

ANA MARIA MURATORI

EROSÃO NO NOROESTE DO PARANÁ:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE  
ESTUDO SISTEMÁTICO ATRAVÉS DO  
USO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

Dissertação apresentada ao Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
da Universidade Federal do Paraná, como  
requisito parcial à obtenção de grau de  
Mestre.

CURITIBA

1984

EROSÃO NO NOROESTE DO PARANÁ :  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE ESTUDO SISTEMÁTICO  
ATRAVÉS DO USO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

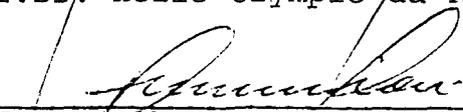
por

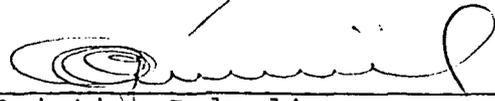
ANA MARIA MURATORI

Dissertação aprovada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre no Curso  
de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pe-  
la Comissão formada pelos professores:

ORIENTADOR:

  
\_\_\_\_\_  
Prof.Dr. Helio Olympio da Rocha

  
\_\_\_\_\_  
Prof.Dr. Alberto Pio Fiori

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Quintino Dalmolin

Curitiba, 15 de dezembro de 1983.

À minha família

## AGRADECIMENTOS

- Ao Professor DR.HELIO OLYMPIO DA ROCHA pela valiosa colaboração e efetiva orientação.
- Ao Professor DR.CAMIL GEMAEL pela ajuda prestada no transcorrer do curso de Pós-Graduação.
- Ao Geólogo JOSÉ ANTONIO URROZ LOPES pela colaboração.
- A JOSÉ DE OLIVEIRA RIBEIRO pela elaboração dos desenhos.

E a todos que de alguma forma incentivaram e auxiliaram na realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	xi
RESUMO	xiii
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA</u> .....	4
2.1. LOCALIZAÇÃO.....	4
2.2. GEOLOGIA.....	4
2.3. RELEVO.....	8
2.4. HIDROGRAFIA.....	9
2.5. CLIMA.....	9
2.6. SOLOS.....	10
2.7. VEGETAÇÃO.....	10
3. <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	12
4. <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> .....	22
4.1. MATERIAIS.....	22
4.1.1. Fotografias Aéreas.....	22
4.1.2. Mapas.....	23
4.1.3. Fotomosaicos.....	24
4.1.4. Dados Pluviométricos e Sedimentométricos.....	24
4.1.5. Instrumentos de Apoio.....	24
4.2. MÉTODOS.....	26
4.2.1. Seleção da Área de Estudo.....	26

4.2.2.	Confecção dos Mapas Temáticos.....	26
4.2.3.	Análise da Erosão.....	27
4.2.4.	Análise do Uso da Terra e Vegetação.....	27
4.2.5.	Análise da Geologia.....	28
4.2.6.	Análise da Geomorfologia.....	29
4.2.7.	Trabalho de Campo.....	30
4.2.8.	Carta de Risco.....	30
5.	<u>ANÁLISE COMPARATIVA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTI-</u> <u>DOS</u> .....	31
5.1.	EROSÃO.....	31
5.1.1.	Fotointerpretação e Análise Evolutiva.....	31
5.1.2.	Discussão dos Dados de Sedimentometria e Preci- pitação.....	35
5.2.	GEOLOGIA.....	38
5.2.1.	Fotointerpretação da Geologia.....	38
5.2.2.	Erosão em Relação a Geologia.....	40
5.2.3.	Discussão dos Resultados.....	47
5.3.	GEOMORFOLOGIA.....	49
5.3.1.	Fotointerpretação da Geomorfologia.....	49
5.3.2.	Erosão em Relação a Geomorfologia.....	55
5.4.	NÍVEIS DE EROSIÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO.....	67
5.4.1.	Fotointerpretação dos Níveis de Erosão e/ou Se- dimentação.....	67
5.4.2.	Erosão em Relação aos Níveis de Erosão e/ou Se- dimentação.....	68
5.4.3.	Discussão dos Resultados.....	74
5.5.	DECLIVIDADE DE VERTENTE.....	75
5.5.1.	Construção da Carta de Declividade.....	75

5.5.2.	Erosão em Relação à Declividade.....	76
5.6.	SOLOS.....	82
5.6.1.	Identificação dos Solos.....	82
5.6.2.	Erosão em Relação aos Solos.....	84
5.6.3.	Discussão dos Resultados.....	96
5.7.	VEGETAÇÃO E USO DA TERRA.....	97
5.7.1.	Fotointerpretação da Vegetação e Uso da Terra.....	98
5.7.2.	Erosão em Relação a Vegetação e Uso da Terra.....	102
5.7.3.	Discussão dos Resultados.....	107
5.8.	CARTA DE RISCO DE OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO.....	112
5.8.1.	Critérios Utilizados para a Elaboração da Carta de Risco.....	112
6.	<u>DISCUSSÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA</u> .....	117
7.	<u>CONCLUSÕES</u> .....	120
	<u>SUMMARY</u> .....	123
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	125
	<u>ANEXOS</u> .....	136

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	TOTAIS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO.....	37
2	DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1952.....	42
3	DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1963.....	42
4	DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1970.....	43
5	DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1974.....	43
6	DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1980.....	47
7	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELA- ÇÃO À FORMA DE VERTENTE.....	57
8	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELA- ÇÃO ÀS ALTITUDES - 1952.....	57
9	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELA- ÇÃO ÀS ALTITUDES - 1963.....	58
10	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELA- ÇÃO ÀS ALTITUDES - 1970.....	58
11	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELA- ÇÃO ÀS ALTITUDES - 1974.....	59

12	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1980.....	59
13	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS EM RELAÇÃO ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO DO RATO.....	60
14	DISTRIBUIÇÃO DAS VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO DO RATO.....	60
15	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO - 1952.....	69
16	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO - 1963.....	69
17	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO - 1970.....	70
18	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO - 1974.....	70
19	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO - 1980.....	74
20	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1952.....	77
21	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1963.....	77
22	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1970.....	78
23	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1974.....	78

24	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1980.....	78
25	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS SOLOS - 1952.....	85
26	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS SOLOS - 1963.....	86
27	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS SOLOS - 1970.....	87
28	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS SOLOS - 1974.....	88
29	DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO AOS SOLOS - 1980.....	90
30	DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO E USO DA TERRA - 1952.....	103
31	DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO E USO DA TERRA - 1963.....	104
32	DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO E USO DA TERRA - 1970.....	105
33	DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO E USO DA TERRA - 1974.....	106
34	DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO E USO DA TERRA - 1980.....	107

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO		PÁGINA
1	EROSÃO EM SULCO E GEOLOGIA.....	44
2	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E GEOLOGIA.....	45
3	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E GEOLOGIA.....	46
4	EROSÃO EM SULCO E FORMA DE VERTENTE.....	61
5	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E FORMA DE VERTENTE....	61
6	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E FORMA DE VER- TENTE.....	62
7	EROSÃO EM SULCO E ALTITUDE.....	63
8	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E ALTITUDE.....	64
9	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E ALTITUDE.....	64
10	EROSÃO EM SULCO E MARGENS DO RIBEIRÃO.....	65
11	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E MARGENS DO RIBEIRÃO..	66
12	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E MARGENS DO RI- BEIRÃO.....	66
13	EROSÃO EM SULCO E NÍVEIS DE EROSÃO E/OU SEDI- MENTAÇÃO.....	71
14	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E NÍVEIS DE EROSÃO E/ OU SEDIMENTAÇÃO.....	72
15	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E NÍVEIS DE ERO- SÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO.....	73
16	EROSÃO EM SULCO E CLASSES DE DECLIVE.....	79

17	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E CLASSES DE DECLIVE...	80
18	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E CLASSES DE DECLIVE.....	81
19	EROSÃO EM SULCO E TIPO DE SOLO.....	91
20	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E TIPO DE SOLO.....	92
21	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E TIPO DE SOLO...	93
22	EVOLUÇÃO DA EROSÃO EM SULCO NOS LATOSSOLOS.....	94
23	EVOLUÇÃO DA EROSÃO EM SULCO NOS PODZÓLICOS.....	95
24	EROSÃO EM SULCO E USO DA TERRA.....	109
25	EROSÃO EM VOSSOROCA ATIVA E USO DA TERRA.....	110
26	EROSÃO EM VOSSOROCA CICATRIZADA E USO DA TERRA...	111

## RESUMO

O presente trabalho diz respeito a problemas específicos de erosão acelerada na Bacia do Ribeirão do Rato, situada no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil.

A metodologia adotada consistiu, basicamente, na interpretação de fotografias aéreas, apoiada por levantamentos de campo e consulta bibliográfica. As feições erosivas (sulcos e vossorocas) foram detectadas e delimitadas em planta a partir de aerofotos tomadas em 1952, 63, 70, 74 e 80.

A evolução do processo de desmatamento e a ocupação progressiva do solo foi registrada, ao longo desses anos, através de cartas de vegetação e uso do solo.

Mapas temáticos, envolvendo aspectos geológicos, geomorfológicos e de declividade dos terrenos foram, igualmente, elaborados, com vistas à obtenção de documentos cartográficos básicos para estudos posteriores.

Os resultados de uma análise qualitativa e quantitativa das feições erosionais foram plotados sobre esses mapas e a sua distribuição nominal e percentual sintetizada em tabelas e gráficos do tipo histograma.

Essas tabelas e gráficos expressam a evolução dos processos de erosão acelerada no período, assim como a relação entre os condicionantes físicos considerados (Geologia, Geomorfologia e Solos) e o maior ou menor grau de incidência desses pro-

cessos.

Determinadas combinações ou superposições desses fatores se revelaram favoráveis de maneira crítica para o desenvolvimento de vossorocas e sulcos enquanto que, em outros casos, a tendência para o seu surgimento é insignificante.

O resultado final é uma carta de risco de ocupação do solo que define áreas de preservação obrigatória, áreas de médio risco e áreas de baixo risco para propósitos agrícolas e demais tipos de uso.

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná viveu, no decorrer das últimas décadas, de um importante saldo que lhe foi legado pela natureza: grandes reservas florestais e potencialidade agrícola, relacionada a solos de elevada fertilidade.

Este quadro, entretanto, passou a se modificar na medida em que houve o desmatamento da cobertura original e a terra passou a ser intensamente ocupada pela agricultura, voltada para o mercado externo.

O impacto ecológico, ocasionado pelas técnicas agrícolas, empregadas no Estado passou a se refletir, através dos problemas de erosão e da perda de capacidade produtiva do solo.

Embora a erosão ocorra em diversas regiões, seus efeitos se agravam no Noroeste do Estado, tendo em vista a presença do Arenito Caiuá que origina solos com características especiais que os tornam extremamente suscetíveis a processos de degradação.

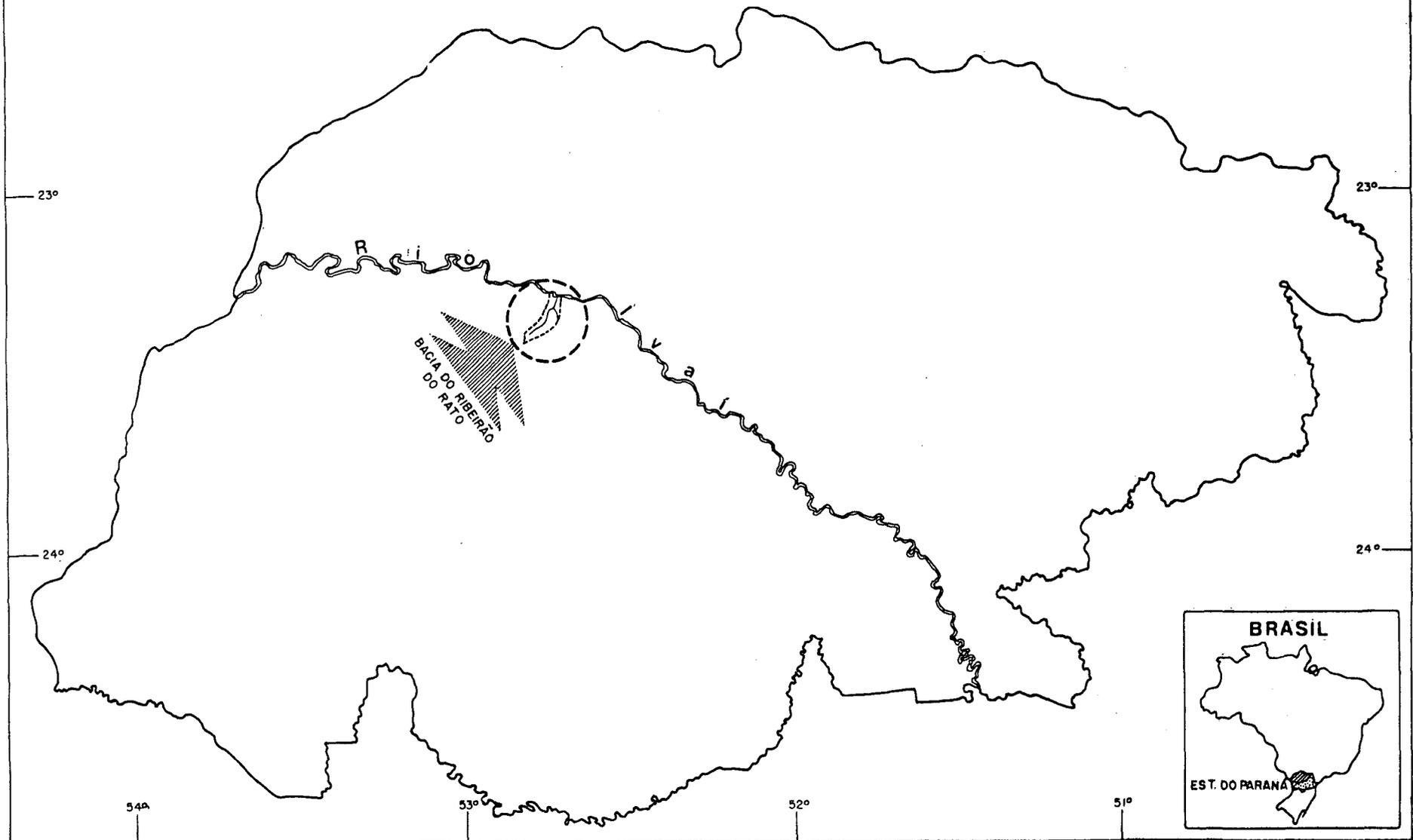
Considerando os diferentes e avançados dispositivos tecnológicos existentes, opondo-se às dificuldades de estudos apurados em diversas áreas do território brasileiro, faz-se necessário lançar mão de todos os recursos disponíveis para um melhor conhecimento do espaço, principalmente em regiões críti-

ticas.

Dentro desta perspectiva, o presente trabalho objetiva o emprego de fotografias aéreas, através de metodologia sistemática visando contribuir para o estudo da erosão do solo. Para tanto, far-se-a uma análise detalhada dos diversos aspectos físicos e de ocupação da área estudada, e suas possíveis relações com a erosão.

Figura 01

# LOCALIZAÇÃO DA ÁREA PESQUISADA



## 2. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

### 2.1. LOCALIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange uma superfície de, aproximadamente,  $64,4 \text{ km}^2$ , enquadrada entre os paralelos de  $23^{\circ}17'$  e  $23^{\circ}25'$  de Latitude Sul e os meridianos de  $52^{\circ}43'$  e  $52^{\circ}50'$  de Longitude Oeste de Greenwich; compreendendo parte dos municípios de Rondon e Guaporema, da Microrregião Homogênea nº 285-Norte Noroeste de Umuarama, no Noroeste do Paraná (Fig.1).

Apresenta cerca de 17 km no sentido SW-NE por 3,5 km no sentido SE-NW, na área abrangida pela bacia do Ribeirão do Rato, afluente da margem esquerda do Rio Ivaí.

Está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná que se constitui, segundo ALMEIDA<sup>2</sup>, numa bacia intracratônica, simétrica, com eixo maior na direção norte-sul e que foi preenchida por cerca de 5.000 metros de sedimentos paleozóico-mesozóicos, lavas basálticas e formações cenozóicas.

### 2.2. GEOLOGIA

O substrato rochoso da região pode ser dividido em três compartimentos:

1. Formação Serra Geral
2. Formação Caiuã ou sedimentos supra-basálticos arenosos
3. Sedimentos cenozóicos

## Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral que abrange pequena porção da área de estudo é constituída por rochas vulcânicas com intercalações arenosas. Apresenta uma seqüência inferior de lavas basálticas e uma superior ácida que corresponde ao Trapp do Paraná (MAACK)<sup>47</sup>, interrompida por arenitos que se atribuem ao deserto de Botucatu, pela identidade de materiais.

As rochas da Formação Serra Geral foram denominadas por WHITE\*, citado por ALMEIDA<sup>2</sup> como rochas eruptivas da Serra Geral, embora a denominação possa ter sido usada anteriormente.

Este material representa a maior manifestação vulcânica conhecida, com espessura variável, tendo sido encontrados valores superiores a 1.500 metros, embora a média alcance 650 metros numa sucessão de derrames sub-horizontais (ALMEIDA)<sup>2</sup>.

Ocorrem ainda associações de sills e diques de diabásio, sendo que os últimos estão, preferencialmente, na periferia da área de derrames.

## Formação Caiuã

A Formação Caiuã, que cobre a maior parte da área em questão, é formada por arenito fino, não silicificado, de coloração avermelhada, apresentando empilhamento intercruzado e discordante (MAACK)<sup>46</sup>. Ainda, segundo MAACK, esta deposição de materiais, designada de "dunas fosseis", forma uma bancada du-

(\*) WHITE, I.c. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro, 1908. Citado por Almeida F.F. et alii. A bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. São Paulo, In Mapa Geológico de São Paulo. IPT, 1981 p.46.

ra na base. A partir desta camada endurecida o restante do material é mole, bastante vulnerável à alteração, o que resulta num manto espesso de areia solta e avermelhada.

Quanto à espessura, o mesmo autor calculou variações entre 20 e 60 metros até 270 metros entre os rios Paranapanema e Ivaí.

A origem da Formação Caiuá tem sido bastante discutida, ocorrendo diversas explicações para o fato.

As principais descrições do arenito datam de 1930, num trabalho de WASHBURNE\* citado por ALMEIDA <sup>2</sup> sobre " Petroleum Geology of the State of São Paulo ", atribuindo ao mesmo uma origem eólica.

Em 1941, MAACK <sup>46</sup>, observa a presença de cones de deltas de areia na foz dos rios afluentes do baixo Ivaí e margem direita do rio Piquiri que o levam a uma descrição mais detalhada do arenito suprabasáltico no Noroeste do Paraná. Atribui a estes sedimentos uma origem eólica de formação, referindo-se a um clima de extrema aridez durante a época de deposição.

SOUZA <sup>81</sup> afirma que não existem diferenças sedimentológicas entre o arenito Caiuá e o arenito Botucatu a ele soto-posto.

FREITAS <sup>29</sup> nega a existência da Formação Caiuá como unidade estratigráfica e, em trabalho executado em 1973, rejeita a extensão da área do Caiuá, definida por (MEZZALIRA e ARRUDA) <sup>49</sup>.

(\*) WASHBURNE, C.W. Petroleum Geology of the State of São Paulo , Brasil. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica, São Paulo, 22:1-282, 1930. Citado por Almeida, F.f. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico, In Mapa Geológico de São Paulo. São Paulo, IPT, 1981 p.65.

LANDIM e FÚLFARO <sup>42</sup> apresentam uma origem para o arenito Caiuã, relacionada a um represamento tectônico na calha do Paranã.

POPP e BIGARELLA <sup>62</sup> relacionam o Caiuã, de idade cretácica, a uma origem eólica em sua maior extensão, sendo a porção restante correspondente a depósitos subaquáticos. Estas diferenças se relacionam à distribuição dos depósitos dos materiais com estratificação cruzada e estratos paralelos.

Os mesmos autores apresentam a proposição de uma outra unidade estratigráfica, jazendo sobre o Caiuã, a qual denominaram de Formação Paranavaí, de idade quaternária.

É importante notar a conotação dada a esta diferença de materiais no que diz respeito aos problemas erosionais: segundo POPP e BIGARELLA <sup>62</sup>, os problemas relacionados aos processo erosivo intensivo que ocorre em diversas áreas do Arenito Caiuã, estariam relacionadas ao Arenito da Formação Paranavaí, ressaltando ainda uma estabilidade geotécnica para o Arenito Caiuã.

#### Sedimentos cenozóicos

Recentemente, foram individualizados materiais cenozóicos que se sobrepõem às rochas da Formação Serra Geral e Formação Caiuã. Estes sedimentos são constituídos por cascalheiros e aluviões subatuais com desníveis bastante acentuados ao leito da drenagem atual; complexos colúvio-aluvionares que correspondem às feições erosivas tais como vossorocas (POPP e BIGARELLA) <sup>62</sup>, colúvios arenosos e areno-argilosos subatuais e atuais, recobrando a quase totalidade da área de exposição do

Arenito Caiuá e parte da Formação Serra Geral, além de aluviões atuais areno-argilosos, dispostos geralmente em áreas restritas de planícies (DEHIRA)<sup>24</sup>.

### 2.3. RELEVO

Constitui uma porção do planalto de Campo Mourão (MAACK)<sup>47</sup>, um dos cinco grandes compartimentos paisagísticos do Estado do Paraná, o Terceiro Planalto Paranaense.

O Terceiro Planalto apresenta o plano de declive, formando a encosta da Serra Geral do Paraná, denominada Serra da Boa Esperança ou Escarpa Mesozóica (MAACK)<sup>47</sup>. Esta região, esculpida sobre materiais oriundos de rochas vulcânicas mesozóicas com cobertura sedimentar arenítica, constitui-se na região morfológicamente mais simples e homogênea do Estado.

As peculiaridades do relevo existente devem ser relacionadas a três fatores principais: rocha matriz, tectônica quebrável e recorte da rede hidrográfica. Devido a isso o Terceiro Planalto costuma ser dividido em duas ou cinco porções em função, respectivamente, de sua estrutura geológica e de sua hidrografia (MAACK)<sup>47</sup>.

A primeira subdivisão, segundo a geologia, separa o planalto arenítico do basáltico enquanto a segunda subdivisão separa os planaltos de São Jerônimo da Serra entre os rios Itararé e Tibagi, Apucarana entre os rios Tibagi e Ivaí, Campo Mourão, entre os rios Ivaí e Piquiri, Guarapuava entre os rios Piquiri e Iguaçu e Palmas entre o rio Iguaçu e o limite com Santa Catarina .

A morfologia dos terrenos escavados na região do planalto arenítico é monótono e suave e compreende colinas alargadas

com vertentes suaves e vales pouco entalhados.

Na região do planalto basáltico duas unidades geomórficas podem ser detectadas: relevos colinosos, suavemente ondulados desenvolvidos em regiões de fraca movimentação, tectônica em tempo recente e relevos enérgicos tipo "block mountains" ou mesetas estruturais com vertentes em patamares (gerados pela alternância natural ou tectonicamente provocada, de camadas amigdalóides e equigranulares de derrames superpostos) encontrados em zonas de grande movimentação tectônica ou de grande dissecação fluvial (ambas as condições ocorrem e se complementam).

As altitudes variam de 1.100-1.200 metros no topo da escarpa mesozóica e oscilam em torno de 225 metros no rio Paranã.

#### 2.4. HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica, em sua totalidade, se relaciona à bacia do rio Paranã. Os rios principais percorrem a região no sentido geral SE-NW, desenvolvendo boqueirões. Segundo MAACK<sup>47</sup>, podem ser classificados como antecedentes por serem mais antigos que as escarpas e os planaltos que atravessam. Relacionados à inclinação de camadas os rios principais são classificados como conseqüentes. Os subafluentes, em geral, são subparalelos, o que indica um controle estrutural.

#### 2.5. CLIMA

O clima da região, segundo a classificação de KÜPPEN, modificada por MAACK<sup>47</sup>, pode ser classificado como Cfa (h)e, periodicamente, Cwa na porção norte do Terceiro Planalto, e Cfb

na porção meridional. As características abrangentes de cada uma destas zonas climáticas são devidas, basicamente à combinação de três massas de ar que atuam no sul do país durante o decorrer do ano (NIMER)<sup>55</sup>.

A região sofre a atuação, em todo o período anual, da Massa Tropical Atlântica, MTA, (gerada pelo anticiclone do Atlântico) que traz como características chuvas de verão e períodos secos durante o inverno. A Massa Polar Atlântica, MPA, (gerada pelo Anticiclone Polar) tem sua atuação, preferencialmente no inverno, sob a forma de chuvas. A terceira massa que atua na região em questão e tem origem na Baixa do Chaco, é a Massa Tropical Continental, MTC, que tem como características: pouca umidade e temperaturas elevadas.

## 2.6. SOLOS

Estas características, acima citadas, relacionadas ao material de origem, relevo e clima, em combinação com os demais fatores de formação do solo vão resultar em solos do tipo latossolo vermelho escuro, podzólico vermelho amarelo e, em âmbito restrito, solos aluviais, areias quartzosas, solos hidromórficos (PROJETO NOROESTE)<sup>67</sup> e (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA)<sup>50</sup>.

## 2.7. VEGETAÇÃO

Como consequência natural deste quadro expressa-se a vegetação, praticamente inexistente nos dias atuais.

Segundo a classificação de (MAACK)<sup>47</sup>, as principais formações florísticas ocorrentes no Terceiro Planalto, e das quais só existem vestígios, podem ser agrupadas em: a) mata pluvial tropical (lianas, epífitas, palmáceas); b) mata pluvial subtro-

pical ( lianas, epífitas); c) mata de araucária ( araucária ,  
taquarais, palmáceas).

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Tendo em vista que o estudo da erosão acelerada, através do uso de fotografias aéreas, envolve uma gama de fatores para a sua compreensão, é necessário um material de apoio bastante variado.

Os trabalhos específicos na região são poucos, devendo-se destacar, entretanto, a documentação relativa ao PROJETO NOROESTE com o Projeto Piloto da Bacia do Ribeirão do Rato<sup>68</sup>, executado sob os auspícios do Ministério do Interior e do Estado do Paraná, em 1974. Este projeto desenvolveu diferentes estudos, destacando-se neste particular o levantamento semi-detalhado de solos, executado na escala de 1:25.000 e os aspectos relacionados à estrutura produtiva e de ocupação da região, além de informações básicas obtidas através da aerofotogrametria que resultou numa carta plani-altimétrica que serviu de base às diversas cartas elaboradas no presente trabalho.

Relacionado ao uso das fotografias aéreas que se constitui no principal aspecto do trabalho para atingir os objetivos propostos e, aliado principalmente aos conceitos geológico-geomorfológicos e pedológicos, combinou-se os conhecimentos de diversos autores, cujas principais idéias são expostas a seguir.

Para RABBEN<sup>72</sup>, três fatos fundamentais explicam utilidade incomparável da fotografia aérea: 1) a grande área de su-

perfície terrestre que é representada em cada fotografia ; 2) as imagens tridimensionais obtidas dos pares estereoscópicos ; 3) as imagens fotográficas como representações permanentes e não tendenciosas dos objetos originais. Estes fatos permitem ao fotointerprete perceber relações entre o objeto de estudo e seu ambiente, as vezes não tão evidentes na observação terrestre; o efeito da imagem tridimensional possibilita ao fotointerprete descobrir e identificar objetos bem como mensurá-los; a permanência e fidelidade da imagem da área permite a investigação no momento em que o fotointerprete deseja.

Para RABBEN <sup>72</sup> e RAY <sup>74</sup>, a fotointerpretação é geralmente considerada como um processo em duas etapas. A primeira reúne a observação, coleta de dados, medição e identificação dos aspectos visíveis nas fotografias aéreas. A segunda inclui processos mentais dedutivos ou indutivos, usando a informação obtida na solução de um problema.

Segundo RIVEREAU e GUY <sup>76</sup>, o método lógico de interpretação fotográfica relaciona-se a arte de bem conduzir a razão no exame das fotos aéreas, tendendo a uma mecanização.

Para VINK <sup>99</sup>, o uso das fotografias aéreas para interpretação de uma paisagem envolve sete fases: reconhecimento, identificação, análise, dedução, classificação e idealização, sendo estas fases de fotointerpretação de procedimento normal na maior parte das pesquisas embora o propósito pelo qual as fotografias aéreas são interpretadas venha a ter grande influência na fotointerpretação.

Para BELCHER <sup>6</sup>, as mais importantes feições reconhecidas pela fotografia dos materiais terrestres são: topografia, drenagem, erosão, coloração do solo, vegetação e uso da terra,

sendo os elementos essenciais que levam ao entendimento do que não se vê, mas está indicado pela combinação dos mesmos.

Segundo BLOOM <sup>16</sup>, CHRISTOFOLETTI <sup>20</sup> a erosão pode ser considerada do ponto de vista geológico-geomorfológico como um processo natural na evolução das formas de relevo, envolvendo um conjunto de ações externas que tendem para um nivelamento da paisagem.

Segundo BARROS <sup>4</sup>, deste conjunto participam processos destrutivos e construtivos que modificam a topografia e que agem simultaneamente, embora possam ocorrer períodos de maior degradação e períodos de acumulação, diferenciados no tempo e no espaço. Estes ciclos deixam impressos no relevo formas também diferenciadas que se traduzem pela altitude, forma de vertentes, tipos de solos, drenagem e vegetação. É um processo lento, permanente e, na maior parte das vezes, imperceptível.

Para BERGSMA <sup>7</sup>, a erosão ocasionada em função das águas superficiais se apresenta sob três formas: a erosão laminar (sheet erosion), a erosão em sulco (rill erosion) e a erosão em vossoroca (gully erosion). A fase de erosão laminar que é precedida da (splash erosion) ou processo de saltação de partículas, está na dependência do impacto da chuva sobre a superfície do solo, sendo um processo contínuo de retirada de materiais superficiais. A sua maior ou menor atuação está na dependência também do tipo de material componente da área, do clima atuante que determinam a inclinação e comprimento das vertentes e a cobertura vegetal. A erosão em sulco é considerada um processo de erosão acelerada que tem como condicionantes uma modificação brusca das condições ambientais normais, enquanto

que a erosão em vossoroca é o estágio final mais grave de erosão que se conhece.

Para MORGAN <sup>54</sup>, a erosão do solo é um processo bifásico, constituindo na separação de partículas individuais da massa do solo e o seu transporte por agentes erosivos tais como a água da chuva e o vento. Quando a energia não é tão grande para transportar as partículas, ocorre a deposição. Logo, a severidade da erosão depende da quantidade de material suprido pela separação e a capacidade dos agentes de erosão em transportar. Os fatores controladores do trabalho de erosão do solo são o grau de erosividade dos agentes erosivos e a erodibilidade do solo.

A erodibilidade pode ser avaliada em termos de conteúdo de argila, indicando que os solos com uma fração restrita de argila entre 9% e 30% são os mais suscetíveis à erosão. Define também a resistência do solo ao transporte e arranque de partículas. A erosividade relaciona-se diretamente com a precipitação e temperatura.

Segundo FURLANI <sup>32</sup>, e TRICART <sup>94</sup>, constitui-se, do ponto de vista geomorfológico, num processo de mutação de vertente, produto de sintonia do perfil com um novo padrão de drenagem.

Segundo PICHLER <sup>61</sup>, os terrenos arenosos e siltosos incoerentes são favoráveis ao surgimento de vossorocas.

Segundo PRANDINI <sup>65</sup>, o que caracteriza a vossoroca, propriamente dita, é a interação da erosão das águas superficiais com a ação erosiva das águas subterrâneas que passa a atuar a partir de certa dimensão do ravinamento. Morfologicamente, as vossorocas mais comuns são ramificadas, podendo atingir cinquenta metros de profundidade e largura de algumas centenas de

metros. ( O termo vossoroca provém em função de dois vocábulos tupis-guaranis. IBI-ÇOROC que podem ser traduzidos por terra rasgada ou rasgão no solo. Também se registram as formas voçoroca ou mesmo boçoroca ou vossoroca).

O condicionamento principal para o surgimento dessas formas aceleradas de erosão é a atividade antrópica, representada pela atividade de ocupação e uso do solo (desmatamento , manejo agrícola, construção de obras civis).

Segundo BIGARELLA e POPP <sup>66</sup>, a ocorrência de vossorocas e formas aceleradas de erosão como sulcos ocorrem, no sul do país, sobre as formações superficiais e não sobre o Arenito Caiuá, como até então era dito.

Segundo PRANDINI <sup>66</sup>, estas formações superficiais são depósitos tipos como do Terciário/Quaternário, relacionados às oscilações climáticas no Cenozóico, juntamente com fatores tectônicos.

Segundo IWASA <sup>36</sup>, os depósitos mais expressivos no Brasil, relacionadas às formações superficiais, são constituídos pela Formação Paranaíba, estudada por BIGARELLA e POPP <sup>62</sup>.

Segundo BERGSMAN <sup>7</sup>, os aspectos erosivos e de sedimentação em fotografias aéreas são detectados de maneira direta ou indireta. Muitas formas de erosão tem uma medida, um padrão ou uma tonalidade que pode ser vista na imagem. A erosão laminar é difícil de detectar, principalmente quando não atingiu um estado pronunciado. Alguns dos indícios diretos que indicam aspectos erosivos são os sulcos e vossorocas. Indiretamente pode-se perceber a erosão laminar pelas diferenças na reflexão do horizonte superficial do solo, sinais estes visíveis apenas em condições especiais de vegetação, de umidade, além de que,

nem todos os tipos de solos exibem este fenômeno. Os aspectos de sedimentação se relacionam a presença de cones, leques, trechos anastomosados de rios que podem ser vistos, em parte, através das fotos.

Para LUEDER<sup>44</sup>, a litologia de uma região é percebida através de fotografias aéreas por indícios, tais como: tipo de vegetação, padrão de drenagem, tipos de vertentes, etc. O aspecto geral está traduzido nas fotos sobretudo pela maneira como se dispõem as rochas, isto é suas grandes formas ou suas relações com as rochas adjacentes. O aspecto de detalhe está ligado principalmente aos tipos de alteração e de erosão, dados pela ação climática. É por isso que uma fotofácies não tem valor universal: localmente, ela pode caracterizar uma rocha numa determinada zona climática.

Os aspectos litológicos de uma área são percebidos indiretamente, havendo, pois, a necessidade de uma larga experiência para se fazer uma interpretação litológica, não dispensando, ainda o controle de campo.

Para LUEDER<sup>44</sup>, PETRI<sup>60</sup>, os aspectos estruturais são identificados nas fotografias através de certos indícios que as fotografias fornecem segundo os elementos que aparecem diretamente nas fotos, tais como: direção de rios, alinhamentos de colinas, e outros lineamentos que indicam juntas, fraturas, falhas, planos de acamamento e de xistosidade.

Segundo RANZANI<sup>73</sup>, as tonalidades claras são sugestivas, de abundância de minerais claros como o quartzo, feldspatos, feldspatóides e ausência de escuros. As tonalidades mais escuras refletem minerais do tipo piroxênios, anfibólios, biotita ou minerais ferro-magnesianos.

Segundo PETRI <sup>60</sup>, materiais de textura grosseira permeáveis, como cascalho e arenito, tem capacidade de infiltração relativamente alta e resistem a formação de redes de drenagem superficiais.

Segundo RAY <sup>74</sup>, a densidade de drenagem, num determinado ambiente climático, relaciona-se, principalmente, com a resistência à erosão dos materiais presentes. Diminuindo a resistência à erosão, aumenta a densidade de drenagem.

Segundo PARVIS <sup>58</sup>, os padrões de drenagem regionais são formados de linhas retas e linhas curvas. Onde o controle estrutural não existe, os canais de drenagem são curvos.

Pode-se, ainda, segundo PETRI <sup>60</sup>, através da disposição da rede de drenagem, calcular, de maneira aproximada, o grau de uniformidade das rochas e fatores gerais de controle. Desvios e anomalias nos padrões de drenagem, lagoas, etc., são critérios morfológicos para identificação de fraturas e falhas. São úteis mas devem ser aplicados com reservas.

Segundo BELCHER <sup>6</sup>, a rede de drenagem constitui um dos elementos mais importantes em relação ao estudo das formas e processos geomórficos como a erosão. Através do uso da fotografia aérea pode-se perceber a distribuição dos canais de drenagem e aspectos mais detalhados de cada segmento de rio, dependendo da escala de trabalho escolhido. Estes aspectos visíveis nas fotografias servem de parâmetros para uma análise de diferentes aspectos do terreno. Através dos padrões encontrados no terreno pode-se fazer uma distinção entre diferentes tipos de materiais ocorrentes, podendo-se, inclusive, fazer um cálculo de área de abrangência dos mesmos.

Segundo TYTHERLEIGH <sup>96</sup>, as formas de relevo são certamente o fenômeno mais evidente que aparece na imagem tridimensional, obtida pelo estudo estereoscópico de fotografias aéreas.

O estudo da morfologia através da fotointerpretação se reveste de muita importância uma vez que diminui sensivelmente as horas de trabalho de campo, permite o estudo de locais de difícil acesso e dá um panorama geral da área, visão essa que no campo não é possível.

O exagero da estereocopia é outro auxiliar no que diz respeito à pesquisa dos aspectos físicos da superfície terrestre, facilitando enormemente a interpretação, pois aumenta a profundidade dos talwegues e a altitude das elevações. O estudo das encostas se faz então através das diferentes inclinações e rupturas do terreno, visíveis nas fotos.

O padrão da forma de colina é proposto como um elemento usual de fotointerpretação, sendo o seu uso, todavia limitado. Qualquer colina é, essencialmente, composta por um número de diferentes declividades (retilíneas, curvas) com formas (convexas, côncavas) que podem variar também em grau de declividade. Estes vários tipos dependem dos processos geológico-geomorfológicos que atuaram e atuam na região. Embora a paisagem tenha sido modelada no terciário e modificada no quaternário a atual forma das encostas apresenta sensíveis diferenças devido às formações geológicas e a maneira pela qual foram afetadas pela tectônica.

Segundo BERGSMA <sup>7</sup>, nas vertentes convexas a erosão aumenta com o aumento das distâncias do divisor, admitindo que formas de erosão mais severas ocorram nas partes baixas das vertentes. Nas vertentes côncavas a erosão mais severa ocorre

nas partes superiores.

A distribuição do solo, para ROSSETI <sup>78</sup>, está estreitamente ligada às formas de relevo. A análise deverá levar em consideração o tipo de paisagem, o modelado, as pendentes, as formas de erosão, os padrões de drenagem.

A posição topográfica constitui-se, aliada aos demais fatores de relevo como inclinação, ruptura de declive e outros num agente indicador de diferentes tipos de solos.

A vegetação tanto natural com as culturas também são auxiliares na identificação de tipos de solos.

Segundo o autor, as propriedades inerentes ao solo são avaliadas indiretamente sendo impossível verificar os diferentes tipos de solos através da fotointerpretação pois as fotografias fornecem apenas uma visão horizontal do solo.

Para FROST <sup>30</sup>, a fotointerpretação de solos pode ser apoiada em três princípios básicos: solos semelhantes aparecem com padrões semelhantes, solos diferentes com padrões de imagem diferenciados e, desde que as características da imagem fotográfica tenham sido correlacionadas com as propriedades dos solos observadas no campo e no laboratório, muitas propriedades de solos podem ser inferidas por fotointerpretação.

Segundo RANZANI <sup>73</sup>, algumas características dos solos podem ser detectadas através da tonalidade das fotografias. Os solos vermelhos apresentam um tom cinza mais escuro do que os amarelos; as terras úmidas apresentam tons cinza mais escuros do que as terras secas e os materiais mais grosseiros são de tonalidade mais clara que os menos grosseiros.

Segundo BELCHER <sup>6</sup>, o uso da terra é um indicador indireto dos componentes da paisagem. Até mesmo a ocupação das áreas

reas como localização de cidades, estradas, fornecem , indiretamente, dados a respeito dos tipos de solos e drenagem.

Os critérios de fotinterpretação e os pareceres de cunho geológico-geomorfológico e de pedologia adotados no trabalho obedecem, em traços gerais, as linhas de pensamento dos autores acima, embora tenham sido feitas uma série de adaptações, tendo em vista as dificuldades encontradas devido a pequena área de estudo e a maneira como foi enfocado o trabalho numa seqüência evolutiva dos aspectos de erosão acelerada.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

##### 4.1. MATERIAIS

Dentre os materiais utilizados para o conhecimento da área de estudo destacam-se as fotografias aéreas e outros materiais como cartas topográficas, mapas geológicos e instrumental de apoio que serão descritos a seguir.

##### 4.1.1. Fotografias Aéreas

Foram utilizados cinco levantamentos fotográficos da região que abrange a bacia do Ribeirão do Rato.

Fotografias aéreas - 1952

Foi utilizada a cobertura fotográfica do voo DGTC-Pr , escala 1:25.000, executada pela Cruzeiro do Sul com as seguintes características:

1. Formato: 23 cm x 23 cm
2. Área coberta por fotografia: 33 km<sup>2</sup>
3. Filme: pancromático preto e branco
4. Recobrimento longitudinal: aproximadamente 60 % na faixa de voo
5. Recobrimento lateral médio: 30 % entre as faixas adjacentes
6. Número de fotografias utilizadas: 18

Fotografias aéreas - 1963

Foi utilizada a cobertura fotográfica do voo DGTC-Pr ,

escala 1:70.000 , abrangendo 10 fotografias, executada pela Cruzeiro do Sul, apresentando as mesmas características descritas para as fotografias de 1952, com exceção da escala e da área coberta por fotografia que é de, aproximadamente, 260 km<sup>2</sup>.

#### Fotografias aéreas - 1970

Foi utilizada a cobertura fotográfica do vôo IBC-GERCA, escala 1:25.000, abrangendo 31 fotografias, executado pela Cruzeiro do Sul com as mesmas características das fotografias aéreas tomadas em 1952.

#### Fotografias aéreas - 1974

Foi utilizada a cobertura fotográfica do vôo Projeto Noroeste do Paranã, na escala de 1:20.000, abrangendo 40 fotografias, executada pela AEROSUL, com as mesmas características descritas para as fotografias anteriores, com exceção da escala e da área coberta por fotografia que é de, aproximadamente , 21.2 km<sup>2</sup>.

#### Fotografias aéreas - 1980

Foi utilizada cobertura fotográfica do vôo para o ITC-Pr , 1980, na escala de 1:25.000, abrangendo 29 fotografias , executada pela Esteio, Engenharia e Aerolevanteamento, com as mesmas características descritas anteriormente dos vôos realizados na mesma escala.

### 4.1.2. Mapas

Para a identificação dos principais elementos físicos da área, bem como situação, coordenadas geográficas, foram utilizados os seguintes materiais cartográficos.

1. Folha topográfica SF-22-Y-C-III de Paraíso do Norte, na escala de 1:100.000, executada pelo DSG-Brasil em 1972.

2. Folha Topográfica da Bacia do Ribeirão do Rato , Governo do Estado do Paraná/SUDESUL, escala 1:5.000 , executada pela AEROSUL em 1974, reduzida para escala 1:25.000.

3. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo SG-21-MME-DNPM Paranapanema, escala 1:1.000.000.

4. Mapa Geológico com base cartográfica SF-22-Y-C-III de Paraíso do Norte, na escala de 1:100.000 - Pauli Petro Consórcio CESP/IPT.

5. Mapa de Solos de Bacia do Ribeirão do Rato , Governo do Estado do Paraná/SUDESUL, escala 1:25.000, executado pelo Projeto Noroeste do Paraná em 1974.

#### 4.1.3. Fotomosaicos

Para a realização dos estudos locais com visualização do aspecto regional utilizou-se no presente estudo mosaicos aerofotográficos na escala de 1:100.000, referentes aos levantamentos aerofotográficos de 1962 e 1980.

#### 4.1.4. Dados Pluviométricos e Sedimentométricos

Foram utilizados dados de precipitação mensal da área de Rondon desde julho de 1974 até dezembro de 1982. ( Superintendência de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente - SUREHMA)<sup>91</sup>.

Foram empregados também valores anuais de coletas de amostras de materiais em suspensão da bacia do Ribeirão do Rato, coletados em três postos no curso do rio (SUREHMA)<sup>91</sup>.

#### 4.1.5. Instrumentos de Apoio

Estereoscópios

A percepção em terceira dimensão, na qual está baseado todo o trabalho, foi obtida através da utilização do estereoscópio de bolso Vasconcellos e o estereoscópio de espelhos da Wild com ocular de três aumentos, sendo o primeiro utilizado para o estudo de detalhes e o último para visão geral das fotografias.

#### Aero-Sketchmaster

O Aero-Sketchmaster serviu para transposição dos temas para o mapa-base corrigido.

#### Planímetro

Foi utilizado o planímetro Biegunowy tipo PL1 para medir as áreas de diversos elementos. Após algumas experiências, foi substituído pelo Area Meter, tendo em vista a diferença de precisão.

#### Area Meter

Foi utilizado o integrador de área Foliar Automatic Area Meter, Modelo AAC 400 que é baseado no princípio fotoelétrico (uma célula fotoelétrica) e dois espelhos integradores, com precisão de 1 mm e rendimento na execução, pelo menos, 100 vezes superior ao do planímetro.

#### Equipamento de Medição e Desenho

Curvímetro

Régua de escala

Lupa

Mesa de luz

## 4.2. MÉTODOS

### 4.2.1. Seleção da Área de Estudo

A escolha da bacia do Ribeirão do Rato para realização deste trabalho, deveu-se ao fato de que esta região é parte de uma porção representativa de terrenos sujeitos à erosão, além de ter uma área relativamente pequena o que permite a execução de estudos mais detalhados, para se obter as informações desejadas. Por outro lado esta bacia já conta com pesquisa básica sobre solos e de alguns dados preliminares sobre processos erosivos, bem como possui várias coberturas aerofotográficas em diferentes escalas, tomadas em diversos anos.

### 4.2.2. Confecção dos Mapas Temáticos

Para confecção do material cartográfico a partir das fotografias aéreas usou-se o método lógico de interpretação sugerido por (RIVEREAU e GUY)<sup>76</sup>. De cada seqüência de fotografias, tomadas em diferentes períodos (1952, 1963, 1970, 1974 e 1980) obteve-se, sobre papel transparente, o traçado minucioso da rede de drenagem e a delimitação física da área de influência da bacia, através do exame dos pares estereoscópicos. O traçado dos canais de drenagem foram definidos em permanentes e temporários, conforme sugeriu STRAHLER<sup>90</sup>, LUEDER<sup>44</sup> e GUY<sup>76</sup>.

A partir do traçado preliminar da drenagem e delimitação da bacia procedeu-se à delimitação dos elementos que interessam ao estudo. Esta delimitação se fez, usando uma simbologia criada para a área, expostas nos mapas do anexo 2, tendo como base VERSTAPPEN e VAN ZUIDAN<sup>98</sup> e RIVEREAU e GUY<sup>76</sup> com

adaptações julgadas convenientes.

#### 4.2.3. Análise da Erosão

Os elementos relacionados a processos erosivos para registro no "over-lays" foram classificados, por ordem de grandeza, em vossorocas que se subdividiram em vossorocas ativas quando se percebeu sinais de atuação presente através de uma refletância muito clara que mostrou o solo totalmente desnudo e vossorocas cicatrizadas ou estabilizadas, (SOARES E LANDIM)<sup>84</sup>, quando as mesmas apresentavam a sua forma característica, mas estavam cobertas por vegetação. Foram traçadas também as lineações que se referiram a sulcos de erosão (FURLANI)<sup>32</sup>.

Após a análise de todas as faixas procedeu-se à confecção dos mapas na escala de 1:25.000. Como a maioria das fotografias estava nesta escala ou próximo a ela, a transferência dos dados se deu com relativa facilidade, usando-se um mapa-base plani-altimétrico da área reduzido para a escala de 1:25.000 com correções de pontos feitas na Aero-Sketchmaster. Para a tomada de fotografias de 1963, que estão na escala de 1:70.000 a transferência dos dados foi feita a partir do uso do Sketchmaster com o sistema de projeção dos over-lays sobre o mapa-base.

Devido as características dos solos e material geológico da área estudada, além da época em que as fotos aéreas foram obtidas, houve dificuldade de se realizar uma análise sistemática da ocorrência da erosão laminar, como já verificado em outros trabalhos (BERGSMA)<sup>7</sup>.

#### 4.2.4. Análise do Uso da Terra e Vegetação

Procedendo de forma idêntica à construção dos esboços dos aspectos erosivos, conforme explicitado no item anterior, construíram-se os esboços de vegetação e uso da terra (VERA)<sup>97</sup>. Quanto à simbologia usada na confecção da legenda, embora partindo-se dos princípios de RIVEREAU e GUY<sup>76</sup> e VERSTAPPEN e VAN ZUIDAN<sup>98</sup>, tornou-se necessário criar elementos novos, tendo em vista a peculiaridade da área em relação à sua ocupação com culturas, tipicamente tropicais (mapas de nºs. 11, 12, 13, 14 e 15 do anexo 2).

Como as cartas se relacionam à ocupação da terra, embora se usasse o limite físico traçou-se também as estradas principais e secundárias que passam pelos interflúvios da bacia e servem como limites das culturas.

Para registro nos over-lays, foram utilizados os mesmos critérios empregados na erosão, tendo como produto final cinco cartas que mostram o esboço da vegetação e uso do solo respectivamente referentes a análise das fotos de 1952, 1963, 1970, 1974 e 1980.

#### 4.2.5. Análise da Geologia

A geologia bem como os demais aspectos, incluindo drenagem e divisores de água, foram elaborados a partir do levantamento fotográfico de 1980 por ser o vôo mais recente da área e portanto, com o último registro dos eventos antrópicos, bem como por estar na escala de 1:25.000 que é a escala escolhida para a confecção das cartas elucidativas do estudo, não havendo necessidade de mudanças de escala no transporte para o mapa-base, diminuindo a possibilidade de erros.

O esboço geológico (LUEDE<sup>44</sup> e RAY<sup>74</sup>) foi construído

com base nas informações passíveis de serem detectadas nas aerofotos tais como: lineações tectônicas ou alinhamentos estruturais, padrões de drenagem, rupturas de declividade, acompanhadas de mudança de vegetação, (SOARES e FIORI)<sup>83</sup>, subsidiados por controle de campo.

#### 4.2.6. Análise da Geomorfologia

O traçado dos elementos morfológicos (ROCHA)<sup>77</sup>, foi feito a partir do registro das mudanças de declive com delimitação de unidades morfológicas distintas, caracterização da tipificação das vertentes, bem como detalhamento dos canais de drenagem com identificação de formas de vales e nascentes. Associou-se ainda as formas resultantes dos processos de erosão e deposição (CHRISTOFOLETTI)<sup>20</sup>.

#### Análise dos Níveis de Erosão e/ou Sedimentação

A análise dos níveis de erosão e sedimentação da área foi efetuada a partir do esboço geomorfológico, relacionando-o em parte, com as altitudes retiradas do mapa-base. O traçado dos diferentes níveis obedecem às rupturas de declive visíveis nas fotografias aéreas (ROCHA)<sup>77</sup>, subsidiados pela análise dos outros aspectos estudados e controle de campo.

#### Carta de Declividade

A carta de declividade foi confeccionada a partir do mapa-base plani-altimétrico do Projeto Noroeste, em que se mediram as distâncias entre as curvas de nível, segundo critérios de utilização agrícola convencionalmente empregados. As seguin-

tes classes foram utilizadas: Classe A: 0 - 6%; Classe B: 6 - 12%; Classe C: 12 - 20%; Classe D: 20 - 45% e Classe E: 45%.

#### 4.2.7. Trabalho de Campo

Os trabalhos de verificação "in situ" serviram para complementar os fatos vistos através das imagens fotográficas bem como sanar dúvidas encontradas e mesmo identificar alguns elementos . Tal é o caso de uma extensa cascalheira na porção esquerda do ribeirão que, na fotografia, aparece sob a forma de pequenas superfícies com fortes rupturas de relevo que foram passíveis de identificação apenas pelo trabalho de campo.

#### 4.2.8. Carta de Risco

A confecção das diversas cartas temáticas: geológica , geomorfológica, (junto com carta de declividade e de níveis) e o exame da carta de solos permitiu a construção de um modelo de carta (PORCHER)<sup>63</sup> em que foram detectadas as áreas que podem ser ocupadas livremente, as áreas que apresentam médio risco de ocupação, as áreas que apresentam um alto risco de ocupação devendo ter seu uso limitado e as áreas de altíssimo risco de ocupação. A construção desta carta se fez, tendo como parâmetros principais a geologia, relacionada aos alinhamentos tectônicos, às classes de declividade e aos tipos de solos, analisados em conjunto com os esboços dos processos erosivos.

## 5. ANÁLISE COMPARATIVA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Tendo como objetivo a busca dos condicionantes básicos dos processos de erosão acelerada procurou-se, a partir da documentação cartográfica, obtida por fotointerpretação, estabelecer parâmetros de correlação.

A erosão ou, as feições resultantes de processos erosivos acelerados foram, então, analisadas, quantitativamente em termos de distribuição espacial e temporal e, a seguir, relacionadas aos diversos fatores condicionantes do comportamento geomecânico dos materiais de superfície.

Os resultados dessa análise comparativa são apresentados a seguir.

### 5.1. EROSÃO

#### 5.1.1. Fotointerpretação e Análise Evolutiva

##### Erosão - 1952

Na tomada de fotos ocorrida em 1952, a bacia hidrográfica do Ribeirão do Rato ainda estava praticamente em seu estado primitivo, com a quase totalidade da área coberta pela vegetação natural que, segundo MAACK<sup>68</sup>, representa a mata pluvial tropical do rio Ivaí.

Nos locais onde ocorreu desmatamento e implantação de cafezais, distribuídos em quadras, percebe-se, através das fotografias, uma alteração dos solos com áreas de erosão em sulcos, através de lineamentos mais claros e interrompidos nas encostas, permitindo inferir a perda de solo superficial por erosão laminar e, inclusive, formação de três vossorocas com vegetação de fundo de vale, indicando, talvez, a reativação de forma já existentes, ou seja, paleovossorocas, devido a mudanças rápidas ocorridas nas condições de escoamento das águas superficiais (mapa 2, anexo 2).

#### Erosão - 1963

O período de tempo de onze anos compreendido entre a primeira e a segunda tomada de fotos se caracterizou por uma intensa ocupação e modificação das condições primitivas da bacia.

A percentagem de ocupação é de 80% em relação às áreas ainda cobertas pela mata. Percebe-se que a erosão avançou rapidamente, através dos processos de perdas de solo por erosão laminar, sulcos e vossorocas.

Próximo à cidade de Rondon instalou-se a maior área de erosão da bacia, com uma vossoroca em franca evolução, evidenciada pela falta de vegetação e refletância muito clara.

Os diferentes processos erosivos se instalaram junto às nascentes dos pequenos tributários do ribeirão bem como nas vertentes próximas aos interflúvios principais (mapa 3, anexo 2).

Comparando-se o mapa de 1952 com o mapa de 1963, identificam-se mais vossorocas cicatrizadas que não tinham sido vis-

tas anteriormente, devido à cobertura vegetal original.

Houve um acréscimo no número de sulcos (de 2 para 26) se bem que o seu mapeamento não se constitui num dado seguro devido à escala da foto.

#### Erosão - 1970

O quadro relativo à erosão em 1970 se agravou bastante com todas as formas erosivas presentes e em particular uma intensificação da erosão laminar por toda a bacia hidrográfica, evidenciada pelo comportamento das culturas (árvores menores, mais espaçadas) e pela presença dos sulcos e vossorocas.

A erosão em sulcos se intensificou, notadamente, junto aos afluentes e também às margens do ribeirão. A erosão em vossorocas também sofreu um aumento ainda que, menos significativo, em relação às demais formas de erosão. Cabe destacar o avanço progressivo e rápido da vossoroca próxima à sede do município que evoluiu para um estágio em que o seu desenvolvimento independe de qualquer atividade antrópica (mapa 4, anexo 2).

Comparando-se os anos anteriores com a erosão em 1970, constata-se que o número de sulcos passou de 26 em 1963 para 176 em 1970 e as vossorocas ativas de uma única, mapeada em 1963 para 5, enquanto as vossorocas cicatrizadas passaram para 13. Esta diferença em relação às vossorocas cicatrizadas, deve-se, provavelmente à diferença de escala das fotos com os anos anteriores que permitiu maior visualização em 1970 e ao desmatamento que descobriu vossorocas que não estavam visíveis sob a cobertura vegetal.

### Erosão - 1974

Através das fotografias do ano de 1974 pode-se verificar os aspectos erosivos em franca evolução no que diz respeito ao aumento do número de sulcos que refletem a presença da erosão laminar. As vossorocas tenderam a uma estabilização, notando-se entretanto, um aumento na ravina que fica junto à Rondon, e que evoluiu bastante em relação a 1970 (mapa 5, anexo 2).

Analisando-se a erosão em 1974 com os anos anteriores e comparando-se com o ano de 1970, constata-se que os sulcos aumentaram quase 100 %, passando de 176 para 332.

As vossorocas cicatrizadas permaneceram com o mesmo número (13) enquanto as vossorocas ativas triplicaram, passando de 5 para 16.

### Erosão - 1980

As fotografias de 1980 mostram o seguinte quadro relativo à erosão: a erosão laminar é de difícil observação nas fotos aéreas. Os sulcos facilmente observáveis nas fotos tem uma tendência a se estabilizar, segundo o tipo de uso que se fez e as vossorocas também, estão, em parte, estáveis, embora se note uma evolução na vossoroca próxima ao núcleo urbano de Rondon e reativação de cabeceiras de vossorocas cicatrizadas (foto 1, anexo 2). Percebe-se, nitidamente, através do uso do par estereoscópico, as linhas de sulcos produzidas por antigos carreadores de café, podendo-se delimitar até o material depositado em pequenos leques à jusante desses sulcos. Também os caminhos de gado em direção às barragens e pequenos rios levam à formação de sulcos amplamente distribuídos por toda a região

Período	Total (toneladas)	Específico (toneladas/km <sup>2</sup> )
Nov./78 a Out./79	2206,0	81,7
Out./79 a Set./80	1283,1	47,5
Out./80 a Set./81	447,8	13,6
Out./81 a Mar./82	265,5	9,8

3. Fazenda Luso-Brasileira (curso inferior), compreendendo cerca de 60,5 km<sup>2</sup> ou 95% da área da bacia:

Período	Total (toneladas)	Específico (toneladas/km <sup>2</sup> )
Nov./78 a Out./79	2466,0	48,8
Out./79 a Set./80	2643,9	43,7
Out./80 a Set./81	624,6	10,3
Out./81 a Mar./82	438,0	7,2

Comparando as vazões sólidas, do último posto medidas no período de novembro de 1978 a março de 1982 com a pluviosidade (tabela 1) no mesmo período, têm-se:

Vazão sólida (toneladas)	Precipitação mm	Data
2466,0	1374,4	Nov./78 a Out./79
2643,9	1706,7	Out./79 a Set./80
624,6	1451,8	Out./80 a Set./81
438,0	1347,6	Out./81 a Mar./82

Pelos valores acima pode-se concluir que, de novembro de 1978 a setembro de 1980, ocorreu um aumento na perda de material sólido em suspensão que, corresponde a um aumento na pluviosidade da bacia. Por outro lado, a partir de 1980 até março de 1982, embora tenha ocorrido um aumento na pluviosidade não ocor-

TOTAIS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO : ESTAÇÃO RONDON

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	TOTAL ANUAL
1974	-	-	-	-	-	-	7,6	83,6	34,0	270,1	139,1	295,3	-
1975	93,4	177,9	106,7	158,6	43,3	74,5	111,6	61,1	76,1	268,0	157,0	253,3	1581,5
1976	182,6	109,6	114,8	122,2	99,6	127,2	35,1	127,9	138,9	210,4	58,6	189,9	1516,6
1977	295,5	140,5	128,6	58,0	72,6	119,6	38,3	31,4	84,7	131,1	283,9	251,4	1635,6
1978	105,0	72,0	117,1	0,2	33,9	17,0	206,6	20,3	125,4	54,1	110,8	144,8	1007,2
1979	97,6	195,4	148,0	90,4	190,2	1,8	63,0	50,0	274,6	107,8	115,8	232,0	1467,2
1980	187,2	378,4	110,4	132,6	117,0	74,2	96,0	79,7	183,5	111,6	120,3	246,7	1837,6
1981	199,4	147,3	117,6	199,2	2,2	131,3	37,9	54,6	23,7	250,7	88,2	504,8	1816,9
1982	116,0	258,1	129,8	37,4	77,2	264,9	106,1	54,8	63,5	227,0	268,2	478,9	2081,9

Fonte: SUREHMA

reu o correspondente aumento na perda de sólidos em suspensão, como seria de se esperar.

Assim, se num período, os dados levam a se pensar num incremento na taxa de erosão, no período subsequente as informações levam à conclusão absolutamente inversa.

Algumas considerações a propósito desta metodologia de controle devem ser feitas:

1. As precipitações médias anuais podem não refletir a erosividade das chuvas na medida em que a mesma é um reflexo não da quantidade de chuvas, mas do seu regime;
2. A mensuração dos materiais sólidos em suspensão é inadequada, porque diz respeito aos materiais finos, silt e argila, numa região com predominância absoluta de solos arenosos cujo transporte se dá, essencialmente, por arrasto.

Desa forma fica difícil usar estes elementos, quer corroborando a constatação de que tenha ocorrido um aumento progressivo de erosão através do uso de fotografias aéreas, quer como argumento que evidencie a efetividade das práticas conservacionistas, levadas a efeito na região.

## 5.2. GEOLOGIA

### 5.2.1. Fotointerpretação da Geologia

A delimitação das unidades geológicas fundamentais que ocorrem na área foi feita, basicamente, com o auxílio de fotointerpretação e algum controle de campo.

Os critérios básicos de identificação dessas unidades nas fotografias aéreas foram:

- 1) Diferenças de coloração: tonalidades, indicando mu-

danças de litologia, vegetação, áreas úmidas e secas.

2) Forma dos materiais com diferentes tipos de vertentes e rupturas de declive, indicando mudanças na litologia.

3) Posicionamento estratigráfico dos materiais.

Os aluviões se caracterizam pelo seu relevo plano pela posição topográfica baixa em relação as demais unidades e pela presença de estruturas fluviais, tais como trechos de meandros abandonados junto ao canal do rio Ivaí.

As cascalheiras subatuais construídas pelo rio Ivaí (?) hoje elevadas a 40 metros acima do seu leito atual, são evidenciadas nas fotografias aéreas através de rupturas muito abruptas e pequenos terraços inclinados para o Ribeirão do Rato, embora a identificação da cascalheira só tenha sido possível no campo.

Os materiais de origem recente, constituídos pelos coluviões da Formação Paranaíba, segundo POPP e BIGARELLA<sup>62</sup>, recobrem a maior parte da área, acompanhando o Arenito Caiuá e os basaltos da Serra Geral. Sua tonalidade é bastante clara quando não ocorre cobertura vegetal, e as vertentes são pouco inclinadas com rampas suaves.

A Formação Serra Geral é detectada nas fotografias através da coloração, cinza mais escuro, das rupturas, apresentando quebras mais abruptas e algumas depressões fechadas, típicas da ocorrência dos derrames basálticos, quando horizontes impermeáveis condicionam o surgimento de banhados.

O Arenito Caiuá aflora em áreas, bastante restritas, nas regiões próximas às nascentes do Ribeirão do Rato, junto aos

canais fluviais (foto 2, anexo 2), sendo percebido através da coloração cinza claro, rupturas de declive positivas abruptas, e posição topográfica.

Os alinhamentos estruturais detectados na área dizem respeito, basicamente, à linearização dos trechos da drenagem com direções preferenciais SW-NE e NW-SE.

Para complementar levou-se em consideração a observação de campo em trechos localizados, somados à pesquisa bibliográfica sobre o comportamento de áreas semelhantes, próximas.

A interpretação fotogeológica em áreas sedimentares de contato com coberturas superficiais quaternárias torna-se bastante difícil na medida em que há um mascaramento das feições litológicas, tornando-se indispensável um controle de campo efetivo (mapa 7, anexo 2).

#### 5.2.2. Erosão em relação à geologia

O mapeamento dos processos erosivos em diferentes épocas e a construção do esboço geológico permitiu, através da superposição dos mapas numa mesa de luz (esboço dos processos erosivos em 1952, 1963, 1970, 1974 e 1980 e esboço geológico) uma avaliação das formas de erosão em cada unidade geológica mapeada.

Foi medido, usando-se o Area Meter, o valor em área, de cada litologia mapeada. Comparando-se os valores numéricos encontrados com estas áreas medidas, construíram-se tabelas que, por sua vez, foram transformadas em gráficos.

Tanto os valores das áreas aflorantes em si, bem como os valores numéricos dos processos erosivos foram colocados em

percentagem, para facilitar sua avaliação e evolução nos diferentes períodos e comparação com as outras tabelas apresentadas no decorrer do trabalho.

Na relação comparativa entre os aspectos erosivos e a geologia da área, detectou-se que a evolução dos diferentes tipos de erosão ocorreu, preferencialmente, sobre a capa arenosa, constituída pelos coluviões que recobrem o Arenito Caiuã e os basaltos da Serra Geral.

Nos afloramentos, bastante restritos, do Arenito Caiuã, junto às margens do ribeirão, nota-se a presença de sulcos enquanto nas áreas constituídas por basalto, que ocorrem próximo ao Ivaí, os efeitos da erosão acelerada se fazem sentir menos.

É importante ressaltar que percebe-se, por interpretação fotogeológica, a presença numa concentração preferencial, de sulcos e vossorocas junto às áreas de fraqueza, nos lineamentos tectônicos.

As tabelas abaixo, de n.ºs. 2, 3, 4, 5 e 6 e os gráficos de n.ºs. 1, 2 e 3 mostram os resultados da distribuição das feições erosivas, nos diferentes materiais componentes da área.

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1952.

MATERIAIS	ÁREA AFLORENTE %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Basalto	3,0	-	-	-	-	-	-
Arenito	1,7	-	-	-	-	-	-
Formação Superficial	92,6	-	-	3	100,0	2	100,0
Outros*	3,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0	0,0	3	100,0	2	100,0

\* aluviões, terraços de cascalho.

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1963.

MATERIAIS	ÁREA AFLORENTE %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Basalto	3,0	-	-	-	-	-	-
Arenito	1,7	-	-	-	-	-	-
Formação Superficial	92,6	1	100,0	9	100,0	26	100,0
Outros*	3,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	1	100,0	9	100,0	26	100,0

\* aluviões, terraços de cascalho.

TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1970.

MATERIAIS	ÁREA AFLORENTE %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Basalto	3,0	-	-	-	-	-	-
Arenito	1,7	-	-	-	-	19	10,8
Formação Superficial	92,6	5	100,0	13	100,0	150	85,2
Outros*	3,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	5	100,0	13	100,0	176	100,0

\* aluviões, terraços de cascalho.

TABELA 5 - DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1974.

MATERIAIS	ÁREA AFLORENTE %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Basalto	3,0	-	-	-	-	8	2,4
Arenito	1,7	-	-	-	-	24	7,2
Formação Superficial	92,6	16	100,0	13	100,0	300	90,4
Outros*	3,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	16	100,0	13	100,0	332	100,0

\* aluviões, terraços de cascalho.

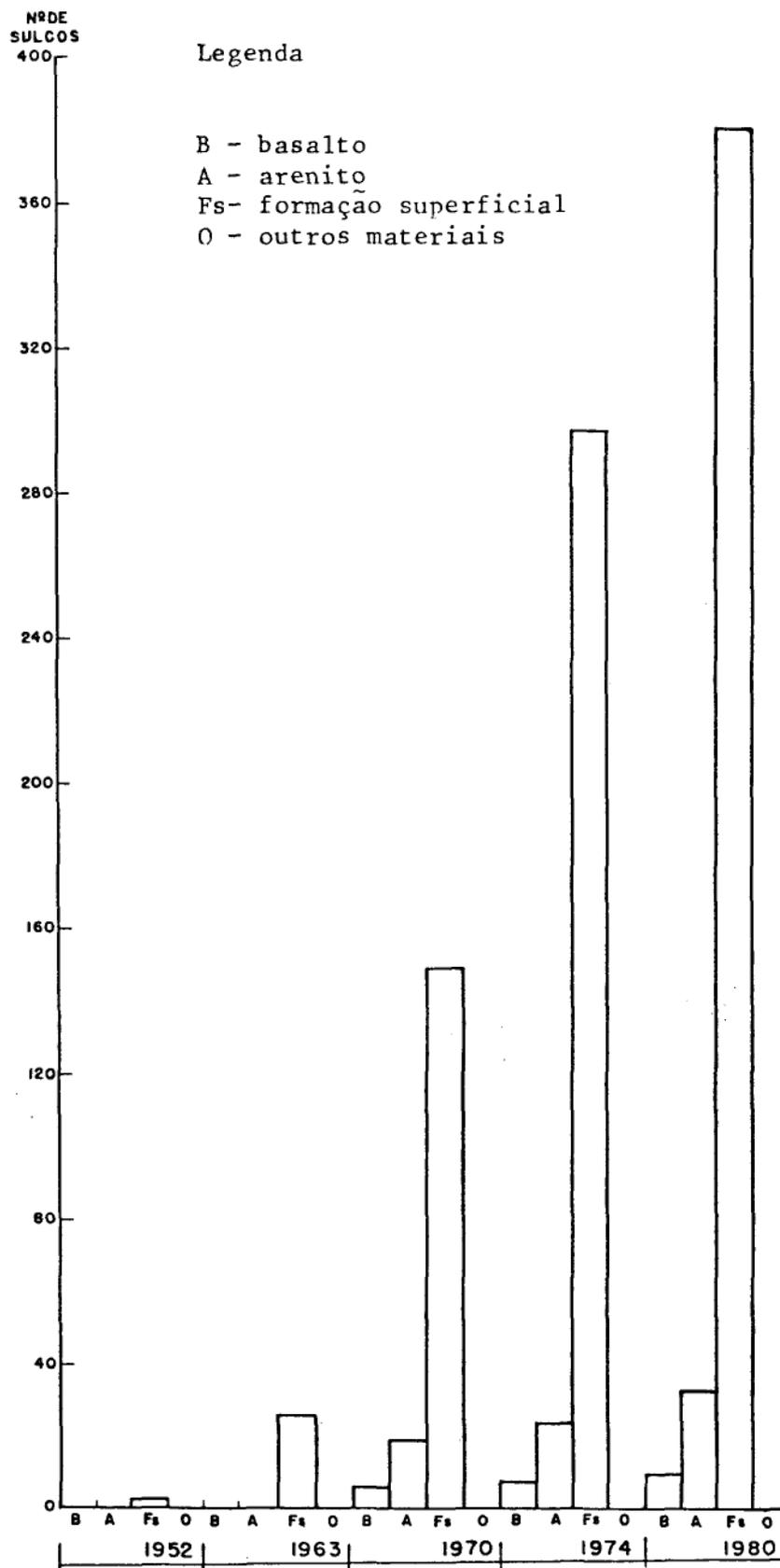


Gráfico 01 - Erosão em sulco e geologia

nº de  
vossorocas

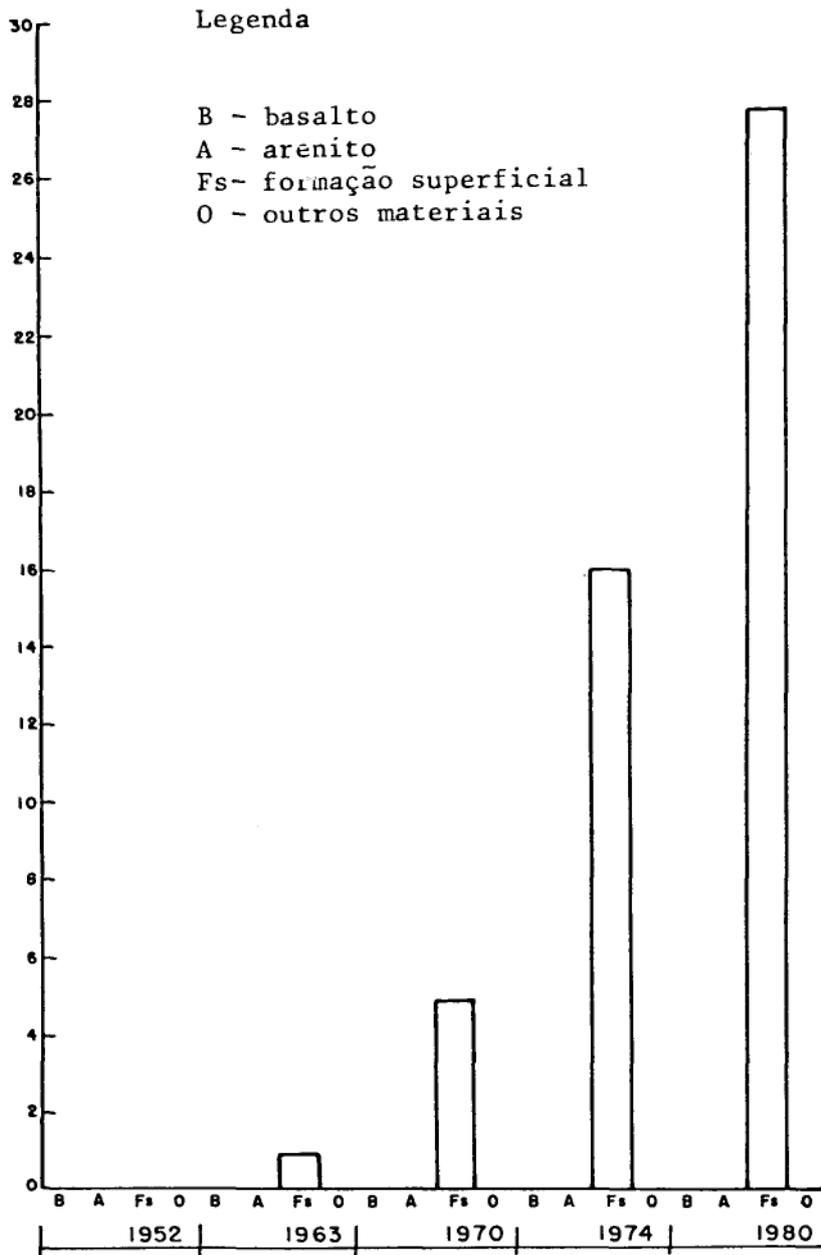


Gráfico 02 - Erosão em vossoroca ativa e geologia

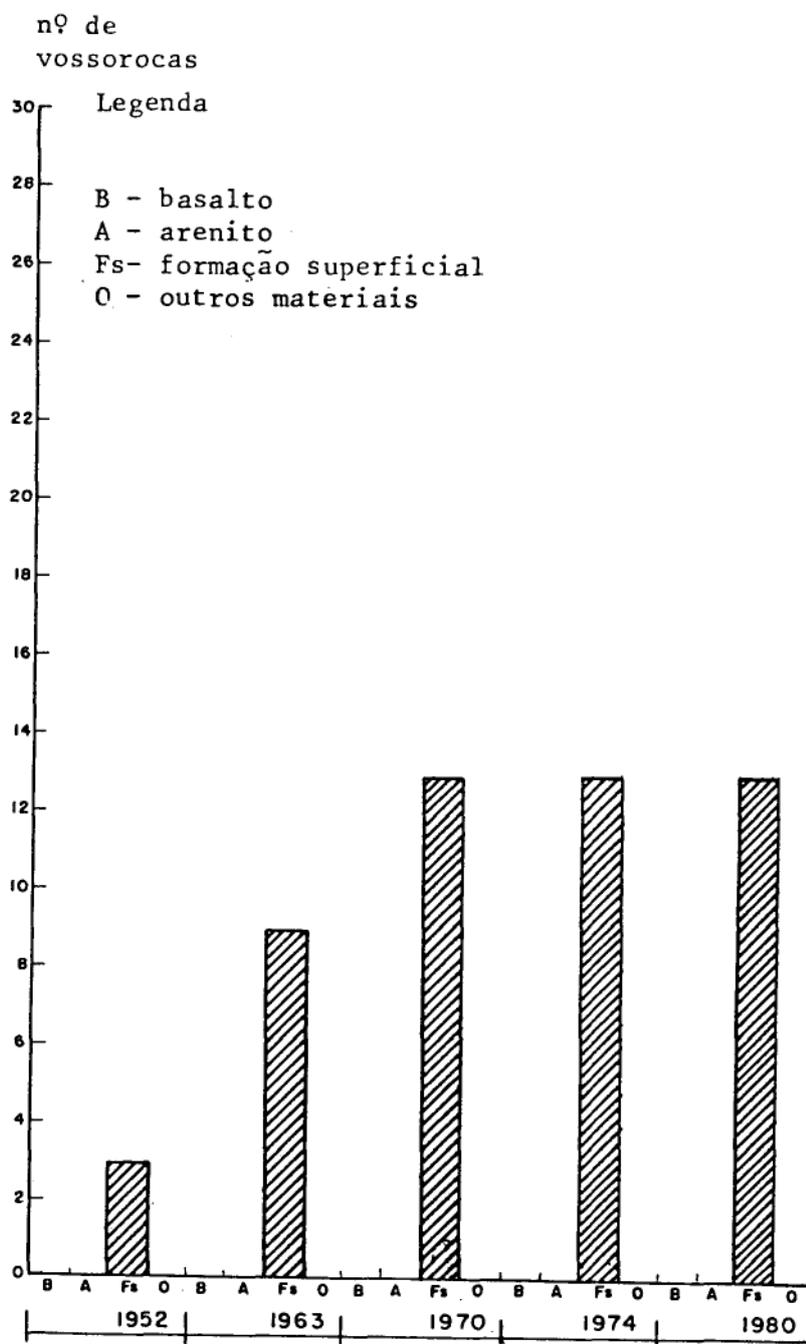


Gráfico 03 - Erosão em vossoroca cicatrizada e geologia

TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO DE SULCOS E VOSSOROCAS EM RELAÇÃO À GEOLOGIA - 1980.

MATERIAIS	ÁREA AFLORENTE %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Basalto	3,0	-	-	-	-	11	2,6
Arenito	1,7	-	-	-	-	34	7,9
Formação Superficial	92,6	28	100,0	13	100,0	385	89,5
Outros*	3,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	28	100,0	13	100,0	430	100,0

\* aluviões, terraços de cascalho.

### 5.2.3. Discussão dos resultados

A interpretação das tabelas e a sua visualização através dos gráficos, permite a verificação de como os processos erosivos se comportam nos diferentes materiais da área. Percebe-se que a maior incidência de sulcos (sempre acima de 80%) refere-se a capa superficial que cobre a maior parte da região, enquanto no basalto e arenito a incidência é mínima, bem como nos outros materiais (aluviões e terraços de cascalho), estando de acordo com as posições de POPP e BIGARELLA<sup>62</sup>.

O fato básico, gerador da predisposição ou vocação local para a erosão acelerada, liga-se ao substrato geológico.

A composição predominantemente arenosa e homogênea da Formação Caiuã, subjacente em quase toda a extensão da área estudada contribuiu, de maneira decisiva, para a composição da formação superficial. As areias quartzosas, liberadas pela de-

sagração e decomposição do Arenito Caiuá constituíram a matéria-prima para a formação de depósitos superficiais predominantemente coluviais.

Uma análise mais minuciosa dos elementos texturais da rede hidrográfica vistos na sua individualidade ou mesmo sob a ótica, do seu arranjo ou distribuição espacial revela inequivocamente, a sua adaptação aos alinhamentos estruturais pré-existentes. Trata-se de um padrão de drenagem sub-retangular, a refletir o padrão tectônico predominante nas rochas basálticas sotopostas ao Arenito Caiuá e que acabou-se refletindo também no próprio Caiuá e, de forma algo mais apagada, na formação superficial. As direções predominantes NW-SE e SW-NE são extremamente coincidentes com aquelas exibidas pelas rochas basálticas quando isentas de capeamento sedimentar seja pelo Arenito Caiuá, seja por colúvios arenosos dele derivados.

Duas hipóteses, não excludentes, são aventadas:

- a. acomodações do substrato ou suaves reativações tectônicas ocorridas em período sub-atual teriam sido responsáveis pela transmissão dos lineamentos tectônicos (falhas, fraturas) de sub-superfície como que transmitindo ou imprimindo nas unidades superficiais as rupturas subjacentes;
- b. o fluxo hidrogeológico descendente, propiciado pela elevada porosidade e permeabilidade das unidades arenosas superficiais encontrou ao longo dos planos de fraturas abertas das rochas basálticas caminho mais fácil para o escoamento favorecendo, assim a lixiviação ou remoção do óxido de ferro cimentante de forma direcionada. A implantação progressiva da drenagem local ter-se-ia dado, então, por um fenômeno simples de erosão diferencial com a dissecação progredindo, mais

acentuadamente, ao longo das faixas retilíneas , constituídas por material menos coerente, mais friável e, portanto mais suscetível à erosão.

Nada invalida, entretanto, que uma atuação conjunta desses dois fenômenos tenha ocorrido, quer de forma sucessiva no tempo ou, até mesmo, simultânea. Os dados disponíveis até o momento não permitem avançar além da formulação dessas possibilidades destacando-se, por fim, que, se as reativações tectônicas são aventadas de forma especulativa, o alinhamento de materiais menos coerentes ao longo de fraturas constitui um fato.

### 5.3. GEOMORFOLOGIA

#### 5.3.1. Fotointerpretação da Geomorfologia

A aparência geral da área se apresenta sob a forma de vertentes suavizadas, em geral, convexas, com quebras visíveis apenas junto ao rio principal e alguns afluentes.

A região encontra-se drenada pelo Ribeirão do Rato e seus pequenos tributários. O sentido geral do ribeirão é SW-NE, com tributários obedecendo, provavelmente , a um condicionamento tectônico, com direcionamento geral NW-SE.

Os tributários da margem esquerda se posicionam diferentemente em relação aos afluentes da margem direita, concorrendo para a assimetria do vale principal. Na margem direita, os afluentes se apresentam em menor número e tem segmentos mais longos, enquanto os da margem esquerda tem um percurso menor com densidade mais elevada.

Nas vertentes esta assimetria se faz presente através de formas aplainadas, com vertentes bastante longas, ocorrendo rupturas apenas nas regiões muito próximas aos canais de drenagem além de um intenso vossorocamento. As formas de relevo da margem esquerda se apresentam também com vertentes convexas, de maneira geral, mas com segmentos de encostas mais curtos e mais abruptos que na margem oposta.

Esta área apresenta rupturas de declive em quase todo o trecho próximo ao vale do rio principal.

As vertentes dos pequenos tributários do Ribeirão do Rato neste lado estão quase sempre associadas as porções côncavas da encosta que apresentam segmentos bastante curtos e com bifurcação de nascentes com número elevado, se comparado com os elementos da margem direita.

Estes elementos descritos são vistos facilmente através das fotografias aéreas, com os elementos da drenagem representados por linhas curvas, de maneira geral, com trechos retilíneos. A reflexão dos rios se faz através do cinza escuro, aproximando-se bastante do negro. Nas áreas maiores em que se percebeu as margens, as águas aparecem em tons cinzas, mais claros, embora, na dependência do ângulo de tomada das fotos, as mesmas possam se apresentar muito escuras ou brilhantes.

As áreas de banhado foram detectadas pela tonalidade cinza-escuro e rebaixamento em relação às áreas adjacentes, vegetação típica e topografia plana. Estes critérios possibilitaram a identificação de trechos de paleocanais do rio Ivaí em sua várzea atual.

Quanto ao relevo as formas de vertentes foram identificadas pelas diferentes inclinações, quebras positivas e ne-

gativas do terreno. O uso do estereoscópio permitiu , através do exagero estereoscópico, uma diferenciação dos elementos do relevo, tendo em vista que a área faz parte de um conjunto de materiais sedimentares, dispostos sobre toda a área , tornando a maior parte das encostas com limites bastante imprecisos.

Os divisores da bacia foram delimitados através de pontos mais salientes observados no estereomodelo que correspondem às cotas mais altas. Com o mesmo critério demarcou-se os divisores secundários, fazendo-se a mesma seleção entre os afluentes do Ribeirão do Rato.

Além das formas mais expressivas, representadas pelos topos arredondados e as encostas, foram identificadas nos pares estereoscópicos formas de menor porte mas com significado que não pode ser desprezado. Trata-se de lineações relativas a sulcos e vossorocas e pequenas áreas semelhantes a leques que se relacionam a rápidas modificações da morfologia da área por ação antrópica. Os sulcos aparecem nas fotografias através de reentrâncias, com uma coloração mais clara em relação às áreas adjacentes, devido a presença de material arenoso de fundo. As vossorocas são reentrâncias que, na dependência do estágio de evolução aparecem como um canal largo na nascente que vai se estreitando para jusante, podendo ocorrer ainda, com diversas ramificações. Foram classificadas em ativas ou estabilizadas na dependência da ausência de vegetação de fundo e bordas e sinais de retirada recente de material, através de zonas excessivamente claras.

Para um melhor entendimento da morfologia da área dividiu-se a mesma em porções do relevo que são descritas a seguir.

## Os Interflúvios

Os interflúvios da área de estudo podem ser subdivididos em principais e secundários. Os principais dividem a bacia do Ribeirão do Rato das demais bacias hidrográficas da região e se apresentam com topos planos quase sem rupturas de declive com alguma fragmentação testemunhada pelos colos que limitam áreas de drenagens opostas. Constituem ainda as cabeceiras nas quais se desenvolvem, com bastante intensidade, a partir do desmatamento que se iniciou na década de 50, os processos de reentalhe das nascentes dos ramos menores da drenagem com retomada de atividade de paleovossorocas.

Os interflúvios secundários correspondem a rampas que ocorrem nas duas margens do ribeirão e que apresentam formas convexas, sem distinção de cristas ou rupturas fortes.

## As Vertentes

As principais feições de vertentes (foto 3, anexo 2) se distinguem segundo as nascentes e as margens do ribeirão. Nas nascentes nota-se uma ruptura, não muito acentuada, que apresenta um modelado com formas modificadas pela ocupação antrópica da área, relacionada ao cultivo do café. Os antigos carreadores de café funcionam como canais de escoamento, permitindo uma rápida lavagem do solo descoberto. São inúmeros os sulcos e leques de materiais de deposição além de vossorocas e paleovossorocas que iniciaram um processo de reativação.

As vertentes que margeiam a porção à direita do Ribeirão do Rato apresentam segmentos convexizados com rupturas de declive. Nas partes mais altas ocorrem áreas com bacias de recep-

ção de dimensões bastante variadas, em forma de semi-círculo , com sulcos que se dirigem para a porção superior do canal permanente.

Algumas destas bacias que funcionam com anfiteatros de escavação não apresentam canal algum, o que leva a crer que estas formas estejam ligadas a um período anterior de intensa erosão, antes do estabelecimento da mata pluvial.

A ruptura mais significativa fica ao sopé da vertente em direção ao vale, bastante encaixado, do ribeirão com declividades acima de 45% em alguns trechos do percurso do rio.

Outro traço significativo é a presença de uma cascalheira (foto 4, anexo 2) com mais de um metro de espessura, de granulometria variada, constituídos de seixos e blocos areníticos, arenitos silicificados, além de seixos constituídos por material basáltico. Estes materiais, arredondados, denunciam um intenso trabalhamento, levando a crer que sejam depósitos de antigos vales do próprio rio Ivaí, pois os mesmos não se encontram muito distanciados do leito atual, embora estejam alçados a 40 m acima do nível atual do rio.

#### Os Vales

Os vales do rio principal bem como de seus tributários, se apresentam bastante encaixados na maior parte de seus percursos, havendo apenas um pequeno alargamento junto à foz, no rio Ivaí.

O comportamento do rio principal apresenta diversas variações de montante para jusante.

As nascentes estão relacionadas a pequenos córregos e

lineações da microdrenagem com presença de muitas vossorocas e sulcos em diversos graus de desenvolvimento.

O talvegue do ribeirão passa a correr em um vale em v não muito fechado de início, mas que vai se estreitando em certos trechos. Normalmente, a partir de cada um destes estreitamentos, o vale se alarga e notam-se depósitos no leito do rio (foto 5, anexo 2).

Certas porções do vale permanecem alagadas com interrupções, com trechos estrangulados.

Próximo à confluência com o rio Ivaí o vale se alarga ainda mais, desaparecem as várzeas alagadas e o rio meandra na planície formada pelo Ivaí.

Os tributários apresentam em suas partes mais elevadas vales bem abertos em forma de v e vão se estreitando à medida que se aproximam do Ribeirão do Rato, passando a uma forma de vale em v fechado.

Os sulcos se disseminam em quase todos os afluentes com vossorocas em diversos estágios: estáveis, reativadas e em atividade.

#### A Planície

A área menos acidentada, que compreende a planície, está relacionada a terraços constituídos pelo próprio rio Ivaí e que se limitam com rampas de colúvio que descem das encostas e áreas mais baixas, correspondendo a zonas alagadas no presente, e que pela sua disposição, forma e direção, levam à suposição de um paleocanal do rio Ivaí.

## O Rio Ivaí

O trecho, de aproximadamente 20 km, compreendido pela área de estudo é um trecho bastante curto, levando-se em consideração o comprimento total do rio, embora possam ser observadas diversas ocorrências

O leito do rio, propriamente dito, é largo, alcançando cerca de 200 m na referida área. Apresenta pequenas corredeiras resultantes de bancos de areia em seu leito; entre a planície aluvial atual e o canal ocorre um desnível de aproximadamente 10 m, com diques marginais em quase toda a extensão, com trechos retilíneos com rápidas modificações de direção em forma de cotovelos.

A drenagem que o abastece neste percurso é constituída por rios de pequeno a médio porte, com direções bastante definidas, o que indica controle estrutural na região em questão. (mapa 8, anexo 2).

### 5.3.2. Erosão em Relação à Geomorfologia

Procedendo-se de forma idêntica ao explicitado no item 5.2.2. obtiveram-se valores numéricos referentes à geomorfologia e aos aspectos erosivos transformados em tabelas e gráficos

Na comparação da erosão com o esboço geomorfológico foi possível identificar os sulcos e vossorocas em relação aos tipos de vertente, as rupturas e, em conjunto com a carta topográfica, os principais intervalos onde ocorrem as formas de erosão.

Observou-se, de uma maneira geral, que a maior concentração de sulcos refere-se aos trechos de vertentes convexas,

ocorrendo, entretanto sulcos em vertentes côncavas. A concavidade se apresenta nos grandes alvéolos que, em detalhe, vão apresentar uma convexização interna em certos trechos (foto 5, anexo 1).

Relacionado às rupturas todas as formas de erosão ocorrem, preferencialmente, junto às quebras mais bruscas ou ainda nos alvéolos que envolvem a drenagem.

Quanto à posição topográfica dos sulcos e vossorocas notou-se que existe uma concentração maior dos mesmos entre as curvas de nível de 400 m a 250 m. Nas áreas mais elevadas a erosão não se faz sentir com tanta intensidade, correspondendo a maior concentração na média encosta, em direção aos interflúvios, havendo uma incidência menor de vossorocas próximas ao nível do rio e dos afluentes, de pequeno porte, estando a maior parte estabilizada.

As vossorocas e os sulcos se distribuíram diferentemente nas duas margens do Ribeirão do Rato. Na margem esquerda ocorreu um menor número de sulcos na sucessão dos anos, apresentando menor comprimento. Entretanto, relacionando o comprimento ao número de sulcos, o comprimento médio é maior.

Quanto às vossorocas ativas ocorreu um maior número na margem direita, da mesma maneira que os sulcos, enquanto a maior concentração de vossorocas estabilizadas se deu na margem esquerda.

As tabelas abaixo, de n.ºs. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 e os gráficos de n.ºs. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 servem como demonstrativo da incidência de sulcos em relação à forma das vertentes, posição topográfica e em relação às margens do Ribeirão do Rato.

TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO À FORMA DE VERTENTE.

ANO	CÔNCAVA						CONVEXA					
	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SÚLCOS		VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SÚLCOS	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
1952	-	-	3	100,0	-	-	-	-	-	-	2	100,0
1963	1	100,0	9	100,0	10	38,4	-	-	-	-	16	61,6
1970	5	100,0	13	100,0	30	17,1	-	-	-	-	146	82,9
1974	16	100,0	13	61,5	72	21,7	-	-	-	-	260	78,3
1980	28	100,0	13	100,0	92	21,4	-	-	-	-	338	78,6

TABELA 8 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1952.

ALTITUDE EM METROS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCO	
		nº	%	nº	%	nº	%
ACIMA DE 450	1,9	-	-	-	-	-	-
450 - 400	20,4	-	-	-	-	-	-
400 - 350	31,3	-	-	3	100,0	2	100,0
350 - 300	29,1	-	-	-	-	-	-
300 - 250	17,2	-	-	-	-	-	-
ABAIXO DE 250	0,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0,0	0,0	3	100,0	2	100,0

TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1963.

ALTITUDE EM METROS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCO	
		nº	%	nº	%	nº	%
ACIMA DE 450	1,9	-	-	-	-	-	-
450 - 400	20,4	-	-	-	-	-	-
400 - 350	31,3	-	-	3	33,3	9	34,6
350 - 300	29,1	1	-	5	55,6	9	34,6
300 - 250	17,2	-	-	1	11,1	8	30,8
ABAIXO DE 250	0,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	1	0,0	9	100,0	26	100,0

TABELA 10 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1970.

ALTITUDE EM METROS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
ACIMA DE 450	1,9	-	-	-	-	-	-
450 - 400	20,4	-	-	-	-	2	1,1
400 - 350	31,3	4	80,0	3	33,3	34	19,3
350 - 300	29,1	1	20,0	6	66,7	79	44,9
300 - 250	17,2	-	-	-	-	61	34,7
ABAIXO DE 250	0,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	5	100,0	9	100,0	176	100,0

TABELA 11 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1974.

ALTITUDES EM METROS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCO	
		nº	%	nº	%	nº	%
ACIMA DE 450	1,9	-	-	-	-	-	-
450 - 400	20,4	1	6,2	-	-	29	8,7
400 - 350	31,3	7	43,8	3	23,1	90	27,1
350 - 300	29,1	6	37,5	6	46,2	118	35,5
300 - 250	17,2	2	12,5	4	30,7	88	26,5
ABAIXO DE 250	0,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	16	100,0	13	100,0	332	100,0

TABELA 12 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS ALTITUDES - 1980.

ALTITUDE EM METROS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCO	
		nº	%	nº	%	nº	%
ACIMA DE 450	1,9	-	-	-	-	7	1,6
450 - 400	20,4	1	3,6	-	-	45	10,5
400 - 350	31,3	11	39,3	2	15,4	112	26,1
350 - 300	29,1	13	46,4	8	61,5	157	36,5
300 - 250	17,2	3	10,7	3	23,1	109	25,3
ABAIXO DE 250	0,1	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	28	100,0	13	100,0	430	100,0

TABELA 13 - DISTRIBUIÇÃO DA EROÇÃO EM SULCO EM RELAÇÃO ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO DO RATO.

ANO	MARGEM		SULCOS		COMPRIMENTO DOS SULCOS (metros)	MÉDIA DE COMPRIMENTO (metros)
	Direita (D) Esquerda (E)		nº	%		
1952	D		0	0,0	0	0,00
	E		2	100,0	50	25,00
1963	D		18	69,0	1250	69,40
	E		8	31,0	625	78,10
1970	D		100	57,0	6125	61,25
	E		76	43,0	5000	65,78
1974	D		192	57,0	11250	61,81
	E		140	43,0	10000	71,42
1980	D		244	57,0	17125	70,47
	E		186	43,0	14000	75,26

TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO DA EROÇÃO EM VOSSOROCA EM RELAÇÃO ÀS MARGENS DO RIBEIRÃO DO RATO.

ANO	MARGEM		VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		TOTAL DE VOSSOROCAS	
	Direita (D) Esquerda (E)		nº	%	nº	%	ATIV.	CIC.
1952	D		0	0,0	0	0,0	-	-
	E		0	0,0	3	100,0	0	3
1963	D		1	100,0	3	33,0	-	-
	E		0	0,0	6	67,0	1	9
1970	D		4	80,0	5	38,5	-	-
	E		1	20,0	8	61,5	5	13
1974	D		9	52,3	5	33,5	-	-
	E		7	43,7	8	61,5	16	13
1980	D		16	57,1	5	38,5	-	-
	E		12	42,9	8	61,5	28	13

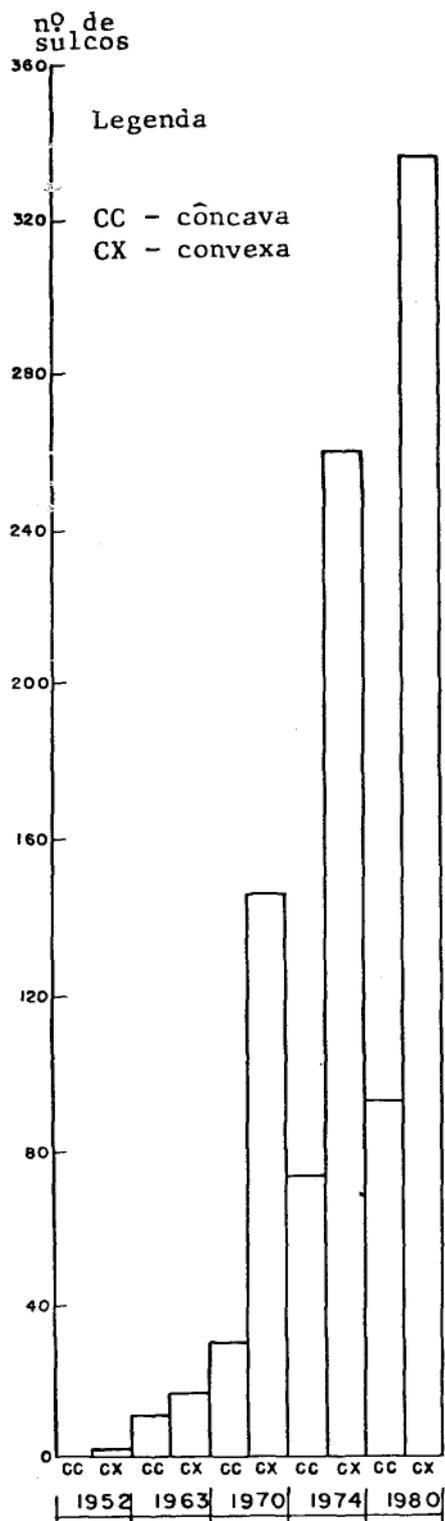


Gráfico 04 - Erosão em sulco e forma de vertente.

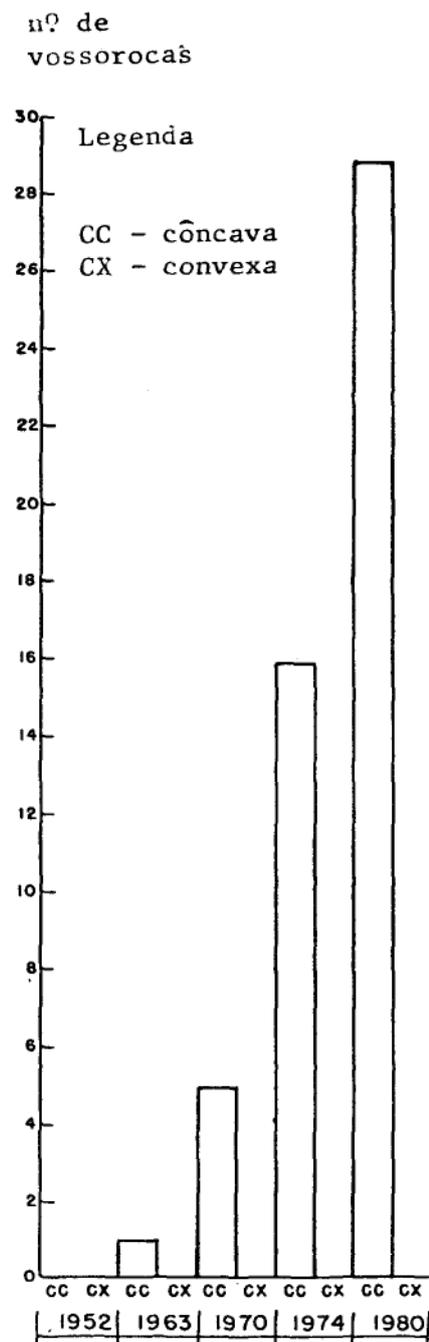


Gráfico 05 - Erosão em vossoroca ativa e forma de vertente

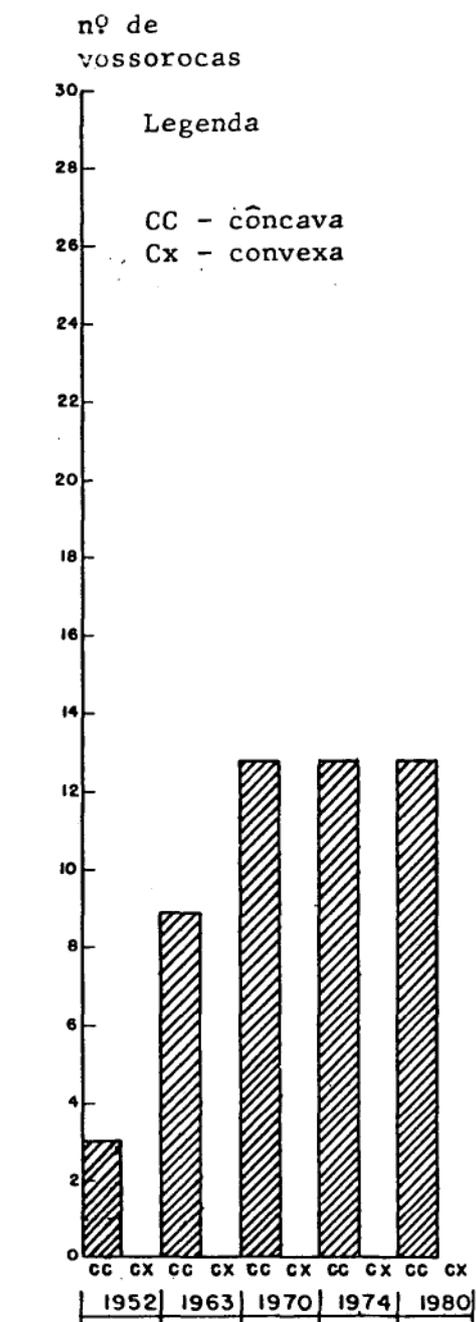


Gráfico 06 - Erosão em vossoróca cicatrizada e forma de vertente.

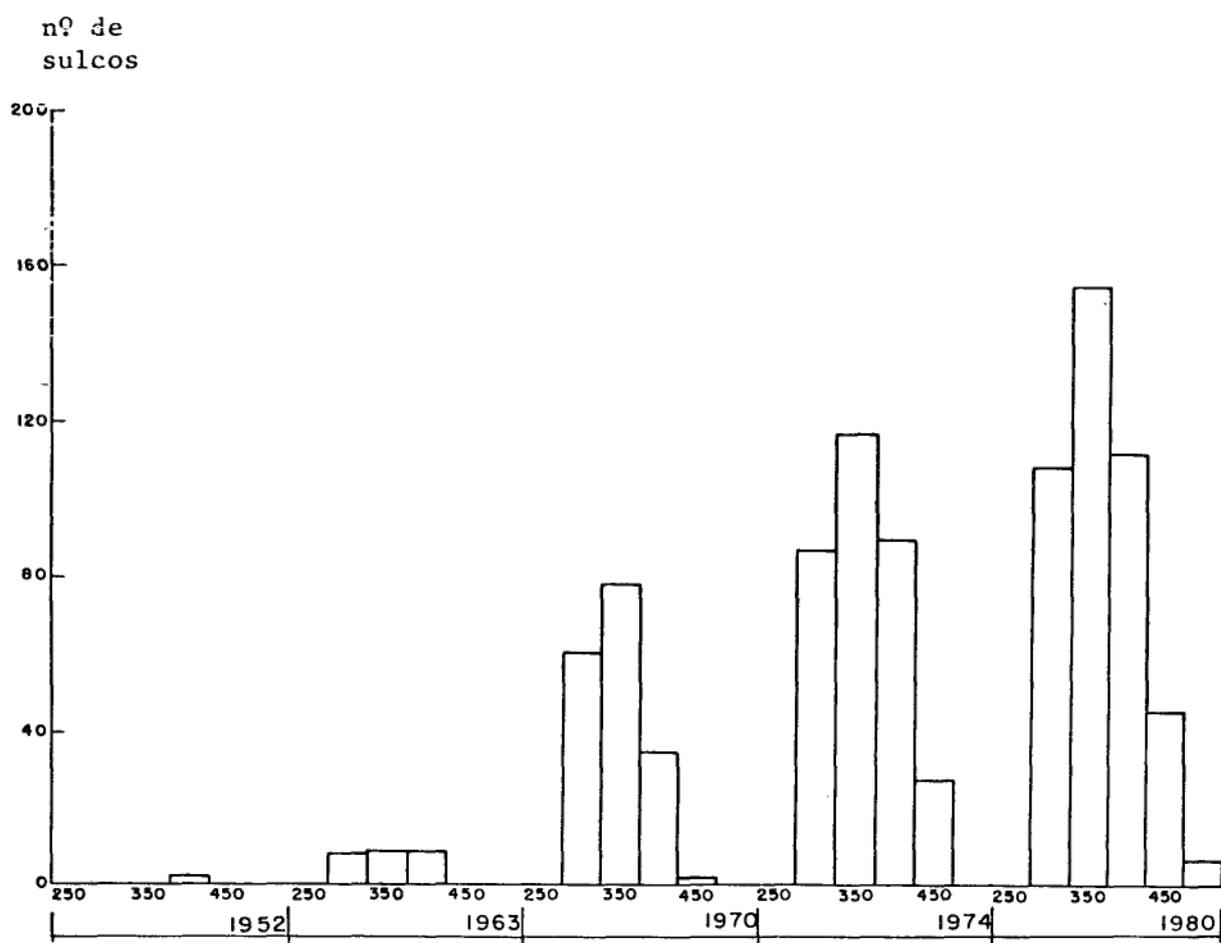


Gráfico 07 - Erosão em sulco e altitude

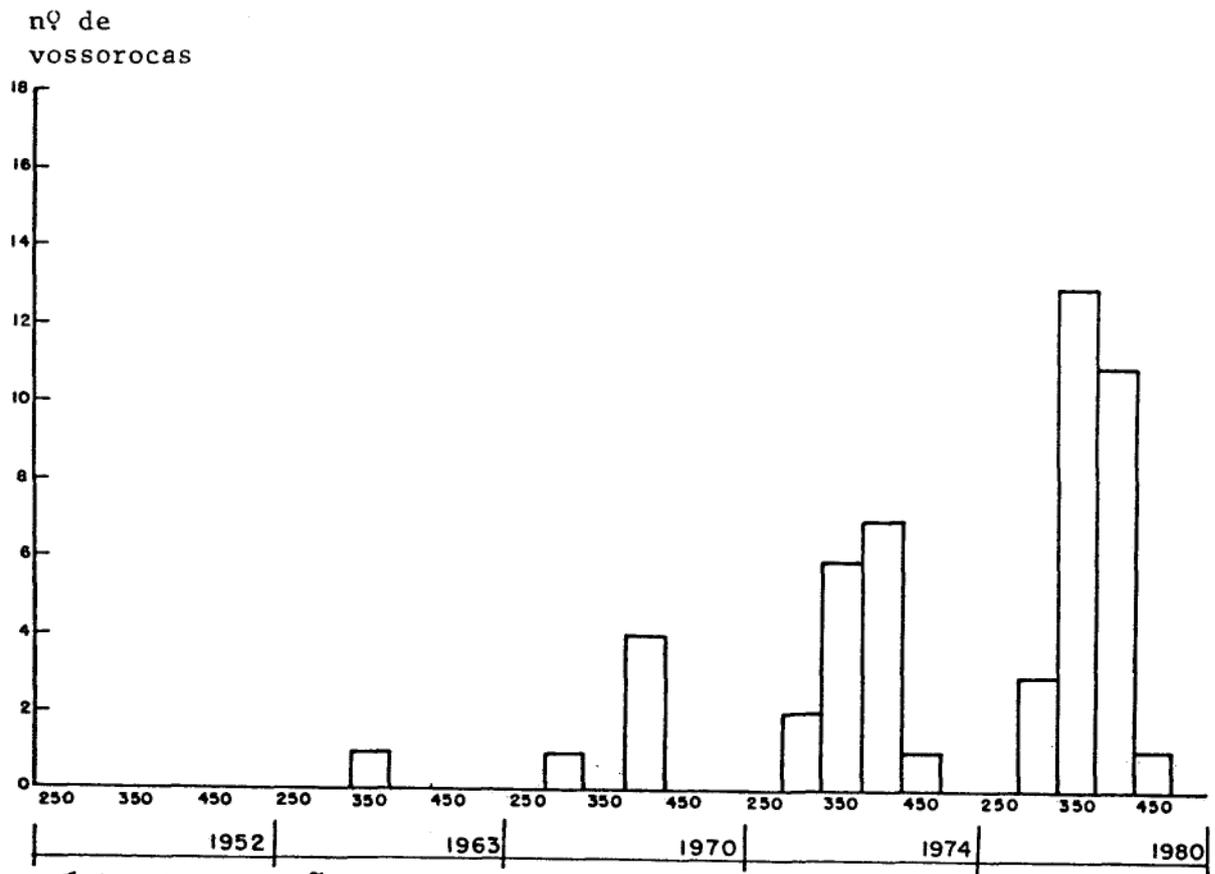


Gráfico 08 - Erosão em vossoroca ativa e altitude

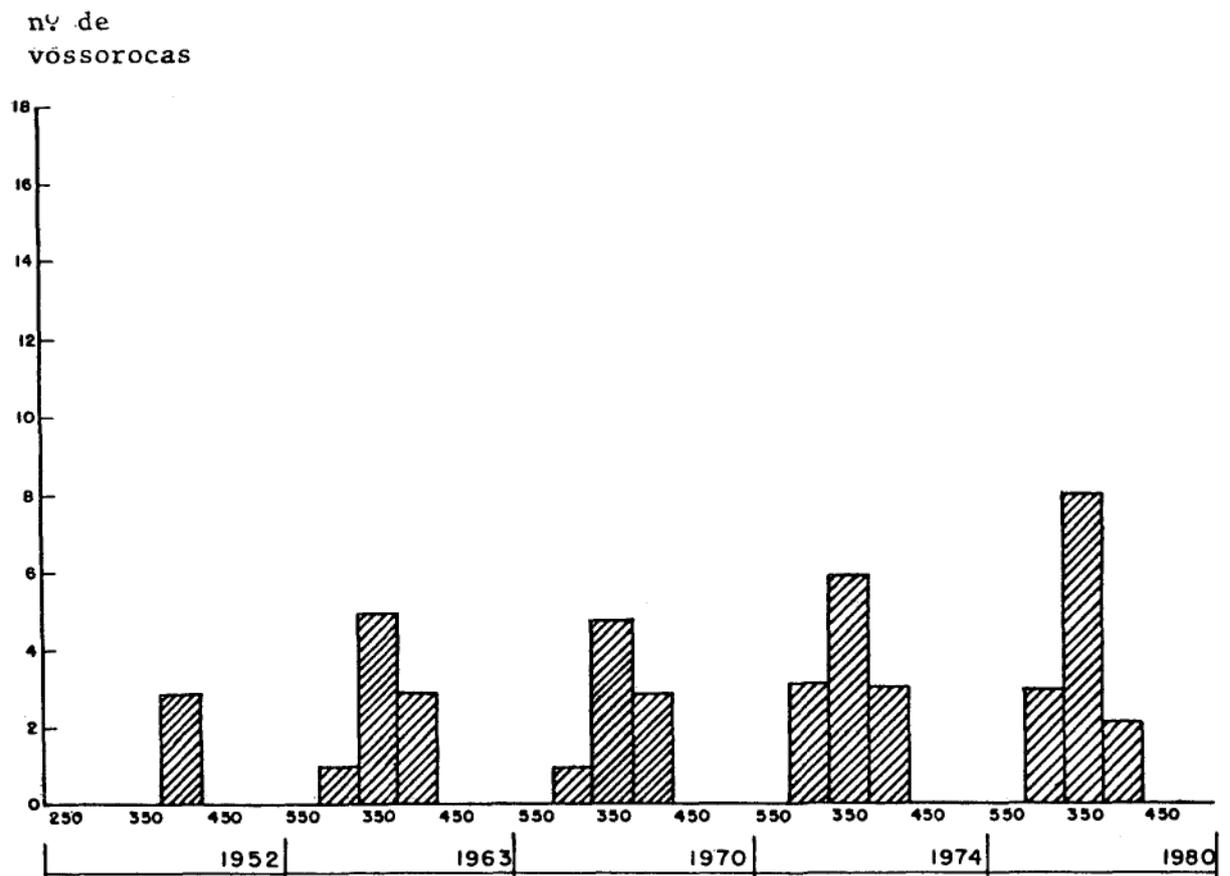


Gráfico 09 - Erosão em vossoroca cicatrizada e altitude

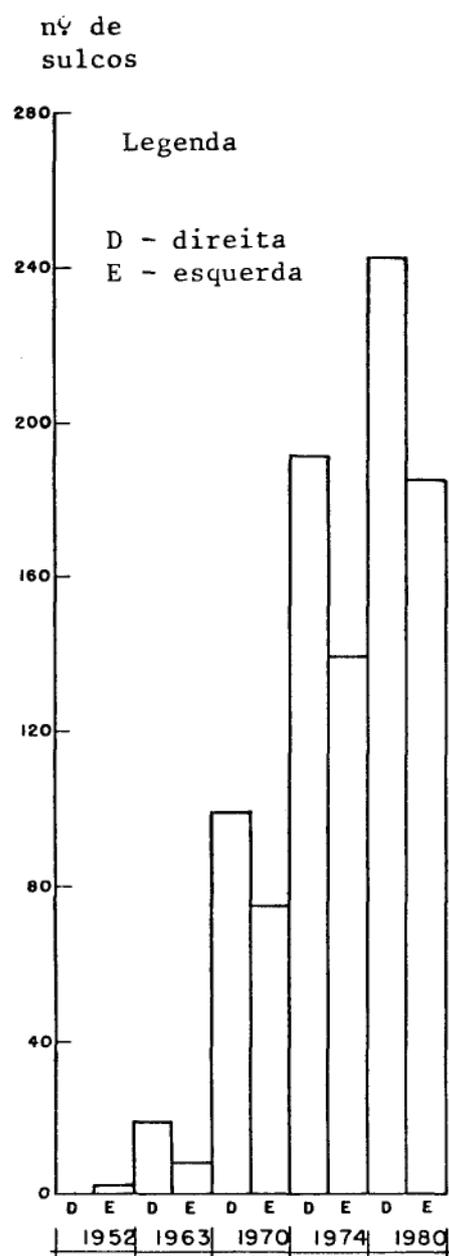


Gráfico 10 - Erosão em sulco e margens do Ribeirão do Rato.

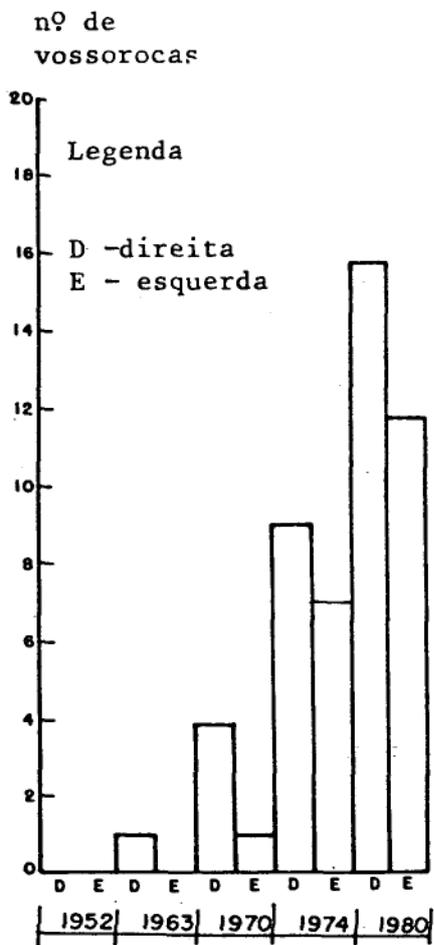


Gráfico 11 - Erosão em vossoroca ativa e margens do ribeirão do Rato

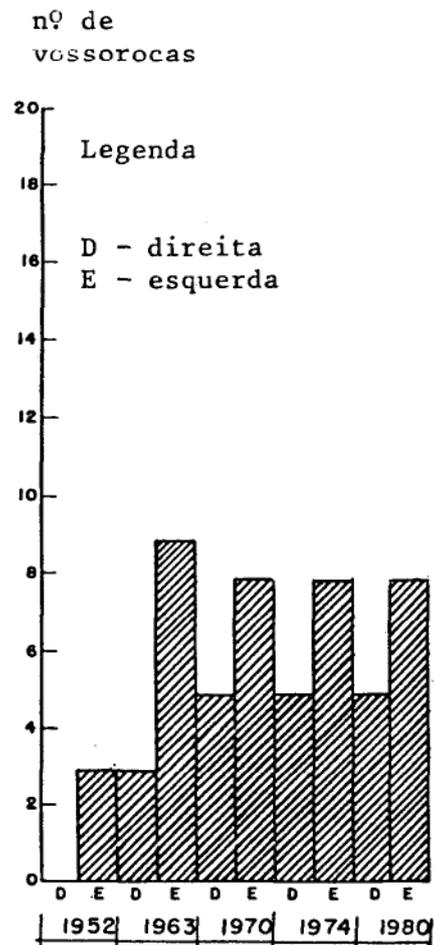


Gráfico 12 - Erosão em vossoroca cicatrizada e margens do Ribeirão do Rato.

## 5.4. NÍVEIS DE EROÇÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO

### 5.4.1. Fotointerpretação dos Níveis

Com vistas à definição de superfícies indicativas de estágios ou ciclos de erosão e/ou deposição no interior da bacia, foi realizado um trabalho de fotointerpretação cujos resultados estão materializados na carta. Com esse trabalho foi possível identificar, basicamente, duas superfícies denominadas, respectivamente, de N2 e N1.

O nível denominado N2 corresponde, no relevo, às partes mais elevadas da área com altitudes, variando entre 450 - 350 m onde prevalecem os solos do tipo latossolo (LE1) e podzólico (PV1).

Esta superfície foi identificada através de uma ruptura de relevo pouco acentuada e descontínua, responsável pelo seu truncamento. Sua posição topográfica e a falta de evidências que possam diagnosticar a presença de níveis mais elevados de erosão, levam a admitir que esta superfície corresponde à fase mais antiga de afeiçoamento ocorrida na área de estudo. Não foram encontrados depósitos correlativos correspondentes à esta fase, de forma a permitir considerações mais detalhadas sobre o processo, o que não exclui, por outro lado, a sua existência.

O nível N1, embutido no nível N2, constitui outro conjunto com altitudes entre 350 - 280 m, no terço inferior da bacia, correspondendo a solos do tipo latossolo (LE2, LE4) e sustentado localmente por depósitos de cascalho. Segundo estudos feitos em áreas próximas (Cianorte e Paranavai) materiais semelhantes foram estudados e correlacionados com superfícies de

outras regiões o que torna possível, inclusive uma datação dos níveis da bacia (foto 6, anexo 1).

Foram identificados, ainda um nível de terraço junto à várzea (T1) do Ivaí e os terraços de várzea atual (TV).

Nas áreas que correspondem aos vales do Ribeirão do Rato e seus afluentes, classificadas, cartograficamente, como áreas indiferenciadas, encontram-se baixos terraços, (T2) acompanhando principalmente o vale do ribeirão e alguns afluentes da margem esquerda, sendo praticamente ausentes na margem direita.

A reconstrução dos processos morfogenéticos que atuaram na área e que deram como resultado a morfologia atual é assunto bastante complexo e não constitui objeto de preocupação maior deste trabalho, sendo apenas levantadas algumas hipóteses.

O objetivo maior, no tocante a níveis ou superfícies de erosão/sedimentação, foi a sua cartografia em si e a verificação, em fase posterior, de possíveis relações genéticas com os processos atuais de erosão acelerada (mapa 9, anexo 2).

#### 5.4.2. Erosão em Relação aos Níveis

Relacionando os níveis encontrados na bacia aos diferentes esboços da erosão, constatou-se uma concentração absoluta de sulcos e vossorocas nas áreas correspondentes às áreas dos colúvios. Ocorre um número bem restrito de sulcos nas demais porções, não aparecendo nas áreas de sedimentação que correspondem aos terrenos de várzea do Ivaí.

As tabelas de n.ºs. 15, 16, 17, 18 e 19 e os gráficos de n.ºs. 13, 14 e 15 são demonstrativos da situação encontrada.

TABELA 15 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSIÃO E/OU SEDIMENTA-  
ÇÃO - 1952.

NÍVEIS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Terraço de várzea	2,5	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 1	0,1	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 2	0,2	-	-	-	-	-	-
Colúvios	48,8	-	-	3	100,0	2	100,0
Nível 1	14,5	-	-	-	-	-	-
Nível 2	33,9	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0	0,0	3	100,0	2	100,0

TABELA 16 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSIÃO E/OU SEDIMENTA-  
ÇÃO - 1963.

NÍVEIS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Terraço de várzea	2,5	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 1	0,1	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 2	0,2	-	-	-	-	-	-
Colúvios	48,8	1	100,0	9	100,0	26	100,0
Nível 1	14,5	-	-	-	-	-	-
Nível 2	33,9	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	1	100,0	9	100,0	26	100,0

TABELA 17 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROÇÃO E/OU SEDIMENTA-  
ÇÃO - 1970.

NÍVEIS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Terraço de várzea	2,5	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 1	0,1	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 2	0,2	-	-	-	-	-	-
Colúvios	48,8	5	100,0	13	100,0	156	88,6
Nível 1	14,5	-	-	-	-	-	-
Nível 2	33,9	-	-	-	-	20	11,4
TOTAL	100,0	5	100,0	13	100,0	176	100,0

TABELA 18 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROÇÃO E/OU SEDIMENTA-  
ÇÃO - 1974.

NÍVEIS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Terraço de várzea	2,5	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 1	0,1	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 2	0,2	-	-	-	-	-	-
Colúvios	48,8	16	100,0	13	100,0	269	81,0
Nível 1	14,5	-	-	-	-	10	3,0
Nível 2	33,9	-	-	-	-	53	16,0
TOTAL	100,0	16	100,0	13	100,0	332	100,0

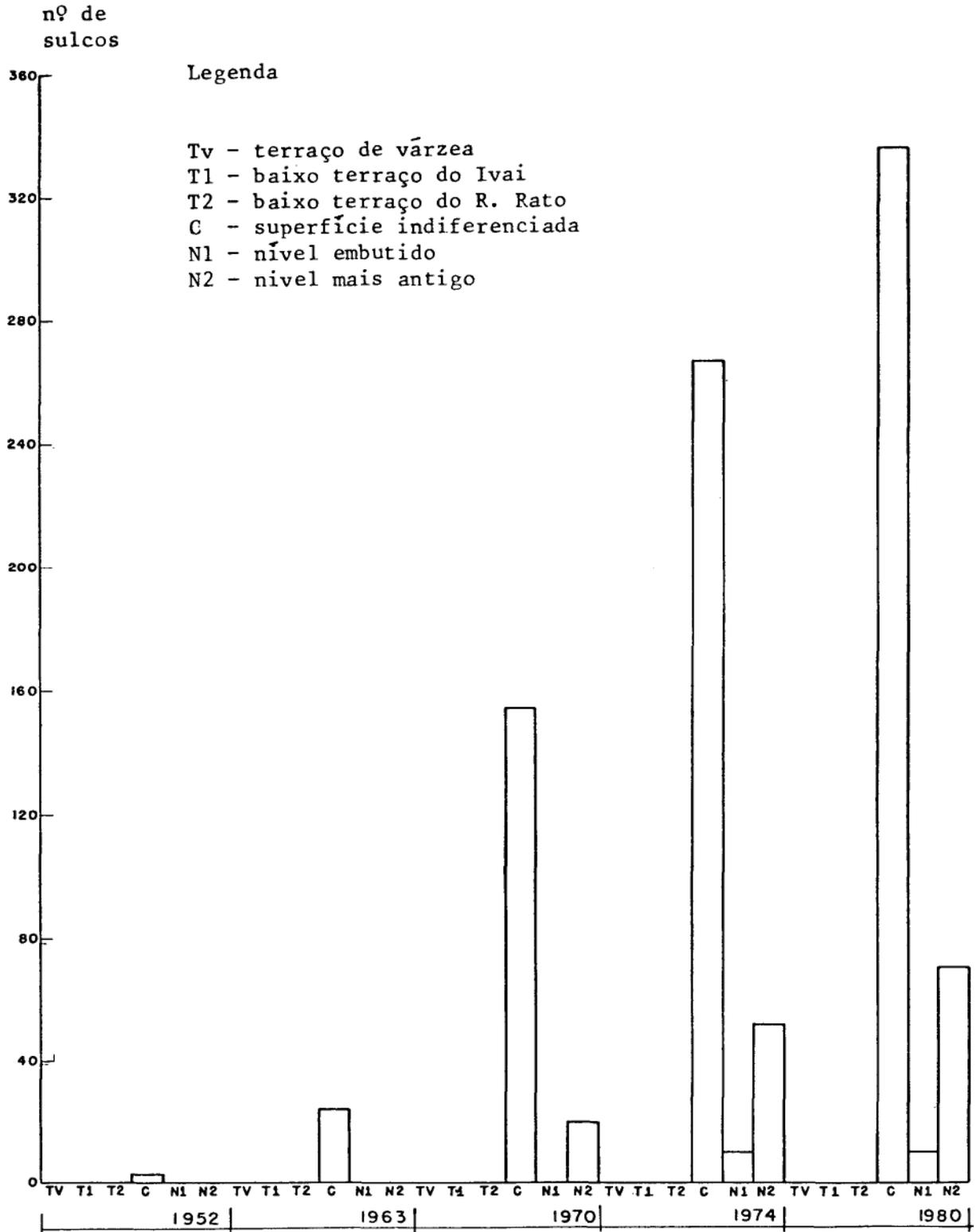


Gráfico 13 - Erosão em sulco e níveis de erosão/sedimentação

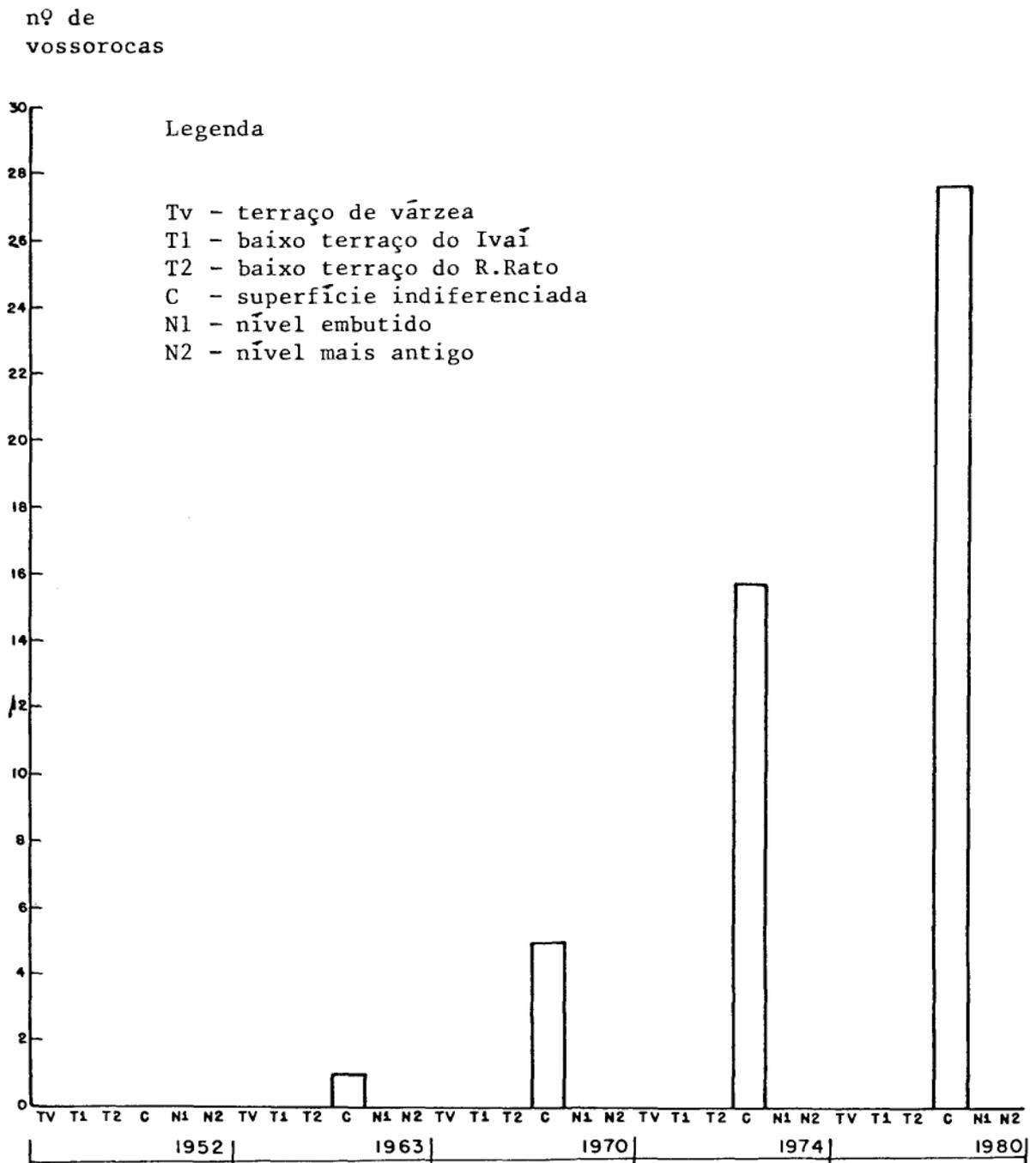


Gráfico 14 - Erosão em vossoroca ativa e níveis de erosão e/ou sedimentação

nº de  
vossorocas

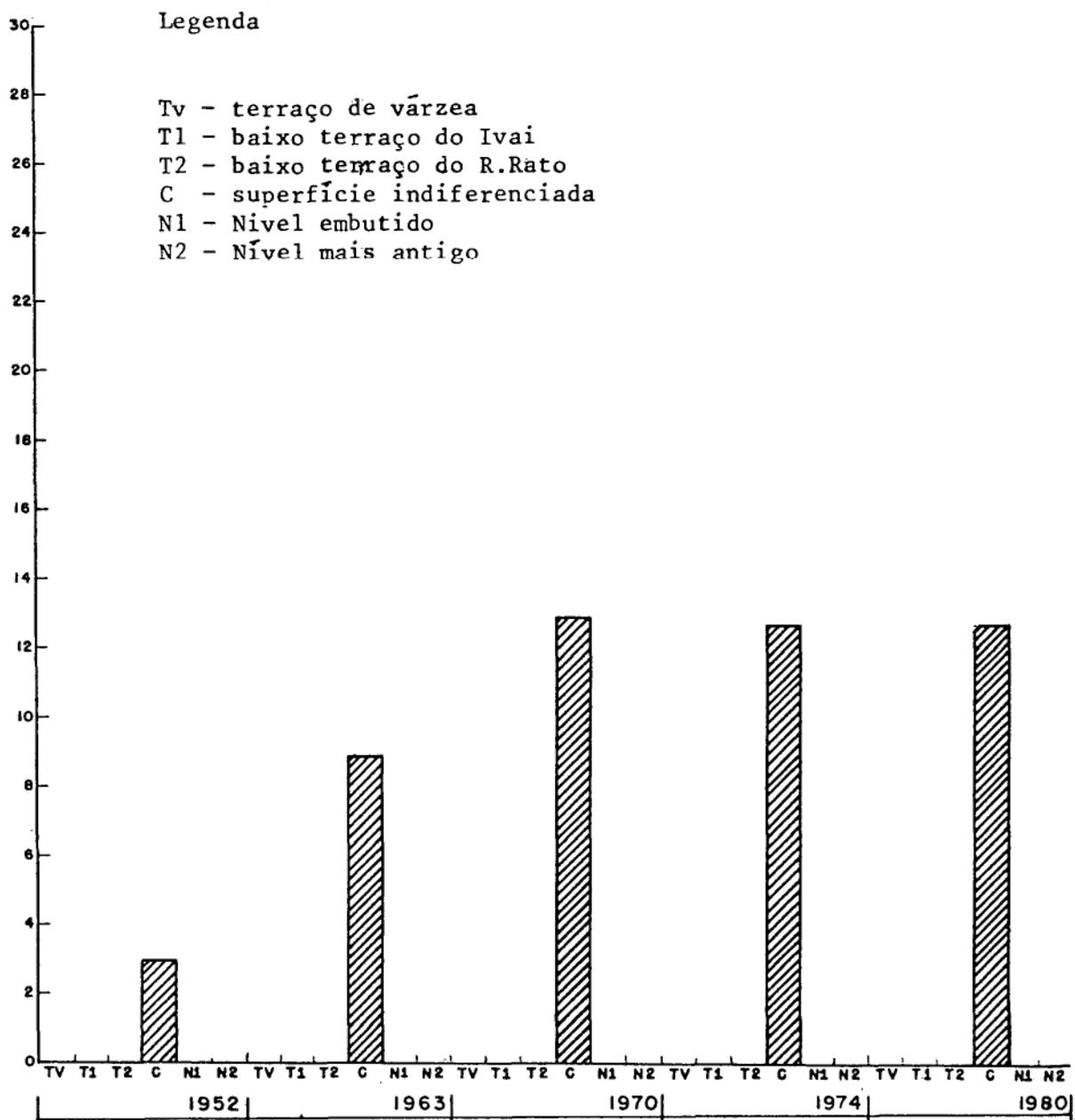


Gráfico 15 - Erosão em vossoroca cicatrizada e níveis de erosão e/ou sedimentação.

TABELA 19 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO AOS NÍVEIS DE EROSIÃO E/OU SEDIMENTA-  
ÇÃO - 1980.

NÍVEIS	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Terraço de várzea	2,5	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 1	0,1	-	-	-	-	-	-
Terraço nível 2	0,2	-	-	-	-	-	-
Colúvios	48,8	28	100,0	13	100,0	349	81,2
Nível 1	14,5	-	-	-	-	10	2,3
Nível 2	33,9	-	-	-	-	71	16,5
TOTAL	100,0	28	100,0	13	100,0	430	100,0

#### 5.4.3. Discussão dos Resultados

Não obstante a participação de condicionantes climáticas atuais e sub-atuais, na gênese do modelado do relevo regional, é nítida a sua vinculação à estrutura, ao arcabouço geológico. O aspecto geral, originalmente tabuliforme se deve, sem dúvida alguma ao substrato geológico disposto de maneira sub-horizantal.

É possível, e até provável, que a vigência de condições climáticas, tendendo para o semi-árido (POPP e BIGARELLA)<sup>62</sup>, tenha contribuído para a elaboração de uma extensa região aplainada constituída essencialmente por material arenoso oriundo da Formação Caiuã, coincidindo com o fecho do soerguimento epirogenético da grande Bacia Sedimentar do Paraná, ou com o início de sua dissecação.

No processo de implantação da drenagem e, como consequência na elaboração e compartimentação menor da paisagem o comando é também nitidamente estrutural. O escoamento geral das águas em direção ao Ivaí deu-se, preferencialmente ao longo das faixas recobertas por material menos coerente, menos cimentadas e que se justapõem aos lineamentos tectônicos de sub-superfície.

Terraços de cascalho nas vertentes do baixo vale do Ribeirão do Rato testemunham estágios anteriores de erosão em condições significativamente diferentes das atuais. Eles parecem estar relacionados a um período em que o nível de base de erosão do Ivaí era mais elevado e prevalecia o processo de degradação lateral (clima semi-árido).

Algumas paleovossorocas evidenciam, também a vigência de clima semi-árido com predomínio do processo de degradação lateral e formação de vertentes côncavas.

O advento do clima atual permitiu o desenvolvimento da mata pluvial tropical que ao se implantar, favoreceu o afeiçoamento atual da paisagem com predomínio das vertentes convexas e uma relativa estabilidade em termos morfológicos.

## 5.5. DECLIVIDADE DE VERTENTE

### 5.5.1. Construção da Carta de Declividade

A carta de declividade de vertente refere-se à transformação da carta topográfica numa representação da inclinação das vertentes em áreas de declividade homogêneas, através da separação de intervalos entre curvas de nível, usando-se o critério de classes, relacionado ao uso agrícola (mapa 10, anexo 2).

### 5.5.2. Erosão em Relação à Declividade

Procedendo-se de maneira semelhante à construção das tabelas anteriores, calculou-se primeiramente as áreas ocupadas por cada classe de declive. Porém, no cálculo das áreas houve dificuldade em separar as classes para medir, havendo a necessidade de agregá-las, embora no mapa nº 10 as mesmas estejam isoladas. Neste arranjo as mesmas ficaram divididas em apenas 3 classes: 0-12, 12-45 e acima de 45. Foi feita então a contagem dos sulcos e vossorocas e montadas as tabelas que permitiram por sua vez a construção dos gráficos.

No exame da carta de declividade constatou-se primeiramente que as maiores percentagens de área referem-se a classe de declive de 0 a 12%, notando-se, junto aos canais secundários bem como no canal principal do rio uma modificação brusca de declividade com oscilações de mais de 20% e até mais de 45%, caracterizando os vales encaixados da drenagem local.

Percebeu-se uma concentração de sulcos e vossorocas em declividades que variam de 12% a 45%, embora nas áreas em que predominam declividades baixas, de 0 a 6%, ocorram sulcos.

As tabelas abaixo de nºs. 20, 21, 22, 23 e 24, bem como sua representação gráfica (gráficos de nºs. 16, 17 e 18) demonstram esta distribuição, como se segue.

TABELA 20 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1952.

CLASSES	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
0 - 12	52,9	-	-	3	100,0	-	-
12 - 45	46,3	-	-	-	-	2	100,0
ACIMA DE 45	0,8	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0	0,0	3	100,0	2	100,0

TABELA 21 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1963.

CLASSES	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
0 - 12	52,9	-	-	3	33,3	8	30,8
12 - 45	46,3	1	100,0	6	66,7	16	61,5
ACIMA DE 45	-	-	-	-	-	2	7,7
TOTAL	100,0	1	100,0	9	100,0	26	100,0

TABELA 22 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1970.

CLASSES	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
0 - 12	52,9	3	60,0	4	30,8	47	26,7
12 - 45	46,3	2	40,0	9	69,2	103	58,5
ACIMA DE 45	0,8	-	-	-	-	26	14,8
TOTAL	100,0	5	100,0	13	100,0	176	100,0

TABELA 23 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1974.

CLASSES	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
0 - 12	52,9	3	18,8	4	44,4	113	34,1
12 - 45	46,3	13	81,2	9	55,6	193	58,1
ACIMA DE 45	0,8	-	-	-	-	26	7,8
TOTAL	100,0	5	100,0	13	100,0	176	100,0

TABELA 24 - DISTRIBUIÇÃO DOS SULCOS E VOSSOROCAS EM RE-  
LAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE - 1980.

CLASSES	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
0 - 12	52,9	9	32,1	3	23,1	167	38,8
12 - 45	46,3	19	67,9	10	76,9	237	55,1
ACIMA DE 45	0,8	-	-	-	-	26	6,1
TOTAL	100,0	28	100,0	13	100,0	430	100,0

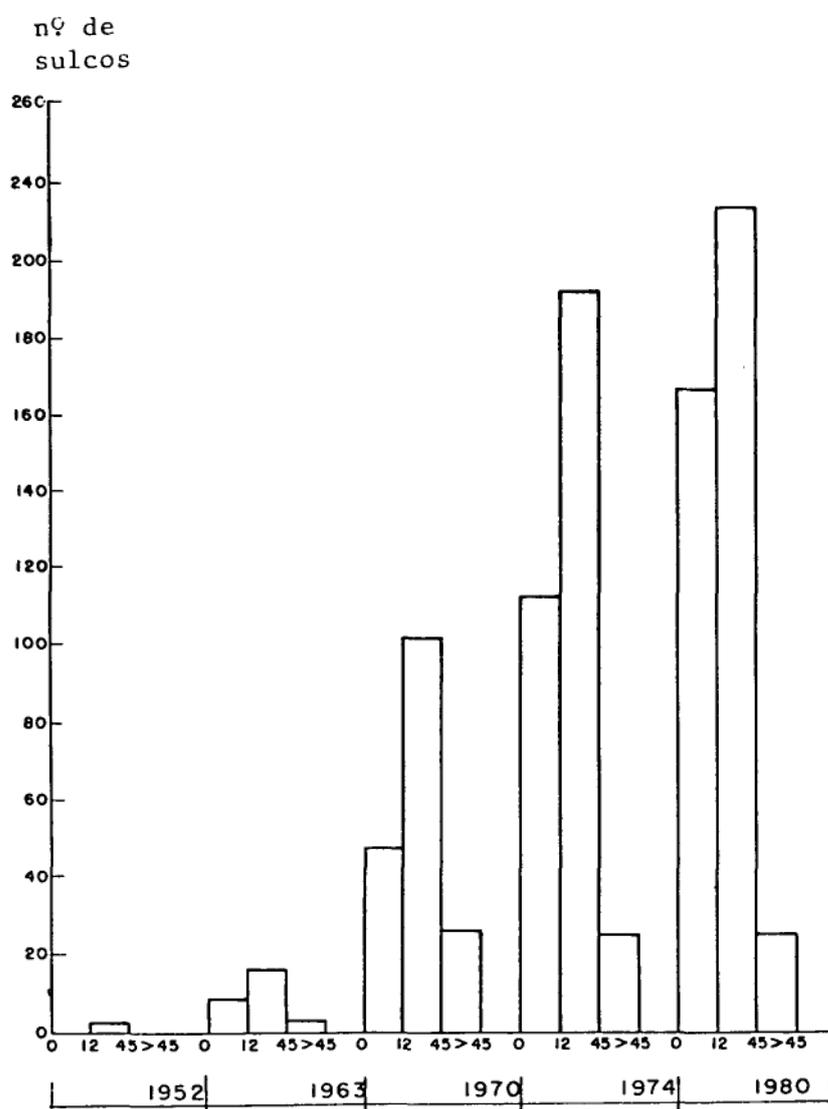


Gráfico 16 - Erosão em sulco e classes de declive

nº de  
vossorocas

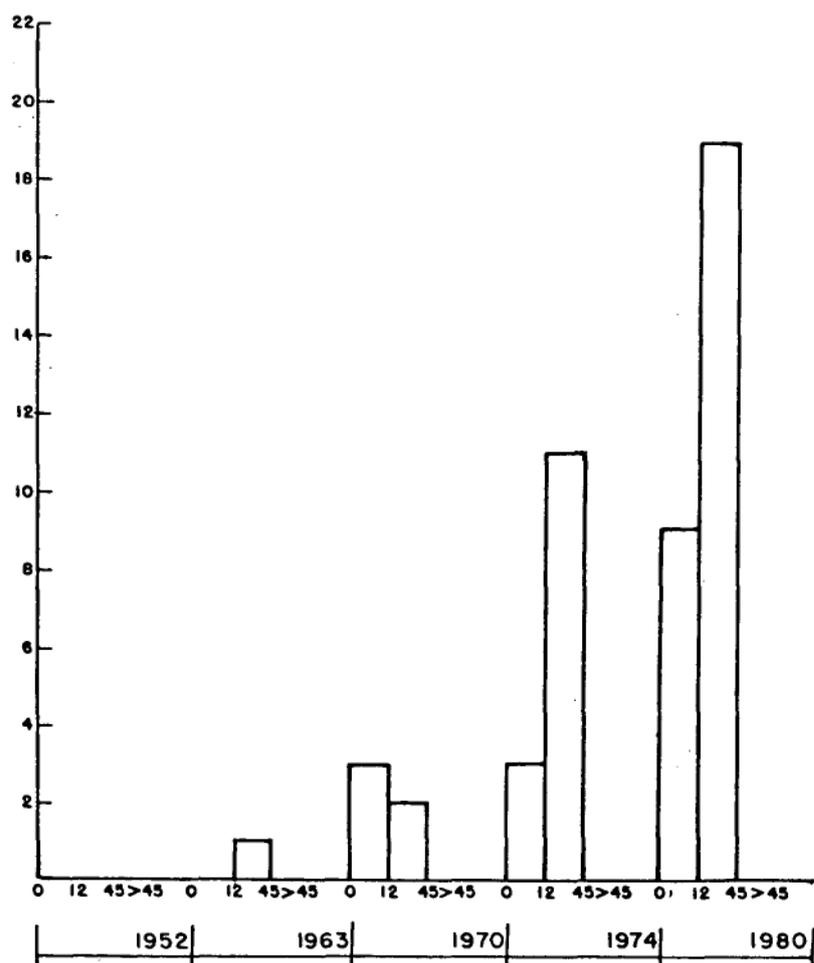


Gráfico 17 - Erosão em vossoroca ativa e  
classes de declive

nº de  
vossorocas

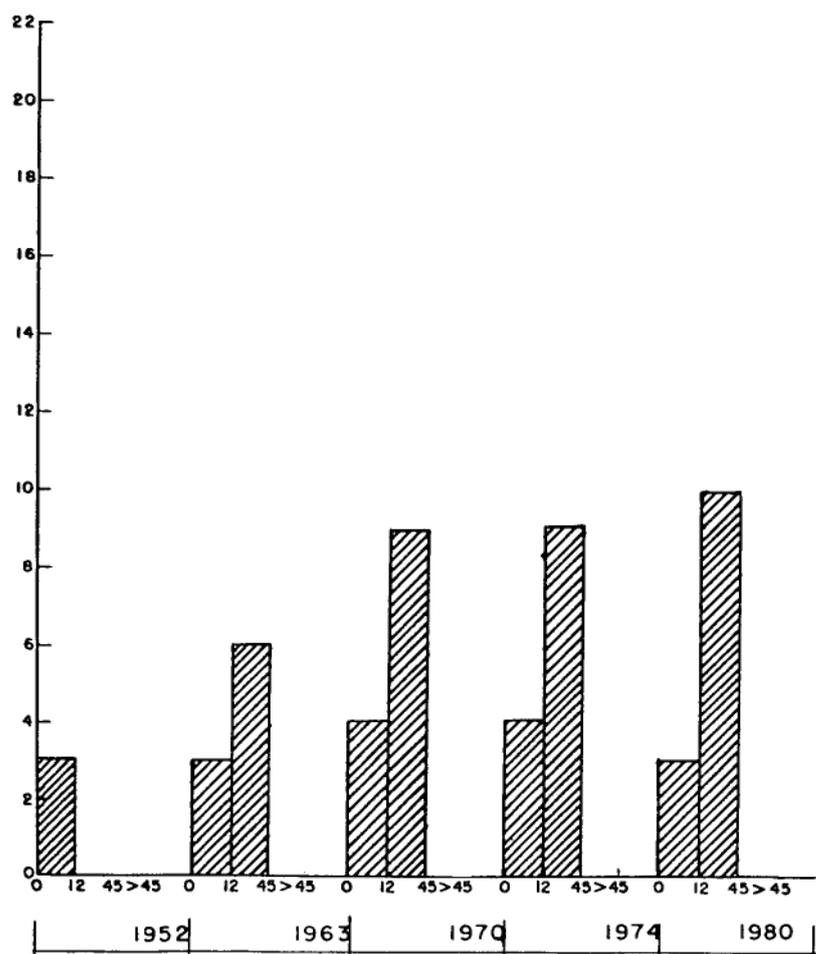


Gráfico 18 - Erosão em vossoroca cicatrizada e  
classes de declive

## 5.6. SOLOS

### 5.6.1. Identificação dos Solos

Os solos da região, estudados a partir do mapa de solos (escala 1:300.000) do Noroeste do Paraná e detalhado para a escala de 1:25.000 pelo Projeto Noroeste, além das observações feitas no campo e através da seqüência de fotografias aéreas apresenta características peculiares que serão descritas a seguir.

A nível de grande grupo ocorrem cinco classes de solo que foram subdivididas em fases, elevando-se este número para doze classes. Dentro desta classificação encontram-se os solos com B Latossólico não Hidromórfico (LE1, LE2, LE3 e LE4); os solos com B Textural Argila, de atividade baixa não Hidromórficos (PV1, PV2, PV3, PV4 e PE1); os solos denominados Areias-Quartzosas, profundos, não Hidromórficos (AQ); os solos Aluviais, pouco desenvolvidos (AV) e, por último, as associações (PV + LI) ou seja Podzólico Vermelho Amarelo + Litólico (Projeto Noroeste, 1974).

O solo do tipo LE1 classifica-se como Latosol Vermelho Escuro, com textura superficial areia franca, sendo profundo, friável e ocupa os interflúvios às áreas próximas as nascentes com declividade que não ultrapassam a 12%, estando relacionado a 16% da área total da bacia. Está totalmente relacionado à capa superficial recente que cobre tanto o Arenito Caiuã como o basalto que ocorre na área.

O solo do tipo LE2 classifica-se como um Latosol Vermelho Escuro textura superficial areia, friável, poroso, ocupan-

do preferencialmente as rampas com declividades bem baixas , contribuindo com 8% da área da bacia.

O solo do tipo LE3 classifica-se como Latosol Vermelho Escuro textura superficial argilo-arenosa, relevo praticamente plano , com declividades que não ultrapassam 6% , ocupa uma porção diminuta da bacia (cerca de 0,6%) próximo à foz do ribeirão, sobrepondo-se a uma antiga cascalheira do Ivaí.

O solo do tipo LE4 classifica-se como um Latosol Vermelho Escuro, textura superficial franco argilo-arenoso em relevo praticamente plano (declividades menores que 6%), ocupando 8,8% da área total, nas áreas adjacentes ao rio Ivaí, no contato do arenito com o basalto que ocorre nesta porção.

O solo do tipo PVI é um Podzólico Vermelho Amarelo textura superficial areia com horizontes diferenciados, ocupando a maior porcentagem da área da bacia (28,5%) em declividades que variam de 6% a 12%.

O solo do tipo PV2 é um Podzólico Vermelho Amarelo textura superficial franco argilo-arenoso, ocupando uma porção restrita do ribeirão (2,5%), próximo à confluência com seu principal afluente, o córrego do Mico. Apresenta declividades de mais de 12%.

O solo do tipo PV3 é Podzólico Vermelho Amarelo, textura superficial franco-argilo-arenoso, ocupando uma área de 5,2% da bacia, com baixas declividades no vale do ribeirão, próximo ao Ivaí, devendo estar associado a solos resultantes do basalto.

O solo do tipo PV4 é Podzólico Vermelho Amarelo, ocupando uma área de 0,8% , estando relacionado a um antigo nível de terraço na várzea atual do rio Ivaí, associado, portanto , a

materiais mais recentes. Apresenta-se praticamente plano, com declividades muito baixas.

O solo do tipo PE1 é Podzólico Abruptico, textura superficial areia, ocupando 13% da área da bacia em declividades acentuadas, entre 15% e 30%, acompanhando em parte a rede de drenagem, associado, em certos trechos às Areias Quartzosas.

O solo do tipo Areias Quartzosas (AQ) é Vermelho Amarelado, (foto 6, anexo 2), ocupando 6,5% da área em declividades baixas, que variam de 3% a 12% nas porções côncavas das vertentes, acompanhando sempre as nascentes dos rios com uma forma de gota, em total concordância com as linhas tectônicas que comandam a drenagem.

O solo do tipo Aluvial (AV) é hidromórfico com textura arenosa, pouco desenvolvido, numa área de 1,4% em relevo praticamente plano, ocupando a atual várzea e, preenchendo um antigo vale do rio Ivaí.

Os solos PV + LI são associações de solos Podzólicos Vermelho-Amarelados e solos Litólicos, sendo ambos com textura superficial areia, ocupando 8,7% da área em relevo bastante acentuado, com declividades acima de 20% e até ultrapassando 45%.

#### 5.6.2. Erosão em Relação aos Solos

Ano de 1952

Em 1952, quando a maior parte da região ainda conservava a cobertura original percebe-se sinais de processos erosivos atuantes através da incidência de dois pequenos sulcos no solo tipo Areia Quartzosa (AQ) e vossorocas cicatrizadas nos solos tipo Areia Quartzosa (AQ) e Podzólico Abruptico (PE1), conforme tabelanº 25 abaixo:

TABELA 25 - A EROSÃO EM RELAÇÃO AOS TIPOS DE SOLO-1952.

TIPOS DE SOLO	% DA ÁREA TOTAL	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
LE 1	16,2	-	-	-	-	-	-
LE 2	8,0	-	-	-	-	-	-
LE 3	0,6	-	-	-	-	-	-
LE 4	8,8	-	-	-	-	-	-
PV 1	28,5	-	-	-	-	-	-
PV 2	2,3	-	-	-	-	-	-
PV 3	5,2	-	-	-	-	-	-
PV 4	0,8	-	-	-	-	-	-
PE 1	13,0	-	-	1	33,3	-	-
AQ	6,5	-	-	2	66,7	2	100,0
PV + L1	1,4	-	-	-	-	-	-
AV	8,7	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0	0,0	3	100,0	2	100,0

Ano de 1963

Em 1963 foram registradas a presença de sulcos e vossorocas em número bastante restrito já que o material básico, as fotografias aéreas, estão na escala 1:70.000, perdendo-se pois grande parte dos detalhes.

As áreas relativas às nascentes com os solos do tipo AQ (Areia Quartzosa) e PE1 (Podzólico Vermelho-Amarelo) estão com vossorocas estabilizadas embora se possa perceber uma reativação lateral das mesmas através da presença de sulcos.

Foram registradas ainda a presença de vossorocas , em estágio inicial na encosta, junto à cidade de Rondon em solos do tipo AQ (Areia Quartzosa) e PVI (Podzólico Vermelho-Amarelo) e outras, disseminadas pela área, denotando uma relativa estabilidade através da vegetação presente no seu vale.

A tabela nº26 a seguir mostra os principais aspectos de erosão nos diferentes tipos de solos.

TABELA 26 - A EROSIÃO EM RELAÇÃO AOS TIPOS DE SOLO-1963.

TIPOS DE SOLO	% DA ÁREA TOTAL	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
LE 1	16,2	-	-	-	-	-	-
LE 2	8,0	-	-	-	-	-	-
LE 3	0,6	-	-	-	-	-	-
LE 4	8,8	-	-	-	-	-	-
PV 1	28,5	1	100,0	-	-	2	7,7
PV 2	2,3	-	-	-	-	-	-
PV 3	5,2	-	-	-	-	-	-
PV 4	0,8	-	-	-	-	-	-
PE 1	13,0	-	-	7	77,8	11	42,3
AQ	6,5	-	-	2	22,2	4	15,4
PV + LI	1,4	-	-	-	-	9	34,6
AV	8,7	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>1</b>	<b>100,0</b>	<b>9</b>	<b>100,0</b>	<b>26</b>	<b>100,0</b>

Ano de 1970

O ano de 1970 já apresenta um quadro bastante modificado da paisagem local. Percebe-se a surgência de inúmeros sulcos principalmente junto ao Ribeirão do Rato, nas porções correspondentes às associações de solos PV + LI (Podzólico Vermelho-Amarelo e Litólico). Ocorre alguma reativação das vossorocas cicatrizadas enquanto a vossoroca da cidade de Rondon adquire a maturidade que é demonstrada através de ramos laterais. Esta situação é demonstrada, conforme tabela nº 27 a seguir.

TABELA 27 - A EROÇÃO EM RELAÇÃO AOS TIPOS DE SOLO-1970.

TIPOS DE SOLO	% DA ÁREA TOTAL	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
LE 1	16,2	-	-	-	-	1	0,6
LE 2	8,2	-	-	-	-	-	-
LE 3	0,6	-	-	-	-	-	-
LE 4	8,8	-	-	-	-	-	-
PV 1	28,5	2	40,0	1	7,7	14	8,0
PV 2	2,3	-	-	-	-	-	-
PV 3	5,2	-	-	1	7,7	1	0,6
PV 4	0,8	-	-	-	-	-	-
PE 1	13,0	2	40,0	9	69,2	58	32,9
AQ	6,5	1	20,0	1	7,7	11	6,2
PV + LI	1,4	-	-	1	7,7	91	51,7
AV	8,7	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	5	100,0	13	100,0	176	100,0

Ano de 1974

A concentração de sulcos é bastante grande, embora obedeça uma certa ordem em relação aos tipos de solos componentes da bacia. Ocorre pouco nos interflúvios principais e mesmo nos secundários, estando a sua presença relacionada à proximidade dos vales. Algumas vossorocas cicatrizadas ou estabilizadas passam por um novo processo de reativação com erosão à montante das áreas cicatrizadas, conforme mostra a tabela a seguir.

TABELA 28 - A EROSÃO EM RELAÇÃO AOS TIPOS DE SOLO-1974.

TIPOS DE SOLO	% DA ÁREA TOTAL	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
LE 1	16,2	-	-	-	-	13	3,9
LE 2	8,0	-	-	-	-	4	1,2
LE 3	0,6	-	-	-	-	-	-
LE 4	8,8	-	-	-	-	20	6,0
PV 1	28,5	2	12,5	1	7,7	67	17,2
PV 2	2,3	-	-	-	-	-	-
PV 3	5,2	1	6,2	1	7,7	9	2,7
PV 4	0,8	-	-	-	-	-	-
PE 1	13,0	8	50,0	9	69,2	105	31,7
AQ	6,5	3	18,8	1	7,7	29	8,7
PV + LI	1,4	2	12,5	1	7,7	95	28,6
AV	8,7	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>16</b>	<b>100,0</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>332</b>	<b>100,0</b>

Ano de 1980

A erosão em sulcos concentra-se nas mesmas áreas registradas anteriormente, notando-se uma ação preferencial nos solos do tipo PE1 (Podzólico Vermelho-Amarelo) e associações PV+LI (Podzólico Vermelho-Amarelo + Litólico).

As vossorocas estão, em sua maioria, relacionadas às áreas de Areias Quartzosas embora não se note a pouca presença de sulcos nestes materiais, e nos solos do tipo Podzólico, PE1.

Os registros de erosão da área estão muito relacionados a sulcos provocados por caminhos, estradas ou carreadores de café. Quanto aos demais tipos o seu incremento não é tão significativo quanto os resultados de ação antrópica direta, podendo surgir nos diferentes tipos de solos componentes da bacia.

Pequenas cabeceiras de vossorocas estão em franca atividade de erosão, reiniciando seu trabalho através de incipientes sulcos à montante.

A tabela de nº 29 a seguir mostra a incidência dos diversos processos erosivos nos solos da bacia do Ribeirão do Rato em 1980.

TABELA 29 - A EROÇÃO EM RELAÇÃO AOS TIPOS DE SOLO-1980.

TIPOS DE SOLO	% DA ÁREA TOTAL	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
LE 1	16,2	-	-	-	-	25	5,8
LE 2	8,0	-	-	-	-	7	1,6
LE 3	0,6	-	-	1	7,7	-	-
LE 4	8,8	-	-	-	-	27	6,3
PV 1	28,5	2	7,1	-	-	60	14,0
PV 2	2,3	-	-	-	-	3	0,7
PV 3	5,2	-	-	-	-	17	4,0
PV 4	0,8	-	-	-	-	-	-
PE 1	13,0	15	53,6	9	69,2	150	34,9
AQ	6,5	5	17,9	1	7,7	37	8,6
PV + LI	1,4	6	21,4	2	15,4	104	24,1
AV	8,7	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	28	100,0	13	100,0	430	100,0

A seguir, os gráficos nºs. 19, 20 e 21 mostram o comportamento da erosão nos diferentes tipos de solos, enquanto os gráficos de nºs. 22 e 23 permitem que se compare a erodibilidade dos Latossolos e dos Podzólicos no transcorrer do período observado (28 anos).

Nº DE  
SULCOS

160

Legenda

- LE - Latossolo
- PV - Podzólico vermelho-amarelo
- PE - Podzólico vermelho-amarelo abrupto
- AQ - Areia Quartzosa
- AV - Hidromórfico

120

80

40

0

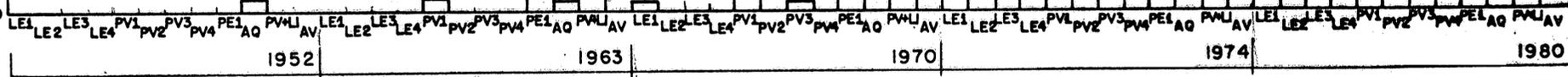


Gráfico 19 - Erosão em sulco e tipo de solo

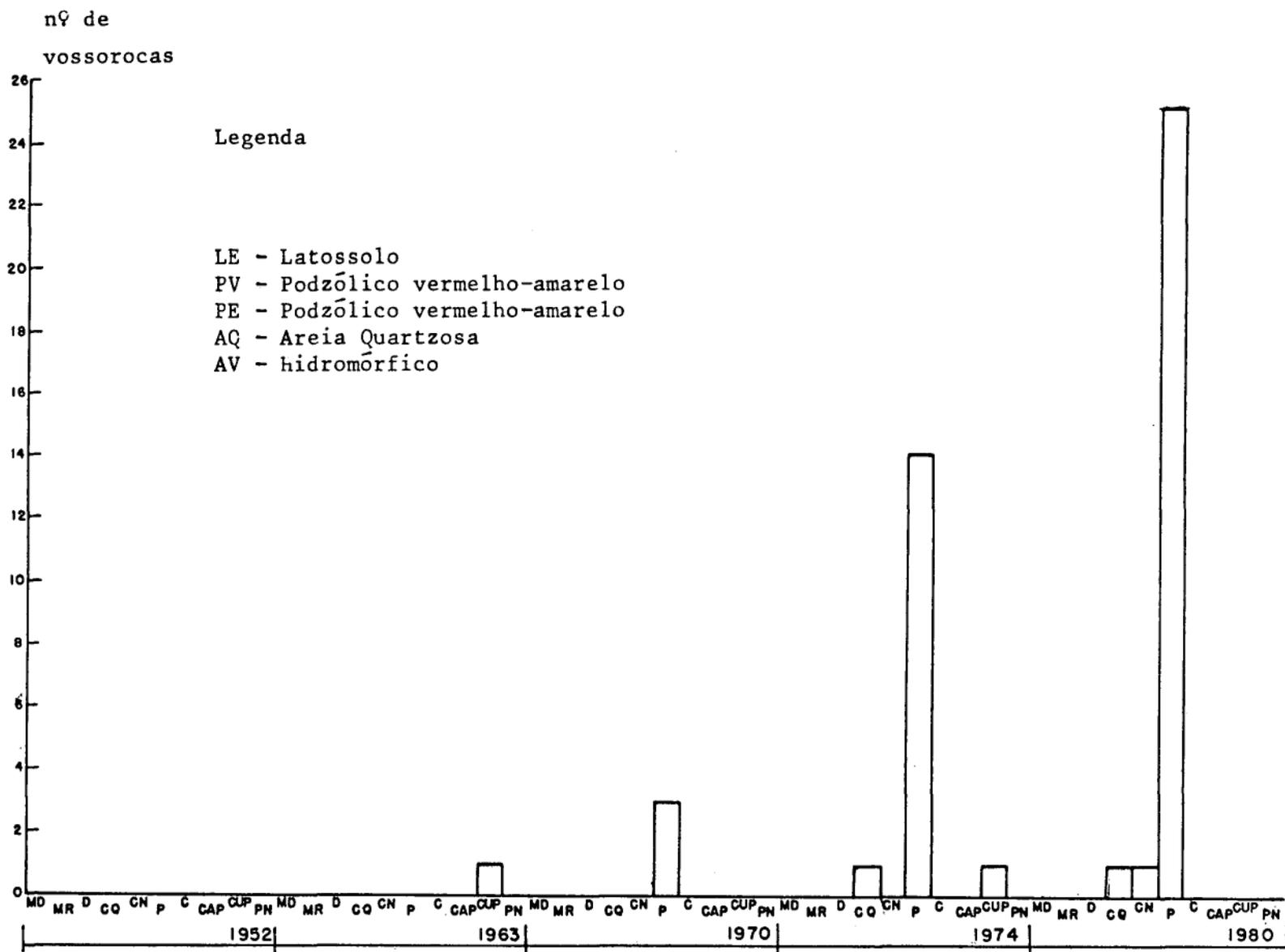


Gráfico 20 - Erosão em vossoroca ativa e tipo de solo

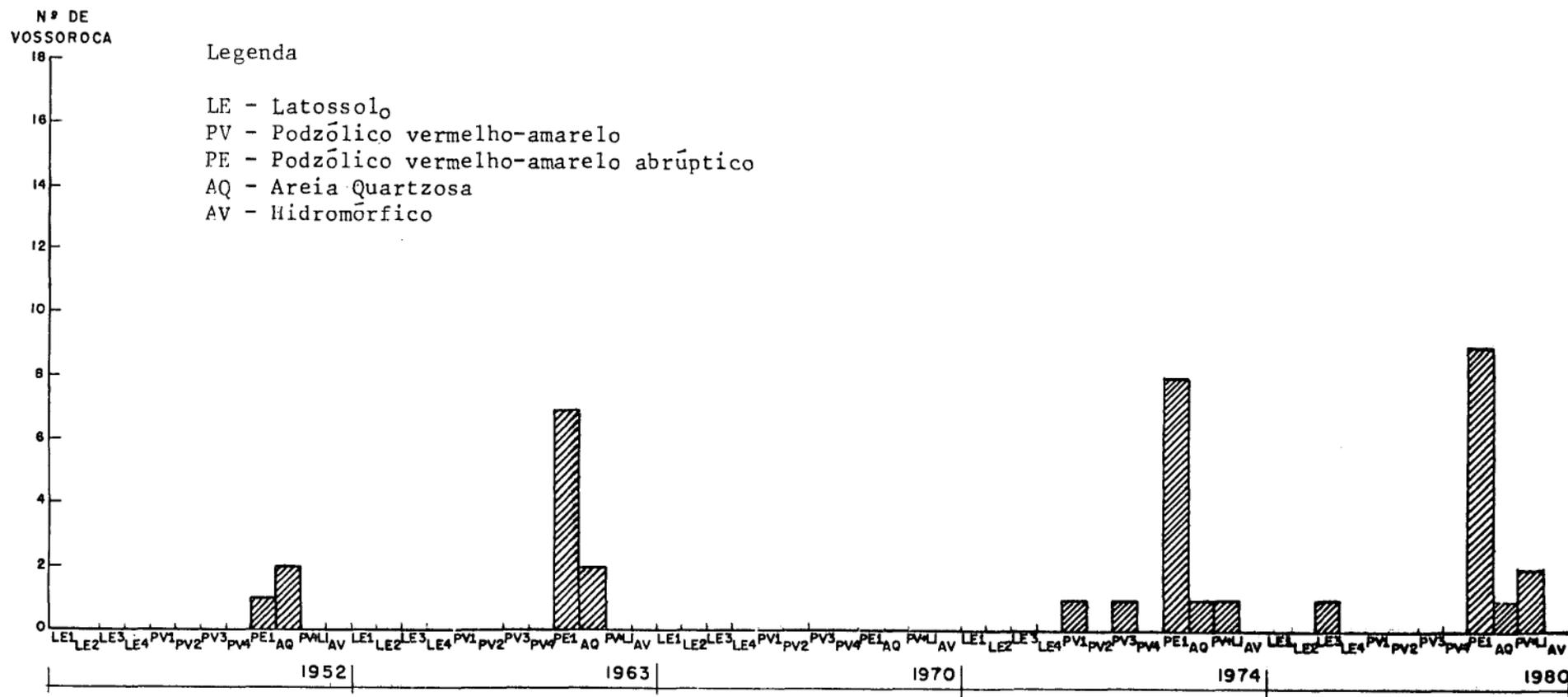


Gráfico 21 - Erosão em vossoroça cicatrizada e tipo de solo

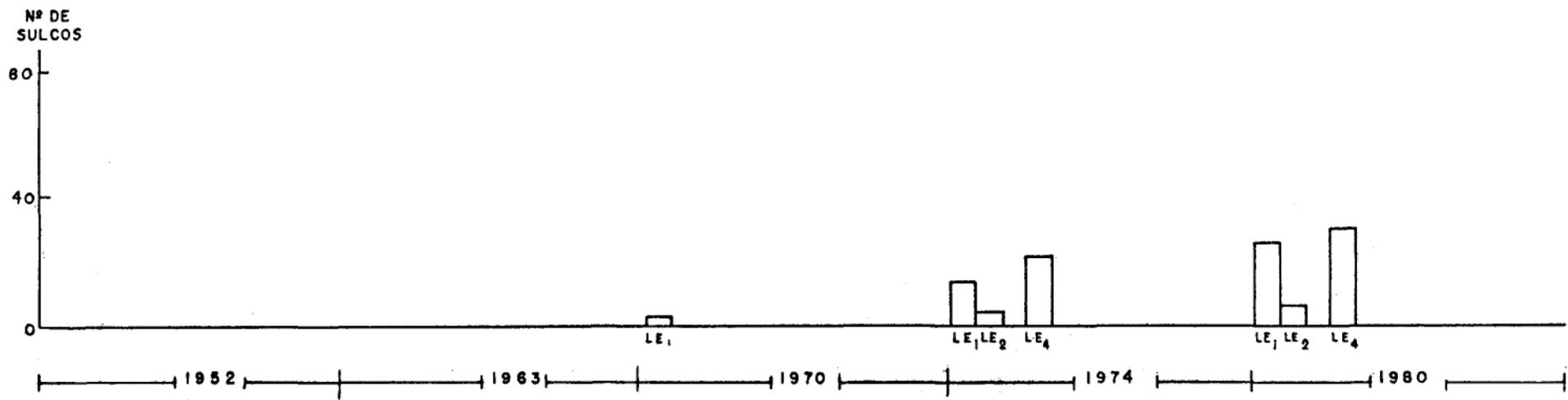


Gráfico 22 - Evolução da erosão em sulco nos Latossolos.

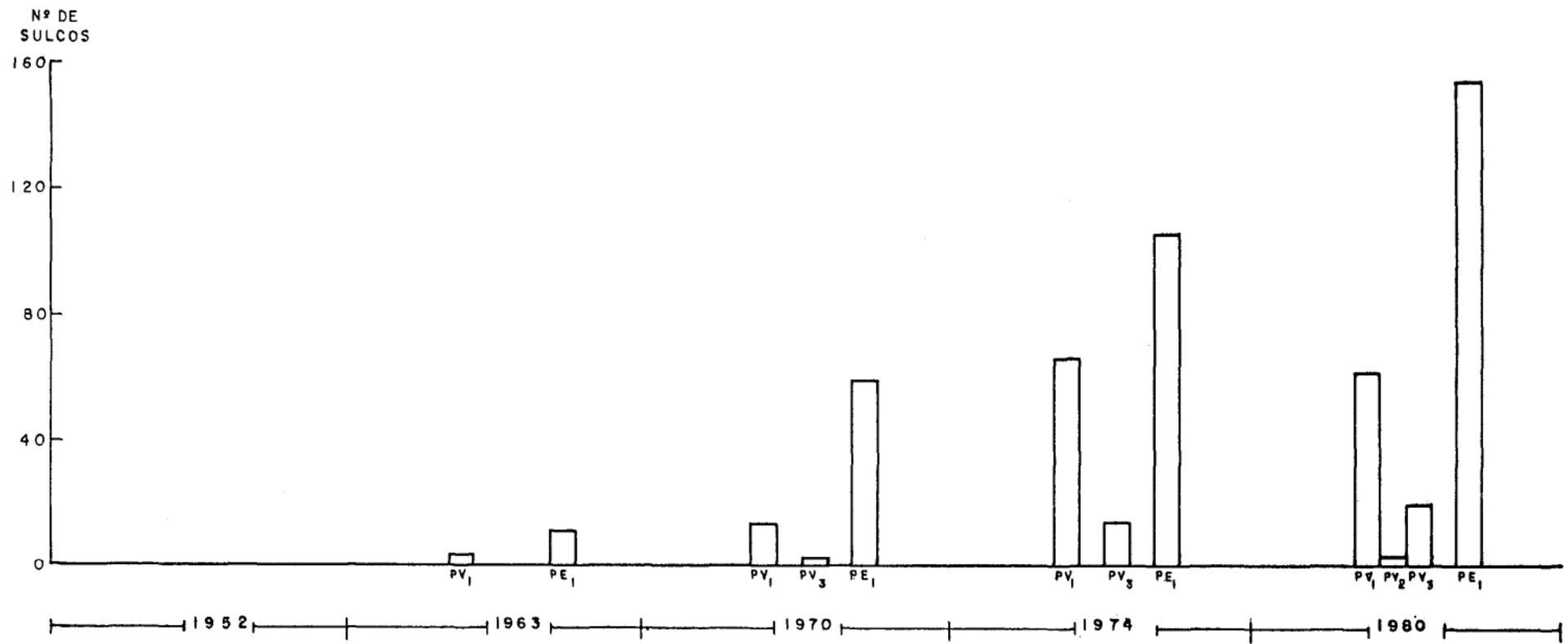


Gráfico 23 - Evolução da erosão em sulco nos Podzólicos

### 5.6.3. Discussão dos Resultados

Observados unicamente do ponto de vista geotécnico ou seja, do seu comportamento diante dos agentes físicos que atuam em superfície, os solos da região são granulométricamente muito homogêneos. De fato, excetuando-se a área de exposição das rochas basálticas da Formação Serra Geral onde componentes argilosos assumem maior expressão, a quase totalidade da área de estudo é recoberta por solos arenosos. É possível, entretanto dentro dessa homogeneidade textural que apresentam os solos arenosos distinguir três classes de solos: Latossolo Vermelho - Escuro (LE1, LE2, LE3 e LE4) relativamente resistente à erosão, os solos podzolizados (PE1, PV1) de baixa resistência à erosão e as Areias Quartzosas (AQ) praticamente destituídas de material cimentante e, portanto, com resistência praticamente nula aos processos erosivos.

A distribuição espacial dessas diferentes unidades geomecânicas como que, delineando a rede hidrográfica, assim como a inexistência de limites nítidos entre elas, evidencia uma relação muito estreita entre o ciclo hidrológico e a sua gênese.

Numa análise comparativa entre os solos e as declividades, tem-se que as nascentes correspondem a uma área pouco acidentada onde a maior percentagem corresponde a declividades entre 0-6% e 6-12%, equivalendo a diversos tipos de solos como LE1, PE1, PV1 e AQ, solos estes, que apresentam alto grau de erodibilidade, com excessão do tipo LE1.

No momento em que mudam as declividades, nas proximidades do leito do Ribeirão do Rato, com valores de 20% a 45% e

até mais de 45% encontram-se as associações de solos PV + LI , apresentando, também, grau de erodibilidade bastante elevado. Estes solos, por sua vez, estão ligados na meia encosta aos solos do tipo PE1 com declividades menos acentuadas (15-30%) e as Areias Quartzosas (AQ) com declividades baixas em torno de 0-12%, mas alto grau de erodibilidade.

Os latossóis LE1 e LE2 correspondem às áreas com baixas declividades nos interflúvios e nas encostas, não muito próximas ao vale do rio e não apresentando muitos problemas de erosão.

Os tipos LE3 e LE4 e, em parte o LE2, ocupam as porções próximas ao Ivaí em rampas bastante suaves com baixas declividades, sendo menos sujeitos à erosão.

#### 5.7. VEGETAÇÃO E USO DA TERRA

O processo de ocupação do Noroeste do Paraná do qual o município de Rondon constitui uma amostra marcante teve sua base inicial na lavoura do café, no pós-guerra. Esta fase caracterizou-se pelo plantio intensivo que ampliou a fronteira agrícola em direção ao rio Paraná, avançando sobre terrenos com cobertura arenítica e clima diverso do Norte do Paraná , área tradicional de plantio.

Resumidamente, segundo CANCIAN <sup>17</sup>, pode-se apontar os fatores mais importantes do avanço para o Norte Novíssimo, como se segue:

1. declínio da produtividade cafeeira das áreas paulistas;
2. frentes de expansão-repulsão paulistas, mineiras e sulistas;
3. cultura cafeeira como mais importante gerador de divisas pa-

ra o país;

4. fase de grande dinamismo (1940-1960) em que o centro passa de São Paulo para o Paraná com as implicações físicas e sócio-econômicas significativas.

O impacto ecológico passou a ser sentido rapidamente , constatando-se a enorme debilidade dos solos do Noroeste.

Além destes fatores de maior importância cumpre salientar a pré-existência de pequenas e médias propriedades o que ocasionou um aproveitamento intenso do solo com urbanização rápida e incremento populacional, completando o quadro para o desencadeamento do processo erosivo que passou a dominar na região.

#### 5.7.1. Fotointerpretação da Vegetação e Uso da Terra

##### Bacia do Ribeirão do Rato - 1952

Em 1952 observa-se na área de influência do Ribeirão do Rato um início de ocupação em diversas porções da bacia.

A maior percentagem da área (90%) encontra-se com mata densa ou seja, a cobertura vegetal original, notando-se clareiras esparsas, no interior, com algumas matas ralas.

Junto às nascentes do ribeirão encontrava-se a maior área de ocupação com cultura cafeeira distribuída em quadras , (3,2%), tangenciada em parte pela mata densa e, em parte, por área desmatada (5,8%), sendo preparada para o plantio. Junto a uma das nascentes, próximo ao vale, está distribuída, linearmente, uma pequena colônia.

A parte central da bacia não apresenta ainda, indícios de ocupação enquanto que, à jusante, já ocorrem alguns desmata-

mentos parciais que chegam até às proximidades do rio Ivaí. É interessante notar que parte destas áreas não tem comunicação com os rios, o que faz supor que a área está sendo ocupada por via terrestre e o rio não serve como meio de entrada, processo normal na maioria das ocupações do território.

O sistema viário é ainda bastante rarefeito, com estradas interrompidas ou, simplesmente, caminhos ou picadas entre as árvores da mata fluvial.

Nas proximidades das estradas principais que cortam a região integralmente pelos interflúvios, constata-se a presença de dois campos de pouso que, pelas circunstâncias da região tornaram-se indispensáveis para o deslocamento de pessoas.

A cidade de Rondon, situada num espigão à margem direita do ribeirão representa seu traçado parcialmente definido, com mata, ainda, entre o arruamento (mapa 11, anexo 2).

#### Ribeirão do Rato - 1963

A região de Rondon, relacionada à bacia do Ribeirão do Rato em cerca de 10 anos de ocupação, apresenta uma paisagem totalmente diversa da tomada de fotos de 1952. A mata densa, com clareiras esparsas, cede lugar a uma intensa ocupação. A mata é que ocupa áreas esparsas (19,1%) em alguns trechos da bacia. A maior parte das nascentes se encontra sem cobertura vegetal original. A montante do ribeirão percebe-se uma grande área com plantio de café em quadra (32,9%) e áreas que se encontram desmatadas, sendo preparadas para o plantio e o pasto (34,9%), ocupando também uma boa porção da região.

A malha rodoviária já se encontra bastante desenvolvida com estradas, passando pelos interflúvios principais do ribei-

rão ou cortando o vale do rio, ao mesmo tempo em que se nota que os campos de pouso são menos utilizados. A cidade também demonstra crescimento, através do intrincamento da malha viária.

Nitidamente, se constata a distribuição das propriedades dos topos para o talvegue dos rios, divisão esta, que tem uma importância fundamental nos problemas de erosão que a região passa a ter (mapa 12, anexo 2).

#### Ribeirão do Rato - 1970

Se em 1963, a paisagem vegetal estava invertida em relação a 1952, em 1970 a mesma se encontra totalmente distinta. A mata está praticamente dizimada com alguns pequenos núcleos em posições as mais diversas, ora num topo, ora num vale ou na média encosta (5,5% da área total).

Os cafezais, distribuídos em quadra (30,9%), tem importância bastante grande para a paisagem, estando distribuídos, em geral, dos topos até a meia encosta. A partir deste ponto e, em direção à jusante do rio passa a predominar a pastagem, (52,2%). Vê-se também muitas áreas com cafezais em extinção, misturados à pastagem (5,2%). É a mudança gradativa da atividade agrícola para a atividade pastoril.

Isoladamente, na meia encosta, ocorrem pequenas áreas plantadas em nível (1,4%) e também a presença de culturas temporárias.

O núcleo urbano sofre um processo de expansão bastante grande, demonstrado pelo número de vias que se incorporam a malha viária e mesmo o aumento da área da cidade em si. As estradas vicinais e caminhos também aumentam em número (mapa 13, ane-

xo 2).

#### Ribeirão do Rato - 1974

Entre 1970 e 1974, percebe-se um pequeno incremento de cafezais em quadra (32,6%) em áreas onde ocorriam ainda pequenos núcleos de mata. O plantio de café em nível aumenta, se bem que seja insignificante em relação à área da bacia (2,4%). As culturas temporárias (3,7%) se disseminam entre as pastagens (45,6%).

A rede urbana se estende mais, demonstrando uma modificação na distribuição da população, concentrada na cidade (mapa 14, anexo 2).

#### Ribeirão do Rato - 1980

Em 1980 a bacia do Ribeirão do Rato apresenta um quadro em que se percebe brutais diferenças em relação aos anos anteriores (fotos 7 e 8, anexo 2). Comparando as fotografias de 1952 e 1980, pouco existe que as identifique. A mata natural é apenas puntual com pequenos núcleos de mata rala (1,4%).

Destacam-se, basicamente, duas paisagens agrárias nítidas: os cafezais (foto 9, anexo 2) plantados em quadra (17%) e em nível (6,8%) e as áreas de pastagens (61,1%) que também apresentam boa porção (9,2%) distribuída em curvas de nível (mapa 15, anexo 2).

As culturas são diminutas (0,7%), apresentando, também, uma porcentagem de plantio em nível (1,2%).

As rodovias de ligação com Paraíso do Norte e Guaporema receberam asfalto enquanto caminhos e picadas desaparecem, tendo em vista as modificações de cultura para pasto.

A cidade cresceu também em área e sua malha se tornou bem mais complexa.

### 5.7.2. Erosão em Relação a Vegetação e Uso da Terra

Ano de 1952

Em 1952 a área se encontra com a maior parte coberta com a mata original, não se percebendo, portanto, os processos erosionais que possam ter ocorrido.

Os trechos desmatados e ocupados em parte não apresentam sérios problemas de erosão, ocorrendo apenas duas áreas com sulcos de pequena dimensão, provocados pela construção de caminhos em direção ao rio, próximo a uma colônia e vossorocas com vegetação de fundo, o que indica que as mesmas são anteriores à chegada do homem, pois se encontram estabilizadas.

Embora esteja fora dos limites da bacia, objeto de estudo, constata-se através do par estereoscópico nascentes em forma de anfiteatro, alargadas, que indicam a forma típica de erosão por vossoroca, totalmente cobertas pela mata, o que faz concluir que são formas herdadas de uma atuação morfoclimática pretérita.

Nas áreas que iniciam uma ocupação, mais próximas a foz do rio, não se percebe qualquer indício de vossorocas ou sulcos. Somente cafezais, dispostos em quadra ocupam a área da bacia, enquanto as áreas desmatadas indicam um início para o plantio com culturas anuais.

TABELA 30 - EROSÃO EM RELAÇÃO A VEGETAÇÃO E AO USO DA  
TERRA - 1952.

VEGETAÇÃO E USO DA TERRA	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Área desmatada	5,8	-	-	3	100,0	2	100,0
Mata densa	90,0	-	-	-	-	-	-
Mata rala	1,0	-	-	-	-	-	-
Café em quadra	3,2	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,0	0	0,0	3	100,0	2	100,0

Ano de 1963

Como a interpretação e confecção da carta se fez a partir de fotografias na escala de 1:70.000 a maior parte dos detalhes não foram percebidos e torna-se bastante difícil a verificação de pequenos sulcos e vossorocas de menor porte.

Apesar destas dificuldades detectou-se e registrou-se no mapeamento a presença de pequenos sulcos nas áreas próximas às nascentes e que correspondem à ocupação com pasto, embora sempre à montante destes sulcos, ocorra o plantio de café em quadra.

Surgem algumas vossorocas ativas junto as partes mais altas das encostas, na margem direita, correspondendo a áreas de ocupação urbana e de plantio de café. Vossorocas estabilizadas também são registradas nas duas margens do ribeirão, ocupando as nascentes de pequenos afluentes, à montante do mesmo, até a distância, aproximadamente, de 5 km da foz do rio.

TABELA 31 - EROSIÃO EM RELAÇÃO A VEGETAÇÃO E AO USO DA TERRA - 1963.

VEGETAÇÃO E USO DA TERRA	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Mata densa	19,1	-	-	-	-	-	-
Mata rala	1,8	-	-	-	-	-	-
Área desmatada	4,4	-	-	1	11,0	2	7,7
Café em quadra	32,9	-	-	1	11,0	3	11,5
Pasto	34,9	-	-	7	78,0	18	69,3
Cultura + Pasto	6,9	1	100,0	-	-	3	11,5
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>1</b>	<b>100,0</b>	<b>9</b>	<b>100,0</b>	<b>26</b>	<b>100,0</b>

Ano de 1970

A análise dos aspectos erosivos relativos ao ano de 1970 registra um aumento muito elevado no número de pequenos sulcos (acima de 600%) que se distribuem, preferencialmente, próximo ao vale do Ribeirão do Rato, logo à jusante da área urbana de Rondon, havendo uma repetição do fenômeno na outra margem que é intensamente ocupada por cafezais, distribuídos em quadras, com carreadores de café que se dirigem para os vales dos afluentes e do rio principal.

A disposição da maioria dos cafezais nos interflúvios, traz como resposta, sulcos à jusante, em áreas que foram desmatadas e ocupadas com pasto.

Quanto às vossorocas, nota-se uma rápida evolução, principalmente na margem direita do ribeirão, que é a área mais ocupada.

TABELA 32 - EROSÃO EM RELAÇÃO A VEGETAÇÃO E AO USO DA  
TERRA - 1970.

VEGETAÇÃO E USO DA TERRA	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Mata densa	5,5	-	-	-	-	-	-
Mata rala	1,8	-	-	-	-	-	-
Área desmatada	0,2	-	-	1	7,7	-	-
Café em quadra	30,9	-	-	1	7,7	7	4,0
Café em Nível	1,4	-	-	-	-	-	-
Pasto	52,2	3	100,0	11	84,6	160	90,9
Cultura	2,0	-	-	-	-	3	1,7
Cultura+Pasto	0,8	-	-	-	-	6	3,4
Café+Pasto	5,2	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>176</b>	<b>100,0</b>

#### Ano de 1974

Em 1974 os sulcos e vossorocas praticamente duplicam em número, devido a grande expansão do plantio de café, sem práticas conservacionistas. Da maior concentração dos sulcos e vossorocas, deduz-se uma pronunciada perda de solo por erosão laminar. Nota-se na área uma percentagem mínima de plantio em curvas de nível.

A mata torna-se rarefeita em sua distribuição e a erosão avança sob todas as suas formas: laminar, em sulcos e em vossorocas.

As vossorocas que, em parte estavam cicatrizadas, rei-

niciam suas atividades , podendo-se perceber um aumento muito grande junto à cidade que passa a evoluir para um estágio que pode ser classificado como maduro devido à sua expansão em braços laterais. Junto ao Ribeirão do Rato não ocorrem vossorocas a não ser pequenos anfiteatros cobertos de vegetação. À jusante do rio onde a ocupação se restringe a algumas culturas e pastagens, nota-se apenas alguns sulcos superficiais.

TABELA 33 - EROÇÃO EM RELAÇÃO A VEGETAÇÃO E AO USO DA TERRA - 1974.

VEGETAÇÃO E USO DA TERRA	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Mata densa	2,7	-	-	-	-	-	-
Mata rala	1,5	-	-	-	-	-	--
Área desmatada	0,3	-	-	1	7,7	-	--
Café em quadra	32,6	1	6,2	1	7,7	43	13,0
Café em Nível	2,4	-	-	-	-	4	1,2
Pasto	45,6	14	87,6	11	84,6	228	68,7
Cultura	3,7	-	-	-	-	26	7,8
Cultura+Pasto	10,6	1	6,2	-	-	22	6,6
Café+Pasto	0,6	-	-	-	-	9	2,7
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>16</b>	<b>100,0</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>332</b>	<b>100,0</b>

Ano de 1980

Observando o registro da erosão, vê-se que os sulcos se disseminam por todos os afluentes e vale do Ribeirão do Rato ,

com exceção de poucas áreas.

Muitas vossorocas reiniciam suas atividades e as que se encontravam ativas em períodos anteriores evoluem mesmo em presença de elementos de contenção, tais como obras e práticas conservacionistas. Os maiores sulcos, se bem que bastante superficiais, estão, visivelmente, relacionados à caminhos, pequenas estradas e principalmente carregadores de café (foto 10, anexo 1).

TABELA 34 - EROÇÃO EM RELAÇÃO A VEGETAÇÃO E AO USO DA TERRA - 1980.

VEGETAÇÃO E USO DA TERRA	ÁREA %	VOSSOROCA ATIVA		VOSSOROCA CICATRIZADA		SULCOS	
		nº	%	nº	%	nº	%
Mata densa	1,4	-	-	-	-	-	-
Mata rala	1,4	-	-	-	-	-	-
Café em quadra	17,0	1	3,6	1	7,7	19	4,4
Café em Nível	6,8	1	3,6	-	-	11	2,5
Pasto	61,1	25	89,2	11	84,6	346	80,5
Cultura	0,7	-	-	-	-	9	2,1
Cultura em Nível	1,2	-	-	-	-	7	1,6
Café+Pasto	1,2	-	-	-	-	4	1,0
Pasto em Nível	9,2	1	3,6	1	7,7	34	7,9
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>430</b>	<b>100,0</b>

### 5.7.3. Discussão dos Resultados

Avaliando-se o uso da terra e o avanço da erosão na Baía do Ribeirão do Rato tem-se que, num espaço de 28 anos, a

mata original foi praticamente dizimada, passando de 90% para 1,4% da área.

Nota-se que a implantação da cultura cafeeira foi temporária na maior parte das propriedades com rápida passagem para a atividade pecuária.

Em 1980 tem-se 61% da área ocupada com pasto e uma concentração de mais de 80% da erosão acelerada a ele referido.

Apesar dos diferentes projetos que foram feitos para a Bacia do Ribeirão do Rato, do trabalho de técnicos na região, constata-se que a erosão avançou, sendo minimizada pontualmente, em algumas propriedades. A bacia como um todo sofreu um processo de degradação de difícil recuperação, uma vez que, a instalação de formas de erosão acelerada são precedidas e acompanhadas pela erosão laminar que retira, num processo contínuo, as curvas superficiais de solo e, conseqüentemente, porções substanciais do horizonte agrícola.

Verificado através dos mapas e quantificado pelas tabelas tem-se uma área muito pequena de plantio com práticas conservacionistas e, mesmo quando aparece (cerca de 10% de área) as mesmas devem ter um efeito nulo já que ocorrem isoladamente, nas encostas, com terrenos em volta sem proteção.

A seguir, os gráficos de n.ºs. 24, 25 e 26, refletem no conjunto, a situação exposta nos comentários e tabelas anteriores.

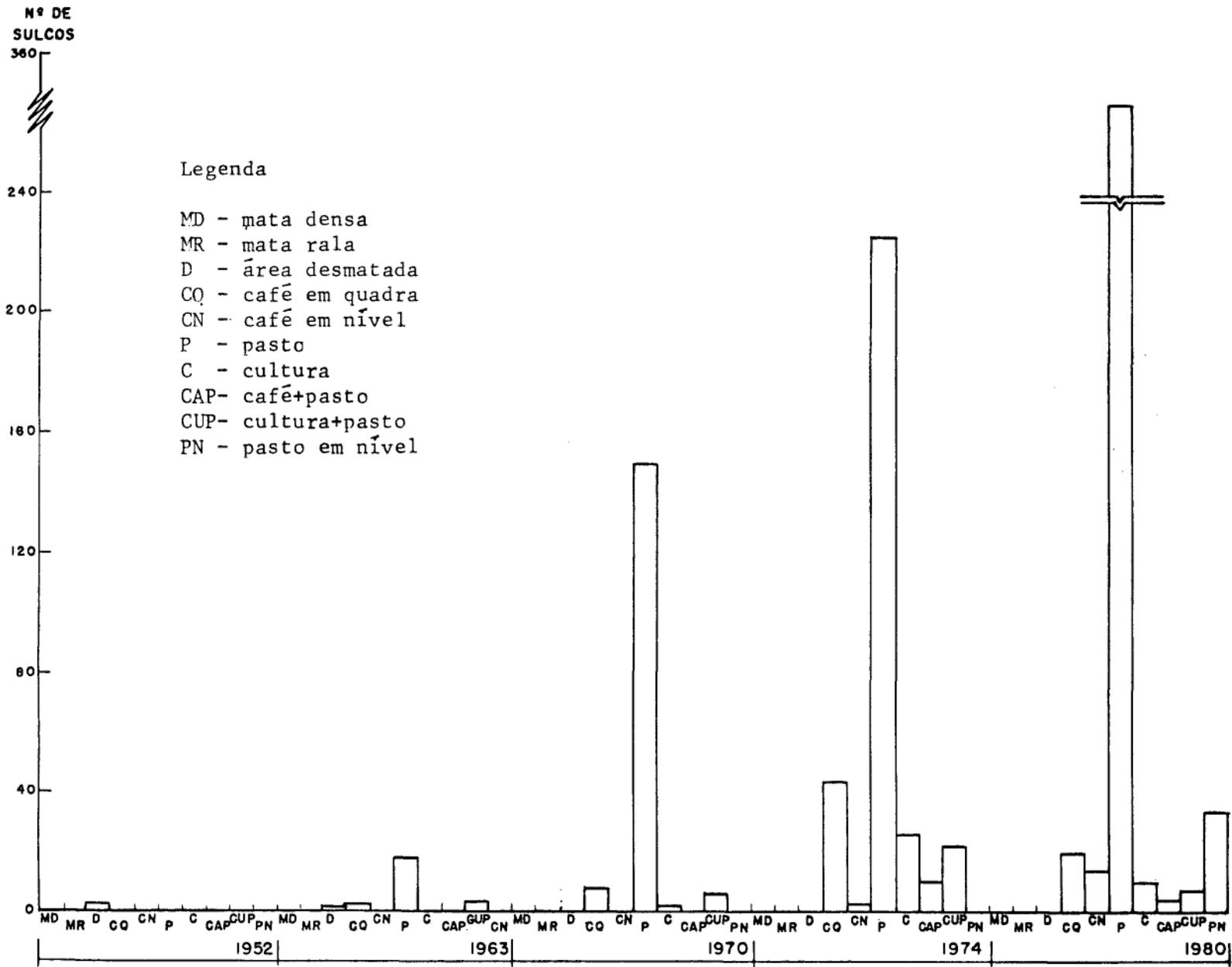


Gráfico 24 - Erosão em sulco e uso da terra





## 5.8. CARTA DE RISCO DE OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

A idéia da elaboração de uma carta de risco de região , surgiu em decorrência de 2 fatores fundamentais:

- 1) A intensão de se buscar, com o trabalho realizado, contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia de estudo dos problemas de erosão no Paraná;
- 2) O caráter multidisciplinar que envolve a compreensão dos processos de erosão acelerada.

Com efeito, a fisiologia do espaço físico, ou seja , a harmonia do seu funcionamento e, como consequência, o conjunto de fatores responsáveis pela sua degradação, estão muito longe de serem conhecidos na sua plenitude. As distorções inerentes ao conhecimento tecnicista, aliadas a uma política equivocada de uso da terra, tem demonstrado, no decorrer das últimas décadas, a necessidade de interveniência multidisciplinar na abordagem do problema.

Por outro lado, tendo em vista a disponibilidade de recursos materiais e humanos existentes no Paraná, e a simplicidade e rapidez da metodologia proposta, há que se pensar em utilizá-los de maneira eficiente em trabalhos de mapeamento , que, contribuam para o estabelecimento de políticas adequadas de ocupação do solo (mapa 16, anexo 2).

### 5.8.1. Critérios Utilizados para a Elaboração da Carta de Risco

Constatada a existência de dois tipos fundamentais de feições erosivas (sulcos e vossorocas) procurou-se identificar, os condicionantes físicos mais significativos, de cada um deles e, a partir daí, a definição de critérios de avaliação do

risco da respectiva incidência.

Para o desenvolvimento de vossorocas foi constatado em termos percentuais, a interveniência mais significativa, dos seguintes condicionantes físicos, por ordem de importância:

- . Alinhamentos Tectônico - Estruturais (nos mapas)
- . Presença de solos de baixa resistência geomecânica (mapas e gráficos)
- . Presença de declividades acentuadas (mapas e gráficos)

A conjugação desses três fatores, configura o que se pode chamar de uma situação de máximo risco para a formação e evolução de vossorocas. No outro extremo, situar-se-iam as áreas onde nenhum desses fatores está presente e, onde o risco de formação de vossorocas é praticamente nulo (latossolos).

Para o caso da erosão em sulcos, a ordem de importância dos fatores é algo diversa, assumindo maior destaque, a presença de declividades acentuadas seguida da presença de solos mais susceptíveis à erosão. Os alinhamentos tectônicos não concorrem significativamente para maior incidência de sulcos.

Dessa forma, combinando os dados resultantes da interpretação das aerofotos com elementos cartográficos como: alinhamentos tectônicos-estruturais, solos de baixa resistência mecânica (dados retirados da Carta de Solos do Projeto Noroeste) e limites de declividade definidos a partir da carta topográfica, obteve-se uma compartimentação da área estudada em zonas ou faixas com as seguintes características:

- a) Zonas consideradas de altíssimo risco para o desenvolvimento de vossorocas.

Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais,  
Solos erodíveis (PE1, PV + LI)

## Declividades entre 20 e 45%

- b) Zonas consideradas de alto risco para o desenvolvimento de vossorocas.

Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais

Solos erodíveis (AQ, PV1)

- c) Zonas consideradas de médio risco para o desenvolvimento de vossorocas.

Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais

- d) Zonas consideradas de altíssimo risco para o desenvolvimento de sulcos.

Fatores condicionantes: Declividades entre 20 e 45%

Solos erodíveis (PE1, PV + LI)

- e) Zonas consideradas de alto risco para o desenvolvimento de sulcos.

Fatores condicionantes: Solos erodíveis (AQ, PV1)

- f) Zonas consideradas de médio risco para o desenvolvimento de sulcos.

Fatores condicionantes: Declividade entre 20 e 45%

- g) Zonas consideradas de baixo risco para o desenvolvimento de sulcos e vossorocas.

Fatores condicionantes: Inexistência de alinhamentos tectônico-estruturais

Solos coerentes do tipo latossolo

Declividade entre 0 e 20%

O quadro abaixo serve como demonstrativo dos principais agentes intervenientes no processo de formação de sulcos e vossorocas e que foram utilizados como critérios básicos na elaboração da carta de risco da Bacia do Ribeirão do Rato.

AGENTES	VOSSOROCAS				SULCOS			
	ALTÍSSIMO RISCO	ALTO RISCO	MÉDIO RISCO	BAIXO RISCO	ALTÍSSIMO RISCO	ALTO RISCO	MÉDIO RISCO	BAIXO RISCO
Alinhamentos Tectônico- Estruturais	X	X	X					
Solo PE1	X				X			
Associação PV+LI	X				X			
Solo AQ		X				X		
Solo PVI		X				X		
Solo LE1				X				X
Altas de- clividades	X				X		X	
baixas de- clividades				X				X

Pode-se verificar, através do quadro, que a combinação dos elementos se faz numa ordem decrescente, como se segue: as áreas classificadas como de altíssimo risco para o surgimento de vossorocas apresenta três elementos combinados (tectônica, solos erodíveis, alta declividade); nas áreas classificadas como de alto risco combinam-se dois elementos (tectônica e solos erodíveis), nas áreas de médio risco só aparece um elemento (tectônica) enquanto nas áreas de baixo risco combinam-se dois elementos (solos coerentes, baixas declividades), diferenciado dos demais. Quanto aos sulcos, vê-se que a combinação também

se faz em ordem decrescente, apresentando entretanto, um número menor de elementos intervenientes, estando de acordo com o grau de complexidade para o surgimento de cada forma.

É necessário salientar que a escolha destes elementos se fez a partir de elementos combinados dos diversos mapas e sua representatividade nos percentuais das tabelas. Partiu-se pois, através de constatações, para uma projeção ou prognóstico de áreas que podem apresentar problemas, na dependência do uso que se fizer das mesmas.

## 6. DISCUSSÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

O uso de imagens fotográficas, como documento-base para levantamentos sistemáticos, com vistas a um zoneamento de ocupação do solo oferece reais vantagens em termos de rapidez e economia operacionais de vez, que, com base em critérios fotointerpretativos, é possível recobrir grandes áreas rapidamente, com um controle de campo reduzido, porém racional e eficiente, além de permitir uma avaliação temporal dos fenômenos analisados.

Para a realização de levantamentos desta natureza, não há necessidade de grandes investimentos, seja em termos de aquisição de equipamentos, materiais ou mesmo tecnologia: o equipamento necessário é simples e barato, as coberturas fotográficas são múltiplas e disponíveis e os recursos humanos existentes no Paraná, podem, mediante um rápido treinamento, adquirir capacitação para realizar o trabalho de forma eficiente.

A par de outras vantagens, a metodologia de estudo empregada oferece, ainda, através da utilização de aerofotos, de diferentes épocas, a possibilidade de uma análise quantitativa e qualitativa da evolução dos diversos fenômenos superficiais, direta ou indiretamente, ligados à ocupação do solo, no decorrer do tempo.

Na eventualidade de se pretender maior eficiência ou a eliminação de eventuais distorções que possam ser imputadas a

fatores humanos, a metodologia adotada permite adaptações e aperfeiçoamentos que possibilitem o tratamento matemático e o processamento eletrônico de dados.

Não obstante o fato de prescindir de um exaustivo controle de campo, a metodologia utilizada oferece um grau de precisão comparável ou, até mesmo superior àquelas advindas da utilização de técnicas mais minuciosas, mas que abordam a questão de maneira setorial. A mensuração de fenômenos e a abordagem multidisciplinar dos problemas pesam decisivamente, a favor da metodologia adotada.

A grande limitação da metodologia é, até o momento, a pequena extensão do universo, objeto do estudo. Avalia-se que com algum aperfeiçoamento, e adaptação, ela possa ser aplicada em toda a região de afloramento da Formação Caiuá. A extensão do seu emprego para outras regiões deverá ser precedida por testes e investigações, atentando para sua validade, tendo em vista peculiaridades regionais.

Merece, igualmente, destaque, a limitação que decorre da impossibilidade de se obter, por via indireta, ( fotointerpretação ), dados importantes a respeito do fluxo hidrológico de superfície, bem como do fluxo sub-superficial das águas, fator fundamental na evolução das formas de erosão.

Não se pode pretender, da mesma forma, um tratamento adequado do problema de erosão acelerada no Paraná ou, mesmo, no país, sem uma perfeita compreensão dos fenômenos sócio-econômicos, historicamente responsáveis pela ocupação regional. A falta do conhecimento desses aspectos, somada à ausência de um contato direto e efetivo com a comunidade da região na busca de soluções alternativas pode invalidar qualquer proposição

tecnicamente perfeita mas, alheia a realidade representada pelas necessidades básicas da população e pela sua herança cultural no seu sentido mais amplo.

## 7. CONCLUSÕES

Foram detectados dois tipos de erosão acelerada na área objeto de estudo: sulcos e vossorocas.

- Não obstante as técnicas de conservação e manejo do solo colocadas em prática na última década, não foi observada qualquer tendência para a redução ou estabilização do processo de erosão acelerada pelo menos até 1980, que corresponde ao ano de tomada das fotos mais recentes.
- A erosão sob a forma de sulcos só se desenvolveu a partir do momento em que a atividade antrópica se iniciou, enquanto que, as vossorocas antecederam a ação do homem, denotando pré-disposição local para o estabelecimento do fenômeno;
- As vossorocas, na área, ocorrem ao longo de talvegues naturais nas porções côncavas das vertentes enquanto os sulcos ocorrem em porções côncavas e convexas da vertente (áreas de concentração e de dispersão de fluxo); nas vossorocas a concentração do fluxo de água se dá naturalmente, ocorrendo apenas uma aceleração do processo pela remoção da cobertura vegetal enquanto nos sulcos a concentração do fluxo de água ocorre pela modificação do meio; nas vossorocas há uma considerável contribuição do fluxo sub-superficial das águas no processo de evolução enquanto o processo de remoção de material sólido nos sulcos se dá, unicamente por ação das

águas superficiais; as vossorocas e os sulcos ocorrem em solos de textura superficial arenosa, embora os sulcos ocorram também em solos de textura superficial argilosa, na dependência de ocupação intensa e inadequada.

- A delimitação dos tipos fundamentais de solos da região - a julgar pela carta de solos do Projeto Noroeste - obedece, de forma significativa, aos limites obtidos pela associação da geologia com a geomorfologia.
- Os dados obtidos pela análise isolada dos diversos fatores de natureza física (geologia-solos-declividades) que condicionam os fenômenos de erosão acelerada permitem estabelecer uma hierarquia ou predominância de uns sobre os outros, de acordo com o tipo de fenômeno enfocado (sulco ou vossoroca).
- A superposição de alinhamentos tectônico-estruturais com solos de baixa resistência geomecânica e declividades entre 20 e 45% define, estatisticamente, zonas de máximo risco para o desenvolvimento de vossorocas (100% dos casos observados).
- Solos de baixa resistência geomecânica associados a declividades acentuadas e áreas dispersão do fluxo superficial das águas, ou seja, fora dos alinhamentos tectônicos que controlam a drenagem natural constituem a situação ideal para o maior desenvolvimento de sulcos, constituindo a situação de risco máximo.
- A rarefação de sulcos e a inexistência absoluta de vossorocas em áreas recobertas por latossolos isentas, de alinhamentos tectônico-estruturais e com declividades compreendidas

entre 0 e 20%, permite considerá-las como sendo as que mais baixo risco apresentam em termos de sua utilização.

Com base nessas situações extremas e, hierarquizando convenientemente as situações intermediárias, é possível construir uma carta de risco de ocupação do solo, que evidencia, cartograficamente, maior ou menor vocação para a implantação de processos de erosão acelerada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Rato.

Do ponto de vista prático, essa carta de risco estabelece, dentro das limitações impostas pela escala de trabalho, a possibilidade de se definir, objetivamente, quais as áreas de preservação florestal ou reflorestamento obrigatórios e quais aquelas passíveis de plena utilização agrícola, respeitadas as técnicas de manejo e conservação, julgadas adequadas para cada caso.

A carta de risco pode representar um poderoso instrumento técnico para implantação de uma política agrícola, que leve em conta a função social do uso da terra e que evite as distorções provocadas pela exacerbação do lucro imediatista e pela sua utilização sem critérios.

## SUMMARY

This paper deals with specific problems concerning accelerated erosion in the area comprised by the Ribeirão do Rato basin, situated in the northwestern part of the State of Paraná, Brazil.

The method of study consisted, essentially, of an interpretation of aerial photographs, field works and bibliographic research.

Erosional features, such as rills and gullies, were observed and mapped by using photos of different flies and scales obtained in 1952, 63, 70, 74 and 80.

The progressive soil occupation and the consequent deforestation could also be properly recorded, through such interpretation, making possible vegetation and soil trend use maps.

Specific thematic maps involving geological, morphological, and declivity aspects were also made in order to provide cartographic base-documents for further studies.

Quantitative and qualitative analytical results were plotted in this maps. As their nominal and percentual distribution were synthetized in numerical table and hystograms.

Tables and hystograms express the evolution of erosional processes, as well as the relationship between main physical factors (Geology, Geomorphology and Soils) and the

degree of their incidence.

Combinations of selected conditions revealed to be critically favourable for the development of gullies and rills, while in other cases their incidence shows to be unimportant.

Final result is a map of risk for soil use, which defines areas of obligatory preservation as well as medium and low risk areas for agriculture purposes or other kinds of soil occupation.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AB'SABER, A.N. Formações quaternárias em áreas de reverso de cuevas em São Paulo. Boletim Instituto de Geografia da USP, 16, 1969 10 p.
- 2 ALMEIDA, F.F. & MELO, M.S. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In Mapa Geológico de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. v. 1, p. 46-102.
- 3 AVERY, T.E. Interpretation of Aerial Photographs. 2a. ed. Burgess Publishing, 1968. 324 p.
- 4 BARROS, W.D. Problemas de erosão do solo no Brasil. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1961. 54 p.
- 5 BARTHELMESS, H. Comentário Geomorfológico sobre o vale do Ivaí. Boletim Paranaense de Geografia, 1(1): 8-17, 1960.
- 6 BELCHER, D.J. Interpretation in engineering. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic interpretation. Washington, 1960. p. 99-163.
- 7 BERGSMA, I.E. Aerial photo-interpretation for soil erosion and conservation surveys. Delft, ITC, 1970. 83 p.
- 8 BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. Boletim Instituto de Geografia da USP, 1, 1971. 21 p.
- 9 \_\_\_\_\_; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. Boletim Pa-

- ranaense de Geografia, 16/17: 153-197, 1965.
- 10 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; SILVA, J.X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. Boletim Paranaense de Geografia , 16/17: 85-116, 1965.
- 11 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Boletim Paranaense de Geografia 16/17: 117-52, 1965.
- 12 \_\_\_\_\_. et alii. Recursos Naturais: Ouro Fino. Curitiba , SEPL/ADEA/UFPr/COMEC, 1979. 30p.
- 13 BISCAIA, R.C.M. Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo com uso do simulador de chuva em latossolo vermelho-escuro dos Campos Gerais no Paraná. Porto Alegre, 1977. 57 p. Dissertação. Mestrado . UFRGS.
- 14 BITTENCOURT, A.V.L. Sólidos Hidrotransportados na bacia hidrográfica do rio Ivaí: aplicação de balanços hidrogeoquímicos dos processos de dinâmica externa. São Paulo, 1978. 198 p. Tese. Doutorado. Instituto de Geociências da USP.
- 15 BJORNBERG, A.J.S. et alii. Estudo dos problemas erosivos: Voçorocas. Notícia Geomorfológica, Campinas, 18(36) : 111-19, 1978.
- 16 BLOOM, A. Superfície da Terra. São Paulo, Edgard Blücher e Ed. da USP, 1970, 184 p.
- 17 CANCIAN, N.A. Cafeicultura Paranaense: 1900-1970. São Paulo, 1980. 188 p. Tese. Doutorado. USP.
- 18 CHRISTOFOLETTI, A. As teorias geomorfológicas. Notícia Geomorfológica, Campinas, 13(25): 3-42, 1973.

- 19 \_\_\_\_\_ . Geomorfologia. São Paulo, Ed. Edgard Blucher e Ed. da USP, 1974. 150 p.
- 20 \_\_\_\_\_ . A significação das cascalheiras nas regiões quentes e úmidas. Notícia Geomorfológica, Campinas, 8(15) : 42-49, 1968.
- 21 \_\_\_\_\_ ; & FIORI, C.O. O uso da densidade de rios para caracterizar as formações superficiais. Notícia Geomorfológica, Campinas, 20(39-40): 73-85, 1980.
- 22 COLWELL, R.N. Procurement of aerial photography.  
In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. 19 p.
- 23 DALMOLIN. Q. Princípios de Fotointerpretação, edição preliminar. Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPr, 1977/1978 , 135 p. Mimeografado.
- 24 DEHIRA, L.K. et alii. Sedimentos cenozóicos na região de Paranavaí, Cianorte, Pr. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., São Paulo, 1981. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1982 v.2 p. 14-24.
- 25 ESPINDOLA, C.R. et alii. Interpretação fotográfica de redes de drenagem em diferentes categorias de solos, Campinas. Notícia Geomorfológica, Campinas, 18(35): 71-94, 1978.
- 26 FIORI, C.O. Contribuição ao estudo das formações superficiais das quadrículas de Piracicaba e São Pedro. Rio Claro, 1980. 121 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Estadual de Rio Claro.
- 27 FIORI, P. & SOARES, P.C. Aspectos evolutivos das vossorocas. Notícia Geomorfológica, Campinas, 16(32): 114-24 , 1976.

- 28 FRASSON, M.R. Mau uso do solo no sudoeste do Rio Grande do Sul. Canoas, Centro Educacional La Salle de Ensino Superior, 1982, 100 p.
- 29 FREITAS, R.O. de. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru, São Paulo, Boletim Fac.Fil.Ciências e Letras da USP, 194: 1-185, 1955.
- 30 FROST, R.E. Photointerpretation of soils. In : AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington; 1960. p. 343-402.
- 31 FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Região Sul. Rio de Janeiro, SERGRAF. 1977. v 5.
- 32 FURLANI, G.M. As vossorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. Notas prévias de Geomorfologia. São Paulo, 10: 12-15, 1969.
- 33 GOMES, A.M.B. Estudo da geomorfologia. Alegrete, RS. Porto Alegre. Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFRGS, 1980, 42 p.
- 34 HOWARD, A.D. Equilíbrio e dinâmica dos sistemas geomorfológicos. Notícia Geomorfológica, Campinas, 13(26):1-95, 1973.
- 35 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A. IPT. Mapa geológico Bloco 73 Quadrícula Paraíso do Norte, São Paulo. Pauli-Petro consórcio CESP/IPT. 1981. 50 x 55 cm. Escala 1:100.000.
- 36 IWASA, O.J. et alii. Ocorrências de vossorocas na região sul e sudeste do Brasil, condicionantes geológicas da degradação ambiental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA, 2., São Paulo, 1974. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1974, 10 p.

- 37 \_\_\_\_\_. et alii. Prevenção e correção de fenômenos erosivos: as vossorocas, exemplo da necessidade de diagnose. In: CONGRESSO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3., Brasília, 1980.
- 38 \_\_\_\_\_. et alii. Uso de área em cabeceira de vossoroca. Critérios de projeto. IN: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DE EROSAO, 2., Curitiba, 1981. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1981. p. 199-212.
- 39 KOFFLER, N. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru. São José dos Campos. 1976. 167p. Dissertação. Mestrado. INPE.
- 40 LANDIM, P.M.B. et alii. Cenozoics deposits in South Central Brazil and the engineering geology. São Paulo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., 1974 (3): 1-17.
- 41 \_\_\_\_\_. et alii. Notas sobre a gênese da Formação Caiuã. In: CONGRESSO DE GEOLOGIA, 25., 1971. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. 1, p. 17.
- 42 \_\_\_\_\_. et alii. Um estudo sedimentológico sobre a Formação Caiuã. Boletim Paranaense de Geociências, 28/29: 45-157, 1970/71.
- 43 LOMBARDI, N. et alii. Erodibilidade de solos paulistas. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, Campinas, 127, 1975, 12 p.
- 44 LUEDER, D. Aerial photographic interpretation, principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959. 462 p.
- 45 MAACK, R. A modificação da paisagem natural pela colonização e suas conseqüências no norte do Paraná. Boletim Paranaense de Geografia, 2/3: 29-49, 1961.

- 46 \_\_\_\_\_. Algumas observações a respeito da existência do Arenito Superior São Bento ou Caiuã no Estado do Paraná. Arquivos do Museu Paranaense, 1: 107-29, 1941.
- 47 \_\_\_\_\_. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba, Ed. BADEP/UFPr., IBPT, 1968. 349<sup>3</sup> p.
- 48 MENEROUD, J.P. Experience de cartographie geotechnique systématique par les plans d'occupation des sols das les Alpes Maritimes-France. Bull. Iiason Labo. P. et Ch., 85: 51-56, 1976.
- 49 MEZZALIRA, S. et alii. Observações geológicas na região Pontal de Paranapanema, São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 37(1): 69-77, 1965.
- 50 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. DNPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Noroeste do Paraná. DPP. 1971. 90x 50 cm. Escala 1:300.000.
- 51 MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. DSG. Paraíso do Norte. Folha SF. 22-Y-C-III. Rio de Janeiro, DSG, 1972. 50 x 55 cm. Escala 1:100.000.
- 52 MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. DNPM. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha SF.22 Paranapanema. Rio de Janeiro, Geocarta, 1974. 60 x 80 cm. Escala 1:1.000.000.
- 53 MONDARDO, A. et alii. Controle da erosão no Estado do Paraná. Londrina. Circular IAPAR 3, 1977. 69 p.
- 54 MORGAN, R.P.C. Soil Erosion. London, Longman, 1979. 130 p.
- 55 NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 422 p.
- 56 ORELLANA, M.M.P. A Geomorfologia no planejamento ambiental. Notícia Geomorfológica, 8(15): 42-49, 1968.

- 57 ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS. Bacia do Rio da Prata Noroeste do Paraná. II Estudo para desenvolvimento regional. Curitiba, MI/DDS, 1974. 317 p.
- 58 PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Eng.*, 1950.16: 387-409. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic interpretation. Washington, 1960. p. 172-219.
- 59 PENTEADO, M.M. Fundamentos de Geomorfologia. 2a.edição. Rio de Janeiro, IBGE, 1978. 180 p.
- 60 PETRI, S. Aerofotogeologia. Brasília, Enciclopédia Brasileira Biblioteca Universitária Geociências, 1972. p. 1-
- 61 PICHLER, E. Vossorocas. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1:3, 1953.
- 62 POPP, J.H. & BIGARELLA, J.J. Formações Cenozóicas do Noroeste do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47: 469-72, 1975.
- 63 PORCHER, M. et alii. Cartographie de risques ZERMOS appliqué à des plans d'occupation des sols en Normandie-France. Bull. Liason Labo. P. et Ch., 85: 43-64, 1976.
- 64 PRANDINI, F.L. et alii. A cobertura vegetal nos processos de evolução do relevo: o papel da floresta. São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, São Paulo, 1982. Anais. p. 1568-82.
- 65 \_\_\_\_\_. et alii. Estudo de uma boçoroca urbana: as possibilidades de contenção. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, São Paulo, 1974. 3: 1-14.
- 66 \_\_\_\_\_. Occurrence of " Boçorocas " in Southern Brazil. Geo-

- logical conditionning of environmental degradation. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOLOGIA E ENGENHARIA, São Paulo, 1974. 3: 1-3.
- 67 PROJETO NOROESTE DO PARANÁ. Levantamento de solos da Bacia do Ribeirão do Rato. Convênio Governo do Estado do Paraná/SUDESUL. 80 x 75cm. 1974. 1:25.000.
- 68 \_\_\_\_\_. Projeto Piloto para controle de erosão - Bacia do Ribeirão do Rato. Cidade de Rondon. Paraná. Convênio Governo do Estado do Paraná/SUDESUL. 1974. v. 1. 40 p. v. 6. 57 p.
- 69 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Sugestões para reformulação. Convênio Governo do Estado do Paraná/SUDESUL. 1977. 12 p.
- 70 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Sistema de acompanhamento e avaliação para "PNCES/PROICS" e Projeto Piloto da Bacia do Ribeirão do Rato. Curitiba. Convênio do Governo do Estado do Paraná/SUDESUL/ACARPA. 1977. 53 p.
- 71 QUEIROZ NETO, J.P. et alii. Formações superficiais da região de Marília, São Paulo. Boletim de Sedimentometria e Pedologia, nº 8, 1977. 39 p.
- 72 RABBEN, E.L. Fundamentals of photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic interpretation. Washington, 1960. p. 99-168.
- 73 RANZANI, G. Manual de Levantamento de Solos. 2a.edição. São Paulo, Edgard Blücher e Ed. da USP, 1969. 167 p.
- 74 RAY, R.G. Aerial Photographs in Geology; interpretation and mapping. Washington, US Govt. Print Office, 1960. 229 p.
- 75 RICOMINI, C. et alii. Características da porção basal da

- Formação Caiuã no Noroeste do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., São Paulo, 1981. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, p. 14-24.
- 76 RIVEREAU, J.C. & GUY, M. Notas de aula do curso de Foto-  
Interpretação. Salvador, SETUP, PETROBRÁS, 1967. 90 p.
- 77 ROCHA, H.O. Die Böden und Geomorphologischen Einheiten der  
region von Curitiba (Paraná-Brasilien). Freiburg 1981 .  
189 p. Tese. Doutorado. Universidade de Freiburg, Ale-  
manha.
- 78 ROSSETI, M. et alii. Manual de Photo-Interpretation, Pa-  
ris, Editions Technip, 1970. 248 p.
- 79 SALAMUNI, R. et alii. Observações sobre o ambiente de de-  
posição da Formação Caiuã no Noroeste do Paraná. In:SIM-  
PÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., São Paulo, 1981. São Pau-  
lo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, 25-33  
p.
- 80 SCHUMM, S.A. The Fluvial System. New York . John Wiley ,  
1977. 337 p.
- 81 SCORZA, E.P.S. Considerações sobre o Arenito Caiuã. Rio de  
Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM, 1952.  
139: 1-62.
- 82 SECRETARIA GENERAL ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS.  
Investigacion de los recursos físicos para el desarrollo  
economico. Washington DC, 1970. 463 p.
- 83 SOARES, P.C. & FIORI, P. Lógica e sistemática na análise  
e interpretação de fotografias aéreas em geologia. No-  
tícia Geomorfológica, Campinas, 16(32): 71-104, 1976.
- 84 \_\_\_\_\_. et alii. Depósitos cenozóicos na região Centro-Sul

- do Brasil. *Notícia Geomorfológica*, 16(31): 17-34,1976.
- 85 SOBREIRO NETO, A.F. et alii. Estruturas sedimentares primárias de ambiente flúvio-deltáico da Formação Caiuã . In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2 p. 60-69.
- 86 \_\_\_\_\_. et alii. Fácies conglomerática das Formações Caiuã e Santo Anastácio. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA , São Paulo, 1981. v. 2, p. 47-59.
- 87 SOUZA, M. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B Latossolico ocorrentes no Município de Ponta Grossa - Pr. Piracicaba, 1975. 135 p. Dissertação. Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- 88 SUAREZ, J.M. Contribuição à geologia do Extremo Oeste de São Paulo. São Paulo, 1973. 91 p. Tese. Doutorado. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras Presidente Prudente.
- 89 SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J. Ambiente Fluvial. Curitiba , Editora da UFPr/ADEA, 1979, 183 p.
- 90 STRAHLER, A.N. Physical Geography. 2a. edição. New York , John Willey, 1960. 534 p.
- 91 SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS E DE MEIO AMBIENTE, SUREHMA. Sedimentometria. Curitiba. Convênio MINTER/DNOS/ACARPA, 1979. 30 p.
- 92 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Curitiba. Convênio MINTER/DNOS/ACARPA, 1980. 40 p.
- 93 \_\_\_\_\_. Estudo de transporte sólido em suspensão do Ribeirão Caxias e Ribeirão do Rato. Curitiba, Convênio ACAR-

- PA/SUDESUL/DNOS, 1982. 40 p.
- 94 TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. Notícia Geomorfológica, Campinas, 8(15): 5-18, 1968.
- 95 \_\_\_\_\_. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE. 1977. 91 p.
- 96 TYTHERLEIGH, P.R.L. Photo-interpretation applied to a Soil Survey in West Central Luxemburg. Delft, ITC, série B , 43/44. 1967. 61 p.
- 97 VERA, L. Agricultural Land Inventory Techniques, Experience of the OAS/Chile Aerophotogrammetric Project, 1964. Washington, 1964. 123 p.
- 98 VERSTAPPEN, H. & ZUIDAN, R. Use of aerial photographs in Geomorphology. Delft, ITC, 1968. 49 p.
- 99 VINK, A.P.A. et alii. Some methodological problems in interpretation of aerial photographs for natural resources surveys. Delft, ITC, Series B 32, 1965. 23 p.
- 100 WASHBURNE, C.W. Petroleum Geology of the State of São Paulo-Brazil. Boletim Com.Geog.Geol.São Paulo (22): 1-282. In Almeida, F.F. et alii. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico in: Mapa Geológico de São Paulo. São Paulo. IPT, 1981. p. 446-102.
- 101 WHITE, I.C. Relatório Final da Comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil. Rio de Janeiro, 1908. In: Almeida, F.F. et alii. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: Mapa Geológico de São Paulo. São Paulo. IPT, 1981 . p. 46-102.

ANEXOS

ANEXO 1 - Documentação Fotográfica.....	137
ANEXO 2 - Documentação Cartográfica.....	144



Foto nº 1 - Vossoroça em estágio inicial de atividade, apresentando a forma típica de anfiteatro na nascente, com afunilamento do talvegue à jusante. Percebe-se, nitidamente, a erosão lateral que avança através de sucessivos escorregamentos.



Foto nº 2 - Fundo de vale da vossoroça da cidade de Rondon. Pode-se verificar a exposição de materiais do Arenito Caiuá, com leve inclinação dos estratos cruzados. Este é o nível de base local da vossoroça que erodiu os materiais menos coerentes sobrepostos ao arenito.



Foto nº 3 - Vista parcial da área de Rondon, próximo às suas nascentes. Vê-se, nitidamente, a inclinação, bastante suave das encostas convexas em direção ao vale do rio.



Foto nº 4 - Cascalheira junto à estrada para Guaporema . Está alçada a 300 m de altitude, conservando um dos níveis da paisagem. Apresenta cerca de 1,5 m de espessura composta por materiais diversos com seixos rolados de granulometria variada.



Foto nº 5 - Pequena planície alveolar do Ribeirão do Rato, onde o leito do rio se alarga por barramento natural da drenagem, construindo terraços.



Foto nº 6 - Plantio de café em nível em solos do tipo AQ (Areias Quartzosas), nas proximidades da cidade de Rondon. Vê-se a construção de pequenos terraços para impedir o carreamento de materiais para jusante.



Foto nº 7 - Nascentes do ribeirão, mostrando as árvores com troncos queimados, restos do desmatamento que atingiu toda a região.



Foto nº 8 - Entre os cafezais e a pastagem jazem os troncos cortados e abandonados, resultantes do desmatamento, fato comum em toda a região.



Foto nº 9 - Vista parcial de Rondon onde se pode ver o uso da terra, dividido em cafezais e pastagens. Nota-se na média encosta, um cafezal, plantado em quadra, com os carregadores de café, direcionados para o vale, facilitando enormemente, a ação erosiva.



Foto nº 10 - Estrada de ligação entre Rondon-Paraíso do Norte. Vê-se, em primeiro plano, um sulco profundo, provocado pela construção da rodovia. Nota-se junto à cerca o solo desnudo, além de múltiplos caminhos provocados pelo pisoteio do gado, contribuindo para a formação de novos sulcos de erosão.

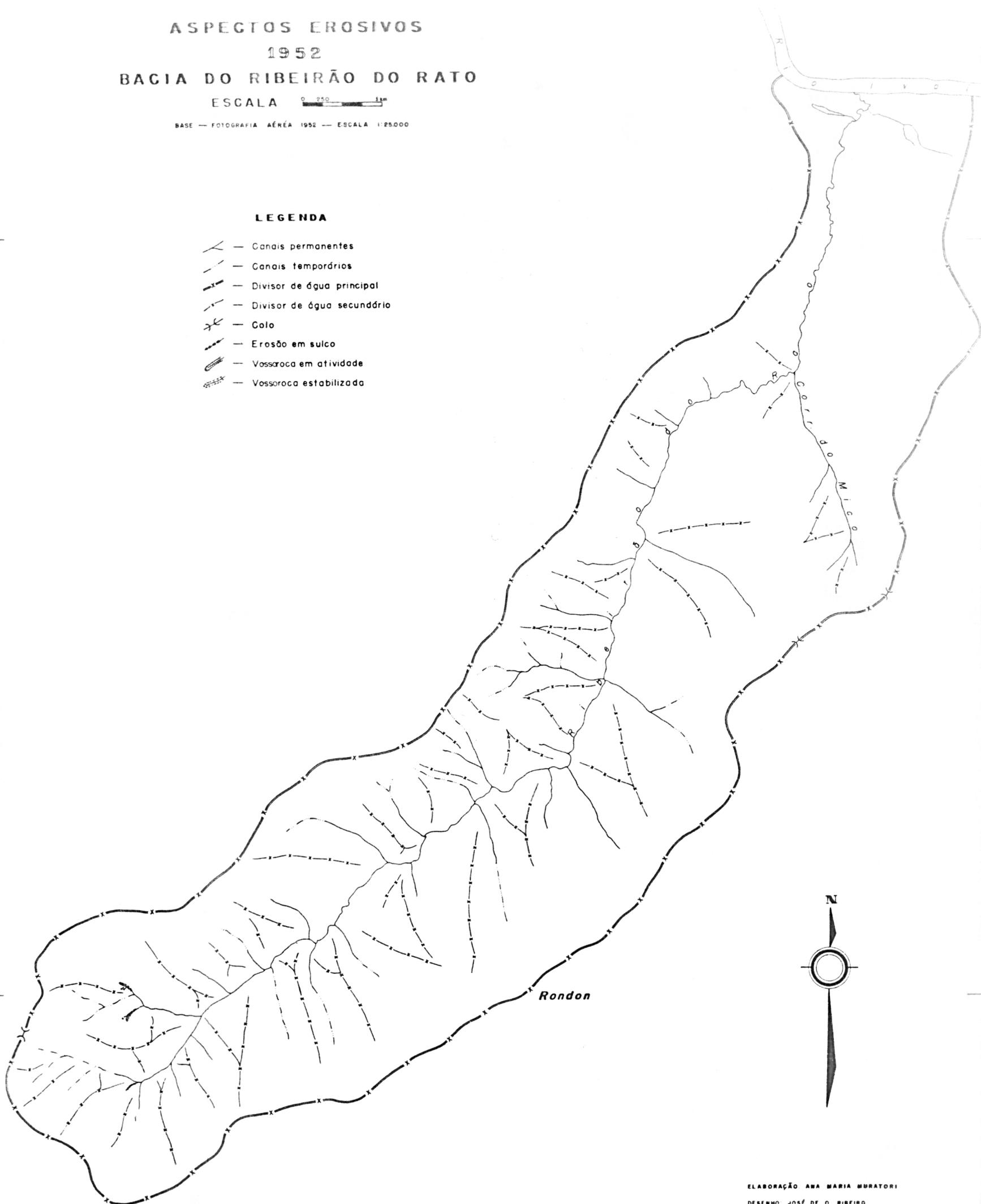
ASPECTOS EROSIVOS  
1952  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 250 500 m

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1952 — ESCALA 1:25.000

LEGENDA

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários
-  — Divisor de água principal
-  — Divisor de água secundário
-  — Colo
-  — Erosão em sulco
-  — Vossaroca em atividade
-  — Vossaroca estabilizada



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

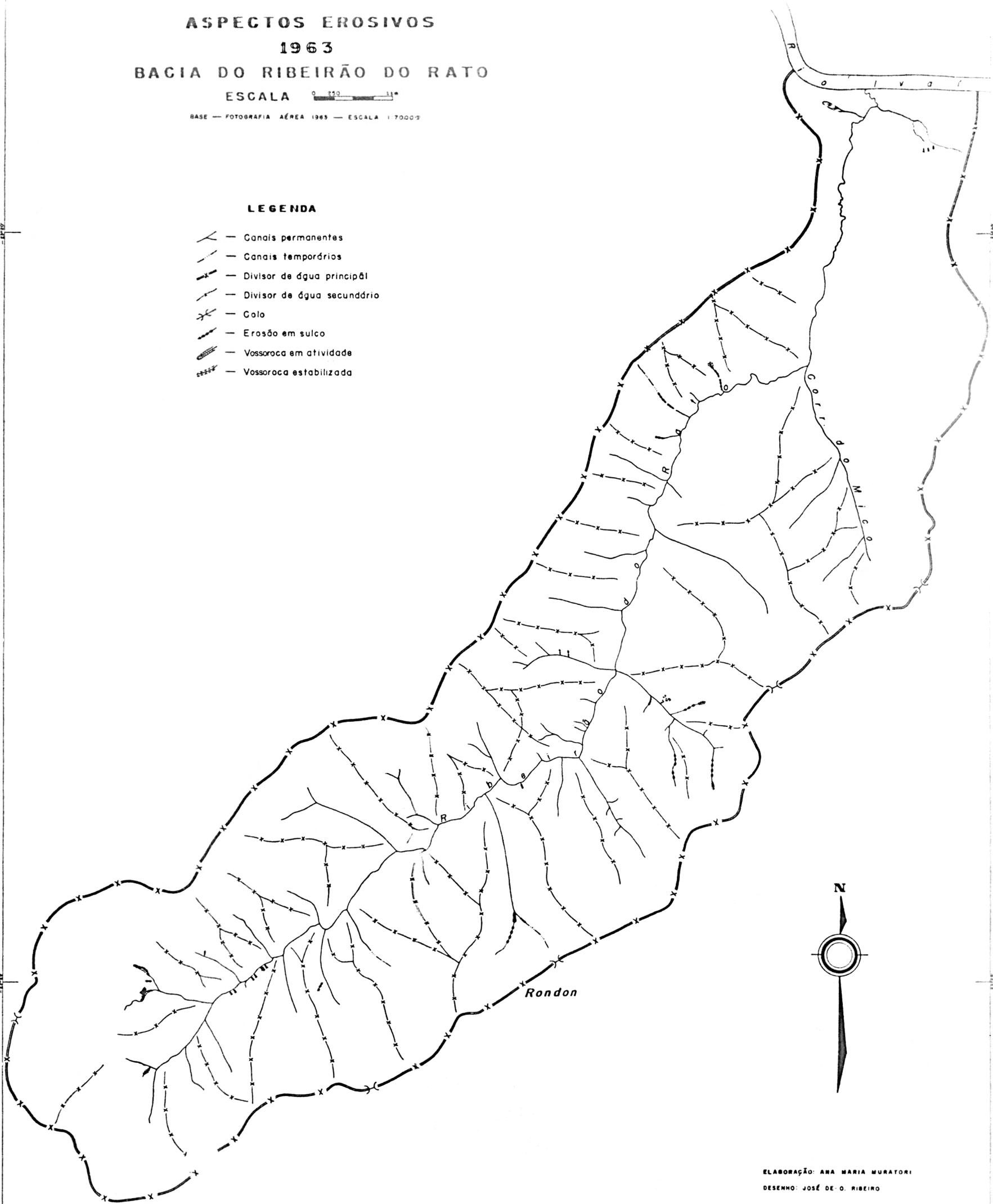
**ASPECTOS EROSIVOS**  
**1963**  
**BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO**

ESCALA 0 250 500

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1963 — ESCALA 1:70000

**LEGENDA**

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários
-  — Divisor de água principal
-  — Divisor de água secundário
-  — Colo
-  — Erosão em sulco
-  — Vossoroca em atividade
-  — Vossoroca estabilizada



ELABORAÇÃO: ANA MARIA MURATORI  
DESENHO: JOSÉ DE O. RIBEIRO

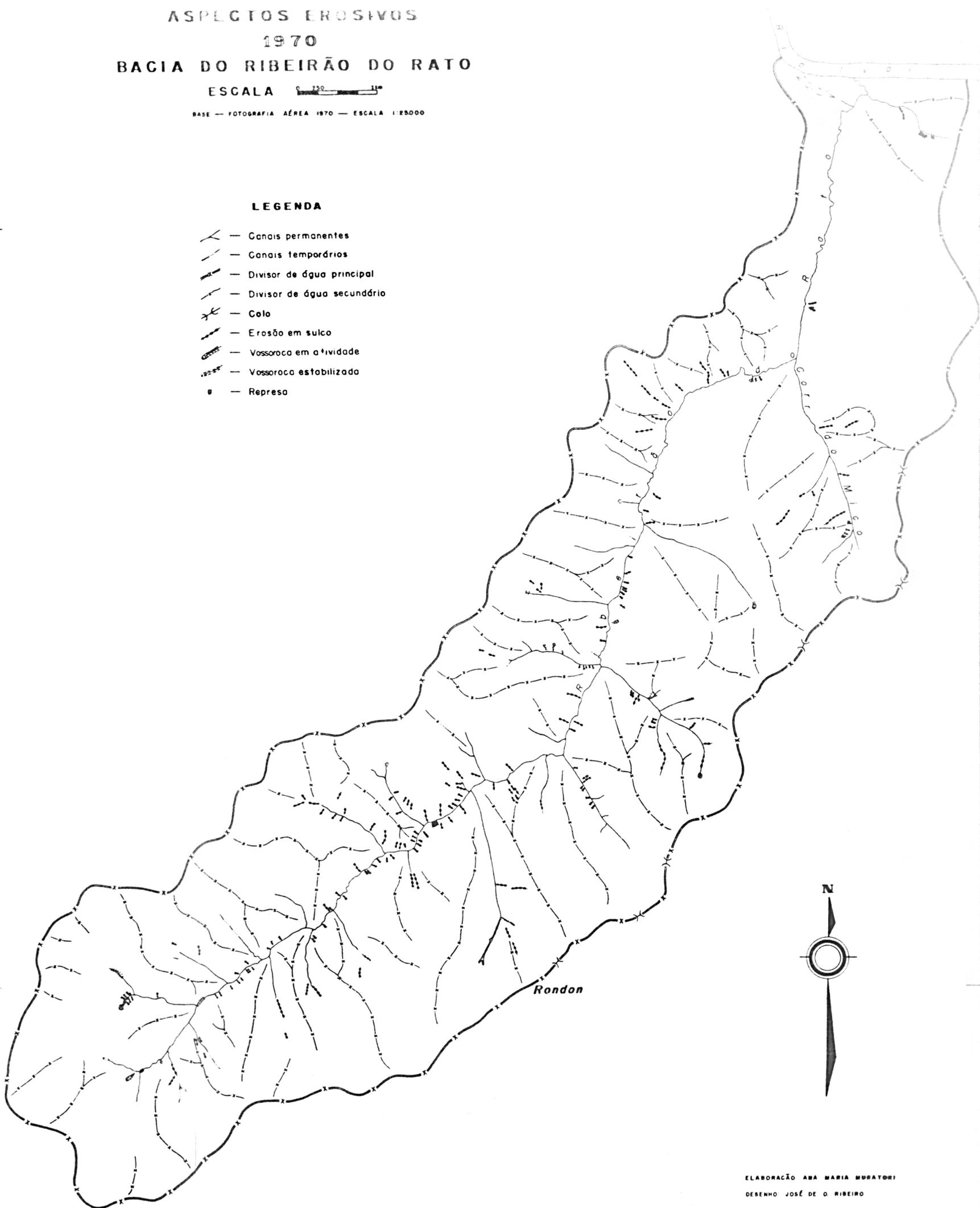
ASPECTOS EROSIVOS  
1970  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1970 — ESCALA 1:25000

LEGENDA

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários
-  — Divisor de água principal
-  — Divisor de água secundário
-  — Coto
-  — Erosão em sulco
-  — Vossoroca em atividade
-  — Vossoroca estabilizada
-  — Represa



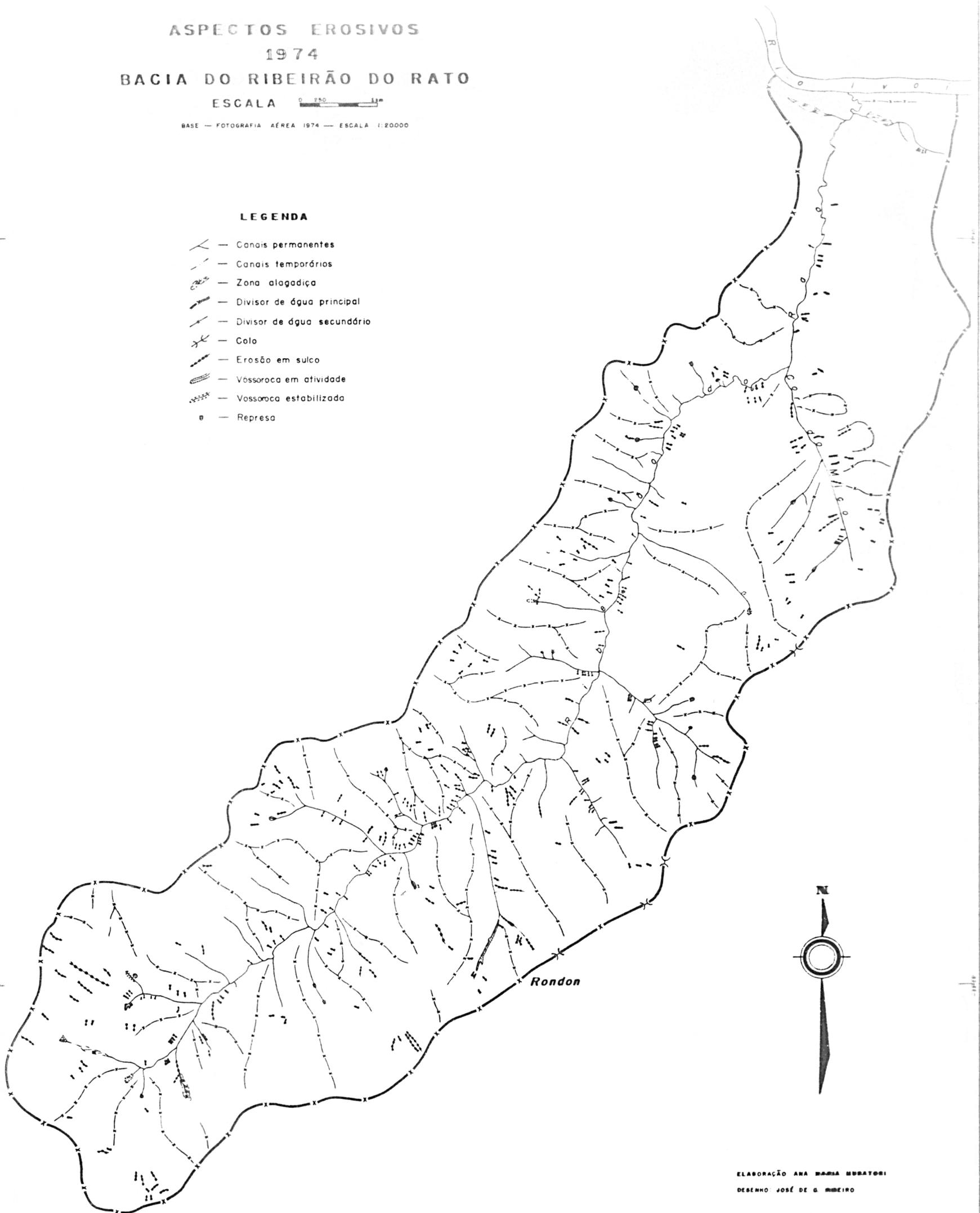
ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

ASPECTOS EROSIVOS  
1974  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO  
ESCALA 0 250 500

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1974 — ESCALA 1:20000

LEGENDA

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários
-  — Zona alagadiça
-  — Divisor de água principal
-  — Divisor de água secundário
-  — Colo
-  — Erosão em sulco
-  — Vossoroca em atividade
-  — Vossoroca estabilizada
-  — Represa



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE G. RIBEIRO

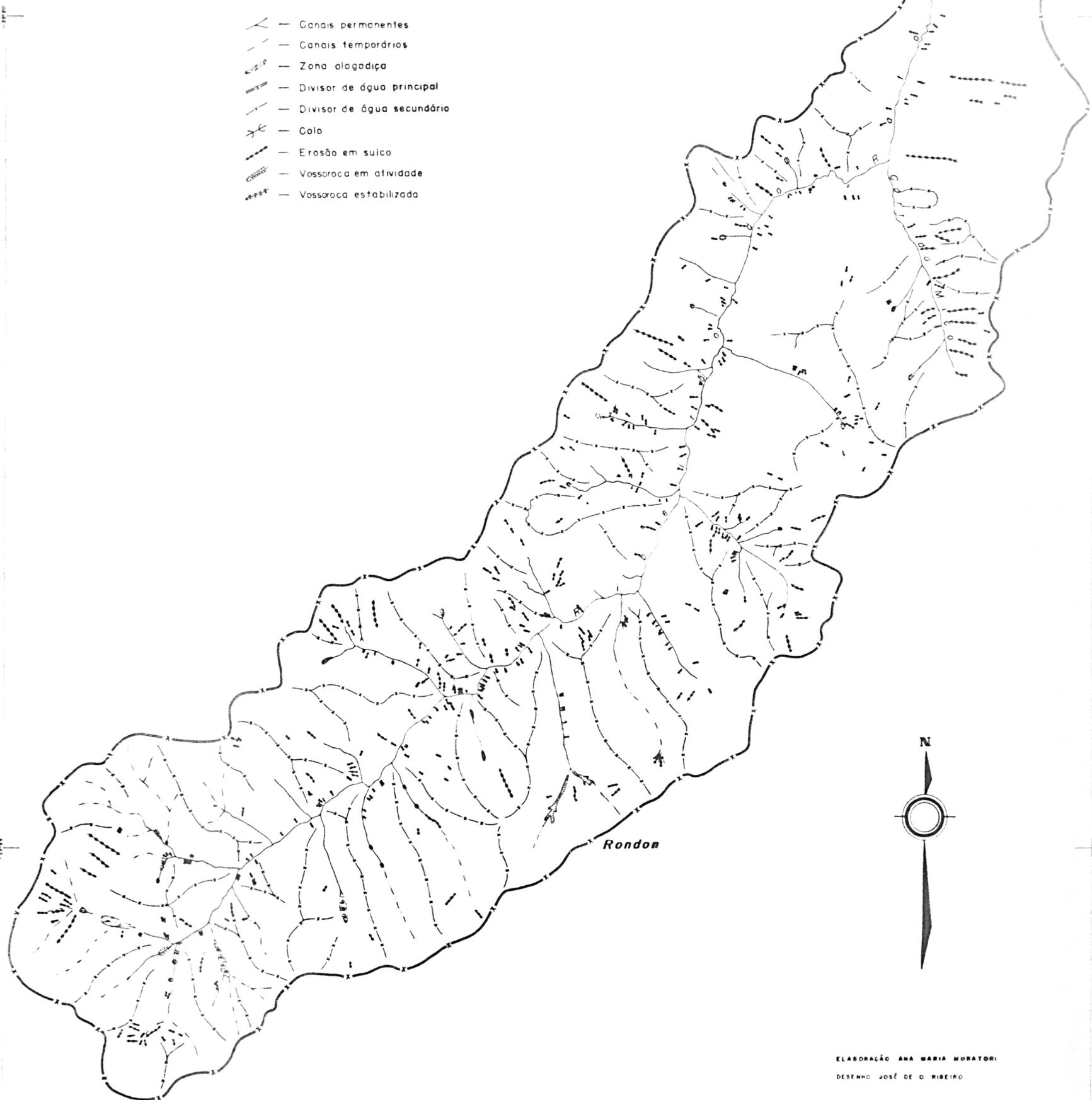
**ASPECTOS EROSIVOS**  
**1980**  
**BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO**

ESCALA 

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000

**LEGENDA**

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários
-  — Zona alagadiça
-  — Divisor de água principal
-  — Divisor de água secundário
-  — Colo
-  — Erosão em sulco
-  — Vossoroca em atividade
-  — Vossoroca estabilizada



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

Figura 06

**ESBOÇO GEOLÓGICO**  
**1980**  
**BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO**  
 ESCALA 0 250 500

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000

**LEGENDA**

**UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

**ERA GENOZÓICA**

**QUATERNÁRIO**

-  — Aluviões recentes
-  — Aluviões antigos (terrapes, terraços de cascalho (c))
-  — Coluviões (formação poranavai) — seq. Pápa/Bigoreto
-  — Gascalheira subaquais

**ERA MESOZÓICA**

**CRETÁCEO SUPERIOR — GRUPO BAURU**

-  — Arenito (formação caidá)

**JURÁSSICO SUPERIOR — CRETÁCEO INFERIOR — GRUPO SÃO BENTO —**

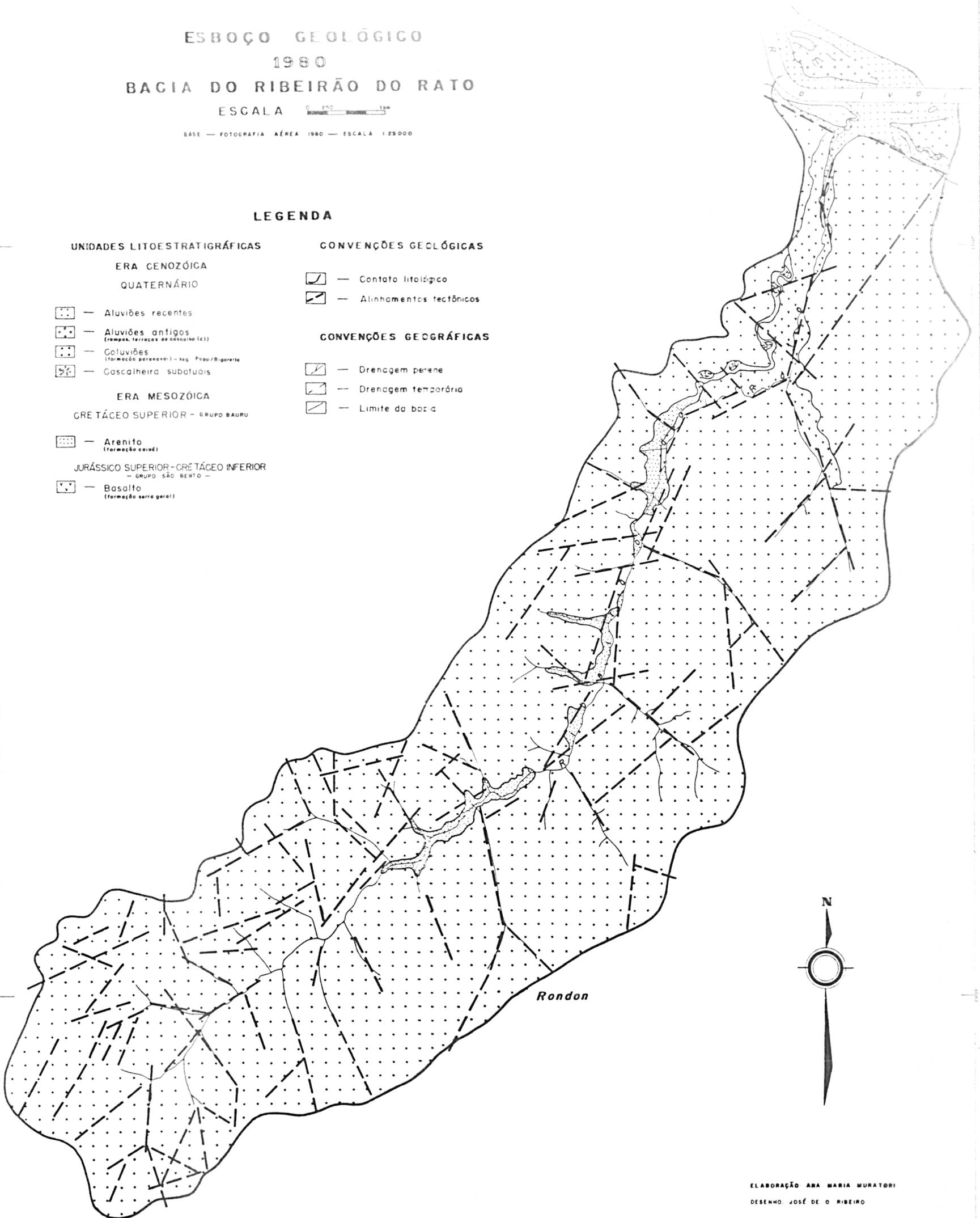
-  — Basalto (formação Serra Geral)

**CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**

-  — Contato litológico
-  — Alinhamentos tectônicos

**CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS**

-  — Drenagem perene
-  — Drenagem temporária
-  — Limite da bacia



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
 DESENHO JOSÉ DE O RIBEIRO

Figura 07

ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO  
1980  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO  
ESCALA 0 250 500

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000

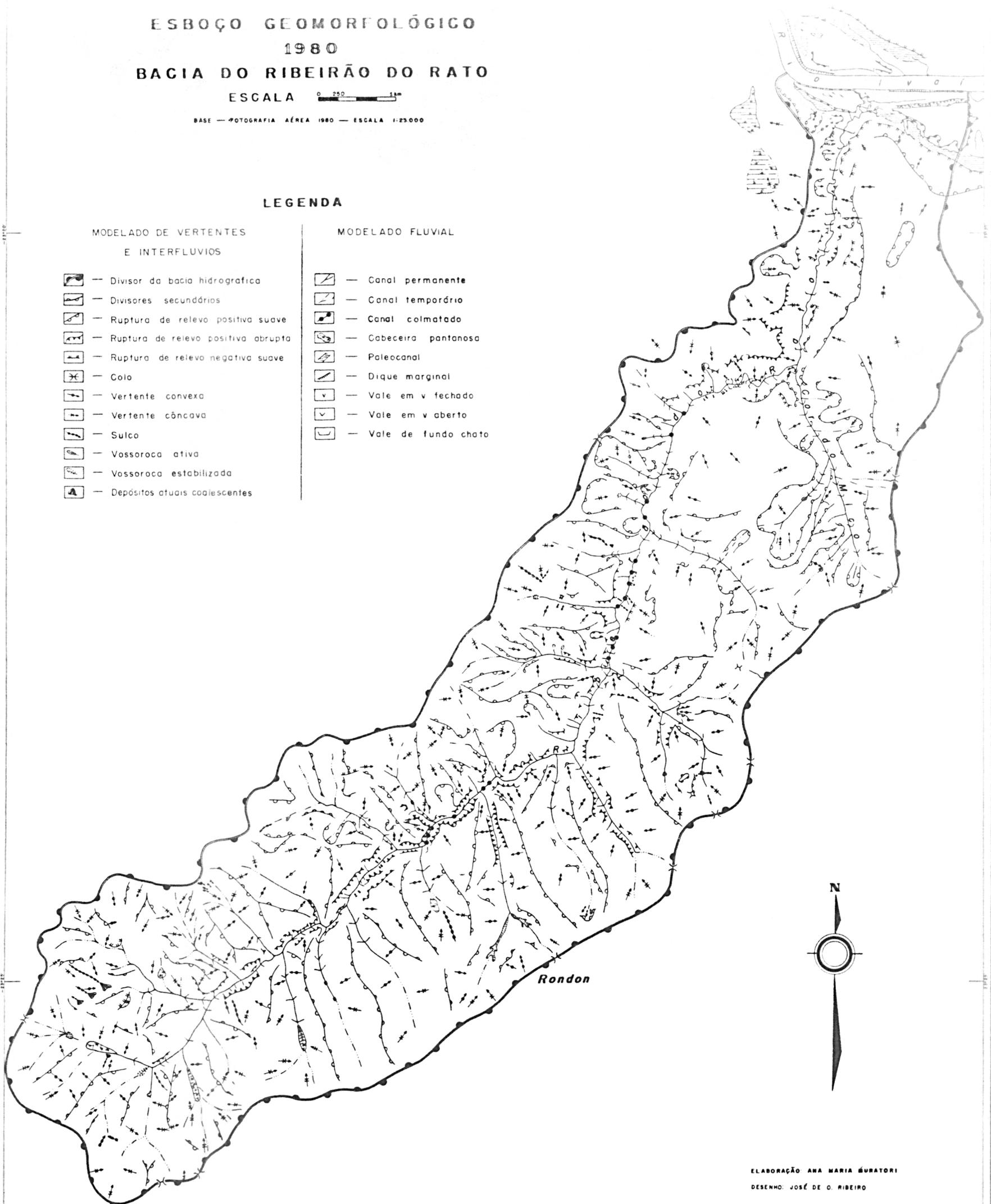
LEGENDA

MODELADO DE VERTENTES  
E INTERFLUVIOS

-  — Divisor da bacia hidrográfica
-  — Divisores secundários
-  — Ruptura de relevo positiva suave
-  — Ruptura de relevo positiva abrupta
-  — Ruptura de relevo negativa suave
-  — Colo
-  — Vertente convexa
-  — Vertente côncava
-  — Sulco
-  — Vossoroca ativa
-  — Vossoroca estabilizada
-  — Depósitos atuais coalescentes

MODELADO FLUVIAL

-  — Canal permanente
-  — Canal temporário
-  — Canal colmatado
-  — Cabeceira pantanosa
-  — Paleocanal
-  — Dique marginal
-  — Vale em v fechado
-  — Vale em v aberto
-  — Vale de fundo chato



ELABORAÇÃO: ANA MARIA MURATORI  
DESENHO: JOSÉ DE O. RIBEIRO

NÍVEIS DE EROSIÃO E / OU SEDIMENTAÇÃO  
1980  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 200 400

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000

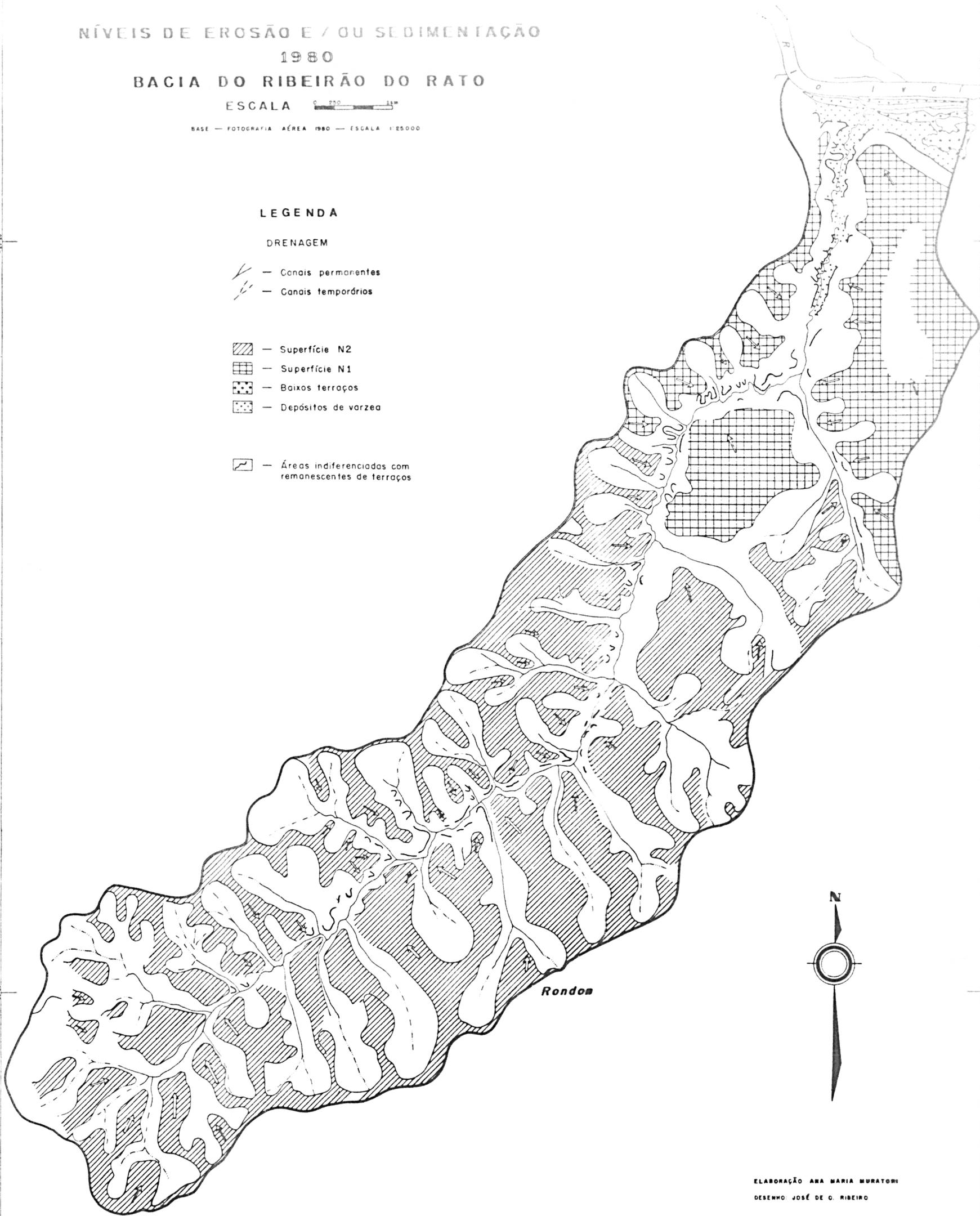
LEGENDA

DRENAGEM

- Canais permanentes
- Canais temporários

- Superfície N2
- Superfície N1
- Baixos terraços
- Depósitos de varzea

- Áreas indiferenciadas com remanescentes de terraços



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

CARTA DE DECLIVIDADE  
1980  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000  
— CARTA TOPOGRÁFICA — ESCALA 1:25000

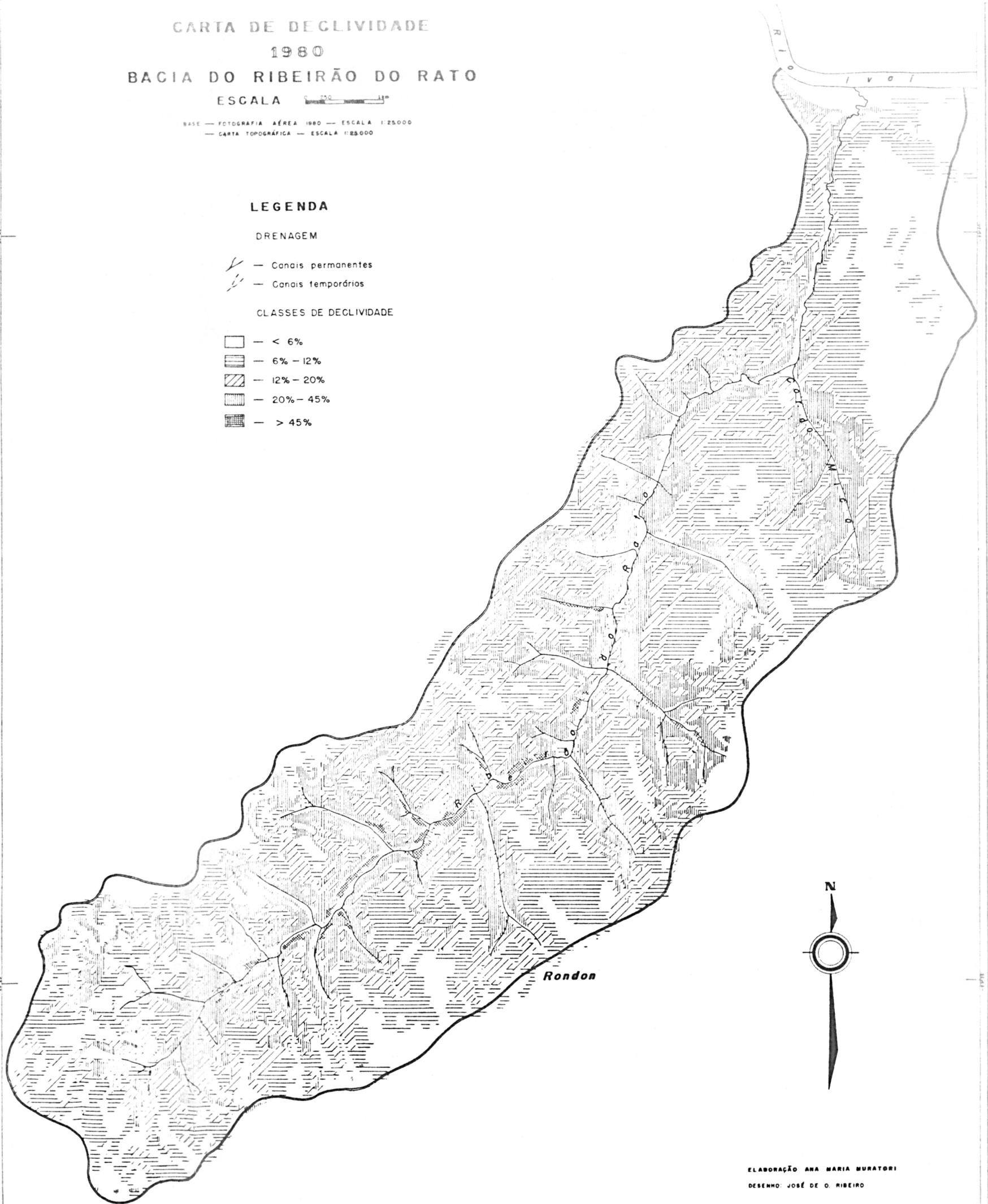
LEGENDA

DRENAGEM

-  — Canais permanentes
-  — Canais temporários

CLASSES DE DECLIVIDADE

-  — < 6%
-  — 6% - 12%
-  — 12% - 20%
-  — 20% - 45%
-  — > 45%



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

Figura 10

ESBOÇO DA VEGETAÇÃO  
1952  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 200 400

BASE - FOTOGRAFIA AÉREA 1952 - ESCALA 1:25.000

LEGENDA

DRENAGEM

-  - Canais permanentes
-  - Canais temporários

VEGETAÇÃO

-  - Mata densa
-  - Mata rala
-  - Área desmatada

CULTURAS

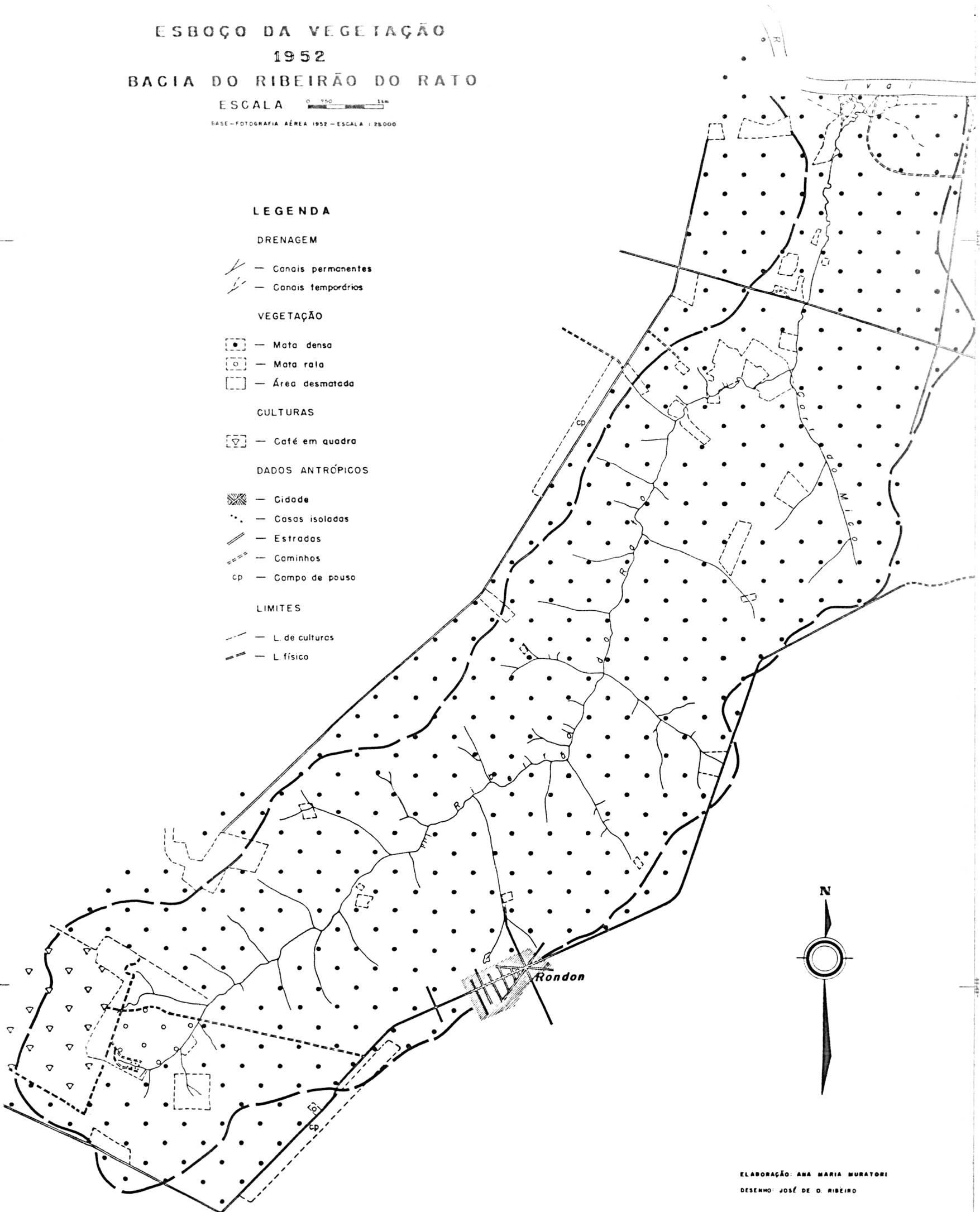
-  - Café em quadra

DADOS ANTRÓPICOS

-  - Cidade
-  - Casas isoladas
-  - Estradas
-  - Caminhos
- cp - Campo de pouso

LIMITES

-  - L. de culturas
-  - L. físico



ELABORAÇÃO: ANA MARIA MURATORI  
DESENHO: JOSÉ DE O. RIBEIRO

Figura 11

ESBOÇO DA VEGETAÇÃO  
1963  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 250 500

BASE - FOTOGRAFIA AÉREA 1963 - ESCALA 1:70.000

LEGENDA

DRENAGEM

-  - Canais permanentes
-  - Canais temporários

VEGETAÇÃO

-  - Mata densa
-  - Mata rala
-  - Área desmatada

CULTURAS

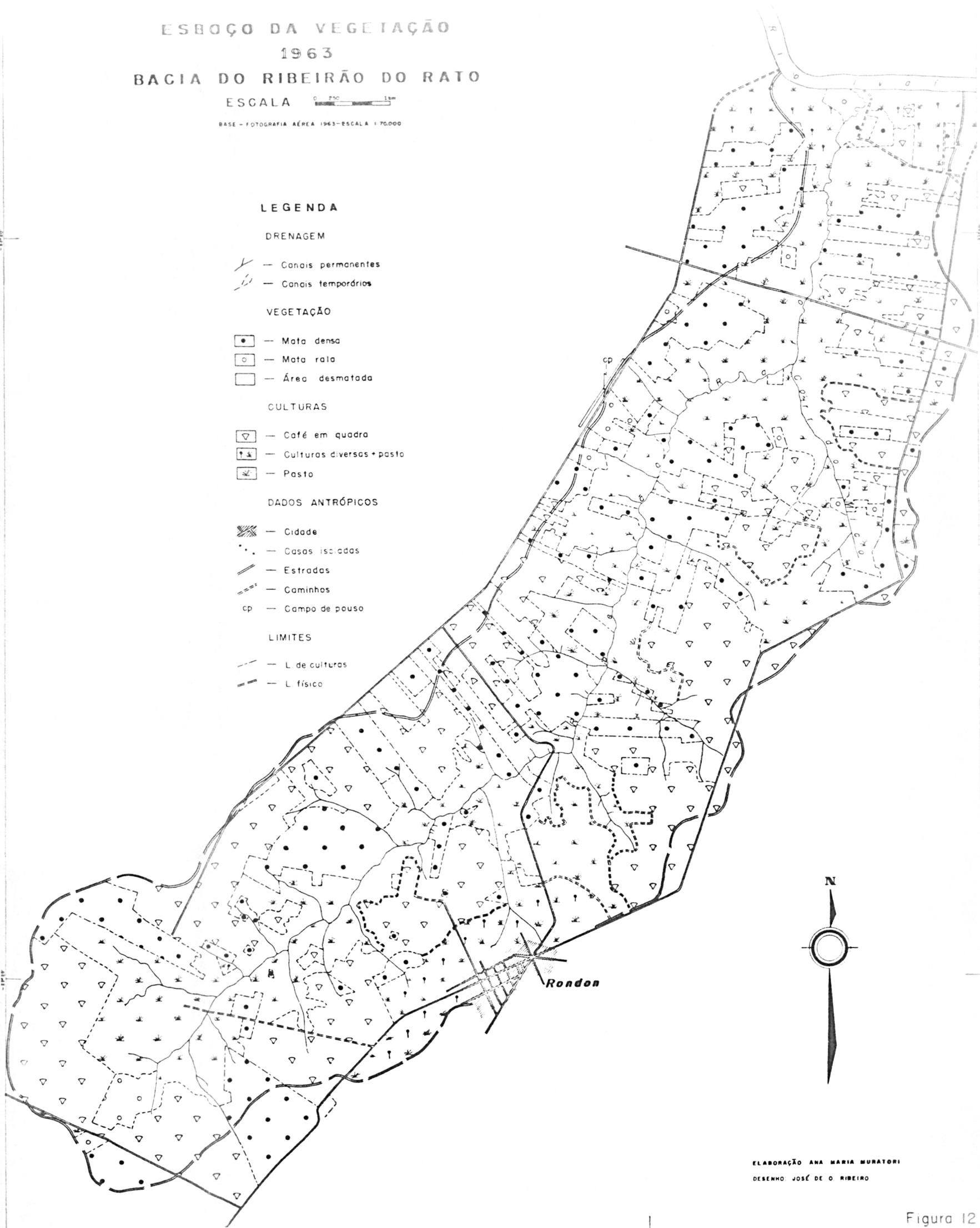
-  - Café em quadra
-  - Culturas diversas + pasto
-  - Pasto

DADOS ANTRÓPICOS

-  - Cidade
-  - Casas isoladas
-  - Estradas
-  - Caminhos
- cp - Campo de pouso

LIMITES

-  - L. de culturas
-  - L. físico



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O RIBEIRO

Figura 12

ESBOÇO DA VEGETAÇÃO  
1970  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 250 500

BASE - FOTOGRAFIA AÉREA 1970 - ESCALA 1:25000

LEGENDA

DRENAGEM

-  - Canais permanentes
-  - Canais temporários

VEGETAÇÃO

-  - Mata densa
-  - Mata rala
-  - Área desmatada

CULTURAS

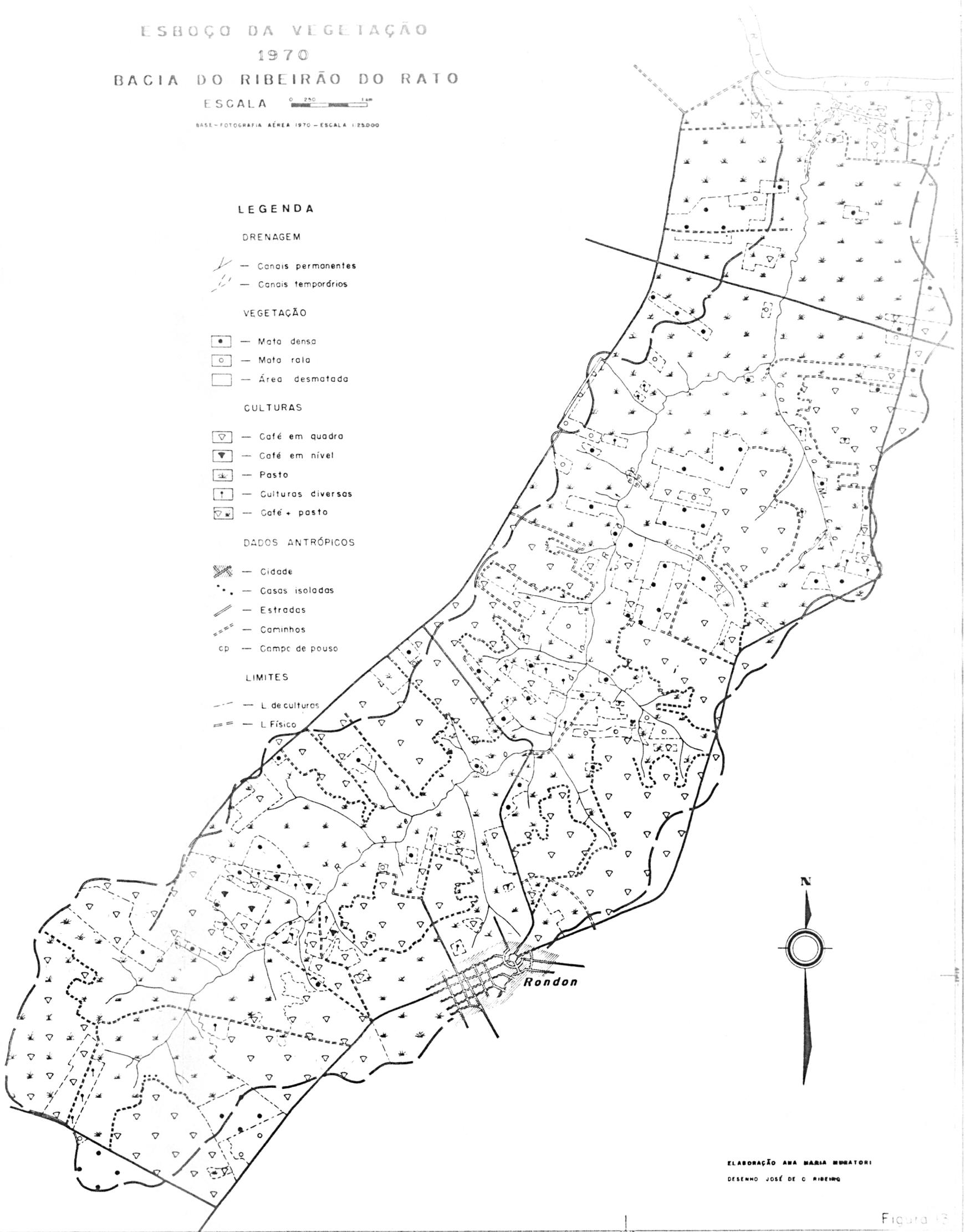
-  - Café em quadra
-  - Café em nível
-  - Pasto
-  - Culturas diversas
-  - Café + pasto

DADOS ANTRÓPICOS

-  - Cidade
-  - Casas isoladas
-  - Estradas
-  - Caminhos
- cp - Campo de pouso

LIMITES

-  - L. de culturas
-  - L. Físico



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE C. RIBEIRO

Figura 13

ESBOÇO DA VEGETAÇÃO  
1974  
BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 

BASE - FOTOGRAFIA AÉREA 1974 - ESCALA 1:25000

LEGENDA

DRENAGEM

-  - Canais permanentes
-  - Canais temporários

VEGETAÇÃO

-  - Mata densa
-  - Mata rala
-  - Área desmatada

CULTURAS

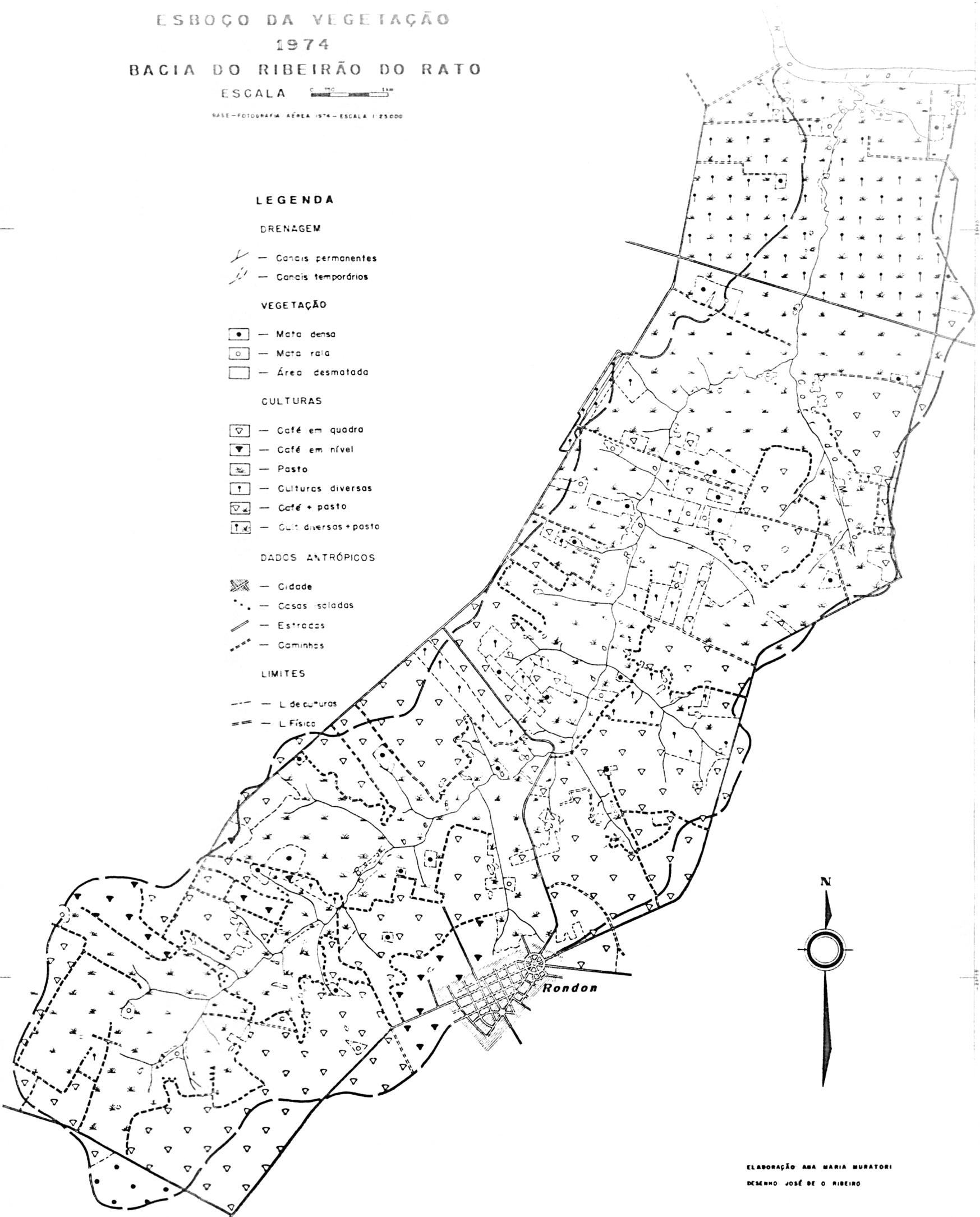
-  - Café em quadro
-  - Café em nível
-  - Pasto
-  - Culturas diversas
-  - Café + pasto
-  - Cult. diversas + pasto

DADOS ANTRÓPICOS

-  - Cidade
-  - Casas isoladas
-  - Estradas
-  - Caminhos

LIMITES

-  - L. de culturas
-  - L. Física



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

# ESBOÇO DA VEGETAÇÃO 1980 BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO

ESCALA 0 750 1500

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25.000

## LEGENDA

### LIMITES

- L. Físico
- L. de culturas

### DRENAGEM

- Canais permanentes
- Canais temporários

### VEGETAÇÃO

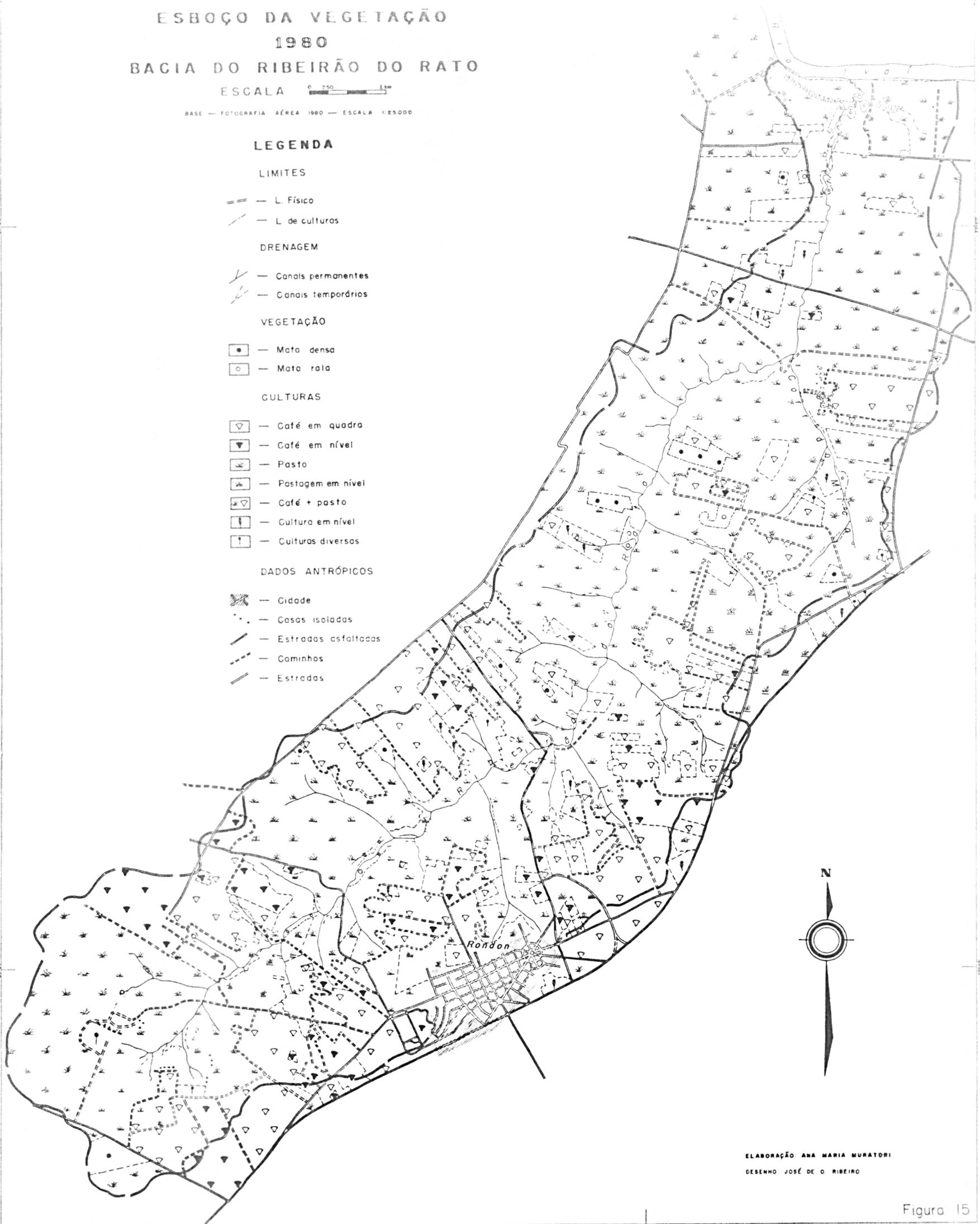
- Mata densa
- Mata rala

### CULTURAS

- Café em quadra
- Café em nível
- Pasto
- Pastagem em nível
- Café + pasto
- Cultura em nível
- Culturas diversas

### DADOS ANTRÓPICOS

- Cidade
- Casas isoladas
- Estradas asfaltadas
- Caminhos
- Estradas



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

**CARTA DE RISCO DE OCUPAÇÃO**  
**1980**  
**BACIA DO RIBEIRÃO DO RATO**

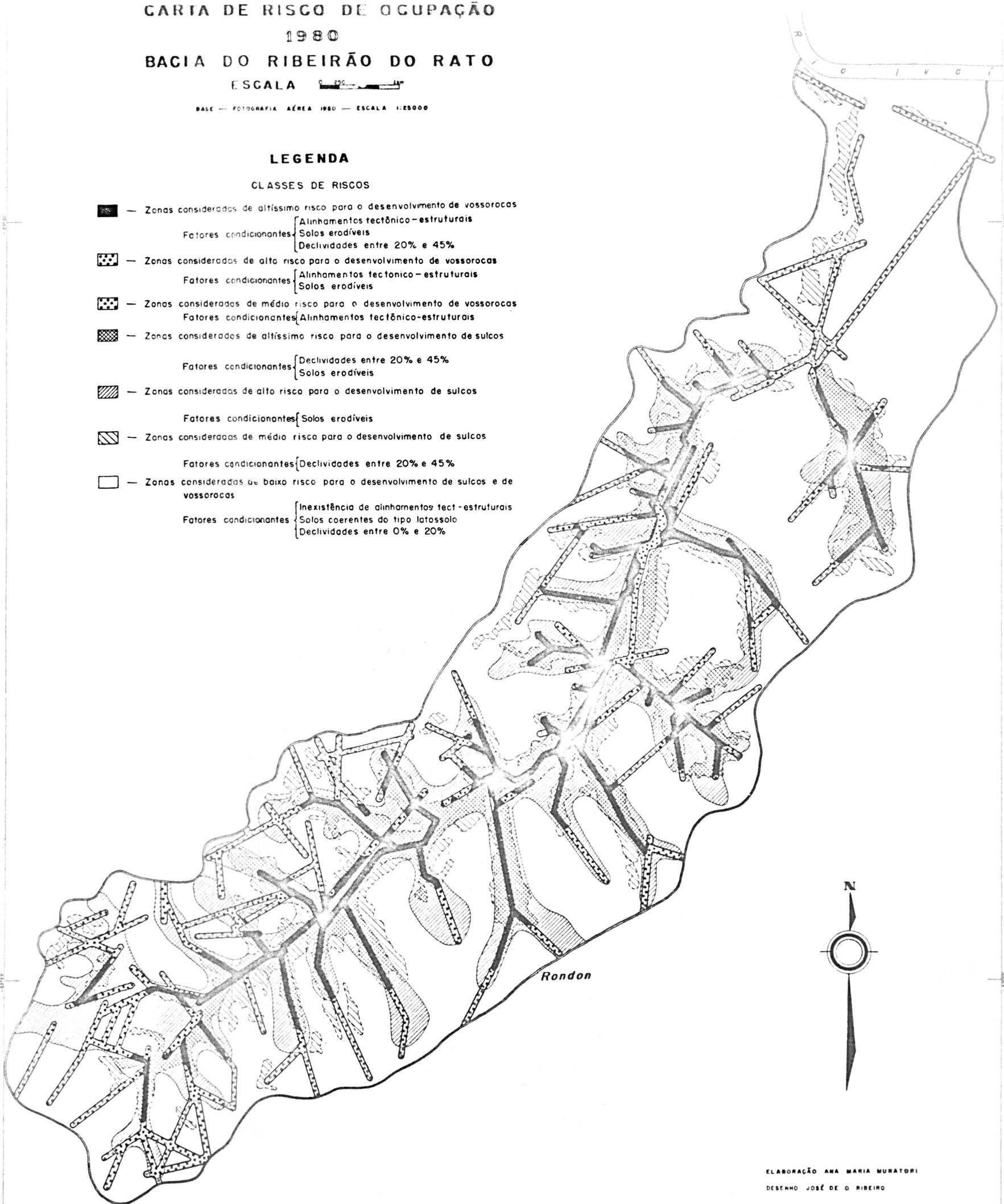
ESCALA 

BASE — FOTOGRAFIA AÉREA 1980 — ESCALA 1:25000

**LEGENDA**

CLASSES DE RISCOS

-  — Zonas consideradas de altíssimo risco para o desenvolvimento de vossorocas  
 Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais  
 Solos erodíveis  
 Declividades entre 20% e 45%
-  — Zonas consideradas de alto risco para o desenvolvimento de vossorocas  
 Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais  
 Solos erodíveis
-  — Zonas consideradas de médio risco para o desenvolvimento de vossorocas  
 Fatores condicionantes: Alinhamentos tectônico-estruturais
-  — Zonas consideradas de altíssimo risco para o desenvolvimento de sulcos  
 Fatores condicionantes: Declividades entre 20% e 45%  
 Solos erodíveis
-  — Zonas consideradas de alto risco para o desenvolvimento de sulcos  
 Fatores condicionantes: Solos erodíveis
-  — Zonas consideradas de médio risco para o desenvolvimento de sulcos  
 Fatores condicionantes: Declividades entre 20% e 45%
-  — Zonas consideradas de baixo risco para o desenvolvimento de sulcos e de vossorocas  
 Fatores condicionantes: Inexistência de alinhamentos tect-estruturais  
 Solos coerentes do tipo latossolo  
 Declividades entre 0% e 20%



ELABORAÇÃO ANA MARIA MURATORI  
 DESENHO JOSÉ DE O. RIBEIRO

Figura 16