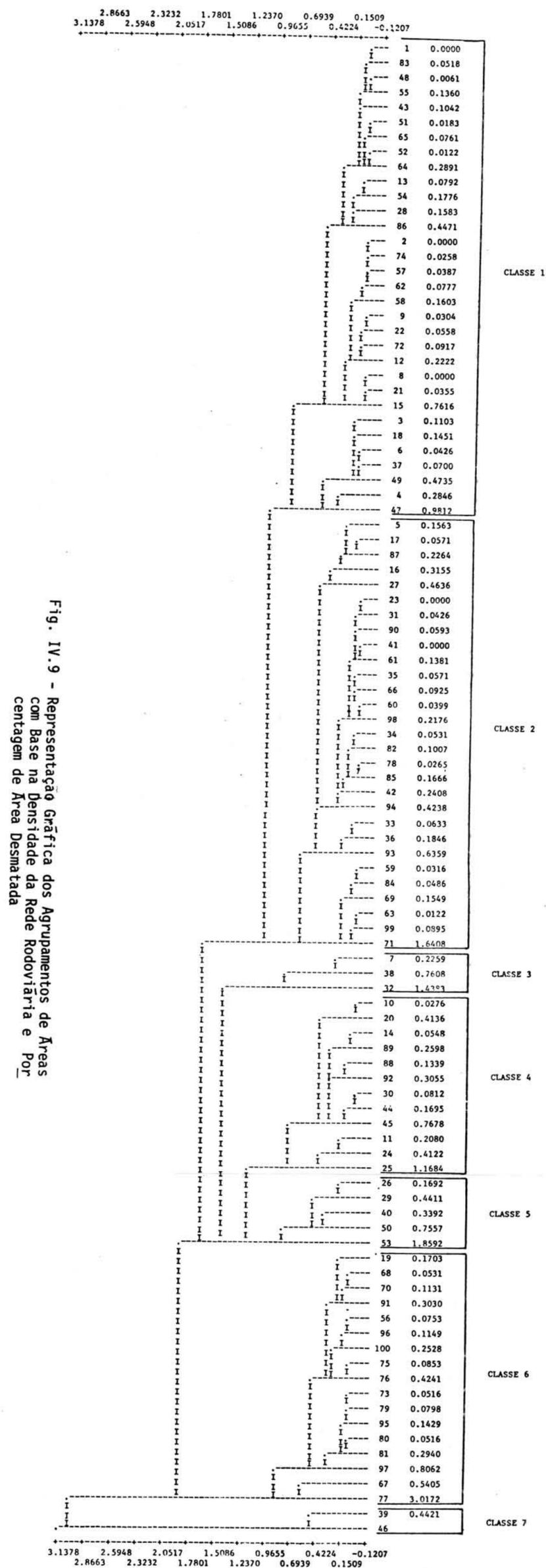


Fig. IV. 9 - Representação Gráfica dos Agrupamentos de Áreas com Base na Densidade da Rede Rodoviária e Porcentagem de Área Desmatada

as vias principais e as de acesso a projetos com alta porcentagem de área desmatada.

f) Unidade 6 - Representou amostras cuja principal característica foi a alta densidade de rede rodoviária e pouco ou nenhum desmatamento. Sua principal área de ocorrência foi no cerrado, onde a rede é mais densa devido à maior facilidade de se construir estradas, e o pastoreio se faz em pastagens naturais não havendo, portanto, desmatamento.

g) Unidade 7 - Incluiu áreas de alta densidade de rede e de alta porcentagem de área desmatada.

Pela justaposição dos Mapas D.6 e D.7, pode-se observar que os projetos melhor localizados em termos de acessibilidade estão incluídos nas unidades 5 e 7. Essas unidades são caracterizadas por terem alta densidade de rede rodoviária e por estarem próximos às principais vias de penetração da região.

Devido a necessidade de se estabelecer áreas mais favoráveis à implantação de novos projetos agropecuários em termos de disponibilidade de estradas e de terra foram estabelecidos os seguintes critérios:

1. Áreas com alta densidade de rede rodoviária e atravessadas por vias de penetração seriam mais favoráveis a implantação de projetos.

2. Áreas com alta porcentagem de desmatamento não teriam disponibilidade de terra para mais desmatamento.

Com base nesses critérios, as unidades foram ordenadas segundo o potencial para a implantação de projetos agropecuários.

- a) Potencialidade Alta: Unidades 6 e 2
- b) Potencialidade Média: Unidade 4
- c) Potencialidade Baixa: Unidades 1, 3, 5 e 7

4.5 - CONTROLE DO DESMATAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS

Um dos objetivos desse trabalho de pesquisa foi verificar se o sistema LANDSAT poderia fornecer dados para acompanhar e controlar a evolução dos desmatamentos, no tempo, e para avaliar a qualidade das pastagens.

O sistema LANDSAT possibilita basicamente dois tipos de tratamento dos dados: visualmente, através de imagens fotográficas e automaticamente, através de fitas compatíveis com computador.

A estimativa de área desmatada pode ser realizada através desses dois tipos de tratamento de dados. Observou-se que, tanto por análise visual quanto automática, pode-se delimitar os desmatamen-

tos antigos já invadidos por vegetação secundária através de sua res
posta no canal 7.

Para o cálculo de área através do Analisador Interativo Multiespectral IMAGE-100, os melhores resultados foram conseguidos com a ampliação dos projetos para a escala 1:100.000.

Os resultados da estimativa de área foram submetidos a testes com a finalidade de avaliar a eficiência de cada procedimento.

A comparação entre o tempo dispendido na estimativa de área através do Analisador Interativo Multiespectral IMAGE-100 e de imagens na escala 1:250.000, demonstrou que por análise visual determina-se a área mais rapidamente. O tempo médio gasto para o cálculo de área através do IMAGE-100 foi estimado em 1 hora por projeto, en
quanto que por análise visual esse tempo reduziu-se para 15 minutos.

Os resultados do teste de análise de variância aplicado a dados de área obtidos através dos dois métodos acima mencionados, não mostraram diferenças significativas entre eles, pois o valor de t calculado foi de 0.0195, que é menor que o valor t tabelado mesmo para o nível de 0.050 (0,679).

Pela Tabela IV.20, pode-se observar que geralmente os valores de área obtidos pelos dois métodos não apresentam grandes di
ferenças. A porcentagem média das diferenças entre as duas distri

TABELA IV.20

ÁREA DESMATADA CALCULADA ATRAVÉS DE ANÁLISE VISUAL E AUTOMÁTICA

NOME	COM O 1-100 (KM ²)	ATRAVÉS IMAGENS CORRIGIDAS (KM ²)	DIFERENÇAS EM PORCENTAGEM
1) SUIÃ 1	261,392	262,942	+ 0,59
2) SUIÃ 2	239,084	238,023	- 0,45
3) SUIÃ 3	33,124	33,862	+ 2,18
4) SUIÃ 4	24,449	24,795	+ 1,40
5) BORDON	250,568	247,769	- 1,12
6) GUANABARA	79,690	79,691	+ 0,01
7) COLORADO	20,185	20,786	+ 2,90
8) MACIFE	29,306	29,483	+ 0,60
9) URUPIRANGA	55,218	55,197	- 0,04
10) PORTO VELHO	108,534	108,463	- 0,07
11) FRENOVA	53,224	53,390	+ 0,32
12) PORTA AMAZONAS	22,123	22,677	+ 2,45
13) SANTA LÚCIA	3,887	3,990	+ 2,59
14) CODEBRA	19,746	19,437	- 1,57
15) ELAGRO	75,638	76,070	+ 1,57
16) CODEARA	164,877	163,180	- 1,03
17) BRASIL NOVO	49,921	49,456	- 0,94
18) RONCADOR	17,578	17,663	+ 0,49
19) SUIÃ XINGU	8,389	8,705	+ 3,63
20) SÃO JOSÉ	137,333	140,714	+ 2,41
21) SÃO JOÃO LIBERDADE	43,672	44,188	+ 1,17
22) SANTA LUZIA	72,865	72,077	- 1,09
23) TATUIBI	38,493	40,687	+ 5,40
24) SANTA ROSA	63,826	64,639	+ 1,26
25) SÃO FRAN. XINGU	25,300	26,463	+ 4,40
26) TAMAKAVY	66,063	63,679	- 3,61
27) SUL DA AMAZÔNIA	62,299	63,772	+ 2,31

buições foi 1,65%, o que demonstra que os dois métodos produzem resultados praticamente iguais, com uma tendência das áreas calculadas visualmente serem maiores. Observou-se também que, geralmente, as maiores porcentagens de erro estão no cálculo de área de projetos menores.

Devido à falta de dados de área coletados no campo, não foi possível fazer uma estimativa da precisão dessas medidas de área.

Como os dados de área coletados por análise visual não diferiam dos dados coletados automaticamente e foram obtidos de modo mais rápido, o controle do desmatamento foi realizado com base nas medidas de área obtidas através das imagens, que são mais facilmente analisadas, pois não exigem equipamentos sofisticados para seu tratamento podendo ser manuseadas em qualquer lugar.

4.5.1 - ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DO DESMATAMENTO

Para a realização do controle do desmatamento considerou-se que a localização dos projetos feita no campo estava correta, e que os dados utilizados para as comparações, fornecidos pela SUDAM, eram confiáveis.

Pela Tabela IV.21, observou-se que são poucos os projetos que estão atingindo o limite crítico de desmatamento permitido por lei. Dentre eles, os projetos Colorado e Santa Rosa apresentaram os valores mais elevados de desmatamento, 81,51% e 66,78% respectivamente.

TABELA IV.21

CONTROLE E DESMATAMENTO

NOME DO PROJETO	ÁREA TOTAL DO PROJETO (Km ²)*	DATA DA ÚLTIMA PROPOSTA (*)	ÁREA DESMATADA ATÉ JUNHO DE 1975 (Km ²)	ÁREA A SER DESMATADA (Km ²) (*)	PORCENTAGEM SOBRE A ÁREA A SER DESMATADA
1) SUIÁ-MISSU **	2.176,00	1974	559,622	1.201,00	46,60
2) BORDON	242,10	1972	247,769	121,05	-
3) GUANABARA	300,00	1971	79,591	150,00	53,13
4) COLORADO	54,14	1970	20,766	25,50	81,51
5) MACIFE	300,00	1974	29,483	150,0	19,66
6) URUPIRANGA	504,68	1968	55,197	252,34	21,87
7) PORTO VELHO	499,94	1973	108,463	249,97	43,39
8) FRENOVA	931,46	-	53,390	465,73	11,46
9) SANTA LÚCIA	43,56	-	3,990	21,78	18,32
10) CODEBRA	253,37	1975	19,437	35,17	55,27
11) ELAGRO	294,46	1969	76,070	147,23	51,67
12) CODEARA **	817,44	1973	163,180	408,72	39,92
13) BRASIL NOVO	279,05	1970	49,456	139,54	35,44
14) RONCADOR	242,51	1970	17,663	121,26	14,57
15) SUIÁ-XINGU	200,00	1971	8,705	100,00	8,71
16) S.J. LIBERDADE	300,00	1970	44,188	150,00	29,46
17) SANTA LUZIA	49,30	1969	72,077	24,95	-
18) TATUIBI	199,36	1970	40,687	99,68	40,82
19) SANTA ROSA	193,60	-	64,639	96,80	66,78
20) S.F. XINGU	210,0	-	26,463	105,00	25,20
21) TAMAKAVY	400,00	-	63,679	200,00	31,84
22) SUL DA AMAZÔNIA	242,00	1968	63,772	121,00	52,70

(*) - Dados fornecidos pela SUDAM.

(**) - No cálculo de área desmatada até junho de 1975 destes projetos não foram considerados todos os desmatamentos por deficiências de informação de campo.

Verificou-se também que já existem grandes áreas desmatadas, com extensões superiores a 200 Km² (Tabela IV.20), o que demonstra as deficiências da lei que rege o Código Florestal. Como já foi mencionado, esta lei estabelece que 50% da área da propriedade deve ser preservada, mas não regulamenta como devem ser feitos os desmatamentos. Desta forma, as grandes propriedades agropecuárias ficam autorizadas por lei a desmatarem áreas extensas e contínuas o que afeta as condições ambientais.

Segundo Molion (1975), embora os estudos realizados sobre deflorestamentos não mostrem resultados conclusivos da influência das florestas sobre o clima, já se concluiu que mudanças da situação de floresta para o de campos de cultivo alteram o balanço de calor. Ao que tudo indica, quanto maior a área desmatada, maior o efeito sobre o balanço de calor, devido à modificação das condições de superfície.

Além dos grandes desmatamentos afetarem as condições de temperatura, eles também alteram as condições de escoamento superficial, modificando o nível freático e acelerando o processo de erosão do solo (Maack, 1964).

Em alguns casos, observou-se que a área desmatada até junho de 1975 excedeu a área total do projeto. Por verificação de campo, constatou-se que nesta situação, a área sujeita a incentivo não correspondia a área total da propriedade, havendo desmatamentos contínuos que incluíam área formada com incentivos e área formada com recursos próprios.

Isto demonstra a importância de um trabalho de campo minucioso, através do qual deve-se determinar com exatidão o perímetro da propriedade sob incentivo da SUDAM.

Como parte do controle de áreas desmatadas foi feito um acompanhamento das derrubadas a partir de agosto de 1973. Pelos Mapas D.8 e D.9, pode-se observar que houve um grande aumento de áreas desmatadas de agosto de 1973 até junho de 1975.

O cálculo do incremento dos desmatamentos não demonstrou o aumento total da área desmatada para a região, porque durante o trabalho de campo só foram localizados alguns projetos com incentivos fiscais (Tabela IV.22).

De modo geral, as taxas de incremento das derrubadas de agosto de 1973 até julho de 1975 não foram elevadas, sendo que o máximo valor verificado foi 12,4%, o que pode ser explicado pelo fato de que mais de 50% dos projetos estudados são antigos e já entraram em fase de estabilização. Entretanto, em valores absolutos, foram desmatadas grandes extensões de 1973 para 1975. Considerando-se apenas os projetos para os quais foi calculado o incremento do desmatamento, houve um acréscimo de 415 Km² de área desmatada em apenas dois anos.

Apesar disso, muitos projetos não sofreram aumento na área desmatada, embora não tenham atingido os limites do desmatamento, previsto por lei.

TABELA IV.22

INCREMENTO DOS DESMATAMENTOS DE AGOSTO DE 1973 ATÉ JUNHO DE 1975

NOME	ANO DE IMPLANTAÇÃO	ÁREA DESMATADA ATÉ 1973 (Km ²)	INCREMENTO (Km ²)	% DO INCREMENTO SOBRE A ÁREA TOTAL DO PROJETO	ÁREA DESMATADA ATÉ 1975 (Km ²)
1) SUIÁ-MISSU	1966	454,520	105,100	4,83	559,622
2) BORDON	1972	151,858	95,911	-	247,769
3) GUANABARA	1971	64,140	15,543	5,18	79,691
4) COLORADO	1970	14,063	6,723	12,42	20,786
5) MACIFE	1974	-	-	-	29,483
6) URUPIRANGA	1968	30,247	24,950	4,94	55,197
7) PORTO VELHO	1967	89,557	18,876	3,78	108,463
8) FRENOVA	-	53,390	-	-	53,390
9) PORTA AMAZONAS	-	22,677	-	-	22,677
10) SANTA LÚCIA	-	-	-	-	3,990
11) CODEBRA	1970	19,437	-	-	19,437
12) ELAGRO	1969	76,070	-	-	76,070
13) CODEARA *	1967	132,834	30,346	3,71	163,180
14) BRASIL NOVO	1970	30,678	18,778	6,73	49,456
15) RONCADOR	1970	12,831	4,334	1,99	17,663
16) SUIÁ XINGU	1971	4,336	4,309	2,13	8,705
17) SÃO JOSÉ	-	124,384	16,330	-	140,714
18) S. JOÃO LIBERDADE	1970	36,566	7,622	2,54	44,188
19) SANTA LUZIA	1969	38,983	33,094	-	72,077
20) TATUIBI	1970	40,687	-	-	40,687
21) SANTA ROSA	-	64,639	-	-	64,639
22) SÃO FR. DO XINGU	-	9,699	16,764	7,97	26,463
23) TAMAKAVY	1970	47,132	16,547	4,14	63,679
24) SUL DA AMAZONIA	1968	63,772	-	-	63,772

A comparação da área desmatada até julho de 1975 com a Área Projetada para Desmatamento até 1975 (Tabela IV.23) permitiu a verificação do andamento do cronograma de desmatamento enviado à SUDAM para fins de recebimento de verbas.

Por essa tabela verificou-se que, embora os desmatamentos tenham aumentado muito de 1973 para 1975, a maior parte dos Projetos está com atraso no cumprimento do cronograma. Se todo o cronograma já estivesse cumprido o desmatamento seria, em média, 58% superior ao desmatamento atual.

4.5.2 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS

Durante o trabalho de campo (Tardin et al, 1976) observou-se que muitas das áreas desmatadas não estavam sendo utilizadas racionalmente. Verificou-se também, que a qualidade das pastagens, no que se refere à cobertura de gramíneas, estava relacionada à resposta espectral no canal 5 de imagens LANDSAT-1, na escala 1:250.000.

No decorrer da estação seca, as pastagens com predominância de gramíneas se ressentem da falta de água e sua resposta espectral fica afetada pela reflectância do solo e pelo capim seco que adquire cor amarelo claro, aparecendo na imagem do canal 5 em tons de cinza-claro. Quando há rebrota de vegetação de capoeira invadindo as áreas desmatadas, a resposta espectral é menos afetada pela reflectância do solo, pois sendo espécies de sistema radicular profundo mantêm o vigor mesmo na época seca, aparecendo em tons mais escuros.

TABELA IV.23

CONTROLE DO CRONOGRAMA DOS DESMATAMENTOS

NOME	ÁREA TOTAL DESMATADA EM 1975 (KM2)	ÁREA PROJETADA PARA DESMATAMENTO ATÉ 1975 (Km2) (*)	PORCENTAGEM DA ÁREA DESMATADA SOBRE A ÁREA PROJETADA
1) SUIÃ-MISSU	559,622	557,41	100
2) BORDON	247,769	99,00	-
3) COLORADO	20,786	25,50	81,51
4) GUANABARA	79,691	147,48	54,03
5) S. JOÃO LIBERDADE	44,188	120,38	36,70
6) TAMAKAVY	63,679	99,30	64,25
7) PORTO VELHO	108,463	125,86	86,17
8) ELAGRO	76,070	145,00	60,44
9) URUPIRANGA	55,197	240,00	22,99
10) RONCADOR	17,663	92,35	19,12
11) SUL DA AMAZÔNIA	63,772	114,00	55,94

(*) - Dados fornecidos pela SOBR

Como a rebrota de vegetação natural geralmente indica defi
ciência no manejo das terras, a análise da qualidade das pastagens permitiu
verificar se as áreas desmatadas estavam sendo utilizadas racionalmente.

Através de análise automática realizada pelo Analisador
Interativo Multiespectral IMAGE 100, puderam ser separadas duas clas
ses de pastagens: pastagens com predominância de gramíneas e pastagens
com predominância de rebrota de vegetação natural.

Com a avaliação das áreas ocupadas predominantemente por
gramíneas determinou-se a porcentagem de pastagens de boa qualidade so
bre a área total dos desmatamentos (Tabela IV.24).

Como pode ser observado pelo exame da tabela, não estã
havendo um aproveitamento total das áreas desmatadas. Os projetos em
melhores condições possuem, em média, apenas 70% de sua área desmatada
ocupada por pastagens de boa qualidade. Muitos dos projetos, entretan
to, chegam a apresentar em média menos que 35% de sua área desmatada
ocupada por boas pastagens (Tabela IV.24).

A porcentagem média de área ocupada por pastagens de boa
qualidade dos projetos estudados foi estimada em apenas 60%. Conside
rando-se que a área total desmatada nesses projetos foi 2041 Km², exis
tem atualmente cerca de 816 Km² de área desmatada subaproveitada.

TABELA IV.24

AVLIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS

NOME DO PROJETO	ÁREA DE PASTAGENS COM PREDOMINÂNCIA DE GRAMINEAS (KM2)	% SOBRE A ÁREA TOTAL DESMATADA ATÉ JUNHO DE 1975 (KM2)
1) SUIÁ-MISSU	430,661	76,96
2) BORDON	159,347	64,31
3) GUANABARA	57,845	72,59
4) COLORADO	16,500	79,38
5) MACIFE	5,020	17,03
6) URUPIRANGA	35,531	64,37
7) PORTO VELHO	77,484	71,43
8) FRENOVA	13,604	25,48
9) PORTA AMAZONAS	14,626	64,50
10) SANTA LÚCIA	1,118	28,02
11) CODEBRA	15,649	80,51
12) ELAGRO	50,212	66,00
13) CODEARA	84,226	51,62
14) BRASIL-NOVO	39,687	80,25
15) RONCADOR	9,912	56,12
16) SUIÁ-XINGU	4,210	48,36
17) SÃO JOSÉ	79,076	56,20
18) S. JOÃO DA LIBERDADE	25,678	58,11
19) SANTA LUZIA	45,539	63,18
20) TATUBI	25,636	63,00
21) SANTA ROSA	44,646	69,07
22) SÃO FR. DO XINGU	16,021	56,76
23) TAMAKAVY	47,588	74,73
24) SUL DA AMAZONIA	24,861	38,98

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando-se os resultados obtidos pela análise da rede de drenagem, cobertura vegetal, variações topográficas, rede rodoviária, controle de desmatamento e qualidade de pastagens, através da interpretação de dados orbitais do Sistema LANDSAT-1, chegou-se às seguintes conclusões quanto a:

1. Análise da Rede de Drenagem

O esboço da rede de drenagem em áreas de vegetação densa pode ser feito em imagens do canal 7 tomadas no período seco.

A análise estatística do Índice de Textura Topográfica permite o zoneamento da região em diferentes áreas quanto à disponibilidade de água superficial.

O canal 7 permite a delimitação de áreas sujeitas a inundações.

2. Análise da Cobertura Vegetal

O levantamento da vegetação deve ser efetuado com imagens de baixo contraste, pois permitem o registro de pequenas variações

da resposta do alvo, aumentando a separabilidade dos diferentes tipos de cobertura vegetal.

O uso de imagens do período seco permite a diferenciação de tipos de cobertura vegetal com substrato de sistemas radiculares diferentes.

As classes que apresentaram menores diferenças na resposta espectral foram Mata Fina e Mata Densa sendo, no entanto, possíveis de serem discriminadas através de controle de campo.

3. Análise das Condições Topográficas

A análise das feições texturais permite a caracterização das variações topográficas através da variação do Índice de Rugosidade.

Através do Índice de Rugosidade pôde-se fazer zoneamento da região em termos de variações da topografia e indicar áreas topograficamente favoráveis à implantação de Projetos Agropecuários.

Existe correlação alta entre o Índice de Rugosidade e o Índice de Declividade, mas não foi possível inferir o valor de um em função do outro.

A escala da imagem afeta o valor da correlação entre o Índice de Rugosidade e o Índice de Declividade. O aumento da escala da imagem permite a redução da área de coleta de dados no terreno, tornando o valor médio do ângulo de declive mais próximo ao valor real.

A escala da carta topográfica sobre a qual se coleta os dados de declividade afeta o valor da correlação entre Rugosidade e Ângulo de Declive.

A técnica de Análise de Superfície de Tendência possibilitou a verificação do relacionamento entre o Índice de Rugosidade e o Índice de Declividade, quando não havia correspondência exata entre quadrícula-base da carta topográfica e da imagem.

4. Análise da Rede Rodoviária

A utilização de técnicas de melhoramento da qualidade da imagem, tais como combinações de canais e filtros, não aumentam a quantidade de informação disponível para o traçado da Rede Rodoviária através de dados do LANDSAT-1.

O traçado da Rede Rodoviária foi melhor definido na escala 1:1.000.000.

A identificação de estradas depende da sua largura, direção e contraste com as vizinhanças.

As estradas estreitas pouco transitadas não são definidas nas imagens, principalmente quando estão dispostas no sentido das linhas de varredura do imageador multiespectral (MSS).

O traçado da rede rodoviária, tanto em áreas de vegetação densa, como nas áreas de campos e cerrados, é feita mais facilmente através da análise do canal 5.

O canal 7 auxilia na definição do traçado de estradas estreitas em áreas de Mata Densa.

A Rede Rodoviária mapeada através de imagens LANDSAT pode ser caracterizada através de análises de acessibilidade e conectividade.

A aplicação de técnicas de análise de agrupamento com base na densidade de rede rodoviária e porcentagem de área desmatada permite o zoneamento da região em termos da disponibilidade de estradas e de terra.

5. Controle do Desmatamento

O canal 5 permite a localização dos desmatamentos.

O traçado dos limites das áreas desmatadas deve ser feito através da análise visual dos canais 5 e 7.

No cálculo de área desmatada, não foram encontradas diferenças significativas entre a análise visual e automática.

O cálculo de área através de análise visual de imagens na escala 1:250.000 é feito mais rapidamente do que o cálculo de área através de análise automática.

A comparação de imagens de datas diferentes permite o acompanhamento da evolução dos desmatamentos.

A comparação de dados oficiais da SUDAM e dados de área obtidos das imagens permite o controle do cronograma de desmatamento de cada projeto agropecuário.

Não é possível o cálculo de área de pastagens naturais.

6. Análise da Qualidade das Pastagens

A análise automática da resposta espectral das áreas desmatadas nos quatro canais permite a avaliação da qualidade das pastagens, que foram classificadas em duas categorias: pastagens com predominância de gramínea e pastagens com predominância de rebrota de vegetação natural.

A classificação das pastagens em termos de qualidade permite avaliar o grau de utilização das áreas desmatadas.

7. Importância do Trabalho de Campo

A identificação dos vários tipos de cobertura vegetal da área só foi possível através da coordenação de informações da imagem com os dados de campo.

A técnica de verificação de campo por aeronave é mais eficiente para o estabelecimento de correlações entre as características da imagem e do terreno, em termos de cobertura vegetal e topográfica.

Para orientação durante do trabalho de campo por aeronave em áreas de cobertura vegetal homogênea, as imagens do canal 7 forneceram maior número de pontos de referência tais como confluências, curvas de rios, lagos, serras, escarpas, etc.

Para orientação durante o trabalho de campo por aeronave e por transporte rodoviário, as imagens do canal 5 forneceram maior número de pontos de referência em áreas de vegetação heterogênea e em áreas ocupadas por projetos agropecuários, estradas e vilas.

As imagens na escala 1:250.000 foram mais indicadas para o trabalho de campo, pois facilitam a plotagem das informações coletadas no terreno.

O trabalho de campo é essencial para a identificação dos projetos agropecuários aos quais pertencem as áreas desmatadas.

8. Condição Atual de Ocupação da Área

As taxas mais elevadas de incremento de área desmatada tem ocorrido em regiões de Mata Densa, demonstrando que a ocupação da área não tem levado em conta a preservação do meio ambiente.

A avaliação da qualidade das pastagens demonstrou que, para os projetos estudados, existem, em média, 816 Km² de área desmatada subaproveitada.

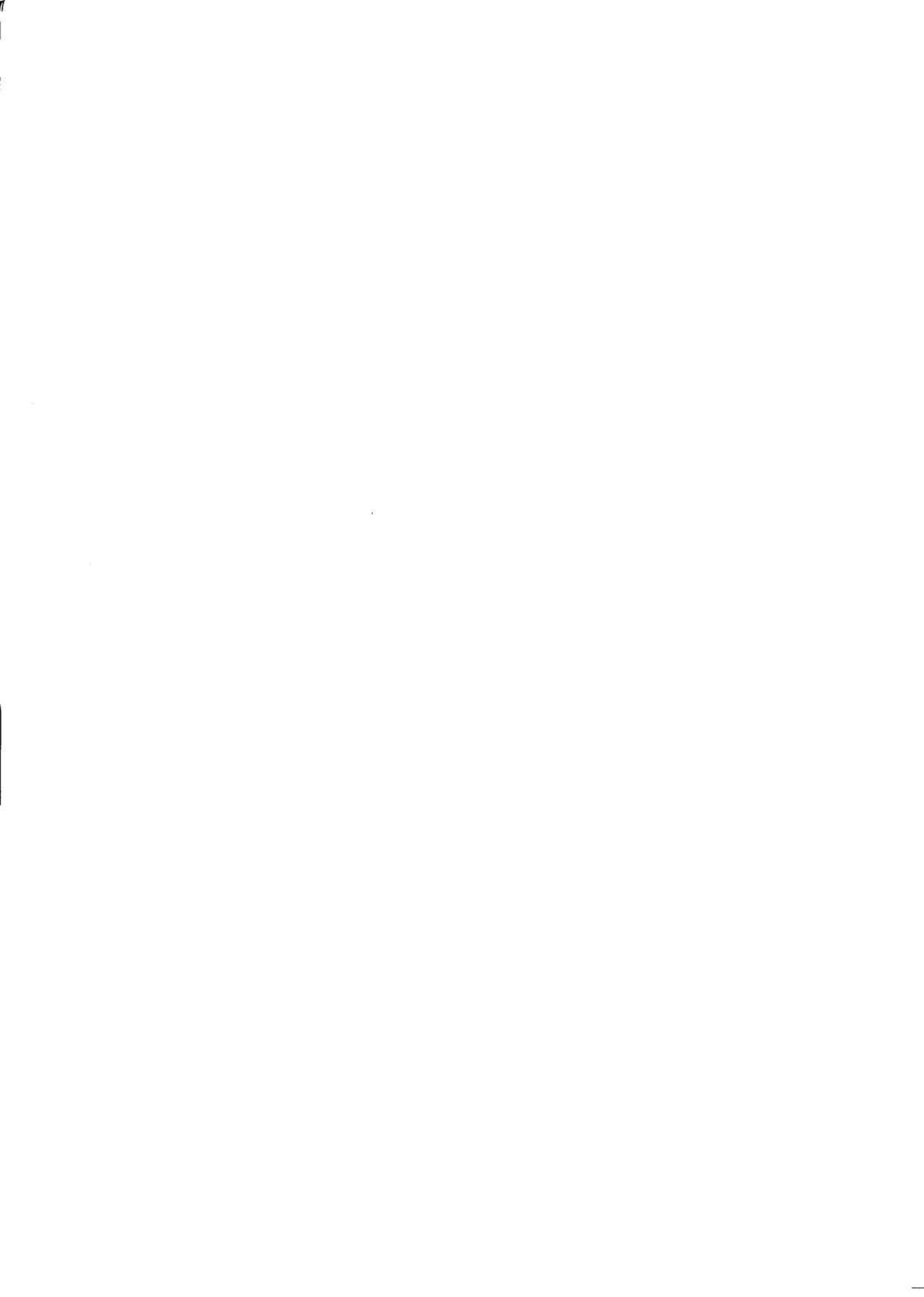
A análise de dados do Sistema LANDSAT fornece informações que podem contribuir para uma ocupação mais racional da Amazônia Legal.

Tendo em vista os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa pode-se concluir que a análise de dados orbitais do LANDSAT permite o desenvolvimento de programas de vigilância da Amazônia Legal.

Embora a abordagem desta pesquisa não tenha esgotado as potencialidades do sistema, ela procurou abrir novas perspectivas à utilização de dados orbitais em programas de controle dos recursos naturais.

No decorrer deste trabalho de pesquisa diversos problemas foram levantados, sem que pudessem ser resolvidos, pois fugiam aos nossos objetivos da pesquisa. Entre eles, pode-se destacar os abaixo mencionados, que podem ser alvo de pesquisas posteriores:

- . Determinação do nível de informação alcançado no levantamento da rede de drenagem na região pela comparação com fotografias aéreas.
- . Verificação da potencialidade do Sistema como técnica auxiliar na implantação da rede rodoviária.
- . Análise da textura fotográfica através do reconhecimento automático de padrões como um meio alternativo para a caracterização das variações topográficas.
- . Determinação do erro do sistema no cálculo de área desmatada.
- . Desenvolvimento de técnicas de avaliação do rebanho através da área desmatada.
- . Ampliação das classes de pastagens em termos de qualidade da cobertura de gramíneas.
- . Estudo dos diferentes tipos de solo da região e sua classificação em termos de potencialidade de ocupação agropecuária.
- . Aprofundamento do conhecimento dos problemas da região através da formação de equipes multidisciplinares com especialistas em cada um dos aspectos levantados.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Diretor do Instituto de Pesquisas Espaciais, Dr. Nelson de Jesus Parada, por ter permitido a realização deste trabalho.

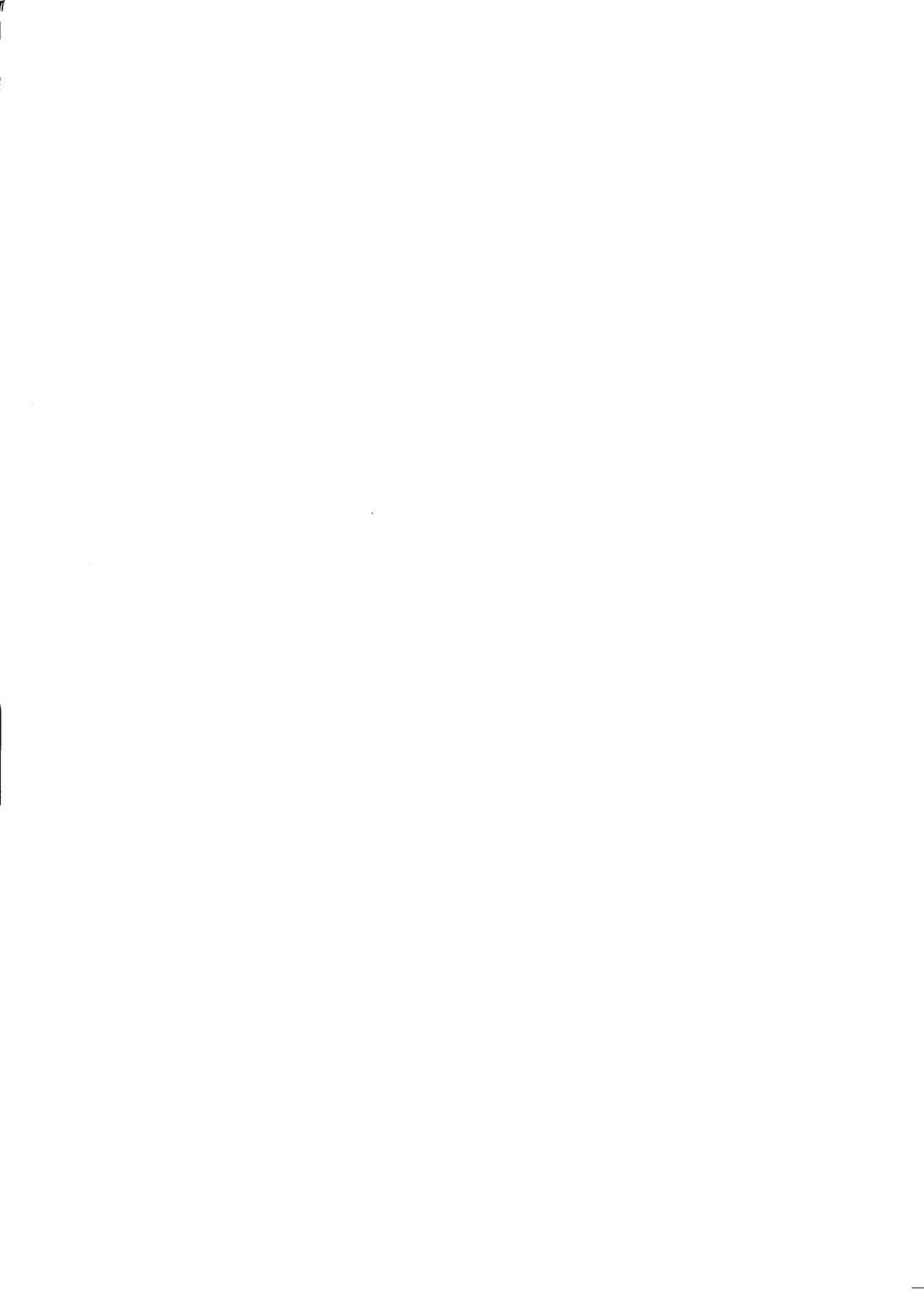
À Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia pelo fornecimento de dados oficiais necessários à pesquisa.

Ao Dr. Jorge Xavier da Silva e ao Engenheiro Agrônomo Antonio Tebaldi Tardin, MSc., pela orientação e colaboração.

Ao Dr. Gilberto Amaral pelas sugestões apresentadas.

À Agrônoma Sherry Chou Chen, MSc., pela colaboração na análise estatística dos dados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realizado.



BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de Reconhecimento Geomorfológico nos Planaltos Divisores das Bacias Amazônica e do Prata entre os Meridianos 51° e 56° W.G. *Revista Brasileira de Geografia*, (5): 65-104, Jul./Set., 1948.
- . Geologia do Centro-Oeste Mato-Grossense. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1964. (215), 137 p. (Boletim, 211).
- AMARAL, G. *Teste de Análise de Superfície de Tendência para Distribuições Aleatórias*. Belo Horizonte, Trabalho a ser apresentado no 29º Congresso Brasileiro de Geologia.
- BARKER, J. Area Measurements of Water from LANDSAT. In: *INTERNATIONAL Symposium on Remote Sensing of Environment. Summaries, 10.*, Michigan, October, 1975. p. 208.
- BAUSCH & LOMB. *Zoom Transfer Scope*. Rochester, New York, 1975.
- BERGAMINI, E.W. *Filtragem Bidimensional de Imagens Empregando Filtros Digitais Recursivos de Primeira Ordem*. INPE, São José dos Campos, 1976. Trabalho Inédito.
- BRASIL. Leis, Decretos etc. Lei nº 4771 de 15 de novembro de 1965. In: CAVALCANTI, D.F., *Legislação para a Conservação da Natureza*. 1971. p. 125-135, (publicação, 5).
- . Decreto nº 74.607 de 25 de setembro de 1974. *Diário Oficial*, Brasília, 25 de Set., 1974a. Seç. I - P.I, p. 11017.

- BRASIL. Leis, Decretos etc. Exposição de Motivos de 24 de setembro de 1974. *Diário Oficial*, Brasília, 25 de Set., 1974b. Seç. I - P.I, p. 11019-11023.
- CAMARGO, A.P. de; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da Aptidão Climática para Culturas Comerciais em Áreas de Cerrado. In: *SIMPÓSIO sobre o Cerrado - Bases para Utilização Agropecuária*. 4., Brasília, Jun., 1976.
- CARNEGGIE, D.M. and DE GLORIA, S.D. Monitoring California's Forage Resource Using ERTS-1 and Supporting Aircraft Data. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 91-95.
- CARNEIRO, M.A. Mato Grosso - Perspectivas de Desenvolvimento. *Boletim Geográfico*, (209): 79-87, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. Considerações a propósito da Geografia Física dos Cerrados. *Notícia Geomorfológica*, 6(11): 5-32, Jun., 1966.
- . Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, 9(18): 35-64, Dez., 1969.
- . Noções Básicas sobre Redes. *Boletim de Geografia Teorética*, (4): 37-52, 1972.
- . *Geomorfologia*. São Paulo, USP, 1974.
- CLAUSS, O. Relatório sobre a expedição ao Xingu em 1884. *Notícia Geomorfológica*, 2(4): 51:58, Ago., 1959.
- COLE, M.M. A Savana Brasileira. *Boletim Carioca de Geografia*, 11(1-2), 1958.

- COLE & KING. *Quantitative Geography - Techniques and Theories in Geography*. London, John Wiley & Sons, 1969.
- CORREA, A.A.M. Conservação e Planejamento do Uso do Solo Agrícola. *Revista Agronomia*, 28: 4-37, Jan./Dez., 1970.
- DAVIS, J.D. *Statistics and Data Analysis in Geology*. New York, John Wiley & Sons, 1973.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folhas Tocantins (SC-22) e Goiás (SD-22)*. Rio de Janeiro, 1975.
- DOORNKAMP, J.C. Trend Surface Analysis of Planation Surfaces, with an East African case Study. In: *SPATIAL Analysis in Geomorphology*. London, Richard J. Chorley, 1972. Cap. 9, p. 247-281.
- DOORNKAMP, J.C. and KING, C.A.M. Basin Morphometry and Morphological Regions. In: ———, *Numerical Analysis in Geomorphology - An Introduction*. /London/, Edward Arnold, 1971. Cap. 5, p. 96-111.
- DUGGIN, M.J.; ROBERTS, R.J.; GEORGE, J.M. Toward an Application of Multichannel Remote Sensing Techniques to Pastoral Productivity Management. In: *INTERNATIONAL Symposium on Remote Sensing of Environment*. Summaries, 10., Michigan, Oct., 1975. p. 157.
- EASTERBROOK, D.J. *Principles of Geomorphology*. New York, McGraw-Hill, 1969.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro de Pesquisa Pedológica. *Mapa Esquemático dos Solos das Regiões Norte, Meio Norte e Centro-Oeste do Brasil*. Texto Explicativo, Brasília, 1975. (Boletim Técnico, 17).

- ERB, R.B. The Utility of ERTS-1 Data for Applications in Agriculture and Forestry. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 75-78.
- ESTES, J.E.; THAMAN, R.R.; SENGER, L.W. Applications of ERTS-1 Satellite Imagery for Land Use Mapping and Resources Inventories in the Central Coastal Region of California. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, Sec. B, p. 457.
- EVANS, I.S. General Geomorphometry, Derivatives of Altitude, and Descriptive Statistics. In: *SPATIAL Analysis in Geomorphology*. /London/, Richard J. Chorley, 1972. Cap. 2, p. 17-90.
- FERREIRA, L.D.D. e PAVAN, A.J. *Estudo da Diferença de Coordenadas de Pontos na Superfície Terrestre Obtidos em Elipsóides Diferentes*. São José dos Campos, INPE, 1976. (958-NTI/079).
- FORESTI, C.; CAMARGO, J.C.G.; FERREIRA, S. dos A. *Preliminary Studies of Region Around Brasília Using ERTS-1 Images*. São José dos Campos, INPE, Nov., 1973. (LAFE-417).
- FRANÇA, G.V. *Interpretação Fotográfica de Bacias e Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ, 1968.
- FREITAS, F.G. de; SILVEIRA, C.O. da Principais Solos sob Vegetação de Cerrado e sua Aptidão Agrícola. In: *SIMPÓSIO sobre o Cerrado - Bases para Utilização Agropecuária*. 4., Brasília, Jun., 1976.
- FREITAS, R.O. de Textura de Drenagem e sua Aplicação Geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*, 11: 53-57, 1952.

- GARRISON, W.L. Connectivity of the Interstate Highway System. In: AMBROSE, P., *Analytical Human Geography - A Collection and Interpretation of some Recent Work*. New York, American Elsevier Publishing, 1969. p. 103-120.
- GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image 100 - Interactive Multispectral Image Analysis System*. (User Manual). Daytona, 1975.
- GIMBARZEWSKY, P. ERTS-1 Imagery in Biophysical Studies. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing*. 2., Ottawa, Apr./May, 1974. V.2, p. 392-407.
- GUERRA, A.T. *Geografia do Brasil; Roteiro de uma Viagem*. Rio de Janeiro, IBGE, 1960.
- . *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 4.ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1972. (Série A - Biblioteca Geográfica Brasileira, 21).
- GUIMARÃES, M.R. da S. Região Centro-Oeste. In: *NOVO Paisagens do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1973. p. 265-284. (Biblioteca Geográfica Brasileira, Série D, 2).
- HAGGETT, P. and CHORLEY, R. *Network Analysis in Geography*. /London/, Edward Arnold, 1969.
- HALLBERG, G.R.; HOYER, B.E.; RANGO, A. Applications of ERTS-1 Imagery to Flood Inundation Mapping. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1963. V.1, Seç. A, p. 745-753.
- HARALICK, R.M. and BOSLEY, R. Spectral and Textural Processing of ERTS Imagery. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 1929-1970.

- HARALICK, R.M. and SHANMUGAN, K.S. Combined Spectral and Spatial Processing of ERTS Imagery Data. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the EARTH Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.1, Seç. B, p. 1219-1228.
- HORTON, R.E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 56: 275-370, 1945.
- HOWARD, A.D. Equilíbrio e Dinâmica dos Sistemas Geomorfológicos. *Notícia Geomorfológica*, 13(26): 3-20, Dez., 1973.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Atlas do Brasil ao Milionésimo*. Folha Tocantins (SC-22) e Goiás (SD-22), Rio de Janeiro, 1972.
- JOICE, A.T. Land Use and Mapping. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.2, p. 138-146.
- JOLY, A.B. *Conheça e Vegetação Brasileira*. São Paulo, USP, 1970.
- KEECH, M.A. Soil Erosion Survey Techniques. *Proceedings & Transactions of the Rhodesia Scientific Association*, 53: 13-16, 1968.
- KELLER, E.C. de S. O "Habitat" rural. In: AZEVEDO, A. de, *Brasil: A Terra e o Homem*. São Paulo, USP, 1970. V. 2, p. 291-345.
- KOCH Jr., G.S. and LINK, R.F. *Statistical Analysis of Geological Data*. New York, John Wiley & Sons, 1971. V. 2.

- KOFFLER, N.F. *Utilização de Imagens Aerofotográficas e Orbitais no Padrão de Drenagem em Solos Originados do Arenito Bauru*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976. (898-TPT/029).
- KUHLMANN, E. Os Tipos de Vegetação. In: *GEOGRAFIA do Brasil - Grande Região Centro-Oeste*. /Rio de Janeiro/, IBGE, 1960. V.2, Cap. 4, p. 118-144. (Biblioteca Geográfica Brasileira, 16, Série A).
- LATTMAN, L.H. Mineral Resources, Geologic Structure and Landforms Surveys. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from ERTS Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.2, p. 106-114.
- LEE, Y.J.; OSWALD, E.T.; HARRIS, J.W.E. A Preliminary Evaluation of ERTS Imagery for Forest Land Management in British Columbia. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing*. 2., Canada, University of Guelph, Abr./May, 1974. V.1, p. 88-101.
- LEINZ, V. e AMARAL, S.E. *Geologia Geral*. 5.ed. São Paulo, Nacional, 1970. V.1. (Biblioteca Universitária - Ciências Puras, série, 3).
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. *Fluvial Processes in Geomorphology*. San Francisco, W.H. Freeman, 1964.
- MAACK, R. Devastação das Matas no Estado do Paraná, suas Consequências e Problemas de Reflorestamento. *Boletim Geográfico*, 22(178): 40-48, Jan./Fev., 1964.
- MACDONALD, R.B. Agriculture, Forestry, Range Resources. In: *EARTH Resources Technology Satellite Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.2, p. 116-125.

- MAGALHÃES, G.M. Sobre os Cerrados de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 38: 59-69, Dez., 1964.
- MAGNANINI, A. A Recuperação de Solos nos Cerrados. *Boletim Carioca de Geografia*, 17: 1965-1966, 1965.
- MALAN, O.G.; MACVICAR, C.N.; EDWARDS, D.; TEMPERLEY, B.N.; CLAASSEN, L. The Value of ERTS-1 Imagery in Resources Inventarizations on a National Scale in South Africa. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 383-392.
- MOLION, L.C.B. *A Climatologic Study of the Energy and Moisture Fluxes of the Amazonas Basin with Consideration of Deforestation Effects*. Tese de Doutorado em Meteorologia. Madison, University of Wisconsin, 1975.
- MORRISON, R.B. Mapping Quaternary Landforms and Deposits in the Midwest and Great Plains by means of ERTS-1 Multispectral Imagery. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.1, Sec. A, p. 353-362.
- MORRISON, R.B. and COOLEY, M.E. Application of ERTS-1 Multispectral Imagery to Monitoring the Present Episode of Accelerated Erosion in Southern Canada. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 283-290.
- NASA. *Data User Handbook - ERTS*. Baltimore, Goddard Space Flight Center, 1972.
- NIMER, E. A Conservação da Natureza ante a Exploração Econômica da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*, 37(2): 44-76, Abr./Jun., 1975.

- NOSSEIR, M.K.; PALESTINO, C.V.B.; BATISTA, G.T. *Mapeamento da Vegetação Natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Região Leste do Brasil), através de Imagens MSS do ERTS-1.* São José dos Campos, INPE, Fev., 1975. (617-LAFE).
- PALABEKIROGLU, S. The Value of ERTS-1 Imagery for Mineral Exploration. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing.* 2., Ottawa, Apr./May, 1974. V.2, p. 463-470.
- PENTEADO, M.M. *Fundamentos de Geomorfologia.* Rio de Janeiro, IBGE, 1974. (Biblioteca Geográfica Brasileira, Série D, 3).
- PENTEADO, A.R. O Homem Brasileiro e o Meio. In: AZEVEDO, A. de, *BRASIL: A Terra e o Homem.* São Paulo, USP, 1970. V.2, p. 3-35.
- PETRI, S. e FULFARO, V.J. Sobre a Geologia da Área Balizada pelas Cidades de Barra do Garças e Guiratinga, Mato Grosso e Jataí e Amorinópolis, Goiás. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 15(3): 59-80, 1966.
- PETRONE, P. Povoamento e Colonização. In: AZEVEDO, A. de, *BRASIL: A Terra e o Homem.* São Paulo, USP, 1970. V.2, p. 128-158.
- PITTY, A.F. *Introduction to Geomorphology.* London, Methuen, 1971.
- RICCI, M. e PETRI, S. Fatores-guia na Interpretação Geológica. In: ———, *Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica.* São Paulo, Nacional, 1965. V.2, Cap. 8, p. 98. (Ciências Aplicadas, Biblioteca Universitária, 4).

- ROURKE, J.D. and AUSTIN, M.E. *Uso de Fotografias Aéreas para a Classificação de Solos e Mapeamento no Campo.* Tradução do Departamento de Agricultura, nos Estados Unidos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium.* 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 309-317.
- SALAS, F.; CABELLO, O.; ALARCON, F.; FERRER, C. ERTS-A Multispectral Image Analysis Contribution for the Geomorphological Evaluation of Southern Maracaibo Lake Basin. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium.* 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 943-953.
- SALOMONSON, V.V. Water Resources - Flood Plain and Flood Inundation Mapping. In: *SYMPOSIUM on Significant Results from the Earth Resources Technology Satellite-1.* Maryland, Mar., 1973. V.3, p. 57-65.
- SANCHEZ, M.C. A Problemática dos Intervalos de Classe na Elaboração de Cartogramas. *Boletim de Geografia Teorética*, (4): 53-65, 1972.
- SANTOS, L.B. dos Aspectos da Vegetação do Brasil. In: *TIPOS e Aspectos do Brasil - Separata da Revista Brasileira de Geografia.* 459-472, 1970.
- SAYN-WITTGENSTEIN, L. and KALENSKY, Z. Interpretation of Forest Patterns on Computer Compatible Tapes. In: *CANADIAN Symposium on Remote Sensing.* 2., Canada, University of Guelph, Abr./May, 1974. V.1, p. 268-277.

- SCHRUMPF, B.J. Natural Vegetation Inventory. In: *SYMPOSIUM on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 59-66.
- SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (SGE). Carta Topográfica da Região Leste do Brasil. Folhas de Serra das Almas e Canabrava, Escala 1:100.000, 1969.
- SETZER, J. O Problema dos Campos Cerrados. *Boletim Geográfico*, 12(123): 409-418, Nov./Dez., 1951.
- . Impossibilidade do Uso Racional do Solo no Alto Xingu, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia*, 29(1): 102-109, Jan./Mar., 1967.
- SIEGEL, S. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. New York, McGraw-Hill, 1956.
- STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. *Principles and Procedures of Statistics - with Special Reference to the Biological Sciences*. New York, McGraw-Hill, 1960.
- STRAHLER, A.N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6): 913-920, Dec., 1957.
- SUGUIO, K. e COIMBRA, A.M. Correlação Sedimentológica de Arenitos da Bacia do Paraná. *Boletim do Instituto de Geociências*, 5: 85-116, 1974.
- TAAFEE, E.J. and GAUTHIER, L.H. *Geography of Transportation*. New Jersey, Prentice-Hall, 1973. (Foundations of Economic Geography Series).

- TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P. dos; MORAES, E.M.L. de; TOLEDO, F.L.; ARAÚJO, P.
*Relatório do Trabalho de Campo no NE do Mato Grosso como Apoio na
Utilização de Imagens LANDSAT no Monitoramento do Uso da Terra.* São
José dos Campos, INPE, Mar., 1976. (837-RVi/009).
- TUELLER, P.T. and LORAIN, G. ERTS-1 Evaluations of Natural Resources
Management Applications in the Great Basin. In: *SYMPOSIUM on
Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology
Satellite-1.* Maryland, Mar., 1973. V.1, p. 77-85.
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. de *Avaliação das Imagens
Orbitais (LANDSAT-1) como Base para Levantamento de Solos.* Tese de
Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos,
INPE, 1976. (912-TPT/030).
- VIEIRA, N.M. O Desequilíbrio do Quadro Natural de Franca (SP) e a
Formação de Voçorocas. *Revista Brasileira de Geografia*, 36(4),
Out./Dez., 1974.
- WAIBEL, L. *Capítulos de Geografia Tropical do Brasil.* Rio de
Janeiro, IBGE, 1958.
- WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J.A.; GERBERMANN, A.H.;
RICHARDSON, A.J. Vegetation Density as Deduced from ERTS-1 MSS
Response. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium.*
3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 93-116.
- WILLIAMS, D.L. and COINER, J.C. Utilization of LANDSAT Imagery for
Mapping Vegetation on the Millionth Scale. In: *PROCEEDINGS of the
NASA Earth Resources Survey Symposium.* Texas, Jun., 1975. V.1A,
p. 53-65.

WILLIAMSON, D.T. Vegetation Mapping from ERTS Imagery of the Okavango Delta. In: *EARTH Resources Technology Satellite-1 Symposium*. 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 301-308.

APÊNDICE A

FICHA DE CAMPO

NOME DAS COBERTURAS	IDENTIFICAÇÃO NA TIPOLOGIA	COBERTURA VEGETAL	TOPOGRAFIA GRAU DE DISSECAÇÃO	ASPECTO DAS VERTENTES	COR DO SOLO	ASPECTO DO SOLO	LITOLOGIA	ASPECTO DA PASTAGEM	Nº DA FOTO	Nº DO FILME	TIPO DO FILME	OUTRAS OBSERVAÇÕES

COBERTURA DO SOLO

- CONTÍNUA PELO ESTRATO SUPERIOR-CES
- CONTÍNUA PELO SUBSTRATO-CES
- IRREGULAR-I

COR

- VERDE ESCURO - VE
- VERDE CLARO - VC
- VERDE AMARELADO - VM
- VERDE ACINZENTADO - VA

ASPECTO

- SECA - S
- SEU ASPECTO DE SECA - SS

COBERTURA VEGETAL

- MATA DENSE - MD
- MATA FIMA - ME
- MATA GALERIA - MG
- CERRADO - CD
- CERRADO - CE
- CRIPÓS - C
- YARÉA - Y

SOLO

- ARGILOSO - AG
- ARENOSO - AR

TOPOGRAFIA

- GRAU DE DISSECAÇÃO
 - FORTE - FT
 - MÉDIO - ME
 - FRACO - FR
- ASPECTO DAS VERTENTES
 - COÍCHOVO - C
 - CONVEXO - CX
 - MISTA - MT
- INCLINAÇÃO
 - FORTE - FT
 - MÉDIA - MG
 - FRACA - FR

COR

- AMARELO - A
- VERMELHO - V
- VERMELHO-AMARELADO-VA
- AMARELO-VERMELHO-AV

ASPECTO

- ARGILOSO - AG
- ARENOSO - AR

PASTAGEM

- PREDOMINÂNCIA DE GRAMÍNEAS COM COBERTURA DENSE
- GO
- COBERTURA ESPARSA DE GRAMÍNEAS - GE
- INVASORES - I

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO DE CAMPO

1. Data da Entrevista:
2. Nome do Entrevistado:
3. Cargo:
4. Formação:
5. Nome da Propriedade:
6. Ano de Implantação:
7. Talhões pertencentes à Propriedade:
 - a) Localização na Imagem
 - b) Tamanho
8. Área a ser desmatada:
 - a) Localização na Imagem
 - b) Tamanho
9. Espécies de gramíneas para a formação de pastagem:
10. Técnica de plantio:
11. Cuidados na preservação das pastagens:
12. Existem levantamentos de solos da propriedade?
13. Disponibilidade de água para o gado:
 - a) Em superfície
 - b) Condições do terreno para formação de barragens
14. Cabeças de gado existentes:
15. Número de cabeças por hectare:
16. Nº de cabeças no ano de estabilização do rebanho:
17. Ano de Estabilização:

18. Comercialização do Rebanho:
 - a) Número de cabeças comercializadas por ano:
 - b) Lugar de destino
 - c) Meio de Transporte do gado
19. Tipo de Gado:
20. Número de pessoas ativas na propriedade:
 - a) Fixos:
 - b) Empreitada:
21. Número de pessoas residentes na propriedade:
 - a) Procedência
22. Frequência de Pessoas de Outros Projetos que chegam à propriedade:
 - a) Procedência
 - b) Meio de Transporte
23. Estradas de comunicação interna do Projeto:
 - a) Quilometragem
 - b) Qualidade
24. Estradas de comunicação com outros Projetos:
 - a) Quilometragem
 - b) Tempo
 - c) Qualidade
25. Centros de Abastecimento:
 - a) Imediato
 - b) Mediato: (Sede, Compra equipamento, transações comerciais)
26. Efeito da chuva na comunicação por estradas:
27. Período em que as chuvas prejudicam o trânsito:
28. Veículos da propriedade:
29. Assistência técnica ao equipamento do projeto:
30. Assistência Médica:

31. Escolas:
32. Energia Elétrica:
33. Habitação:
34. Base de Alimentação:
35. Agricultura de Gêneros de Primeira Necessidade:

APÊNDICE D

D1 - ESBOÇO DA REDE DE DRENAGEM

D2 - ZONEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE TEXTURA TOPOGRÁFICA.

D3 - ESBOÇO DA COBERTURA VEGETAL

D4 - ZONEAMENTO DAS VARIAÇÕES TOPOGRÁFICAS COM BASE NAS VARIAÇÕES DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE

D5 - TRAÇADO DA REDE RODOVIÁRIA

D6 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS LIGADOS PELA REDE RODOVIÁRIA

D7 - ZONEAMENTO DE ÁREAS COM BASE NA DENSIDADE DE REDE E PORCENTAGEM DE ÁREA DESMATADA

D8 - DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS ATÉ AGOSTO DE 1973

D9 - DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS ATÉ JUNHO DE 1975