

1. Classificação <i>INPE-COM. 3/NTE</i> <i>C.D.U. 910.26: 621.38SR</i>	2. Período <i>1973/1975</i>	4. Critério de Distribuição:  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>Topografia</i> <i>Textura da Imagem</i> <i>LANDSAT</i>		7. Revisado por <i>Jorge de Mesquita</i> <i>Jorge de Mesquita</i>
5. Relatório nº <i>INPE-1077-NTE/103</i>	6. Data <i>julho de 1977</i>	9. Autorizado por  <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>
8. Título e Sub-Título <i>DETERMINAÇÃO DE VARIAÇÕES TOPOGRÁFICAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TEXTURA FOTOGRÁFICA DE IMAGENS LANDSAT.</i>		11. Nº de cópias <i>05</i>
10. Setor <i>DSR/SGE</i>	Código <i>424</i>	14. Nº de páginas <i>33</i>
12. Autoria <i>Evelyn Marcia Leão de Moraes Novo</i> <i>Armando Pacheco dos Santos</i>		15. Preço
13. Assinatura Responsável	<i>Jorge de Mesquita</i>	
16. Sumário/Notas <p><i>A ocupação da Amazônia Legal vem sendo realizada, em muitas áreas, através de projetos agropecuários. O desconhecimento da região tem levado à ocupação de áreas com topografia altamente desfavorável ao desmatamento. Diversos autores têm sugerido a existência de correlação entre as feições da textura fotográfica das imagens LANDSAT e as condições topográficas de uma dada área. No presente trabalho, procurou-se verificar que características da topografia estariam afetando as feições texturais da imagem. Este estudo foi realizado com dados coletados em três áreas testes. Os dados foram coletados nas imagens LANDSAT e em cartas topográficas nas escalas 1:100.000. Na obtenção de dados das imagens foram empregadas técnicas convencionais de interpretação. Para correlacionar as variações texturais da imagem com a declividade do terreno, foi criado o Índice de Rugosidade que representa uma contagem das variações tonais numa amostra obtida sobre uma grade de 0,5 cm x 0,5 cm. Os dados coletados foram submetidos a diversas formas de análise estatística: Análise de Grupamento, Análise de Correlação e Análise de Superfície de Tendência.</i></p>		
17. Observações		

## ÍNDICE

ABSTRACT .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
<u>CAPÍTULO I</u>	
INTRODUÇÃO .....	1
<u>CAPÍTULO II</u>	
MATERIAL E MÉTODOS .....	3
2.1 - Área Teste .....	3
2.2 - Material .....	3
2.3 - Métodos .....	5
<u>CAPÍTULO III</u>	
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	9
<u>CAPÍTULO IV</u>	
CONCLUSÕES .....	25
BIBLIOGRAFIA .....	27

## ABSTRACT

*The purpose of this study was to examine the existing relationship between the texture of LANDSAT images and topographic variation. This study was carried out on three test sites because they showed similar topography and ground cover. Topographic data were collected from LANDSAT images and topographic maps. A roughness index was used to represent image texture. This index represents the tonal variation within a 0,5 cm x 0,5 cm grid. Declivity data were collected from topographic maps at different scales to correlate with the roughness index. The obtained results showed the possibility of characterizing topographic conditions by analyzing the texture of LANDSAT images.*

## LISTA DE FIGURAS

Fig. II.1 - Localização das Áreas Testes .....	4
Fig. III.1- Unidades de Textura Fotográfica Obtidas por Análise Visual .....	10
Fig. III.2- Diagramas Representativos dos Agrupamentos das Classes de Textura Fotográfica Quanto aos Parâmetros selecionados .....	13
Fig. III.3- Perfil dos Índices de Rugosidade e Declividade com Base nos Valores Computados para a Superfície de Oitavo Grau .....	19
Fig. III.4- 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 .....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela II.1 - Relação das Imagens Utilizadas.....	3
Tabela III.1- Nível de Significância entre Classes de Textura Fotográfica quanto ao Parâmetro Rugosidade. ....	10
Tabela III.2- Nível de Significância entre Classes de Textura Fotográfica quanto ao Parâmetro Textura Topográfica .....	12
Tabela III.3- Nível de Significância entre Classes de Textura Fotográfica quanto ao Parâmetro Densidade de Drenagem .....	12
Tabela III.4- Nível de Significância entre Classes de Textura Fotográfica quanto ao Parâmetro Declividade .....	12
Tabela III.5- Média das Classes de Textura Fotográfi- ca quanto aos Parâmetros Rugosidade (R), Textura Topográfica (Tt), Densidade de Drenagem (Dd) e Declividade (D) .....	14
Tabela III.6- Coeficiente de Correlação de Spearman en- tre o Índice de Rugosidade e os Índices que expressam variações da Topografia .....	16
Tabela III.7- Coeficiente de Correlação de Spearman en- tre Rugosidade/Declividade e Rugosidade Textura Topográfica para os valores <u>0</u> riginais. ....	21

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Este trabalho de pesquisa faz parte de um projeto mais amplo, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais em convênio com a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). A SUDAM é o órgão responsável pelo planejamento e fiscalização do processo de ocupação da Amazônia Legal. Essa ocupação vem sendo realizada a partir de 1966, através da implantação de projetos agropecuários, quer na área de Cerrado, quer na área de Mata.

Com a implantação desses projetos tem sido feita através do desmatamento de áreas extensas e contínuas, já se tem observado a ocorrência de processos de erosão de solo, pois o desconhecimento da região tem levado à ocupação de áreas com topografia desfavorável ao desmatamento.

Por se tratar de uma região de difícil acesso, fracamente povoada e recoberta em sua grande extensão por floresta, há poucos documentos cartográficos que poderiam ser utilizados pelos proprietários, como orientação na escolha de áreas mais favoráveis ao desmatamento.

Diversos autores, tais como Palabekiroglu (1974), Valério Filho et al (1976) e Koffler (1976), já haviam sugerido a existência de correlação entre as feições da textura fotográfica das imagens LANDSAT-1 e as condições topográficas de uma dada área. No presente trabalho procurou-se verificar que características da topografia estariam afetando as feições texturais da imagem.

Trabalhos realizados por Strahler (1957), Keek (1968), Correa (1969) e Vieira (1974) demonstraram que o fator topográfico mais importante no desencadeamento dos processos de erosão do solo é a declividade. Desta forma, o objetivo deste trabalho de pesquisa foi verificar se a variação da declividade do terreno, determinando topo-

grafias mais ou menos acidentadas, afetava a textura fotogrãfica das imagens do LANDSAT-1, visando a sua utilizaçãõ na escolha de áreas topograficamente mais favorãveis ã implantaçãõ de projetos agropecuãrios na Amazõnia.

## CAPÍTULO II

### MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1 - ÁREA TESTE

Para realização desse estudo foram selecionadas três áreas testes (Figura II.1). A área teste do Roncador encontra-se localizada no nordeste do Estado do Mato Grosso e faz parte da Amazônia Legal. Foi selecionada por se tratar de uma área de interesse da SUDAM e por apresentar condições ambientais representativas de outras áreas também de interesse da mesma Superintendência (EMBRAPA, 1975).

As áreas testes da Serra das Almas e Canabrava foram selecionadas por possuírem a documentação cartográfica necessária ao desenvolvimento da pesquisa e por apresentarem condições de cobertura vegetal e topografia semelhantes às da área teste do Roncador.

#### 2.2 - MATERIAL

Para a realização deste trabalho foram utilizadas imagens branco e preto, obtidas pelo LANDSAT-1, cuja descrição do sistema pode ser encontrada nos trabalhos da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (1972). Na tabela II.1 encontram-se relacionadas as imagens utilizadas no decorrer da pesquisa.

TABELA II.1

#### RELAÇÃO DAS IMAGENS UTILIZADAS

IMAGEM Nº	DATA	ESCALA	CANAL	ÁREA TESTE
175152-123820	01/06/1975	1:1.000.000	7	Roncador
1066-1284	27/09/1972	1:1.000.000	7	Canabrava
1048-12321	09/09/1972	1:500.000	7	Serra das Almas



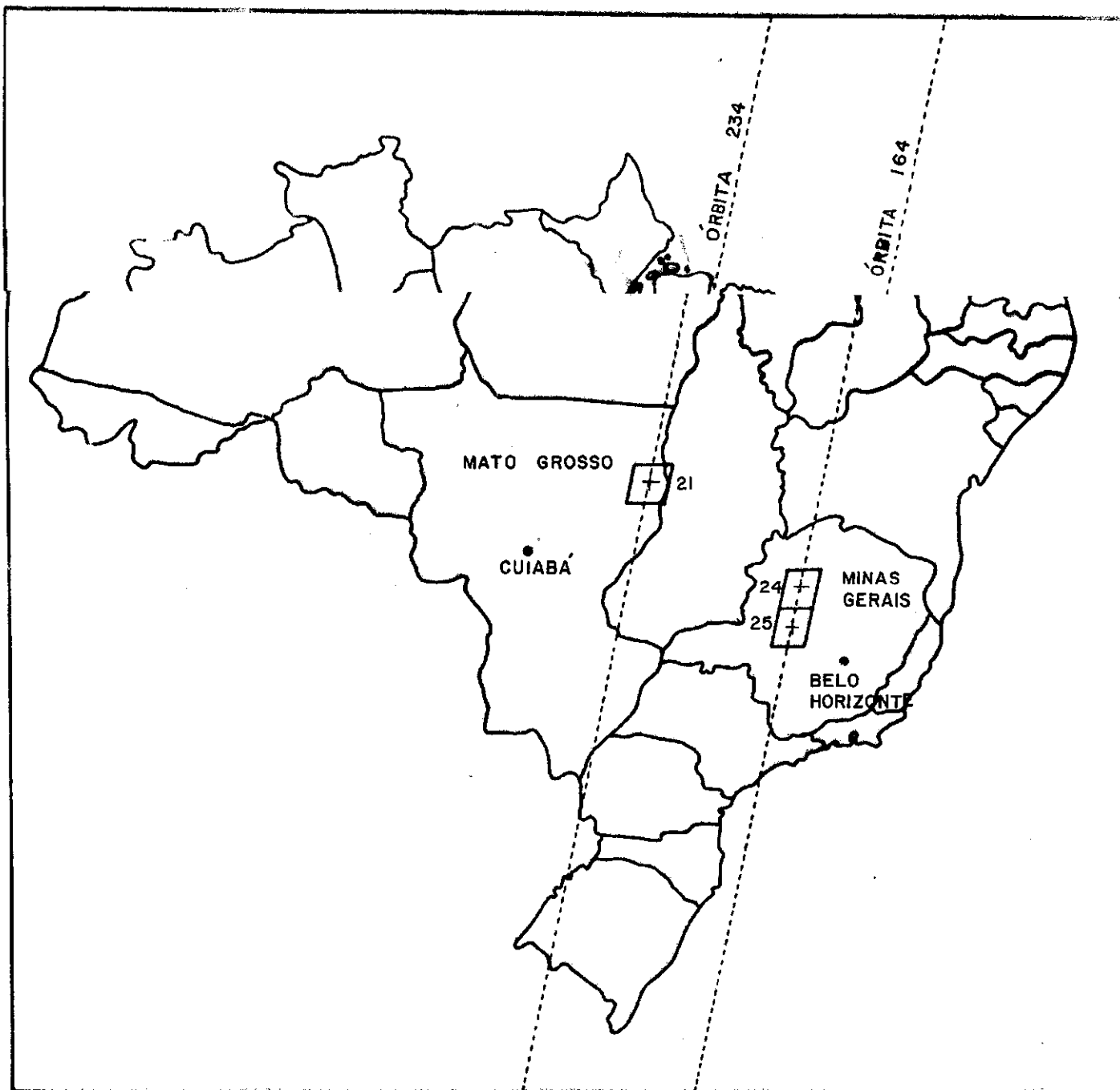


FIGURA II.1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS TESTES.

- |    |
|----|
| 21 |
|----|

 RONCADOR
- |    |
|----|
| 24 |
|----|

 CANABRAVA
- |    |
|----|
| 25 |
|----|

 SERRA DAS ALMAS

A coleta de dados de declividade, bem como a localização de acidentes geográficos, foi realizada através da utilização da Carta Topográfica SC-22 na escala 1:1.000.000 do Atlas do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 1972), e das Folhas de Canabrava e Serra das Almas na escala 1:100.000 (SGE, 1969).

No processamento automático dos dados coletados foi empregado o Programa de Análise de Superfície de Tendência.

### 2.3 - MÉTODOS

A primeira etapa do trabalho consistiu na inspeção visual da imagem da área teste do Roncador, no canal 7, na escala 1:1.000.000, para a individualização do maior número possível de unidades de textura fotográfica.

Através do trabalho de campo procurou-se verificar a relação entre as diferentes unidades de textura fotográfica identificadas na imagem e a variação das condições topográficas.

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

#### a) Densidade de Drenagem

Pela definição de Horton (1945) este índice é expresso por:

$$Dd = \frac{L}{A}, \text{ onde: } Dd = \text{Densidade de Drenagem}$$

$L = \text{Comprimento total dos canais em Km, dentro da amostra.}$

$A = \text{Área da amostra em Km}^2.$

b) Textura Topográfica:

Conforme modificação proposta por França (1968), este índice é expresso por:

$$Tt = \frac{N}{P} \quad \text{onde } Tt = \text{Textura topográfica da amostra}$$

N = Número de rios da amostra  
P = Perímetro da amostra em Km.

c) Declividade:

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

$$\theta = \arctg \frac{H}{D} \quad \text{onde } \theta = \text{Ângulo de declividade}$$

H = Diferença de nível em metros  
D = Distância horizontal em metros

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

d) Rugosidade:

Este índice foi criado para tentar expressar quantitativamente a textura da imagem em termos da percepção visual do nível de rugosidade apresentado por uma certa região da imagem. De acordo com Haralick e Sharmugan (1973) a textura da imagem pode ser definida como a variação de tonalidade dentro de uma banda espectral. O índice de Rugosidade representaria, desta forma, uma contagem de variação de tonalidade dentro de uma área amostrada.

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

Para a coleta dos índices de Densidade de Drenagem e Textura Topográfica foi feito um mapeamento minucioso da rede de drenagem (Santos e Novo, 1977). O índice de Declividade foi coletado sobre as cartas topográficas, e o de Rugosidade foi obtido diretamente no canal 7 das imagens LANDSAT-1. Os dados coletados foram submetidos a tratamento estatístico.

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o trabalho de campo, na área teste do Roncador, foi observado que a variação das condições topográficas provocava variação da textura fotográfica da imagem do canal 7. Com a variação da topografia, há variações na iluminação da cena, determinando 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 da textura fotográfica foram melhor caracterizadas nas imagens do canal 7, embora Valério Filho et al (1976) tenham utilizado imagens do canal 6 para este tipo de análise na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo e Dourados/Amambai, Estado do Mato Grosso.

A inspeção das bandas 6 e 7, para diversas regiões, demonstrou que o melhor canal para a caracterização da textura fotográfica varia com as características da área de interesse.

Na área teste do Roncador, a análise visual da textura fotográfica permitiu a identificação de 9 unidades de textura, variando de lisa a rugosa (Figura III.1). A numeração das unidades mapeadas é só para referência, pois não obedece a um critério hierárquico em termos de maior ou menor rugosidade.

A seleção desta área teste levou em conta a necessidade de se ter grande diversidade de padrões de textura fotográfica, sob diferentes condições de cobertura vegetal. Além disso, esta imagem, correspondente a área teste do Roncador, possuía cinco pontos de controle

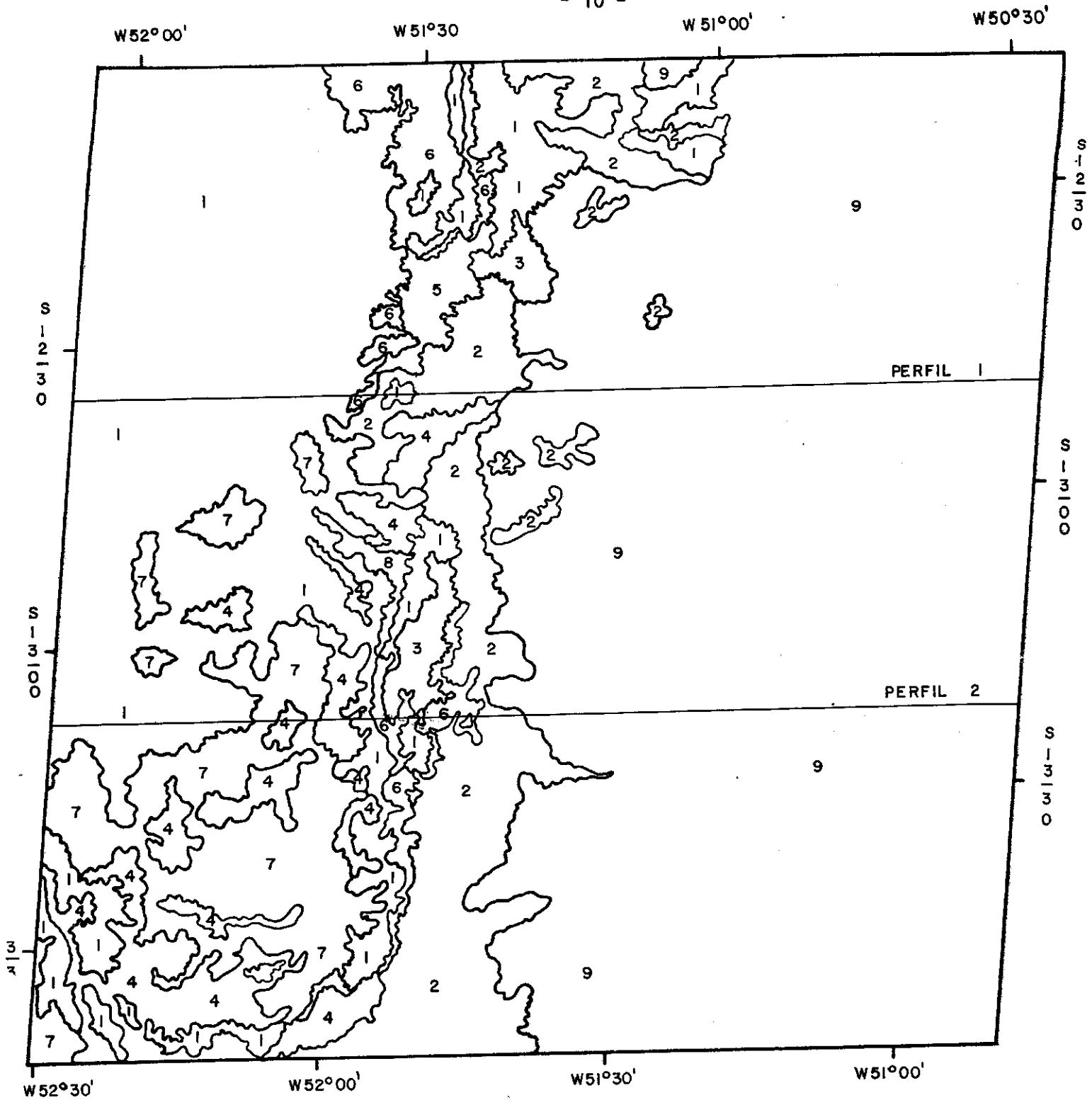


FIGURA III.1 - UNIDADES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA OBTIDAS POR ANÁLISE VISUAL.

ESCALA:



astronômico, que permitiriam uma transferência mais segura de informações da carta topográfica.

Para verificar se havia diferenças significativas entre as 9 unidades de textura fotográfica, anteriormente mapeadas, foram coletados dados de Rugosidade, Textura Topográfica, Densidade de Drenagem e Declividade. Foram sorteadas aleatoriamente treze quadrículas base para cada unidade de textura fotográfica e os valores obtidos foram submetidos à Análise de Agrupamento, através do teste de Wilcoxon (Steel e TORRIE 1960). Os resultados da aplicação do teste encontram-se resumidos nas tabelas III.1, III.2, III.3 e III.4.

Pelo exame destas tabelas pode-se observar que o parâmetro Rugosidade foi o que apresentou maior poder discriminatório, em relação às unidades de textura fotográfica identificadas visualmente.

Através do diagrama 1 da figura III.2, observa-se que existem poucas ligações entre as classes, quanto ao parâmetro Rugosidade, o que permitiu que elas fossem reagrupadas em 6 unidades. A representação diagramática dos demais parâmetros demonstrou que eles permitem a discriminação de apenas 3 unidades. Todos os diagramas, entretanto, foram consistentes na discriminação da classe 9, que, de fato, se apresenta bem diferenciada no terreno, quer quanto à declividade, quer quanto às condições de drenagem superficial.

A classe 9 corresponde, no terreno, à planície do Rio Araguaia e se caracteriza por ser pouco dissecada pela drenagem e por possuir declividade em torno de  $0^{\circ}$ . Na imagem do canal 7, essas características determinam baixos Índices de Rugosidade. Pela Tabela III.5 pode-se observar que a classe 9 apresentou os valores médios mais baixos para todos os Índices considerados.

TABELA III.1

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO RUGOSIDADE.

	9	1	2	7	4	3	8	5	6
9		xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
1			x	xx	xx	xx	xx	xx	xx
2				x	xx	xx	xx	xx	xx
7					SD	x	xx	xx	xx
4						SD	xx	xx	xx
3							SD	SD	xx
8								SD	xx
5									xx
6									

TABELA III.2

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO TEXTURA TOPOGRÁFICA.

	9	1	2	3	7	8	4	5	6
9		xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
1				SD	SD	xx	xx	xx	xx
2					SD	x	x	x	xx
3						SD	SD	SD	xx
7							SD	SD	SD
8								SD	SD
4									SD
5									
6									

TABELA III.3

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO DENSIDADE DE DRENAGEM.

	9	2	1	3	7	8	4	5	6
9		x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
2				SD	SD	SD	x	xx	xx
1					SD	SD	SD	x	x
3						SD	SD	SD	x
7							SD	SD	x
8								SD	SD
4									SD
5									
6									

TABELA III.4

NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ENTRE CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AO PARÂMETRO DECLIVIDADE.

	9	1	5	2	3	4	6	7	8
9		x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
1				SD	SD	x	x	x	SD
5					SD	SD	SD	x	SD
2						SD	SD	SD	SD
3							SD	SD	SD
4								SD	SD
6									SD
7									
8									

xx - SIGNIFICANTE AO NÍVEL DE 0.01  
 x - SIGNIFICANTE AO NÍVEL DE 0.05  
 SD - SEM DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS



RUGOSIDADE

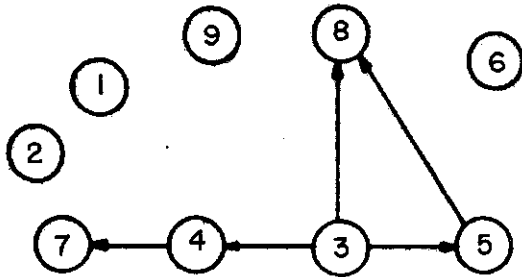


DIAGRAMA 1

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

TEXTURA TOPOGRÁFICA

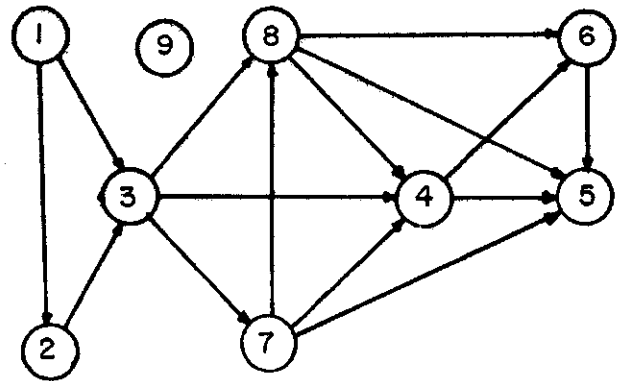


DIAGRAMA 2

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

DENSIDADE DE DRENAGEM

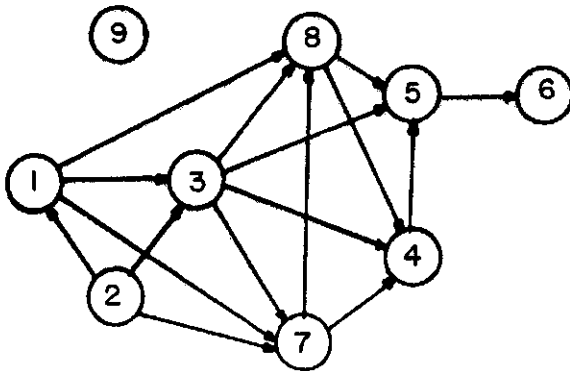


DIAGRAMA 3

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

DECLIVIDADE

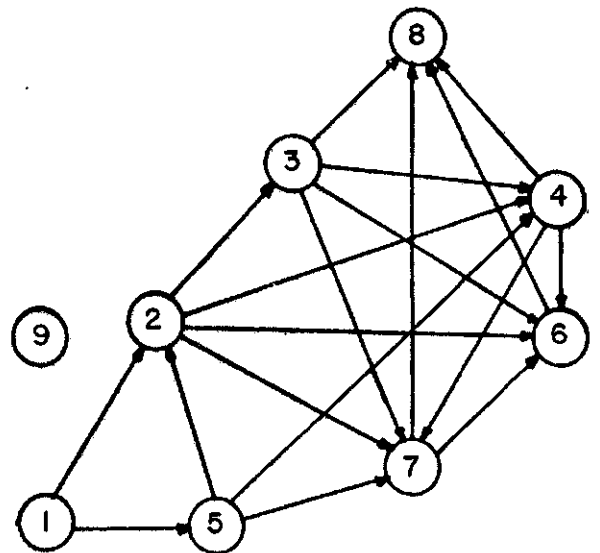


DIAGRAMA 4

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

FIGURA III.2 - DIAGRAMAS REPRESENTATIVOS DOS AGRUPAMENTOS DAS CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS SELECIONADOS.

TABELA III.5

MÉDIA DAS CLASSES DE TEXTURA FOTOGRÁFICA QUANTO AOS PARÂMETROS RUGOSIDADE (R), TEXTURA TOPOGRÁFICA (Tt), DENSIDADE DE DRENAGEM (Dd) E DECLIVIDADE (D).

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
Tt	0,42	0,36	0,48	0,60	0,68	0,80	0,50	0,56	0,14
Dd	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

Pelos diagramas da Figura III.2, 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 que as demais classes.

No terreno, esta 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. Esta unidade é também representada por uma área ao norte da Serra do Roncador, que se caracteriza por uma topografia fortemente ondulada.

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

Quanto ao Índice de Declividade, a não discriminação desta unidade deve-se ao fato de que, por ser representada principalmente pela zona de escarpas do 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 escarpamentos, não acusando a variação nos declives.

Pelos resultados da Análise de Agrupamento, ficou evidenciado que o Índice de Rugosidade apresentou maior poder discriminatório que os demais, confirmando as observações de Haralick e Bosley (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, pôde expressar a variação da textura 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 só 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 relacionamento 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 da imagem e os demais parâmetros que caracterizam a topografia.

Os dados de Rugosidade, para as unidades mapeadas, foram correlacionados com os dados de Densidade de Drenagem, Textura Topográfica e Declividade, através do Coeficiente de Correlação de Spearman (Steel e Torrie, 1960). Pelos resultados obtidos (Tabela III.6), verifi

cou-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 III.6

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPERMAN, 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 valor maior de correlação entre Rugosidade e Declividade. De fato, diversos autores, como Freitas (1952) e Melton, conforme citação de Christofolletti (1974), já demonstraram que, em condições ideais, o aumento do valor da Textura Topográfica e Densidade de Drenagem correspondiam a um aumento dos ângulos de declividade das encostas.

Para este baixo valor de correlação entre os Índices de Rugosidade e Declividade, foram levantadas as seguintes explicações:

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

- c) A escala da imagem (1:1.000.000) estaria determinando uma área muito grande no terreno, devido às dimensões da quadrícula base, 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 o baixo valor de correlação entre o Índice de Rugosidade e o Índice de Declividade, utilizou-se a técnica de Análise de Superfície de Tendência. Foram sorteadas 350 quadrículas base, segundo um plano de amostragem aleatória em área, que permitiu que toda a imagem (área teste do Roncador) fosse recoberta uniformemente pelas amostras. Para essas amostras foram coletados os Índices de Rugosidade, Textura Topográfica e Declividade. A metodologia utilizada foi a sugerida por Koch e Link (1971), Doornkamp (1972), Davis (1973) e Amaral (1976). Esta técnica, segundo os autores, permite a verificação da tendência geral da distribuição dos dados numa área.

Na escolha da superfície de tendência de melhor ajuste, bem como na sua análise, foi utilizada a metodologia sugerida por Davis (1973). O melhor ajuste foi obtido pela superfície de oitavo grau.

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

Pela análise visual dos gráficos representativos das superfícies de tendência, 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 à 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, verificou-se que havia maior variabilidade dos dados, aproximadamente na direção 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 na direção 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.

A análise das superfícies de tendência, para cada parâmetro, também demonstrou a existência de diferenças no gradiente das superfícies. No caso do Índice de Rugosidade, por exemplo, os dados puderam ser classificados em 18 níveis, enquanto os Índices de Textura Topográfica e Declividade foram classificados em apenas 8 e 6 níveis respectivamente. O perfil da Figura III.3 ilustra mais facilmente este fato. As curvas de Declividade e Rugosidade tem, aproximadamente, a mesma forma, mas a amplitude de variação dos dados de Rugosidade é muito maior.

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

Para verificar a validade desta última alternativa, foram traçados perfis sobre a superfície de oitavo grau, e os dados foram padronizados para a construção desses perfis (Figura III.4). Os perfis foram traçados no sentido Leste-Oeste, que é o de maior variabili

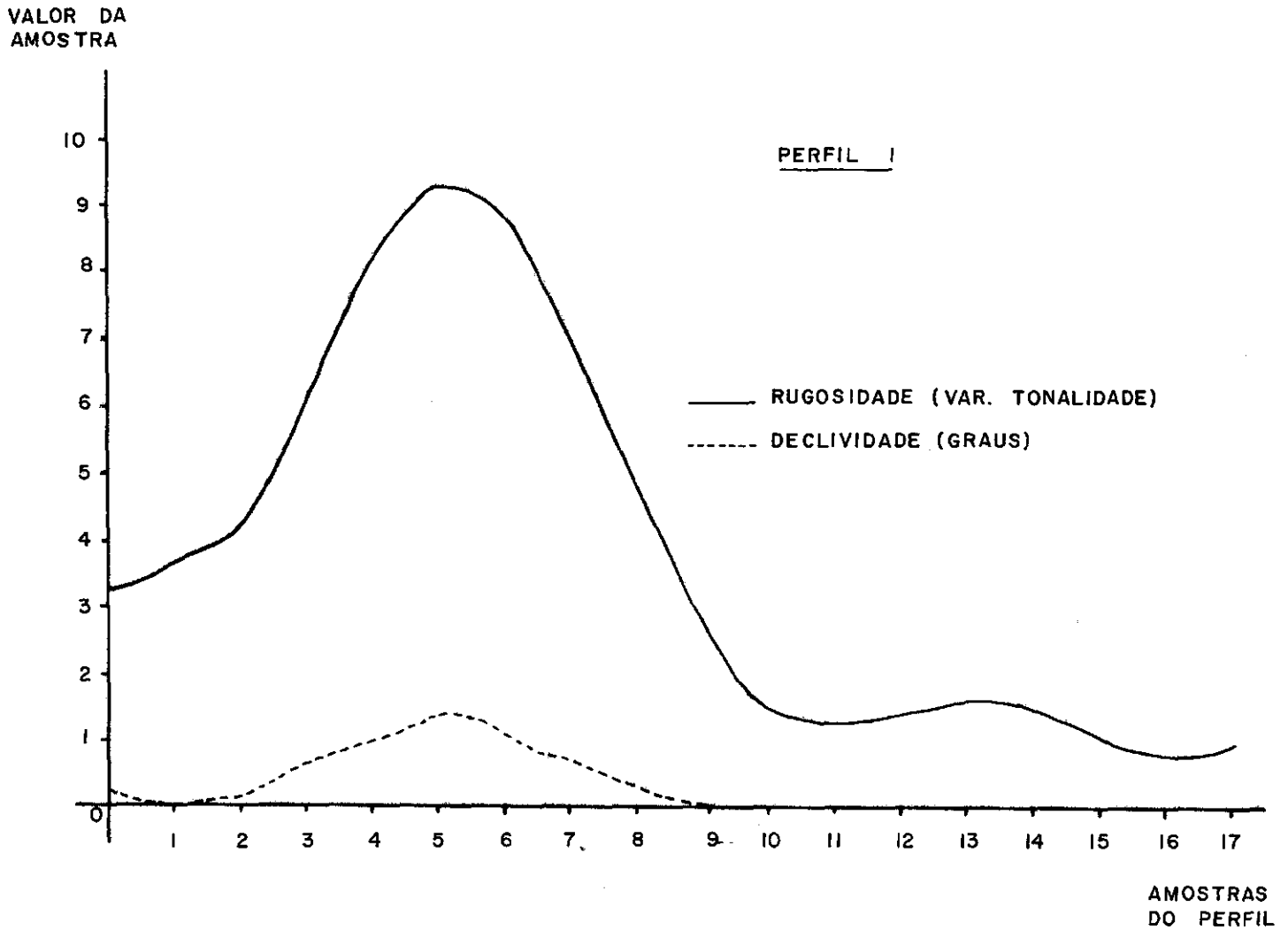


FIGURA III.3 - PERFIL DOS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE NOS VALORES COMPUTADOS PARA A SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU.

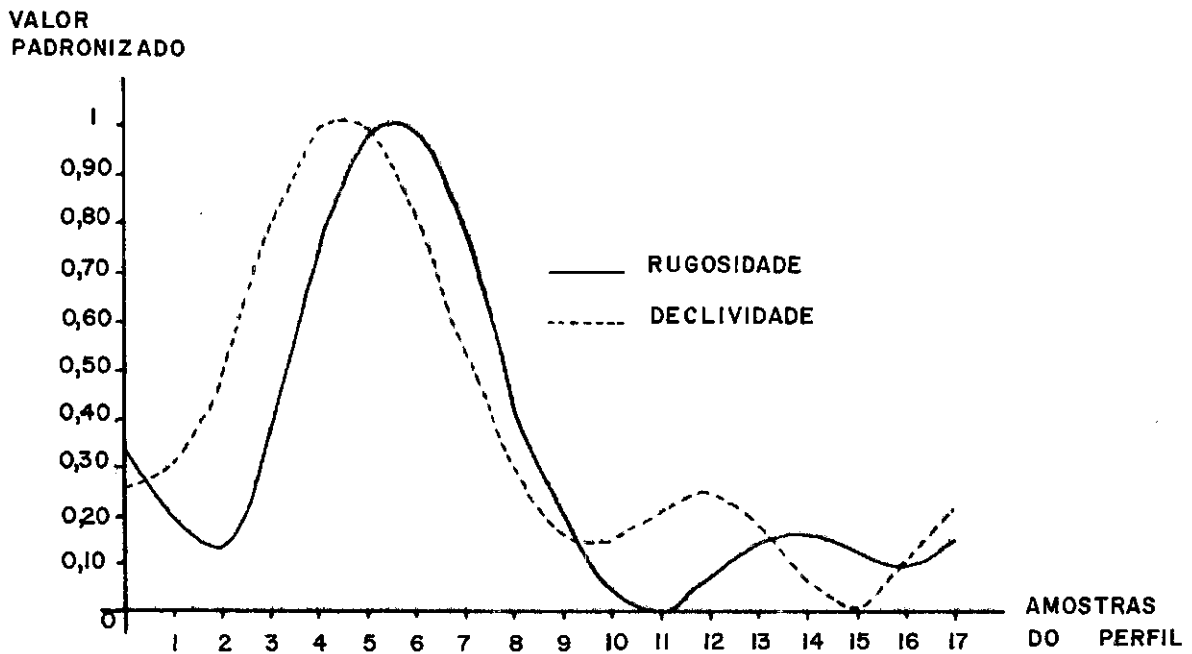
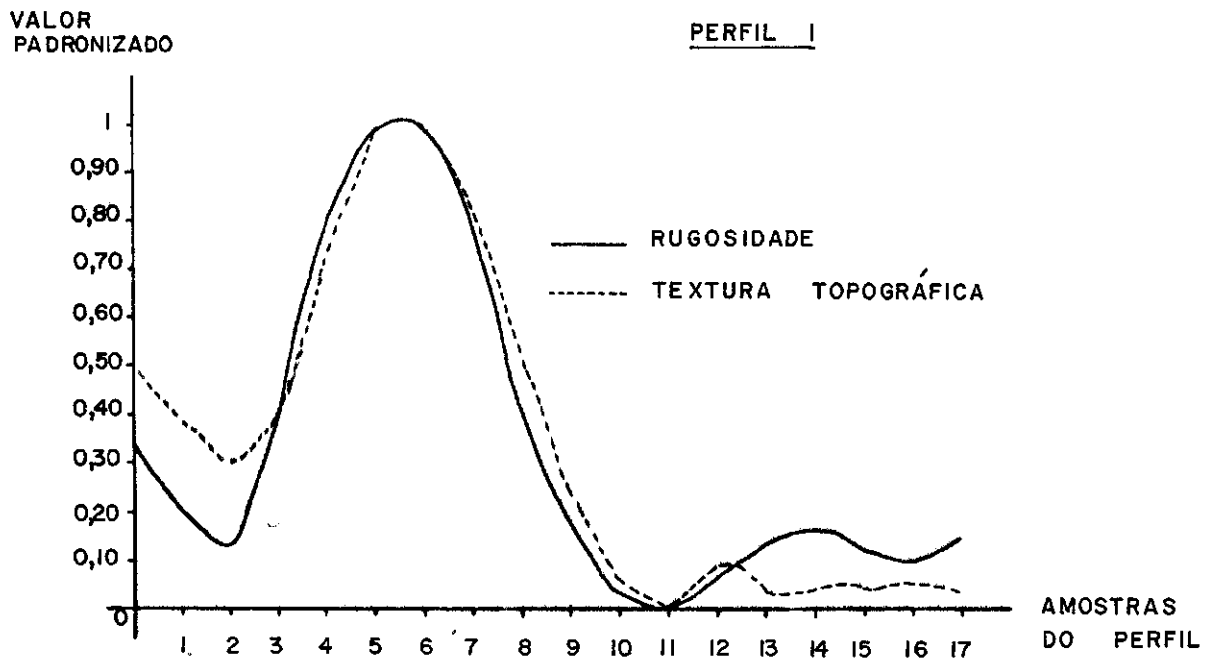


FIGURA III.4 - COMPARAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE RUGOSIDADE E TEXTURA TOPOGRÁFICA, RUGOSIDADE E DECLIVIDADE COM BASE EM PERFIS CONSTRUÍDOS COM VALORES PADRONIZADOS DA SUPERFÍCIE DE OITAVO GRAU.



analisar o efeito da cobertura vegetal sobre o relacionamento entre as variáveis.

A análise da Figura III.4 demonstrou que os parâmetros de interesse de fato apresentam tendências semelhantes da distribuição no espaço e que, na comparação entre variáveis discretas e contínuas através das 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/Declividade e Rugosidade/ Textura Topográfica, levando-se em conta apenas os dados originais. O resultado encontra-se resumido na Tabela III.7.

TABELA III.7

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE RUGOSIDADE/DECLIVIDADE E RUGOSIDADE/TEXTURA TOPOGRÁFICA PARA OS VALORES ORIGINAIS.

VALOR DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO		
	RUGOSIDADE/DECLIVIDADE	RUGOSIDADE/TEXTURA TOPOGRÁFICA
Perfil 1	0,68	0,87
Perfil 2	0,72	0,80

Pela análise desta tabela, pode-se observar que houve um aumento de correlação entre Rugosidade e Declividade, do perfil 1 para o perfil 2. Este aumento pode ser explicado pelo fato de que o perfil 1 atravessa uma área de vegetação mais densa. Com esse resultado, pode-se verificar que a cobertura vegetal tem um efeito atenuador sobre as variações da textura topográfica. Em áreas de topografia pouco movimentada, a cobertura vegetal densa encobre os ressaltos topográficos, determinando maior homogeneidade nas condições de iluminação da cena. Entretanto, os resultados demonstraram que, mesmo em área de vegetação densa, pode-se registrar as variações da topografia em função da variação da

textura fotográfica.

Das observa es anteriores pôde-se verificar que a varia o do  ndice de Rugosidade, nesta região, representa a varia o dos índices de Declividade e Textura Topográfica.

Na tentativa de verificar se a escala da carta topográfica afetava o relacionamento entre Declividade e Rugosidade, foi seleconada a área teste de Canabrava, para a qual se podia contar com documento mais preciso no fornecimento de dados de Declividade.

Para esta área teste foram coletados dados de Rugosidade e Declividade. Na coleta destes dados manteve-se o mesmo critério de amostragem aleatória em área, sobre uma grade de 0,5 cm x 0,5 cm, utilizada para a área teste do Roncador, variando apenas a escala da carta topográfica. A escala da carta topográfica utilizada para a coleta de dados de Declividade foi 1:100.000 (Folha de Canabrava, SGE, 1969) e a escala da imagem para a amostragem dos dados de Rugosidade foi ... 1:1.000.000.

Os dados de Declividade e Rugosidade foram analisados através da aplica o do coeficiente de correla o de Spearman O valor do coeficiente entre estes dois índices (0,72) foi maior do que o valor obtido para a área teste do Roncador (0,57). Isto demonstrou que a escala de coleta de dados de Declividade afeta o grau de relacionamento entre as variáveis consideradas. Com o aumento da escala da carta topográfica, há uma diminui o da equidistância entre as curvas de nível, o que permite uma maior aproxima o entre os dados e os valores reais.

Devido   escala da imagem (1:1.000.000) para a coleta de dados de Rugosidade, a quadrícula base (0,5 cm x 0,5 cm) define no terreno uma área muito extensa (5 Km x 5 Km), o que poderia explicar a grande variabilidade dos ângulos de declividade, calculada em torno de 40%.

Para verificar se a escala da imagem afetava o relacionamento entre Rugosidade e Declividade, foi selecionada a área teste de Serra das Almas, por possuir condições semelhantes às da área teste do Roncador, quando a cobertura vegetal e topografia.

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 (Folha Serra das Almas, SGE 1969). Com o aumento da escala da imagem e manutenção do tamanho da quadrícula base (0,5 cm x 0,5 cm), foi definida uma área menor no terreno, o que permitiu que o ângulo médio obtido fosse mais representativo das condições de declives dominantes da região.

Os dados de Declividade e Rugosidade foram analisados através da aplicação do coeficiente de correlação de Spearman. O valor do coeficiente (0,79) demonstrou que o aumento da escala da imagem e consequente redução da área de coleta de dados no terreno, provocou um aumento no grau de relacionamento entre as variáveis de interesse.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de Reconhecimento Geomorfológico nos Planaltos Divisores das Bacias Amazônica e do Prata entre os Meridianos 51<sup>o</sup> e 56<sup>o</sup> W.G. *Revista Brasileira de Geografia*, (5): 65-104, Jul./Set., 1948.
- AMARAL, G. *Teste de Análise de Superfície de Tendência para Distribuições aleatórias*. Belo Horizonte, Trabalho apresentado no 29<sup>o</sup> Congresso de Geologia, 1976.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia* São Paulo, USP, 1974.
- 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.
- DOORNKAMP, J.C. Trend Surface Analysis of Plantation Surfaces, with an East African Case Study. In: *Spatial Analysis in Geomorphology*. London, Richard J. Chorley, 1972. cap. 9, p. 247-281.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro de Pesquisa Pedológica. *Mapa Esquemático de Solos das Regiões Nordeste, Meio Norte e Centro Oeste do Brasil*. Texto Explicativo, Brasília, 1975. (Boletim Técnico, 17).
- 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.
- FRANÇA, G.V. *Interpretação Fotográfica das Bacias e Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ, 1968.
- GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico - Geomorfológico*, 4 ed., Rio de Janeiro, IBGE, 1972. (Série A - Biblioteca Geográfica Brasileira, 21).
- HARALICK, R.M. and BOSLEY, R. Spectral and Textural Processing of ERTS Imagery Data. 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, Marc., 1973. V.1., Sec. B, p. 1219-1228.
- HORTON, R.E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basis: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 56, 275-370, 1945.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Atlas do Brasil ao Milionésimo*. Folha de Goiãs (SD-22). Rio de Janeiro, 1972.
- KEECH, M.A. Soil Erosion Survey Techniques. *Proceedings & Transactions of the Rhodesia Scientific Association*, 53, 13-16, 1968.
- 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 Pa-  
drão de Drenagem em Solos Originados do Arenito Baurm*. Tese de Mes-  
trado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos,  
INPE, 1976. (898-TPT/029).
- NASA *Data Users Handbook - ERTS*. Baltimore, Goddard Space Flight Center,  
1972.
- PALABEKIROGLU, S.M. 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.
- SANTOS, A.P. dos e NOVO, E.M.L.de M. *Uso de Dados do LANDSAT na Implanta-  
ção, Controle e Acompanhamento de Projetos Agropecuários no Sudeste  
da Amazônia Legal*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Apli-  
cações. São José dos Campos, INPE, 1977. (a ser publicado).
- SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (SGE) *Carta Topográfica da Região Les-  
te do Brasil*. Folhas de Serra das Almas e Canabrava, Escala ...  
1:100.000, 1969.
- STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. *Principles and Procedures of Statistics  
with Special Reference to the Biological Science*. New York,  
McGraw - Hill, 1960.

STRAHLER, A.N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38 (6): 913-920, Dec., 1957.

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).