

N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM
MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT
CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED
IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH
INFORMATION AS POSSIBLE

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of dissemination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."

8.1 - 10059

CR-143767

(E81-10059) AN APPLICATION EXAMPLE OF THE
LANDSAT DATA TO THE STUDY OF THE
RELATIONSHIP BETWEEN THE TOPOGRAPHY AND
PASTURE QUALITY IN AREAS OF PARAGOMINAS
(Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao Jose) G3/43

N81-13416

Unclas
00059

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
16-16-86
002949
X
NASA



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação INPE-COM.4/RPE C.D.U: 621.38SR:033.2	2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) SENSORIAMENTO REMOTO GEOMORFOLOGIA DEGRADAÇÃO DE SOLOS IMAGENS LANDSAT		interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-1756-RPE/145	6. Data Junho, 1980	7. Revisado por <i>Celina Foresti</i> Celina Foresti
8. Título e Sub-Título EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE DADOS DO SISTEMA LANDSAT, NO ESTUDO DAS RELAÇÕES ENTRE COMPARTIMENTAÇÃO TOPOGRÁFICA E QUALIDADE DE PASTAGENS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS (PA).		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor
10. Setor DSR/GGU	Código 30.314	11. Nº de cópias 10
12. Autoria Armando P. dos Santos Evelyn Marcia Leão de Moraes Novo Valdete Duarte		14. Nº de páginas 64
13. Assinatura Responsável <i>[Assinatura]</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas <p>O objetivo deste trabalho foi verificar a relação entre os compartimentos topográficos, delimitados através de imagens LANDSAT, e as variações na qualidade das pastagens. Foram utilizadas técnicas de interpretação visual e automática. Os resultados demonstraram que as imagens LANDSAT podem auxiliar na escolha de sítios menos desfavoráveis ao desmatamento.</p> <p style="text-align: center;">ORIGINAL COPIA</p>		
17. Observações Trabalho realizado através do convênio INPE/CNPq e SUDAM.		

INDICE

ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
<u>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO II - MATERIAL E MÉTODO</u>	5
<u>CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	9
3.1 - Análise da Legenda	9
3.2 - Análise da Compartimentação	13
3.3 - Análise Estatística de Dados de Campo e de Imagens	33
3.4 - Análise Automática de Dados	50
<u>CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES</u>	55
BIBLIOGRAFIA	57

**ORIGINAL CONTAINS
COLOR ILLUSTRATIONS**

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the relationship between pasture quality and geomorphology. Visual and automatic interpretation techniques were applied to the LANDSAT data. The results showed that LANDSAT data is useful to point out better areas to settle pastures.

LISTA DE FIGURAS

I.1 - Localização da área de estudo	3
II.1 - Distribuição das áreas desmatadas no município de Paragominas	6
III.1 - Esboço geomorfológico da Companhia Melhoramentos da Ligação S.A.....	14
III.2 - Aspecto de vertente localizada na STIR, já submetida à erosão em sulcos	16
III.3 - Bolsa de decantação na margem convexa do rio	17
III.4 - Material grosseiro originado da desagregação de concreção ferruginosa	17
III.5 - Esboço geomorfológico da Agropecuária Rio Cauaxi S.A.....	20
III.6 - Material concrecionado englobado por material fino, junto à raiz de uma árvore	22
III.7 - Blocos de limonita resultantes do fracionamento da concreção ferruginosa.....	22
III.8 - Vertente com alta porcentagem de solo exposto, localizada na STE	23
III.9 - Perfil topográfico e sua relação com os compartimentos topomorfológicos	25
III.10 - Esboço geomorfológico da PAGRISA - Parã Pastoril Agrícola S.A.....	26
III.11 - Esboço geomorfológico das agropecuárias SWIFTe GURUPI	28
III.12 - Processo de erosão em sulcos	29
III.13 - Aspecto de concreção ferruginosa formando o "front" da escarpa que delimita a STE	31

III.14 - Aspecto de vertente sujeita a ravinamento.....	32
III.15 - Compartimentos topomorfológicos da Pastoral Agrícola Vale do Gurupi	33
III.16 - Área de ocorrência de crosta laterítica no front da STE-Pastoral Agrícola Vale do Gurupi.....	36
III.17 - Laterito exposto em área desmatada para a implantação de pastagens	51
III.18 - Área de solos sujeitos à ocorrência de piçarra	51
III.19 - Distribuição de níveis de cinza para solos com e sem ocorrência de plintita.....	53

LISTA DE TABELAS

II.1 - Relação de imagens e fitas CCT utilizadas na pesquisa	5
III.1 - Legenda do esboço geomorfológico	10
III.2 - Qualidade de pastos por unidade topomorfológica - Cia Melhoramentos da Ligação SA.	18
III.3 - Qualidade de pastos por unidade topomorfológica - Agropecuária Rio Cauaxi SA.	23
III.4 - Qualidade de pastos por unidade topomorfológica - Agropecuária PAGRISA	27
III.5 - Qualidade de pastos por unidade topomorfológica - Cia Agropecuária do Pará - SWIFT	29
III.6 - Influência da plintita (piçarra) na qualidade das pastagens	34
III.7 - Ocorrência de piçarra (plintita) por unidade topomorfológica.	35
III.8 - Porcentagem de pastos por unidade topomorfológica e por qualidade	38
III.9 - Categoria de pastos por idade	39
III.10 - Condição da pastagem em relação às variáveis de manejo ..	40
III.11 - Parâmetros de propriedades do solo segundo unidades topomorfológicas	42
III.12 - Separabilidade entre as unidades topomorfológicas quanto ao valor T	44
III.13 - Separabilidade entre as unidades topomorfológicas quanto ao valor V	45
III.14 - Separabilidade entre as unidades topomorfológicas quanto ao valor de MO	46
III.15 - Separabilidade entre as unidades topomorfológicas quanto ao valor P	47

III.16 - Separabilidade entre as unidades topomorfológicas quanto ao valor do pH	48
III.17 - Valores médios de níveis de cinza por tipo de solo	52

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é demonstrar como os dados do sistema LANDSAT podem fornecer parâmetros geomorfológicos que auxiliem no controle da ocupação da Amazônia.

A análise de dados de sensoriamento remoto é muito importante para o estudo geomorfológico, uma vez que a imagem revela a condição ecológica do terreno em toda sua complexidade, permitindo verificar a relação entre os diferentes componentes da paisagem.

O uso de dados do sistema LANDSAT no estudo de problemas de interesse da geomorfologia é extremamente restrito, principalmente pela limitação que oferecem à visão estereoscópica.

Segundo Gimbarzewisk (1974), a ausência de estereoscopia torna difícil a caracterização do modelado terrestre através de imagens LANDSAT. Ainda assim, uma série de informações úteis pode ser obtida através da análise de padrões de textura e tonalidade, efeitos de sombreamento e cobertura vegetal.

Para Verstappen (1977), a interpretabilidade do relevo de pente não somente das propriedades da imagem utilizada, mas também das características do terreno imageado. A cobertura vegetal, por exemplo, pode obliterar ou realçar o relevo em certos casos.

Na Amazônia, a grande limitação para a utilização de imagens é a existência de uma cobertura vegetal densa, que tende a encobrir as variações da topografia. Entretanto, já foi demonstrado (Santos e Novo, 1977) que existe uma relação entre os padrões de textura do canal 7 e as variações nos valores médios de declividade. Esse trabalho é, em parte, confirmado pela pesquisa realizada por Weyns conforme Verstappen (1977). Weyns investigou a precisão de reconhecimento de fenômenos geomorfológicos, através de análise visual e automática de dados do sistema

LANDSAT. Os resultados demonstraram que a precisão de classificação variou de 63% a 81% no canal 7, para diferentes tipos de feições, e de 0% a 92% no canal 5. Disso se conclui que o canal 7 responde de forma mais consistente às variações do relevo.

As imagens do sistema LANDSAT têm sido utilizadas para fins de mapeamento geomorfológico, a nível de grandes unidades (Moraes e Leite, 1975 e Novo e Nascimento, 1977). Segundo Rossetti (1970), o fenómeno geomorfológico é de extensão espacial variável. As imagens de satélite são as mais adequadas para o reconhecimento de unidades, com ordem de grandeza equivalente a áreas superiores a 10 km².

Segundo Ab'Sáber (1969), o primeiro nível de abordagem em geomorfologia é a identificação dos compartimentos geomorfológicos. É nesse nível que as imagens do sistema LANDSAT são de grande valia, pois proporcionam uma visualização do arranjo espacial das formas que resultam em grandes conjuntos topográficos diferenciados.

O município de Paragominas foi selecionado, para o estudo (Figura I.1) por se tratar de uma área de floresta densa, o que o tornava, teoricamente, desfavorável à observação geomorfológica, através de imagens de satélite.

Além disso, ao se analisar a distribuição das áreas desmatadas, no município de Paragominas, pode-se verificar que existe uma tendência destas estarem distribuídas ao longo dos rios. Há poucos desmatamentos nas áreas mais elevadas do Planalto Setentrional do Maranhão. Estaria o homem escolhendo as melhores áreas para sua atividade? Em que medida a geomorfologia de uma área influi no sucesso da atividade humana? Será uma influência direta, através de processos morfogenéticos, ou indireta, através do condicionamento topográfico dos solos? Este trabalho pretende demonstrar como os dados do sistema LANDSAT podem auxiliar na resposta a essas questões.

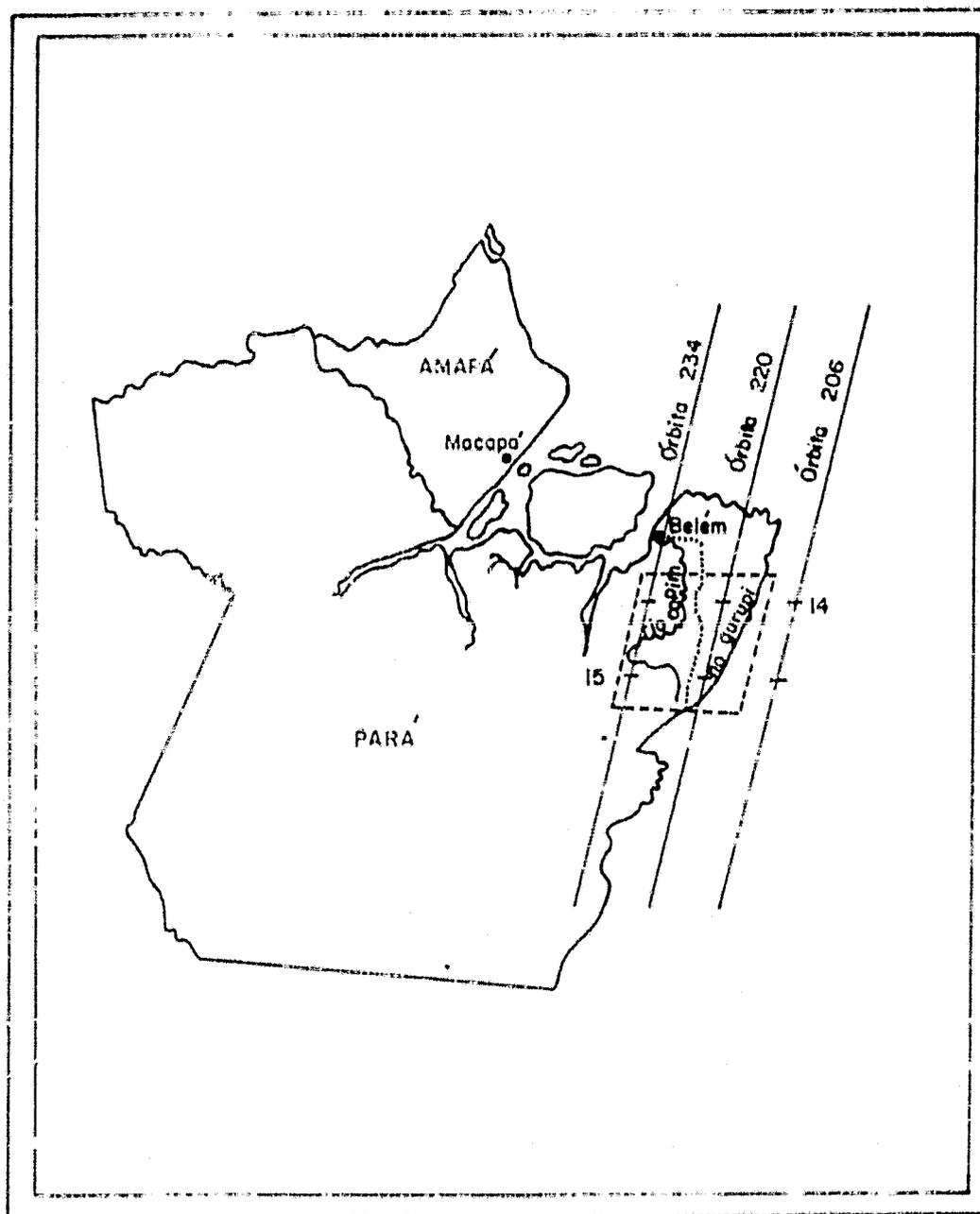


Fig. I.1 - Localização da área de estudo.

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODO

Para a realização desse trabalho foram utilizadas imagens LANDSAT do canal 7, na escala 1:250.000 e fitas compatíveis com computador discriminadas na Tabela II.1.

TABELA II.1

RELAÇÃO DE IMAGENS E FITAS CCT UTILIZADAS NA PESQUISA.

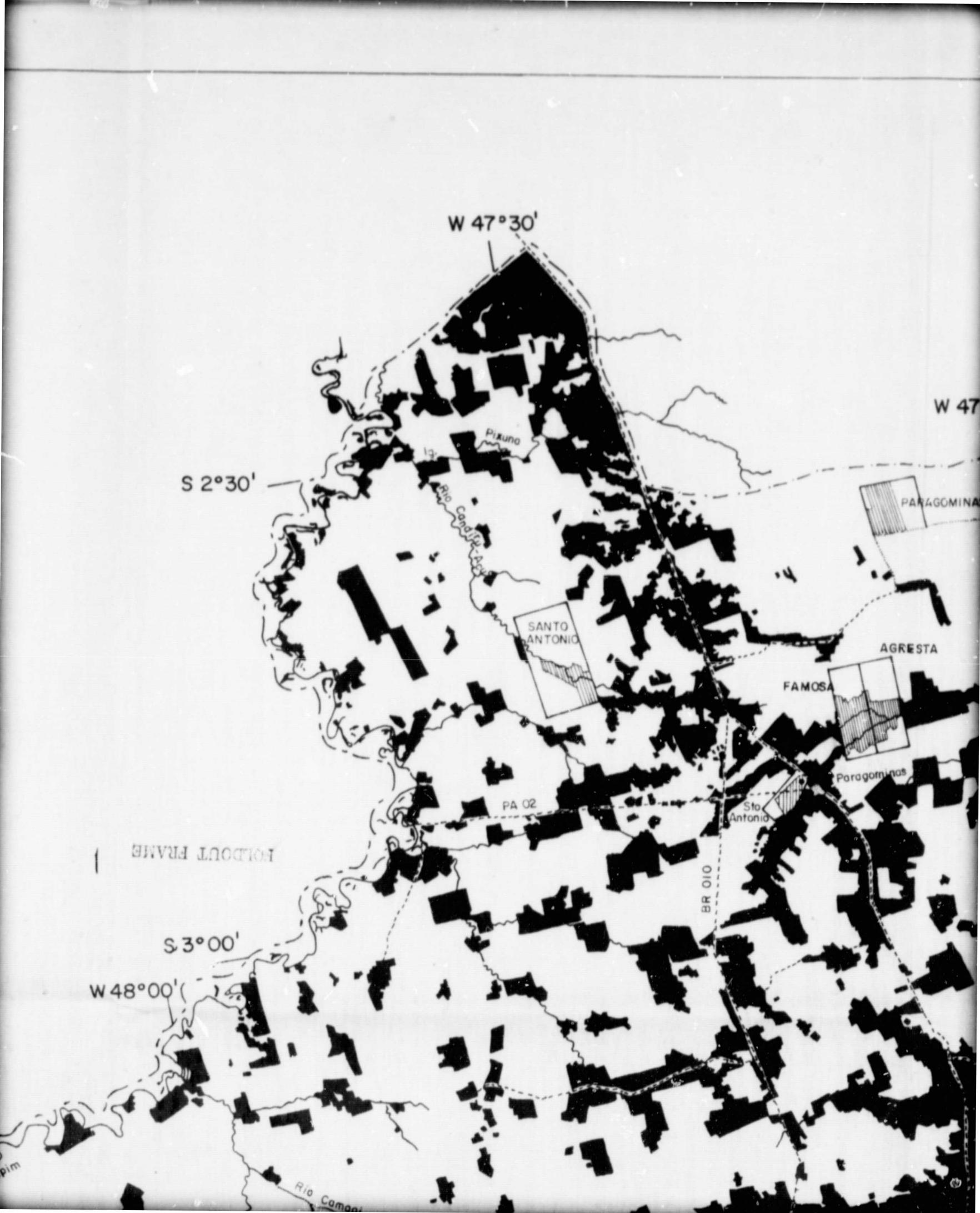
PASSAGEM	ÓRBITA	PONTO
15/06/1977	206	14
16/06/1977	220	14
16/06/1977	220	15
20/07/1977	234	15

Foram ainda utilizados equipamentos de campo, resultados de análise pedológica, e material bibliográfico e cartográfico sobre a área, bem como o mapa de Distribuição de Áreas no Município de Paragominas (Figura II.1), confeccionado por Santos et al., 1979 b.

Este estudo se desenvolveu em quatro etapas:

- 1) Compartimentação topomorfológica através de análise visual do canal 7 do MSS.

A análise visual dos padrões de textura fotográfica da imagem do canal 7 fornece dados que permitem avaliar: o grau e intensidade de relativos de dissecação dos compartimentos pela rede de drenagem, a distribuição relativa das declividades, e a disposição altimétrica relativa dos compartimentos.



W 47°30'

W 47

S 2°30'

PARAGOMINA

SANTO ANTONIO

AGRESTA

FAMOSA

Paragominas

PA 02

Sto Antonio

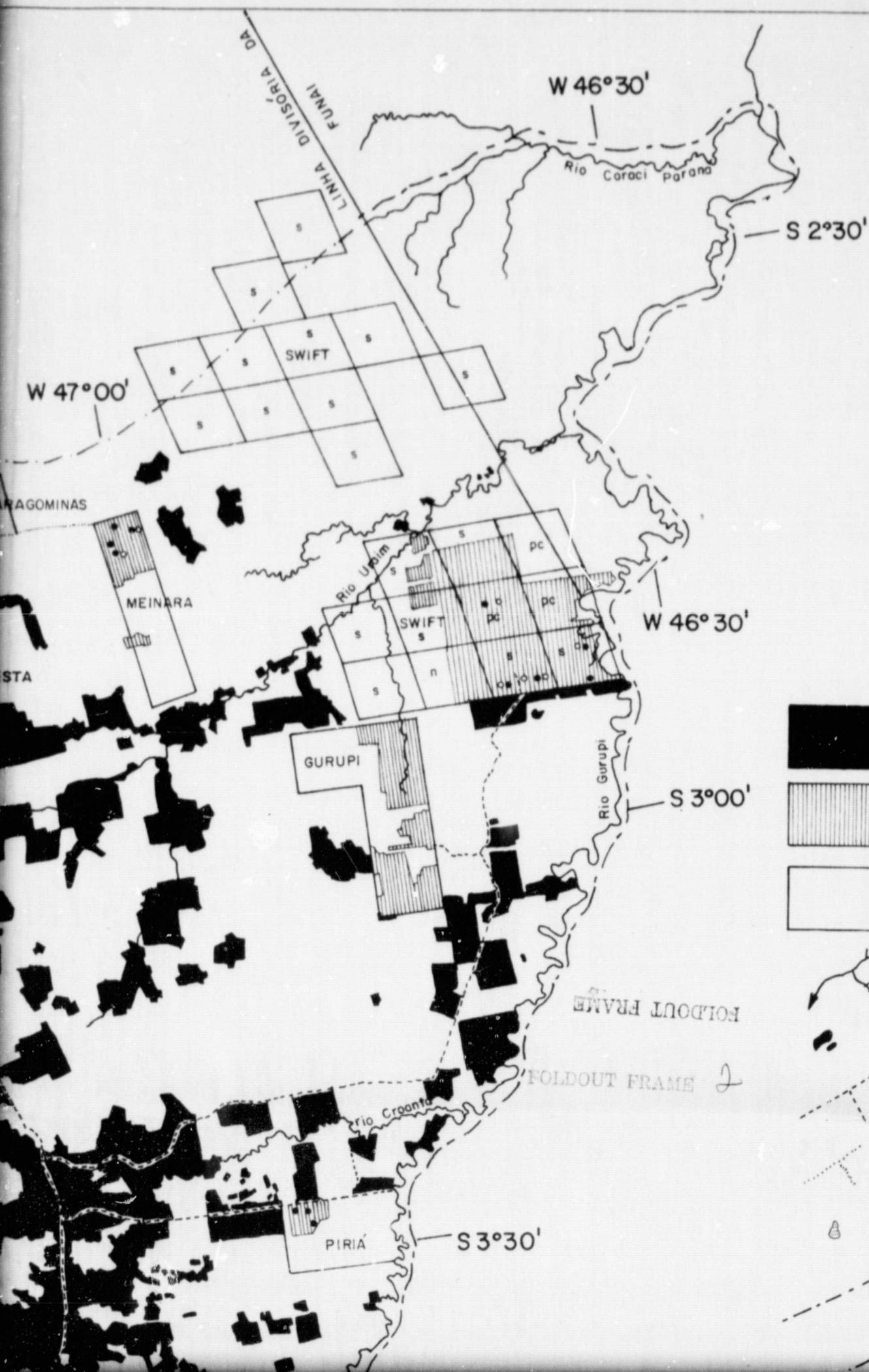
HOLDOUT FRAME

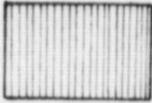
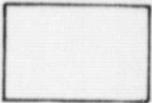
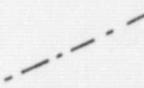
BR 010

S 3°00'

W 48°00'

Rio Caman

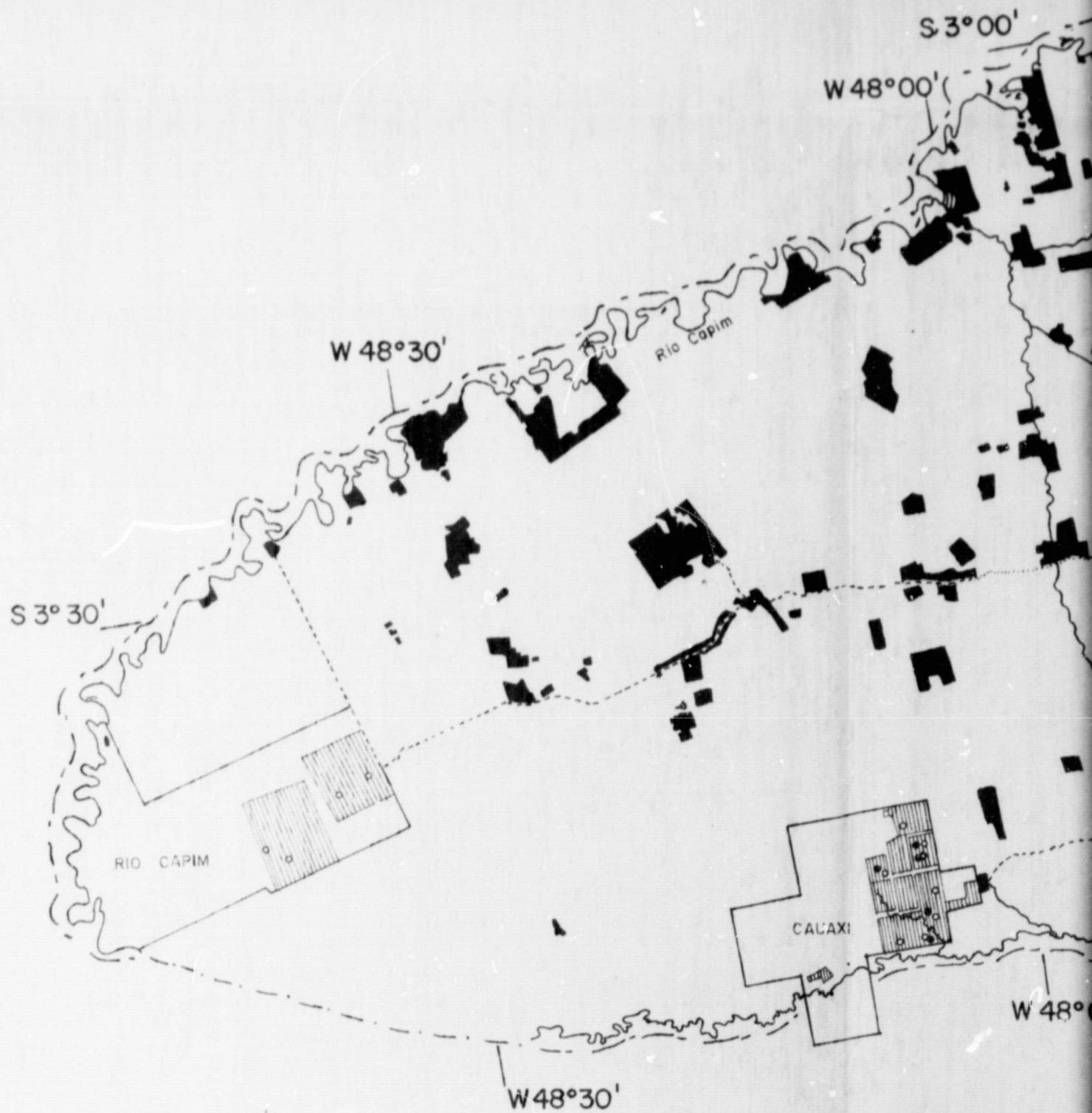


-  Áreas desmatadas
-  Áreas desmatadas
-  Limites da' prop
-  Rios
-  Lagos e lagoas
-  Estradas
-  Traçado aproxim
-  Vilas e cidades
-  Limites do mun
-  Limite aproxima

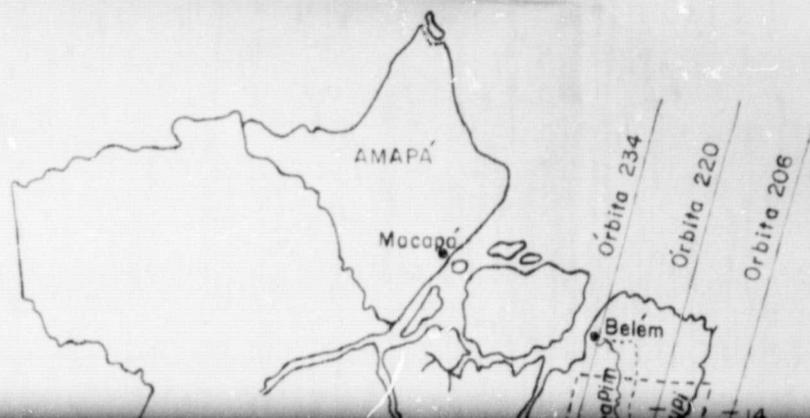
LEGENDA

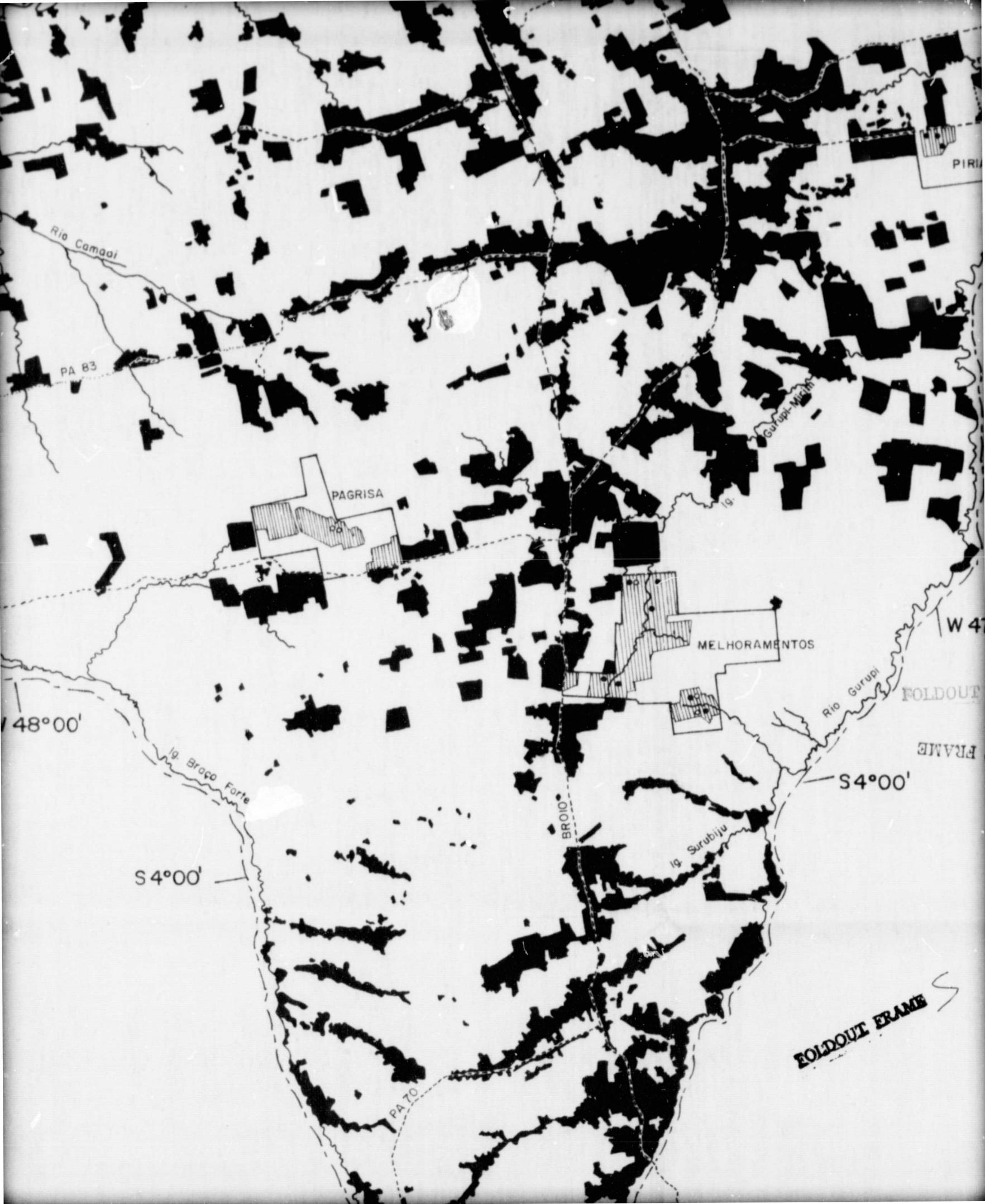
-  Áreas desmatadas sem incentivos fiscais da SUDAM
-  Áreas desmatadas com incentivos fiscais da SUDAM
-  Limites da' propriedade
-  Rios
-  Lagos e lagoas
-  Estradas
-  Traçado aproximado das estradas
-  Vilas e cidades
-  Limites do município
-  Limite aproximado do município

FOLDOUT FRAME 3



FOLDOUT FRAME 4





Rio Camaoi

PA 83

PAGRISA

Gurupi-Mitch

PIRI

MELHORAMENTOS

48°00'

Ig. Braço Forte

BROIO

Ig. Surubiju

Rio Gurupi

FOLDOUT

FRAME

S 4°00'

S 4°00'

PA 70

FOLDOUT FRAME

Estradas

 Traçado aproximado das estradas

 Vilas e cidades

 Limites do município

 Limite aproximado do município

● Pastos amostrados no 1º trabalho de campo (1978)

○ Pastos amostrados no 2º trabalho de campo (1979)

s Gleba pertencente à propriedade

n Gleba não pertencente à propriedade

pc Gleba em processo de compra pela propriedade

Escala aproximada :



FOLDOUT FRAME 6

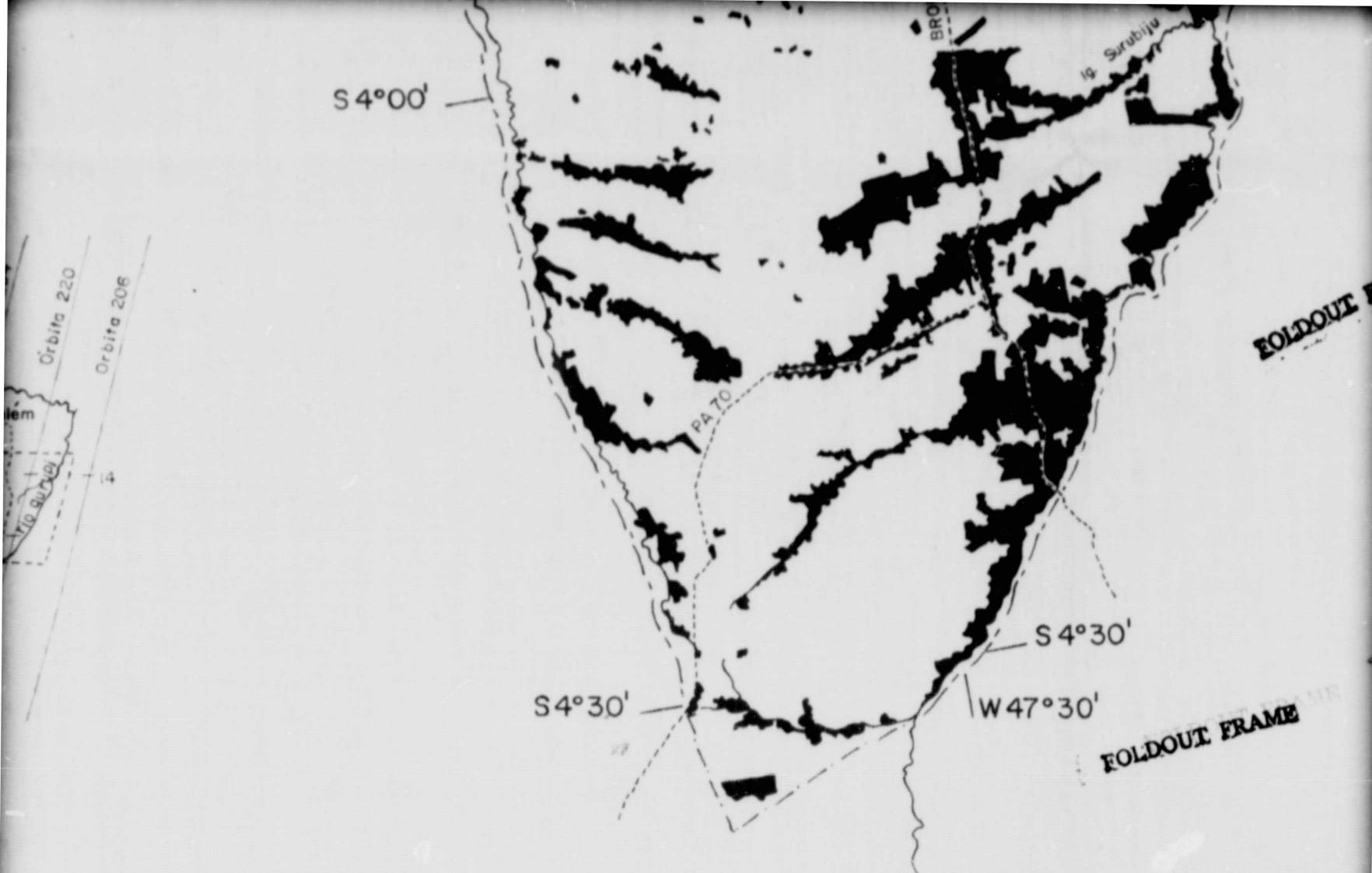
FOLDOUT FRAME

FOLDOUT FRAME

7



PROJETOS



PROJETOS AGROPECUÁRIOS DO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS (PA)

FOLDOUT FRAME

9



conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

Esses dados, associados às informações coletadas em campos, permitiram propor uma legenda, amplamente decalcada na legenda proposta pelo DNPM (1973), e que serviu aos propósitos dessa pesquisa.

O trabalho de campo foi executado com o auxílio de imagens LANDSAT, que permitiram localizar as amostras de solo, amostras de pastos e informações sobre a estrutura superficial da paisagem. O trabalho de campo permitiu também avaliar de que modo as modificações do terreno afetam a textura e a tonalidade na imagem do canal 7.

- 2) Análise da compartimentação topomorfológica dos projetos agropecuários, com incentivos fiscais da SUDAM.

Nessa etapa, os limites de cada agropecuária foram transportados para o mapa de compartimentação topomorfológica, a fim de se verificar as tendências de ocupação do espaço em função do relevo.

- 3) Análise estatística dos dados de campo e de imagem.

Para a análise estatística, os compartimentos topomorfológicos foram utilizados como tratamentos, para se verificar como a topografia influencia a qualidade das pastagens, ocorrência de erosão de solo, plintita, etc.

Aplicou-se o teste F (Steel e Torrie, 1960), de modo a se avaliar a separabilidade das unidades topomorfológicas quanto às propriedades químicas do solo.

Os critérios para a classificação da qualidade das pastagens encontram-se descritos em Santos et al., 1979 b.

- 4) Análise automática de dados.

As amostras de áreas com solo exposto e de áreas de ocorrência de plintita foram utilizadas como áreas de treinamento no sistema Image 100, a fim de se mapear as áreas de ocorrência da laterita.

Foram feitas análises das médias de níveis de cinza para cada classe e para cada canal, de modo a se determinar as diferenças entre as respostas espectrais de áreas com plintita e as demais áreas.

Para a classificação dessas áreas foi utilizado o programa MAXVER (Velasco et al., 1978), implementado no sistema Image 100.

As áreas desmatadas, das agropecuárias, foram ampliadas no vídeo do sistema I-100 para a escala 1:100.000 e maiores, tornando-se possível a localização mais precisa de pastagens com ocorrência de solo exposto, com e sem plintita..

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - ANÁLISE DA LEGENDA

Um dos problemas mais difíceis no mapeamento geomorfológico é a seleção da legenda. Como o presente trabalho possui um caráter prático, optou-se por adaptar uma legenda já existente, própria para escalas pequenas, que é a legenda do Projeto RADAM (DNPM, 1973).

Considerando - se que o mapeamento foi feito na escala 1:250.000, as unidades reconhecidas são amplas, e podem ser subdivididas em função do uso de dados de sensoriamento remoto de maior escala.

A legenda da Tabela III.1, como pode ser observado, encontra-se dividida em 4 seções, sendo que, apenas a que se refere a processos geomorfológicos se baseou exclusivamente em dados de campo. As demais informações foram coletadas, essencialmente, através da análise dos padrões de textura fotográfica do canal 7, da imagem LANDSAT.

Quanto aos compartimentos geomorfológicos, sua disposição na legenda visa demonstrar o grau relativo de declividade de cada unidade.

A análise da textura fotográfica da imagem LANDSAT permitiu a identificação de cinco grandes compartimentos topomorfológicos:

Planície Aluvial - (PAL)

Na imagem do canal 7, essa unidade se caracteriza por textura lisa e uniforme, tonalidade de cinza ligeiramente mais escura, associada à presença de arcos de meandros abandonados. Acompanha os principais rios da região. As planícies aluviais de afluentes menores não foram passíveis de identificação.

TABELA III.1

LEGENDA DO ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO

COMPARTIMENTOS TOPOGRÁFICOS	DECLIVIDADE RELATIVA
PAL Planície Aluvial	1
STE Superfície Tabular Erosiva Elevada	2
STR Superfície Tabular Erosiva Rebaixada	3
SDIT Superfície Dissecada em Interflúvios Tabulares	4
SDIR Superfície Dissecada em Interflúvios Ravinados	5
Caimento de Superfície	
ZONAS DE CONEXÃO ENTRE COMPARTIMENTOS TOPOGRÁFICOS	
Zona de escarpamentos erosivos sujeitos a movimentos de massa, em virtude de desmatamento ($40^\circ < \text{DECLIVE} < 90^\circ$).	
Zona de depósitos colúviais grosseiros constituídos, predominantemente, de material remobilizado de concreção ferruginosa.	
PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS	
Área de ocorrência de material concrecionado "in situ", conforme dados de campo.	
Área de ocorrência de material concrecionado remobilizado, conforme dados de campo.	
Área de possível ocorrência de material concrecionado "in situ".	
Área de possível ocorrência de material concrecionado remobilizado.	
Área sujeita a erosão em sulco, conforme dados de campo.	
Área sujeita a escorregamento, conforme dados de campo.	
FORMAS DE EROSAO FLUVIAL	
Rio	
Meandro abundante	

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Essas planícies são constituídas de sedimentos recentes, em geral finos, sujeitos à inundaçãõ sazonal.

Devido à cobertura vegetal densa e à pequena diferença altimétrica entre a planície e as demais unidades adjacentes, seus limites são de difícil demarcação. Considerou-se, portanto, como limite de unidade, a linha que tangencia as curvas mais externas de meandros ativos e abandonados.

Superfície Tabular Erosiva Elevada - (STE)

Apresenta textura lisa e tonalidade de cinza claro no canal 7. Caracteriza-se pela posição de cimeira em relação as demais unidades. A análise da rede de drenagem permite verificar que os rios se dispersam a partir dessa superfície, constituindo-se, portanto, em divisor de águas entre os rios Gurupi e Capim. Desta forma, essa unidade apresenta um baixo grau de dissecação pela drenagem, constituindo-se em amplos tabuleiros. Mantém-se, em geral, em níveis altimétricos em torno de 200m. Nos trechos em que essa superfície está seccionada por rios, ocorrem escarpas, em geral abruptas. Normalmente, essa superfície se conecta com as adjacentes, através de forte ruptura de declive, o que torna sua delimitação bastante fácil, nas imagens.

Segundo Moura (1943), o movimento epirogênico que sobrelevou aluviões terciários a 200 e 300 metros, foi responsável pelo aparecimento dos baixos planaltos Amazônicos, que estão sendo desgastados por retomada de erosão atual e subtual.

Esses aluviões se constituem em rochas pouco consolidadas, facilmente atacadas por erosão, que dão origem a divisores tabulares e que servem de testemunhos da extensão original do planalto. Esses terrenos constituem-se de material areno-argiloso da Formação Barreiras (DNPM, 1973).

No campo, essa unidade foi associada a terrenos planos, horizontais e subhorizontais, solos espessos, vermelhos, com ocorrência de plintita friável, dura e/ou remobilizada.

Superfície Tabular Erosiva Rebaixada - (STR)

Caracteriza-se pela textura fotográfica lisa, no canal 7, e encontra-se em posição rebaixada em relação a STE. Possui baixo grau de dissecação pela drenagem e representa os divisores de águas entre rios de ordem mais baixa.

Mantém-se em geral em níveis altimétricos em torno de 100 metros. Seus limites com a STE são nítidos devido à zona de escarpamentos erosivos. Entretanto, quando se limita com as demais unidades, torna-se difícil demarcar com precisão seus limites.

Essa unidade é formada também por camadas basais de sedimentos terciários ou por sedimentos cretácicos, no sudeste do município (DNPM, 1973). No terreno, ela se caracteriza pelas formas tabulares, solos profundos e ocorrência de plintita remobilizada.

Superfície Dissecada em Interflúvios Tabulares - (SDIT)

Apresenta textura rugosa no canal 7, e um grau médio de dissecação pela drenagem. A dissecação é caracterizada pelo pequeno aprofundamento dos canais, o que dificulta a restituição da rede de drenagem. No campo essa unidade foi associada a uma área caracterizada por interflúvios tabulares e amplos, com vertentes de baixa declividade e vales largos. Os solos são claros e arenosos.

Superfície Dissecada em Interflúvios Ravinados - (SDIR)

Caracteriza-se pela textura fotográfica bastante rugosa no canal 7. Apresenta pequeno espaçamento entre os cursos de água, vales profundos e interflúvios estreitos. Os rios em geral são curtos e o padrão que desenvolvem é o dendrítico.

No terreno, essa unidade se caracteriza por declividades altas, vertentes convexizadas, sujeitas a processo de erosão em sulcos nas áreas desmatadas.

A análise da textura fotográfica permitiu, ainda, a identificação de uma zona de escarpas e uma zona de depósitos coluviais os quais, entretanto, só puderam ser melhor caracterizados após o trabalho de campo.

Dentre os processos geomorfológicos observados em campo, foram destacados os associados ao desmatamento e os que, de alguma forma, limitam a atividade agropecuária.

3.2 - ANÁLISE DA COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS PROJETOS AGROPECUÁRIOS COM INCENTIVOS FISCAIS DA SUDAM.

a) Companhia Melhoramentos da Ligação.

Pela análise do esboço geomorfológico da agropecuária (Figura III.1) pode-se observar que ela se encontra numa região de ocorrência de três diferentes tipos de compartimentos geomorfológicos. Estes se encontram repartidos na área da fazenda de forma, relativamente, equitativa.

A comparação do esboço geomorfológico com o mapa da área desmatada da fazenda (Figura II.1) mostra que ela se localiza, principalmente, na superfície dissecada em interflúvios tabulares, e, de forma secundária, na superfície dissecada em interflúvios ravinados. A superfície tabular erosiva elevada foi preservada, ocorrendo apenas desmatamentos periféricos para abertura de estradas.

Sob o aspecto de limitação topográfica, a área de maior problema foi preservada, ou seja, a zona de conexão entre a superfície tabular erosiva elevada e as demais.

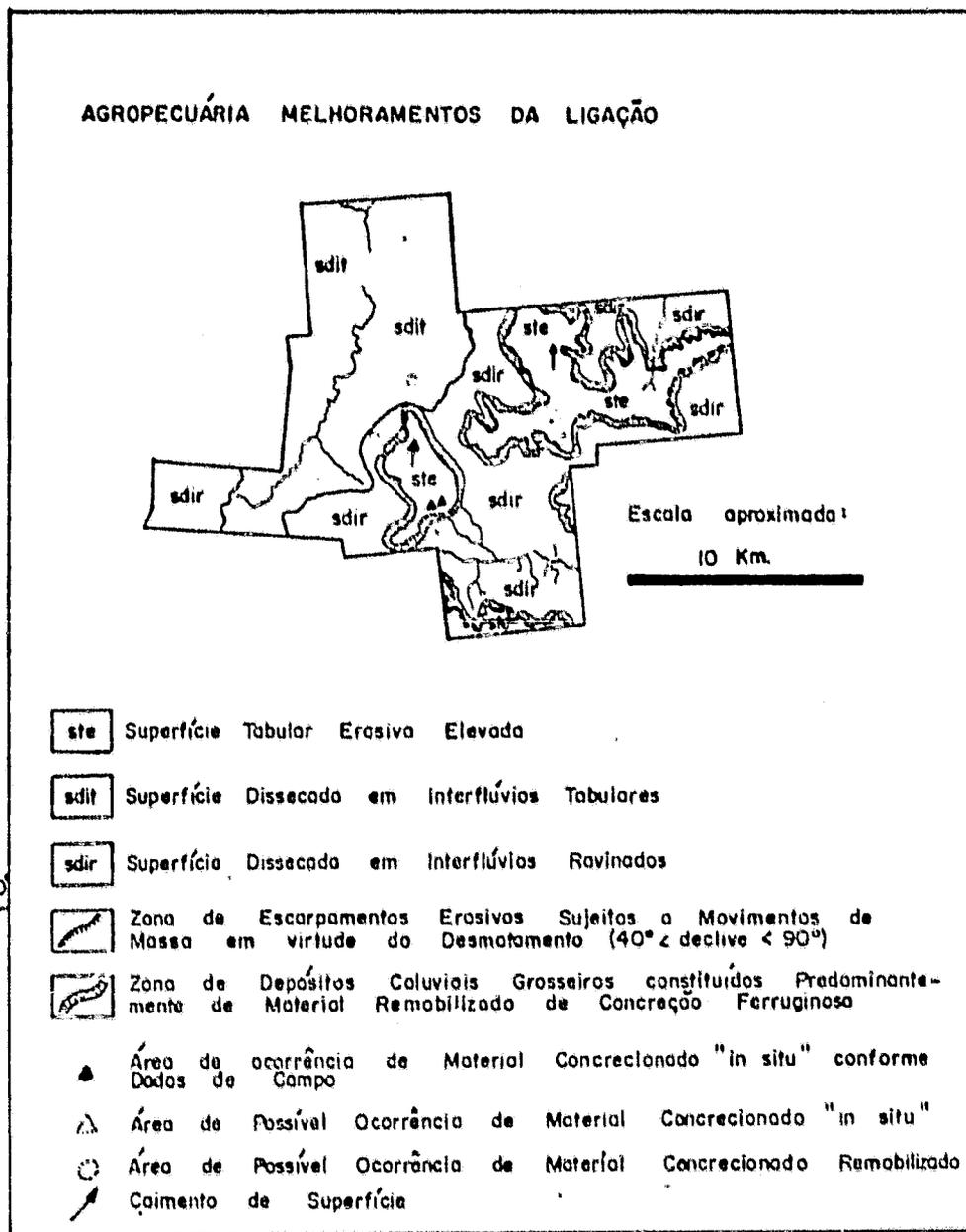


Fig. III.1 - Esboço geomorfológico da Companhia Melhoramentos da Ligação S.A.

A SDIR, embora ocupada por pastagens relativamente recentes (5 anos), já apresenta sinais de escoamento concentrado e de carregamento de material superficial do solo por enxurradas, conforme pode ser observado na Figura III.2.

Considerando-se que há uma previsão de desmatamento em torno de 20 000 ha, e que pouco mais de 10 000 ha já foram desmatados os proprietários têm poucas opções em termos de escolha da área para as novas derrubadas. O desmatamento da STE não seria aconselhável, pois colocaria em desequilíbrio toda a zona de transição caracterizada por forte ruptura de declive e material de cobertura com baixo grau de coerência (colúvio com textura grosseira).

A análise da carga transportada por um pequeno igarapé, cujas nascentes se encontram na zona de escarpas, demonstra que há grande quantidade de material grosseiro (seixos remobilizados de concreção ferruginosa) sendo depositado no leito do rio.

As Figuras III.3 e III.4 mostram o processo de deposição do material grosseiro. Na margem convexa do rio, com a diminuição da velocidade da água, formam-se bolsas de decantação e o óxido de ferro é depositado junto com os seixos. Na Figura III.3, observa-se a diferença na cor da água, devido à diferença do material depositado no leito do rio. Este pequeno rio, cuja largura aproximada é de 5 metros, está sendo entulhado desse tipo de material, cuja fonte é a zona de escarpas que delimita a STE.

Em 1978 e 1979 foram feitas observações sobre a qualidade das pastagens. Foram observadas pastagens em cada unidade topomorfológica. Os resultados são mostrados na Tabela III.2.

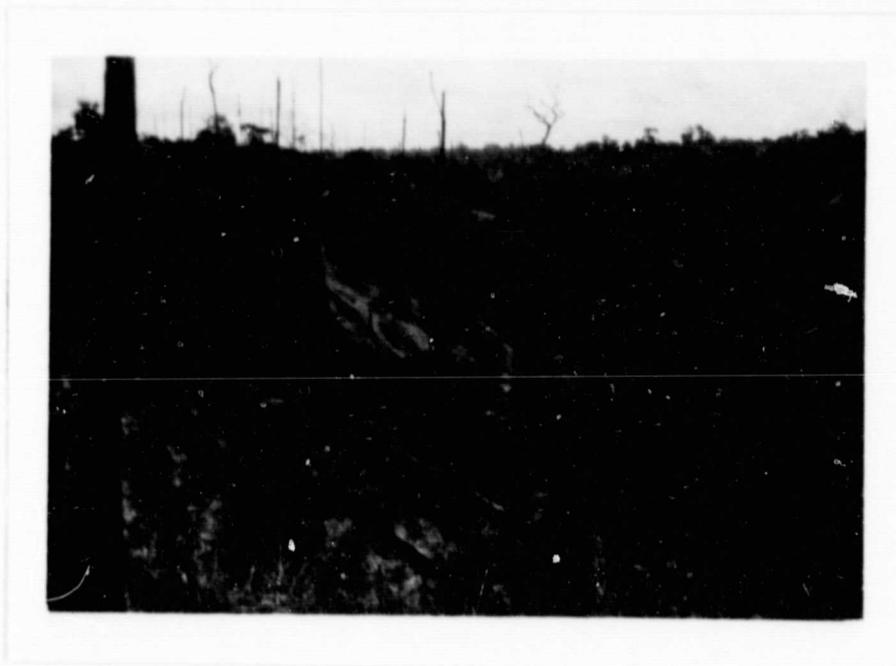


Fig. III.2 - Aspecto de vertente localizada na STIR, já submetida à er
são em sulcos.



Fig. III.3 Bolsa de decantação na margem convexa do rio.



Fig. III.4 - Material grosseiro originado da desagregação de concreção ferruginosa.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA III.2

QUALIDADE DE PASTOS POR UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA
CIA. AGROPECUÁRIA MELHORAMENTOS DA LIGAÇÃO

UNIDADE \ ANO	1978		1979	
	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM
SDIT	1	0	1	0
SDIR	1	1	0	2

A análise da Tabela III.2 demonstra que, enquanto o pasto observado na unidade SDIT, embora mais antigo, manteve-se de qualidade regular, os pastos da unidade SDIR passaram de regular e ruim a apenas ruim. Embora a amostra seja pequena, em termos de área, é significativa, visto que tais pastos têm em média 200 ha de área.

Considerando-se que os pastos localizados na SDIR são recentes (abertura em 1975), era de se esperar que estivessem em melhores condições de pastoreio. Assumindo-se que o manejo é igual para toda a propriedade (superlotação nas águas), um dos fatores que pode estar explicando essa degradação mais rápida é a erosão acelerada e consequente carreamento da camada superficial do solo, devido aos declives mais acentuados que caracterizam a área. Segundo Fournier (1960), três fatores condicionam a erosão acelerada: a precipitação, o relevo e a vegetação. Nessa área, as três condições favorecem o fenômeno, visto que, a intensidade das precipitações é muito grande, com chuvas de até 100 mm por dia, o relevo apresenta declives acentuados, e a vegetação natural foi removida. Aliado aos fatores naturais, existe o agravante do superpastoreio, com consequente compactação do solo, e aumento do escoamento superficial (Smith, 1977). Esses fatores explicariam a degradação mais rãpida dos pastos localizados na SDIR.

b) Agropecuária Rio Cauaxi SA

Sob o ponto de vista da compartimentação geomorfológica, a agropecuária Rio Cauaxi SA não é bem favorecida, visto que se encontra numa área de transição da STE para a SDIT, existindo, portanto, inúmeros morros residuais e frentes de escarpa, que tornam a topografia desfavorável ao desmatamento (Figura III.5).

A comparação do esboço geomorfológico com o mapa da área desmatada, permite verificar que parte dos desmatamentos foi feita em zonas de escarpamentos íngremes.

A agropecuária Cauaxi conta atualmente com cerca de 6400 ha de área desmatada, estando, portanto, previsto um desmatamento de cerca de 7 000 ha que deverá, preferencialmente, se localizar na área da SDIT, que é a mais própria sob o ponto de vista de topografia, visto que apresenta declives fracos.

Na STE foi observada a existência de solos com horizonte de adensamento subsuperficial de estrutura argilosa, coloração avermelhada e mosqueada, que constitui a plintita ou a piçarra (Penteado, 1974; Moreira, 1977; Meiss, 1968). Na agropecuária Cauaxi foi observada, também, a presença tanto da crosta ferruginosa como do material desagregado, sendo esse último o mais comumente encontrado.

Embora haja controvérsia sobre o assunto, parece haver uma certa relação entre a existência de frentes escarpadas e relevos aplainados, e a ocorrência desses adensamentos (Guerra, 1952; Meiss, 1968; Rizzini, 1976). Portanto, existe grande possibilidade de se encontrar esse tipo de material em áreas de ocorrência da STE. Isto se constitui num grande problema para a ocupação da área com pastagens, uma vez que a plintita dificulta a germinação do colônio.

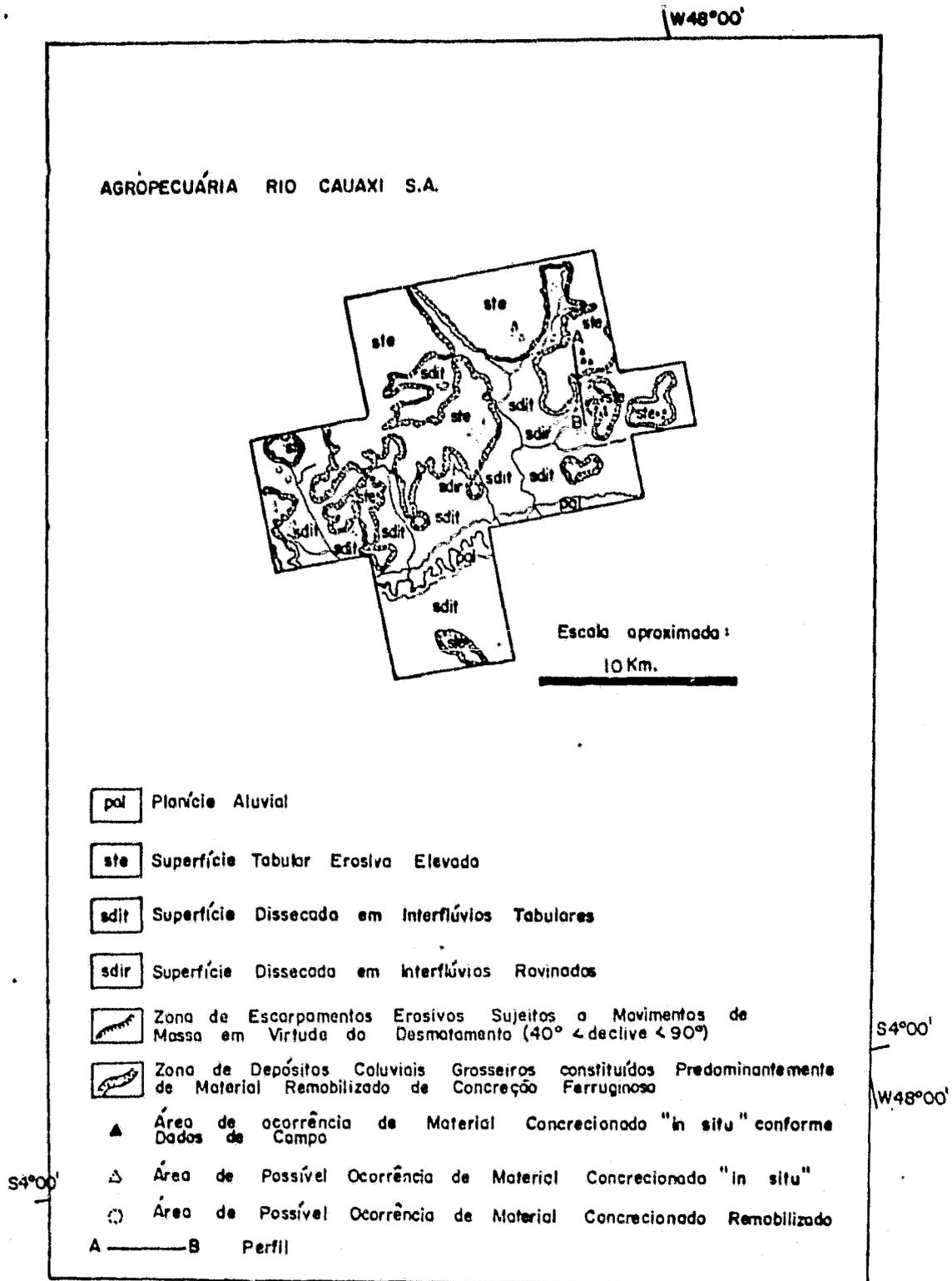


Fig. III.5 - Esboço geomorfológico da Agropecuária Rio Cauxi S.A.

Durante o trabalho de campo, realizado em 1978 (Santos et al. 1979 a), foi observada uma extensa área de ocorrência de plintita (piçarra), onde não houve condições para a germinação do colônião.

Com a retirada da mata, ficou exposto um solo que se caracterizou pela presença de material concrecionado englobado por material fino (Figura III.6).

Com a ocorrência de fortes precipitações houve a retirada gradual do material fino pelo escoamento superficial, permanecendo à superfície o material grosseiro, constituído de blocos de limonita principalmente (Figura III.7).

Esses blocos tendem a se desagregar em frações menores que são carregadas pelo escoamento superficial, formando verdadeiros lençóis pedregosos sobre a superfície. Nesse tipo de solo o colônião não tem condições de se desenvolver, deixando extensas áreas de solo nu, e acentuando sua erosão (Figura III.8).

A presença de plintita na área foi detectada com relativa facilidade, visto que o alto teor de ferro favoreceu a absorção na banda do infravermelho próximo (Rowan, 1972), resultado em níveis de cinza mais escuros no canal 7.

As observações de campo sobre a qualidade das pastagens, as sociadas a cada unidade geomorfológica, acham-se resumidas na Tabela III.3.

A análise da Tabela III.3 permite verificar que dos pastos localizados na SDIT, 50% eram da classe bom e apenas 25% podem ser classificados na classe ruim.

Dos pastos amostrados em 1978, apenas o pasto localizado na STE foi classificado como péssimo. Em 1979 esse talhão melhorou de condição devido a implantação do quicúio, em substituição ao colônião, pois parece germinar melhor em área de piçarra, devido a seu sistema radicular superficial.



Fig. III.6 - Material concrecionado englobado por material fino, junto à raiz de uma árvore.



Fig. III.7 - Blocos de limonita resultates do fracionamento da concreção ferruginosa.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



Fig. III.8 - Vertente com alta porcentagem de solo exposto, localizada na STE.

TABELA III.3

QUALIDADE DE PASTOS POR UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA
AGROPECUÁRIA RIO CAUAXI

UNIDADE \ ANO	1978				1979			
	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO
SIDT	1	0	0	0	1	1	1	0
STE	0	0	0	1	0	0	1	0
PAL	1	0	0	0	0	0	0	0

A Figura II.9 permite verificar a distribuição dos pastos em relação aos compartimentos topomorfológicos.

c) PAGRISA - Pará Pastoral Agrícola SA.

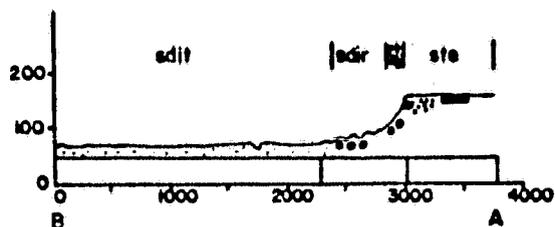
Esta agropecuária localiza-se numa área de topografia favorável à implantação de pastagens, visto que se encontra no domínio da SDIT. A área já desmatada ocupa essencialmente esta superfície, e se caracteriza por interflúvios amplos, vertentes longas e com pequena declividade (Figura III.10).

A observação da qualidade das pastagens (Tabela III.4), entretanto, demonstra que apesar da topografia ser favorável e de não estar ocorrendo processos violentos de erosão de solo, os pastos estão classificados como ruins. Esta agropecuária foi implantada há mais de 8 anos, e no ano de 1978 (Santos et al., 1979 a) já apresentava seus pastos degradados.

Esta degradação está mais vinculada ao manejo e ao tempo de ocupação do que ao condicionamento topográfico. De fato, Rizzini (1976) salienta que o solo está sujeito a processos degenerativos sempre que o equilíbrio biótico-mineral é rompido por acidentes climáticos ou intervenção humana. Essa degeneração pode ser mecânica, por erosão pluvial ou eólica (decaptação), ou físico-química, através da lixiviação. Nesse caso, os solos embora estejam menos sujeitos a processos mecânicos, são afetados pelo processo de lixiviação.

Isto significa que mesmo em topografia altamente favorável, o desmatamento cria condições que levam ao empobrecimento gradativo do solo e à degeneração das pastagens.

AGROPECUÁRIA RIO CAUAXI S.A.



- sdit - superfície dissecada em interflúvios tabulares
- sdir - superfície dissecada em interflúvios ravinados
- ste - superfície tabular erosiva elevada
-  - zona de depósitos colúviais grosseiros
-  - zona de escarpamento erosivo
-  - plintita friável
-  - plintita dura
-  - plintita remobilizada
-  - material fino - textura arenosa

Escala = vertical - 1:10.000
horizontal - 1:50.000

Fig. III.9 - Perfil topográfico e sua relação com os compartimentos topomorfológicos.

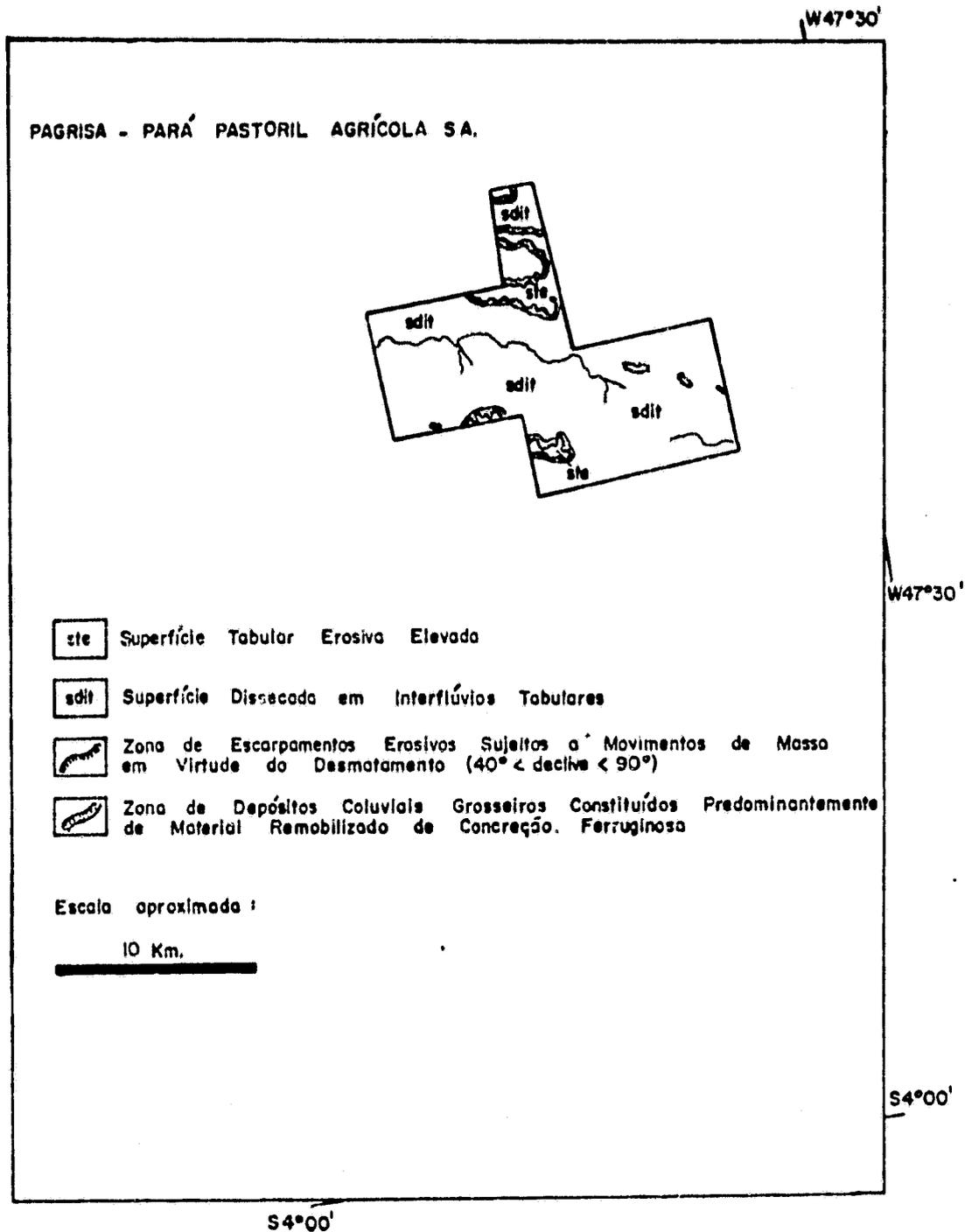


Fig. III.10 - Esboço geomorfológico da PAGRISA - Parã Pastoril Agrícola S.A.

TABELA III.4

QUALIDADE DE PASTOS POR UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA-AGROPECUÁRIA PAGRISA

UNIDADE \ ANO	1978		1979	
	REGULAR	RUIM	REGULAR	RUIM
SDIT	0	1	0	2
STE	0	0	0	0

d) Companhia Agropecuária do Pará - SWIFT.

Devido a sua grande extensão em área, 62.721 ha, esta agropecuária possui grande diversidade de topografia (Figura III.11). Nela são encontrados, praticamente, todos os grandes compartimentos topomorfológicos que caracterizam o município de Paragominas. Sua área de pastagens (20.372 ha), entretanto, encontra-se localizada sobretudo nas unidades mais favoráveis sob o ponto de vista topográfico, ou sejam, na SDIT e na PAL. Os pastos que se localizam na STR apresentam problemas devido à ocorrência de plintita que, dificultando a germinação do colorado, favorece a proliferação da juquia.

Nas pastagens mais antigas, próximas à planície aluvial do Rio Gurupi, foi constatado o processo de erosão em sulco, relacionado à existência de solos arenosos, friáveis, e às trilhas de gado (Figura III.12).

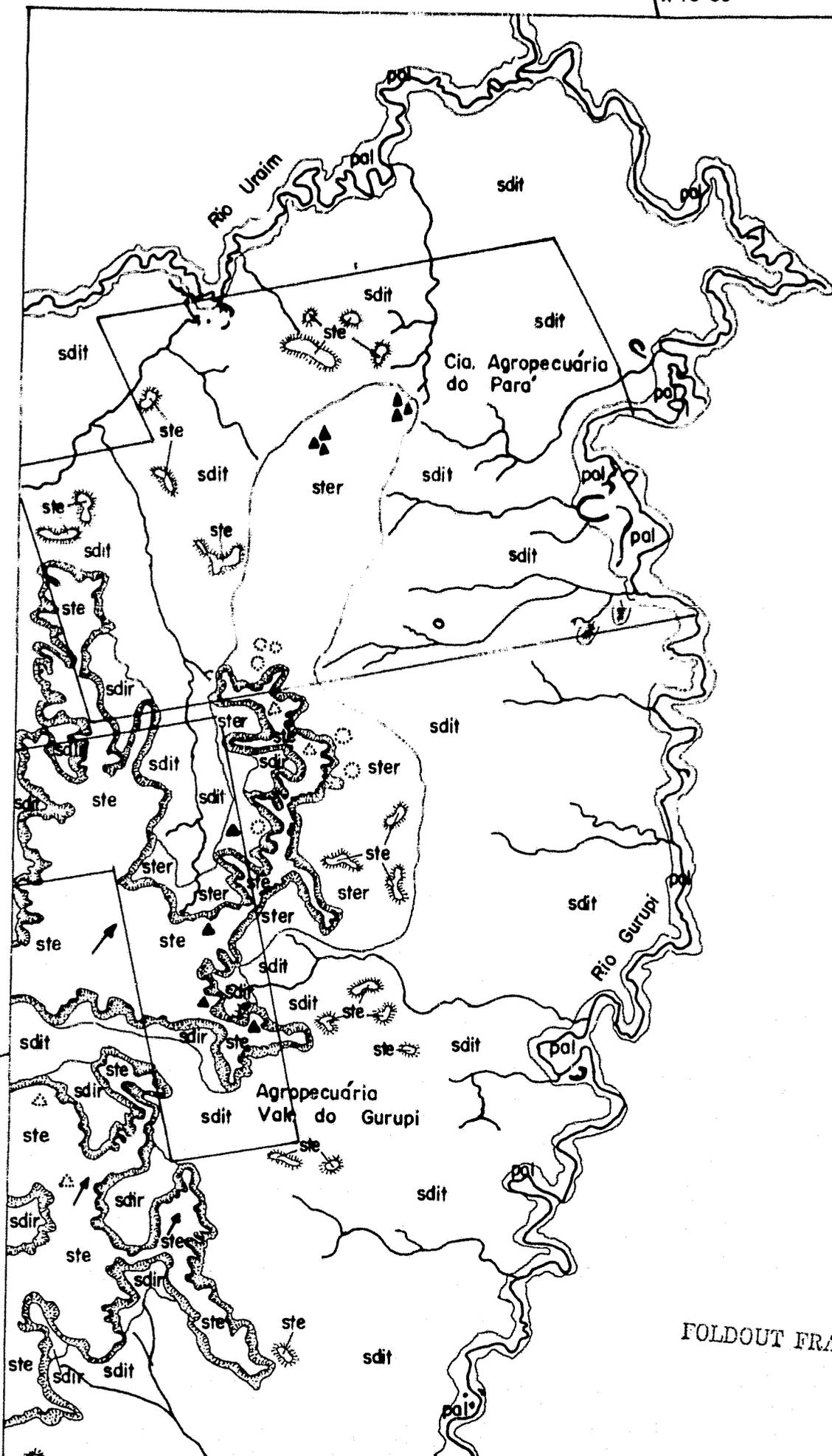
As observações sobre a qualidade das pastagens, em cada unidade topomorfológica, encontram-se resumidas na Tabela III.5.

Dos pastos analisados em 1978, 80% foram classificados como bons e excelentes, independentemente da posição topográfica por eles ocupada. Em 1979 observa-se que um dos pastos localizado na PAL, que foi classificado como bom em 1978, passou a ruim em 1979.

W46°30'

S3°00'

S3°



FOLDOUT FRAME

COMPARTIMENTOS TOPOMORFOLÓGICOS

DECLIVIDADE RELATIVA

	Planície Aluvial	1
	Superfície Tabular Erosiva Elevada	2
	Superfície Tabular Erosiva Rebaixada	3
	Superfície Dissecada em Interflúvios Tabulares	4
	Superfície Dissecada em Interflúvios Ravinados	5

ZONAS DE CONEXÃO ENTRE COMPARTIMENTOS TOPOMORFOLÓGICOS

-  Zona de Escarpamentos Erosivos Sujeitos a Movimentos de Massa em Virtude do Desmatamento ($40^\circ < \text{declive} < 90^\circ$)
-  Zona de Depósitos Coluviais Grosseiros Constituídos Predominantemente de Material Remobilizado de Concreção Ferruginosa

PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS

-  Área de Ocorrência de Material Concrecionado "in situ" Conforme Dados de Campo
-  Área de Ocorrência de Material Concrecionado Remobilizado Conforme Dados de Campo
-  Área de Possível Ocorrência de Material Concrecionado "in situ"
-  Área de Possível Ocorrência de Material Concrecionado Remobilizado
-  Área Sujeita a Erosão em Sulcos Conforme Dados de Campo
-  Área Sujeita a Escorregamento Conforme Dados de Campo
-  Caimento de Superfície

FORMAS DE EROSAO FLUVIAL

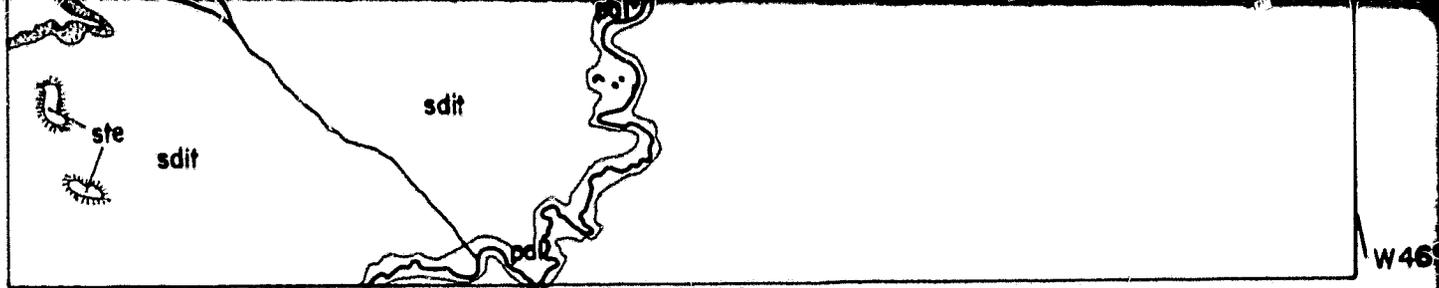
-  Rios
-  Meandro Abandonado

Escala aproximada:

20 Km.

S3°00'

PROFESSOR RAFAEL 2



ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO DA COMPANHIA AGROPECUÁRIA DO PARÁ E DA PASTORI

3

W46°30'

PASTORIL AGRÍCOLA VALE DO GURUPI

ENCADENADO DE FOLHOS 4



Fig. III.12 - Processo de erosão em sulcos.

TABELA III.5

QUALIDADE DOS PASTOS POR UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS
CIA. AGROPECUÁRIA DO PARÁ - SWIFT

UNIDADE \ ANO	1978				1979			
	EXCELENTE	BOM	REGULAR	RUIM	EXCELENTE	BOM	REGULAR	RUIM
SDIT	1	1	0	0	1	2	0	0
STR	0	1	0	0	0	1	0	0
PAL	0	1	1	0	0	0	0	1

ORIGINAL PAGE IS
OF QUALITY

Isto pode ser explicado pelo fato de que parte das pastagens a^í localizadas foram implantadas em área de reserva da FUNAI e tiveram que ser desocupadas pelo gado, determinando a proliferação da juqui^{ra}.

Deve-se salientar que esta agropecuária foi implantada recentemente (1973), o que pode explicar parcialmente as boas condições dos pastos. Aliado a isso, deve-se considerar também o manejo bastante eficiente das pastagens, com rotação de pastos, roçada manual periódica, replantio, etc.

e) Pastoril Agrícola Vale do Gurupi.

Pela análise da Figura III.11 pode-se constatar que a localização desta agropecuária é topograficamente desfavorável ao desmatamento, visto que se encontra na transição da STE para a SDIT, apresentando ainda zonas de escarpa já sujeitas a escorregamento (Santos et al., 1979 a).

Pela comparação do mapa de compartimentação topomorfológica com o mapa de desmatamento, pode-se verificar que as zonas de escarpamento e de colúviação grosseira foram desmatadas, o que tem causado uma série de problemas entre os quais desmoronamentos e ravina^{mentos} profundos. Além disso, são encontradas extensas áreas de concreção ferruginosa, com lajes de até 3 metros de espessura, o que, segundo o administrador, dificulta inclusive a construção de cercas (Figura III.13).

Nas vertentes mais íngremes, o solo pouco espesso tende a ser rapidamente carregado pelo escoamento pluvial (precipitações de até 165 mm por dia, segundo dados do pluviômetro da Cia. Agropecuária do Paraná, localizada ao lado desta agropecuária). Para solucionar este problema, está sendo implantado o capim quicúio nessa área, de modo a se tentar fixar o solo, mas os resultados não têm sido satisfatórios.

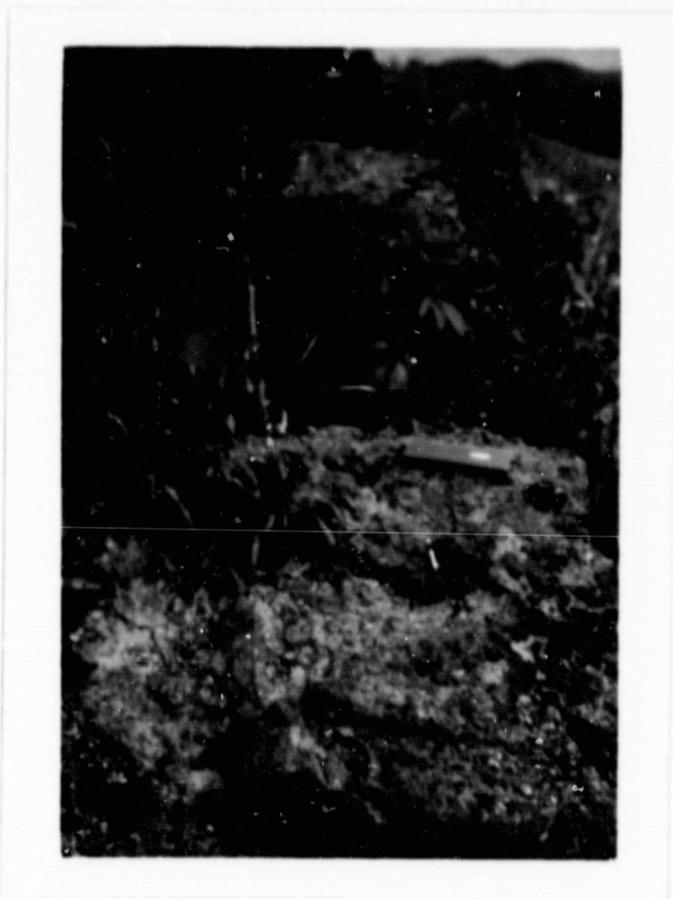


Fig. III.13 - Aspecto de concreção ferruginosa formando o "front" da es carpa que delimita a STE.

Isto, entretanto, é esperado, uma vez que o sistema radicular do quicuio, por ser superficial, não tem condições de fixar o solo. Se a vertente permanece desnuda certo tempo, podem ser observados processos de erosão acelerada, dando origem a ravinas, como as que já se encontram na Agropecuária Melhoramento da Ligação (Figura III.14).



Fig. III.14 - Aspecto de vertente sujeita a raviamento.

A Figura III.15 mostra a disposição dos comportamentos topográficos encontrados na Cia. Agropecuária Vale do Gurupi.

Pela análise da Figura III.15, verifica-se que, nesse trecho, a STE encontra-se, ainda revestida pela Floresta Equatorial, e que apenas a zona de transição formada pela SDIR é que foi desmatada. Mesmo nessa zona de transição os declives são relativamente acentuados, embora a componente côncava das vertentes esteja bastante desenvolvida.

Nessa agropecuária não foi possível coletar dados para construir a tabela comparativa de qualidade de pastos em 1978 e 1979, por que houve mudança de administrador e o atual foi incapaz de localizar os pastos analisados em 1978.



Fig. III.15 - Compartimentos topomorfológicos da Pastoral Agrícola Vale do Gurupi.

3.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DE CAMPO E DE IMAGENS.

Para a análise estatística dos dados, foram utilizadas amostras de 63 pastos distribuídos entre as 13 agropecuárias estudadas, dando uma média de 5 amostras para cada propriedade.

Os dados coletados no campo, sobre ocorrência de plintita e qualidade de pastos, encontram-se resumidos na Tabela III.6.

Pela análise da Tabela III.6, verifica-se que a piçarra não chega a ser um fator diagnosticativo para a qualidade das pastagens. Desta forma, 33% dos pastos com ocorrência de piçarra foram classificados como bons, e 30% de pastos sem ocorrência de piçarra, também, foram classificados como bons. Outros fatores, portanto, devem ser incluídos quando se considera a qualidade dos pastos na Amazônia.

TABELA III.6

INFLUÊNCIA DA PLINTITA (PIÇARRA) NA QUALIDADE DAS PATAGENS

OCORRÊNCIA DE PIÇARRA	CONDIÇÕES DO PASTO	PORCENTAGEM DE PASTOS POR CLASSE DE QUALIDADE					
		EXCELENTE	BOIM	REGULAR	RUIM	PESSIMO	TOTAL
SIM			33,3%	16,7%	50,0%		100%
NÃO		4,4%	30,4%	17,4%	43,4%	4,4%	100%

Pela Tabela III.7, pode-se observar a distribuição da plintita (em forma de laje ou seixo) pelos compartimentos topomorfológicos.

TABELA III.7

OCORRÊNCIA PIÇARRA (PLINTITA) POR UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA.

UNIDADE	PORCENTAGEM DE PASTOS	
	COM OCORRÊNCIA DE PIÇARRA	SEM OCORRÊNCIA DE PIÇARRA
PAL	0%	100%
STE	33%	67%
STR	100%	0%
SDIT	2%	98%
SDIR	0%	100%

Pela análise dos dados, verifica-se que as unidades com maior chance de ocorrência de piçarra são as superfícies tabulares, sejam elas elevadas ou rebaixadas. Esses dados devem, entretanto, ser analisados com cautela, pois o número de amostras por tratamento é muito variável, e há unidades em que foram coletadas apenas duas amostras. Essa má distribuição das amostras é devida ao fato da maior parte das agropecuárias estarem localizadas na SDIT, como foi observado no início desse relatório.

Entretanto, apesar da precariedade dos dados, eles apresentam resultados coerentes com a teoria sobre os aplainamentos da Amazônia, segundo a qual são mantidos pela ocorrência de concreções ferruginosas (Moreira, 1977; Guerra, 1952; Gourou, 1949; Moura, 1943). Meiss (1968), com base em informações de campo e em pesquisas realizadas pelo IPEAN, salienta que resíduos de couraças lateríticas são encontrados apenas ocasionalmente na área, a profundidades de 2,5 m e 3,5 m, nos latos

solos e nı́veis intermediários do modelado. Segundo o autor, ainda, na área da Formação Barreiras existe pequena extensão de laterito "in situ" em subsuperfície, sendo considerado um laterito fõssil.

As observações de campo no municı́pio de Paragominas, permitem, entretanto, admitir que, embora a laterita ocorra de forma descontı́nua na área, ela estã estreitamente relacionada ã ocorrẽncia dos aplainamentos, aflorando, em geral, no "front" dos escarpamentos mais abruptos (Figura III.16).



Fig. III.16 - Área de ocorrẽncia de crosta laterı́tica no front da STE-Pastoril Agrı́cola Vale do Gurupi.

Os dados de imagens e de campo também permitiram a análise do efeito global da compartimentação topomorfológica sobre a qualidade dos pastos (Tabela III.8).

Pela análise da Tabela III.8, pode-se observar que a qualidade dos pastos tende a ser melhor nas unidades STR (100%), PAL (50%) e SDIT (31,6% + 5,30%). A unidade que apresenta maior porcentagem de pastos ruins é a SDIR, o que pode ser relacionado à maior intensidade do escoamento superficial pelos declives mais elevados, e consequente erosão da camada superficial do solo com maior teor de matéria orgânica.

A análise da Tabela III.8 também permite verificar que existe uma grande variabilidade de condição do pasto na SDIT. Para tentar verificar a influência da idade no fenômeno foi construída a Tabela III.9.

Pela análise da Tabela III.9, verifica-se que a idade dos pastos não está influenciando significativamente a variação da qualidade. Desta forma, tem-se pastos antigos classificados como excelentes e pastos recentes classificados como ruins. Considerando-se que, sob o ponto de vista da topografia, a SDIT é a mais favorável ao desmatamento, a variação da qualidade dos pastos pode estar vinculada às variações de manejo. Dentre os fatores que representam o manejo, tem-se a roçada, o replantio e a adequação à capacidade de suporte. Desta forma, foi construída a Tabela III.10, que apresenta a análise da qualidade dos pastos na SDIT, segundo cada variável de manejo.

Pela análise da Tabela III.10, verifica-se que o replantio é um fator que pode explicar a variação na qualidade da pastagem, uma vez que 50% dos pastos sem replantio foram classificados como pertencentes à categoria ruim. Entretanto, mesmo sem replantio há pastos que se colocam nas categorias excelentes (8,3%) e bom (33%), o que demonstra a influência de outros fatores. Dos pastos replantados, apenas 29% foram classificados como ruins sendo que a grande porcentagem deles (42%) classificou-se como regular, indicando a existência de outros fatores limitantes.

TABELA III.8

PORCENTAGEM DE PASTOS POR UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA E POR QUALIDADE

CONDIÇÕES DO PASTO UNIDADE TOPOMORFOLÓGICA	EXCELENTE	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO	TOTAL
PAL		50,0		50,0		100,0
STR		100,0				100,0
SDIT	5,30	31,6	21,0	42,1		100,0
SDIR			25,0	75,0		100,0
STE		33,4		33,3	33,3	100,0

TABELA III.9

CATEGORIA DE PASTOS POR IDADE.

SUPERFÍCIE DISSECADA EM INTERFLÚVIOS TABULARES							
IDADE	CONDIÇÃO DA PASTAGEM	EXCELENTE	BOM	REGULAR	RUIM	PESSIMO	TOTAL
< 5 ANOS			40%	20%	40%		100%
≥ 5 ANOS		7,7%	30,8%	23%	38,5%		100%

TABELA III.10

CONDIÇÃO DAS PASTAGENS EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS DE MANEJO

		SUPERFÍCIE DISSECADA EM INTERFLÚVIOS TABULARES						
MANEJO	CONDIÇÕES DO PASTO	EXCELENTE	BOM	REGULAR	RUIM	PESSIMO	TOTAL	
REPLANTIO	SIM	-	29%	42%	29%	-	100%	
	NÃO	8,3%	33,4%	8,3%	50%	-	100%	
ROÇADA ANTES DAS ÁGUAS	SIM	-	33%	25%	42%	-	100%	
	NÃO	14%	28%	14%	44%	-	100%	
ADEQUAÇÃO À CAPACIDADE DE SUPORTE	SIM	8,3%	50%	-	41,7%	-	100%	
	NÃO	-	-	57%	43%	-	100%	

No que se refere à roçada antes das águas, os dados são menos esclarecedores, visto que pastos roçados e não roçados foram classificados como ruins numa proporção de 42% e 44%, respectivamente, o que indica que, após um certo estágio de degradação, a roçada não determina um incremento na qualidade dos pastos.

Finalmente, a adequação a capacidade de suporte parece responder mais efetivamente pela variação na qualidade. De fato, 100% dos pastos, em que não houve adequação à sua capacidade de suporte, encontram-se distribuídos entre as categorias regular e ruim, enquanto que 58,3% dos pastos, em que se respeitou a capacidade de suporte, encontram-se distribuídos nas categorias bom e excelente.

Uma análise ideal deveria combinar os três elementos, mas o número de amostras disponíveis não permitiu tal manipulação.

Para verificar se a variabilidade das propriedades físico-químicas dos solos, com relação à compartimentação geomorfológica, foi aplicada a técnica de análise de variância (Stell e Torrie, 1960). Como existia tratamentos (unidades topomorfológicas) para as quais não havia número suficiente de amostras, procedeu-se, arbitrariamente, ao agrupamento de unidades que apresentavam propriedades de solo semelhantes. Assim, a unidade PAL foi agrupada com a SDIR, embora morfologicamente sejam distintas. O procedimento é deficiente, mas foi a única forma de contornar o problema do tamanho da amostra face à desproporção da ocorrência das classes no espaço amostral.

Para essa análise foram utilizados os seguintes valores: (T) capacidade de troca do solo (meq/100g); (V) porcentagem de saturação de bases; (NO) teor de matéria orgânica do solo (%); (P) teor de fósforo no solo (ppm) e (pH) acidez ativa do solo.

A Tabela III.11 apresenta a média e o desvio padrão de cada um desses valores segundo as unidades topomorfológicas.

TABELA III.11

PARÂMETROS DE PROPRIEDADES DO SOLO SEGUNDO UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS.

UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS	CARAC. DO SOLO		T		V		MO		P		pH	
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
SDIT	6,01	2,16	38,43	18,46	3,70	1,05	2,38	1,85	5,33	0,74		
STE	7,77	1,92	21,78	14,94	4,55	0,65	1,00	0,00	4,67	0,49		
PAL/SDIR	4,40	0,43	33,53	16,10	2,80	0,45	1,25	0,50	5,20	0,42		

onde: \bar{X} = média

S = desvio padrão

A análise da Tabela III.11 permite verificar que as classes apresentam diferenças quanto a seus valores médios. Verifica-se um maior valor de T na parte alta e plana (STE) e, por conseguinte, um maior valor de MO, visto que existe uma alta correlação entre estes dois parâmetros (0,94), sugerindo que a capacidade de troca desses solos é influenciada justamente pela matéria orgânica. É nesta parte mais alta também que se verificam os menores valores médios de V, P e pH, o que leva a supor que o acúmulo de MO nesta posição topográfica é justamente devido ao aumento de alguma limitação ecológica relacionada, provavelmente, à carência de nutrientes. Enquanto a mata está sobre o solo, esta limitação de nutrientes do solo não é sentida pelos micro-organismos, visto que a massa verde fornece condições para sua subsistência. Retirada a mata, os micro-organismos passam a depender dos nutrientes do solo que limitam sua subsistência, levando-o a um maior acúmulo de matéria orgânica.

A posição baixa-plana (SDIT) possui valores de T e de MO um pouco mais baixos que a primeira posição, indicando ser uma área de acúmulo, com menores limitações ecológicas (maiores valores de V, P e pH) o que favorece a maior decomposição da MO, levando-a a uma redução na sua capacidade de troca.

Na unidade SDIR/PAL, a situação torna-se difícil de ser analisada, pois se trata de uma unidade composta por áreas de remoção de material (SDIR) e acúmulo (PAL). Nesta unidade encontram-se valores médios T e MO bem baixos em relação às unidades anteriores, e valores médios de V, P e pH semelhantes ao da unidade de acumulação (SDIT). Os menores valores de MO podem ser explicados pela remoção da camada superior do solo por erosão pluvial na área SDIR, e pelas pequenas limitações ecológicas da PAL, que representa a área de acumulação em relação a SDIT.

Visto que as propriedades do solo variam com as unidades topomorfológicas, a análise da compartimentação topográfica através de imagens LANDSAT seria muito útil para orientar a localização dos novos desmatamentos já aprovados.

Para se verificar se há diferenças significativas entre as unidades, quanto às características do solo, foi aplicado o teste F aos dados, e calculado o valor da menor diferença significativa entre as unidades (Steel e Torrie, 1960). Os resultados encontram-se resumidos nas Tabelas III.12 a III.16.

TABELA III.12

SEPARABILIDADE ENTRE AS UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS QUANTO AO VALOR T.

UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS	SDIT	STE	PAL/SDIR
SDIT		NS	*
STE	NS		NS
PAL/SDIR	*	NS	

Legenda:

NS = Não há diferenças significativas para $p=0,05$.

* = Há diferenças significativas para $p=0,05$.

A análise dessas tabelas demonstra que quanto ao valor T, as unidades SDIT e STE poderiam ser agrupadas numa mesma categoria, com solos de capacidade de troca mais elevada, e a PAL/SDIR formaria uma categoria de mais baixa capacidade de troca. Verifica-se que são separáveis apenas ao nível de 0,05, o que é compreensível, pois no geral os solos da região apresentam-se quimicamente pobres.

TABELA III.13

SEPARABILIDADE ENTRE AS UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS QUANTO AO VALOR V.

UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS	SDIT	STE	PAL/SDIR
SDIT		NS	NS
STE	NS		NS
PAL/SDIR	NS	NS	

Legenda:

NS = Não há diferenças significativas para $p=0,05$.

TABELA III.14

SEPARABILIDADE ENTRE AS UNIDADES TOPO-MORFOLÓGICAS QUANTO AO VALOR DE MO.

UNIDADES TOPO-MORFOLÓGICAS	SDIT	STE	PAL/SDIR
SDIR		NS	NS
STE	NS		**
PAL/SDIR	NS	**	

Legenda:

NS = Não há diferenças significativas.

** = Há diferenças significativas para $p=0,01$.

TABELA III.15

SEPARABILIDADE ENTRE AS UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS QUANTO AO VALOR P.

UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS	SDIT	STE	SDIR/PAL
SDIR		NS	NS
STE	NS		NS
SDIR/PAL	NS	NS	

Legenda:

NS = Não há diferenças significativas ao nível de 0,05.

TABELA III.16

SEPARABILIDADE ENTRE AS UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS QUANTO AO VALOR DO pH.

UNIDADES TOPOMORFOLÓGICAS	SDIT	STE	SDIR/PAL
SDIT		NS	NS
STE	NS		NS
SDIR/PAL	NS	NS	

Legenda:

NS = Não há diferenças significativas ao nível de $p=0,05$.

Quanto ao valor V, mesmo ao nível de 0,05 não existem diferenças significativas entre as unidades topomorfológicas, todas possuindo solos distróficos, que, segundo Verdade (1974), representam 90% dos solos amazônicos. São de baixa fertilidade e facilmente degradáveis com a retirada da mata (Rizzini, 1976).

Em relação ao valor de MO existem diferenças altamente significativas ($p = 0,01$) entre a STE e a SDIR/PAL, esta última apresentando os mais baixos valores de MO.

No que se refere aos valores de P e pH, verifica-se também que as unidades não são separáveis.

Pelos resultados da análise de variância, pode-se constatar que, embora haja diferenças entre os valores médios das propriedades físico-químicas do solo de cada unidade, no conjunto a região se caracteriza por solos de baixa fertilidade, que se degradam facilmente com a intervenção humana. Essa degradação pode ser mecânica, por erosão ou físico-química. Com a retirada da mata, a lixiviação das bases é umentada. Há também o transporte e acúmulo de sesquióxidos, seguidos de imobilização e concrecionamento (Rizzini, 1976). Esses processos ocorrem com diferentes intensidades nas diferentes unidades topomorfológicas, determinando que, no conjunto, a SDIT seja a unidade menos desfavorável à ocupação, não significando, contudo, que sua ocupação seja recomendada.

Guerra (1952) já naquela época, estava apreensivo pelos resultados que iriam obter os grupos humanos que estavam se dirigindo de outras áreas do Brasil para os trabalhos da lavoura. Referia-se à ocorrência de solos em adiantado processo de laterização, nos quais se observava a existência de grandes blocos de hematita compacta, juntamente com "piçarra" miúda.

O uso desregrado do solo, onde a canga aparece com um nível iluvial a pouca profundidade da superfície, pode fazer com que o laterito seja exposto e aflore, constituindo-se em áreas problemáticas (Figura III.17).

3.4 - ANÁLISE AUTOMÁTICA DE DADOS

Com base em amostras de treinamento, selecionadas em trabalho de campo, foi possível mapear, através do analisador automático de imagens multiespectrais I-100, áreas de ocorrência de crosta limonítica/plintita, separando-as de áreas de solo exposto não sujeito à laterização (Figura III.18).

A Tabela III.17 apresenta os valores médios de níveis de cinza para cada canal e para solos com e sem ocorrência de plintita.

Esses valores médios foram obtidos para cada propriedade, e depois foi calculada a média dos valores médios de cada propriedade por imagem. Esse procedimento teve por objetivo minimizar os fatores que podem influenciar a resposta espectral dos alvos, como variação das condições de iluminação da cena, de umidade, etc.

A análise da Tabela III.17 permite verificar que existem diferenças espectrais entre solo com e sem ocorrência de plintita, nos quatro canais do LANDSAT, mas que as discrepâncias tendem a ser maiores nos canais 6 e 7. Isto pode ser melhor visualizado através dos gráficos da Figura III.19. Nos canais 4 e 5, principalmente no gráfico referente à imagem da órbita 220/ponto 15, a diferença de resposta entre os solos é muito pequena.

Pela análise dos gráficos da Figura III.19, pode-se verificar que, em geral, o solo com ocorrência de plintita apresenta níveis de cinza baixos, indicando menor reflectância que o solo sem plintita, em todos os canais. Esta maior absorvância dos solos com plintita pode ser explicada pela presença do ferro (limonita). Conforme Rowan

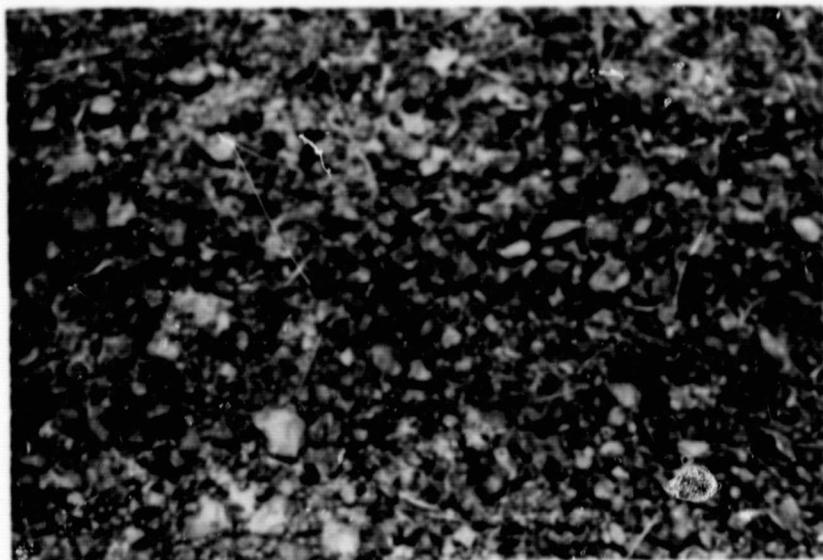


Fig. III.17 - Laterito exposto em área desmatada para a implantação de pastagens.



Fig. III.18 - Área de solos sujeitos à ocorrência de piçarra.

TABELA III.17

VALORES MÉDIOS DE NÍVEIS DE CINZA POR TIPO DE SOLO.

IMAGEM CANAIS TIPO DE SOLO	ÓRBITA 206/PONTO 14 15/06/1977			ÓRBITA 220/PONTO 15 16/06/1977				
	4	5	6	7	4	5	6	7
SOLO C/ PLINTITA	29,91	31,51	51,40	38,89	30,49	35,87	40,13	27,72
SOLO S/ PLINTITA	35,06	42,53	77,52	67,16	31,87	36,23	56,60	48,13

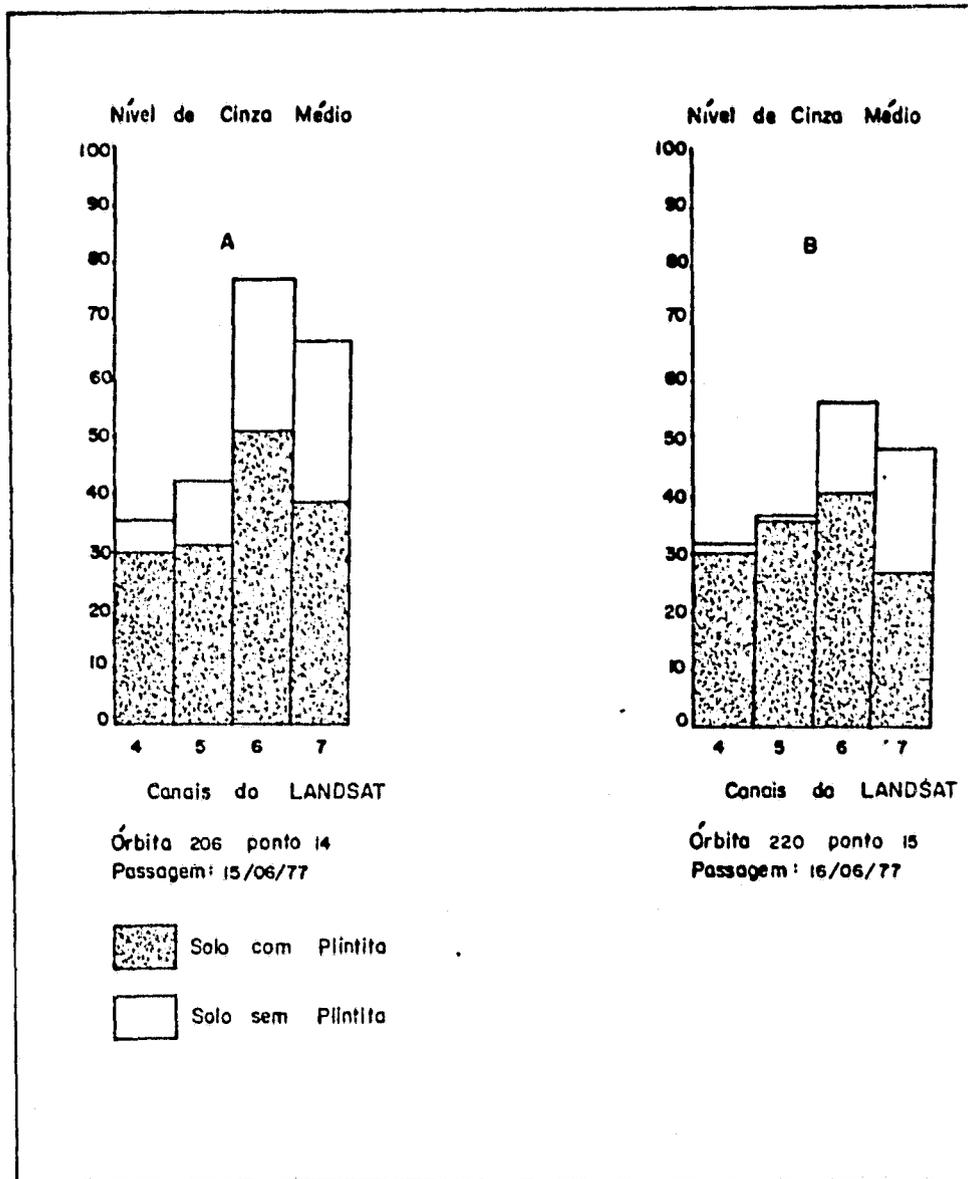


Fig. III.19 - Distribuição de níveis de cinza para solos com e sem ocorrência de plintita.

(1972), estudos de laboratório desmostraram a ocorrência de um decrêscimo da reflectância na região do infravermelho, bem como na região do visível, para materiais que contêm ferro.

A comparação entre os dois gráficos da Figura III.19 mostra um achatamento da distribuição de níveis de cinza do gráfico B em relação ao do A. Teoricamente, a distribuição A permite uma melhor discriminação do solo com plintita. Considerando-se que as duas imagens foram tomadas quase na mesma data, e que as variações no ângulo de elevação do sol e azimute foram de apenas um grau, as diferenças entre as distribuições podem ser atribuídas às diferenças nas condições físicas das áreas comparadas, relacionadas provavelmente ao teor de água dos solos. Entretanto, não foram coletadas informações que permitam a confirmação dessa hipótese.

Os resultados, entretanto, sugerem ser possível uma discriminação entre solos com ou sem plintita, através da análise de seu comportamento espectral em imagens LANDSAT.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesse trabalho permitem verificar que as imagens LANDSAT fornecem subsídios ao planejamento da ocupação racional da Amazônia.

A análise dos padrões de textura das imagens LANDSAT permite a compartimentação geomorfológica de uma área. Como existe relação estreita entre os processos morfogenéticos atuantes, numa dada região, e suas condições ambientais, os resultados de áreas amostrais podem ser estendidos com certa segurança para todo o compartimento topomorfológico em questão.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo, USP. IGEOG., 1969. (Série Geomorfologia, 18)
- DNPM. *Projeto RADAM: levantamento de recursos naturais*. Folha SA. 23 - São Luiz e parte da Folha SA. 24 - Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973. V.3.
- FOURNIER, F. *Climat et erosion*. Paris, Presses Universitaires, 1960.
- GIMBARZEWSKI, P. ERTS-1 imagery in biophysical studies. In: *CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING*, 2., OTAWA, 1974. V.2, p.392-407.
- GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*, 9(3):355-408, jul./set., 1949.
- GUERRA, A.T. Formação de lateritos sob Floresta Equatorial Amazônica (Território Federal do Guaporé). *Revista Brasileira de Geografia*, 15(4):407-426, out./dez., 1952.
- MEISS, M.R.M. Considerações geomorfológicas sobre o médio Amazonas. *Revista Brasileira de Geografia*, 30(2):2-20, abr./jun., 1968.
- MORAES, E.M.L.; LEITE, M.A.N.G. *Mapeamento fotogeomorfológico através de imagens LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, set., 1975. (INPE-715-NTE/017)
- MOREIRA, A.A.N. Relevo. In: IBGE. *Geografia do Brasil: região norte*. Rio de Janeiro, 1977. V.1, p.1-38.
- MOURA, P. de. O relevo da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*, 5(3):323-343, jul./out., 1943.

- NOVO, E.M.L.M.; NASCIMENTO, M.A.L.S. *Mapeamento geomorfológico através de imagens LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, jul., 1977. (INPE - 1076-NTE/102)
- PENTEADO, M.M. *Fundamentos de geomorfologia*. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. (Biblioteca Geográfica Brasileira, série D, 3)
- RIZZINI, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos*. São Paulo, USP, 1976.
- ROSSETTI, M. *Manual de photo-interpretation*. Paris, Editions Technip, 1970.
- ROWAN, L.C. Near-infrared applications to geologic mapping and mineral exploration. In: *Annual Earth Resources Program Review*, 4., Houston, TX., 1972. V.3, p.60-1-60-18
- SANTOS, A.P.; NOVO, E.M.L.M.; DUARTE, V.; TOLEDO, F.L. *Relatório do trabalho de campo no município de Paragominas (PA)*. São José dos Campos, INPE, maio, 1979 a. (INPE-1481 RPE/028)
- .; ———.; ———.; *Relatório final do Projeto INPE/SUDAM*. São José dos Campos, INPE, out., 1979 b. (INPE-1610-RPE/085)
- .; ———.; *Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projeto agropecuários no sudeste da Amazônia*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1044-TPT/056)
- SMITH, N.J.H. Influências culturais e ecológicas na produtividade agrícola ao longo da Transamazônica. *Acta Amazônica*, 7(1):23-38, mar., 1977.
- STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, NY., MacGraw-Hill, 1960.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER: manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul., 1978. (INPE-1315-NTI/110)

VERDADE, F.C. *Problemas de fertilidade do solo na Amazônia*. São Paulo, USP. IGEOG, 1974. (Série Cadernos de Ciências da Terra)

VERSTAPPEN, H.Th. *Remote sensing in geomorphology*. Amsterdam, Elsevier Scientific, 1977.