

IRACI SCOPEL

AVALIAÇÃO DA EROÇÃO COM AUXÍLIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO  
REMOTO E DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO A NORDESTE  
DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR)

Tese apresentada ao Curso de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Florestal do Setor de Ciên-  
cias Agrárias da Universida-  
de Federal do Paraná, como  
requisito parcial à obtenção  
do Título de Doutor.

CURITIBA


1988


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL


P A R E C E R

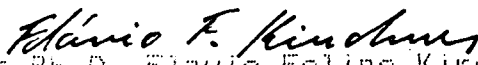
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pelo candidato IRACI SCOPEL, sob o título "AVALIAÇÃO DO RISCO DE EROSIÃO ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO A NORDESTE DE CORNELIO PROCOPIO (PR)." para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

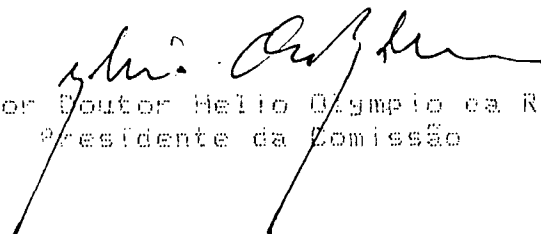
Curitiba, 06 julho de 1988

  
Professor Doutor Gilberto Jose Garcia  
Primeiro Examinador

  
Professor Doutor Pedro Luis Donzelli  
Segundo Examinador

  
Professor Doutor Mario Valerio Filho  
Terceiro Examinador

  
Professor Ph.D. Flavio Felipe Kirchner  
Quarto Examinador

  
Professor Doutor Helio Olympio da Rocha  
Presidente da Comissão



*Pelo amor e incentivo ofereço  
à minha esposa Teresinha,  
aos meus filhos  
Jonas Francisco e Giovani Camilo  
e aos meus pais  
Ângelo e Julieta.*

Agradeço ao Professor Orientador  
Dr. Hélio Olympio da Rocha e aos Profes-  
sores do Comitê de Orientação, Dr. Flávio  
Felipe Kirchner, Dr. Mário Valério Filho,  
Dr. Arthur dos Santos Filho e a todos que  
contribuíram para a execução deste traba-  
lho.

## BIOGRAFIA

IRACI SCOPEL, filho de Ângelo Scopel e de Julieta Maria Chitolina Scopel, nasceu em Colorado, RS, no dia 2 de março de 1949.

Realizou estudos de primeiro e segundo graus em Colorado, RS, no Colégio Nossa Senhora das Graças (1958-1961) e em Erexim, RS (1962-1968), no Seminário Nossa Senhora de Fátima e no Colégio Estadual Prof. Mantovani.

Concluiu Licenciatura de Curta Duração em Ciências Físicas e Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1971 e Licenciatura Plena em Filosofia pela Fundação Universidade de Bagé em 1972.

De 1972 a 1975 realizou estudos para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo, na Escola de Agronomia da UFRGS.

Foi Professor Estadual concursado, no período 1972-1976, lecionando a disciplina de Ciências Físicas e Biológicas no Colégio Polivalente de Viamão, RS.

Obteve o grau de Mestre em Agronomia pela UFRGS em 1977, tendo iniciado o curso em 1976.

Foi Professor Assistente no Departamento de Solos da UFRGS de 1978 a 1982.

Ainda em 1982 e em 1983 trabalhou em firma de planejamento agrícola e exerceu como autônomo as atividades de agricultor.

Iniciou o Doutorado em 1985 no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), tendo concluído os créditos das disciplinas exigidas em 1986.

Atualmente exerce as atividades de Professor Adjunto no Departamento de Solos da UFPR, tendo ingressado nesta Instituição em 1983.

## S U M Á R I O

	<u>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</u> .....	x
	<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u> .....	xi
	<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	xiv
	<u>RESUMO</u> .....	xvi
1	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	01
2	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u> .....	05
2.1	CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO, NO ESTUDO DA EROSIÃO DO SOLO .....	06
2.2	CONCEITOS BÁSICOS RELATIVOS À EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO E A SEUS FATORES .....	11
2.2.1	Limite de tolerância de perdas de solo .....	14
2.2.2	Erosividade da chuva (fator R) .....	15
2.2.3	Erodibilidade do solo (fator K) .....	17
2.2.4	Fator topográfico (LS) .....	19
2.2.5	Uso e manejo do solo (fator C) .....	20
2.2.6	Práticas conservacionistas (fator P) .....	22
2.2.7	Estimativa da quantidade de sedimentos provenientes da erosão .....	23
2.3	ESTIMATIVA DAS PERDAS DE SOLO POR EROSIÃO ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO .....	25

2.4	UTILIZAÇÃO DE DADOS DOS SENSORES ORBITAIS COMO AUXILIARES NA PREVISÃO DE PERDAS DE SOLO .....	29
3	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> .....	33
3.1	DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA .....	33
3.1.1	Situação geográfica .....	33
3.1.2	Geologia e relevo .....	33
3.1.3	Clima .....	35
3.1.4	Solos .....	36
3.1.5	Vegetação primária .....	38
3.1.6	Exploração agrosilvopastoril .....	39
3.2	MATERIAIS .....	40
3.2.1	Fotografias aéreas .....	40
3.2.2	Composições coloridas TM/LANDSAT .....	41
3.2.3	Documentação cartográfica .....	46
3.2.4	Equipamentos .....	46
3.3	MÉTODOS .....	47
3.3.1	Interpretação das fotografias aéreas .....	47
3.3.2	Interpretação das composições coloridas TM/LANDSAT.	47
3.3.3	Diagnóstico da erosão laminar e em sulcos .....	48
3.3.4	Avaliação dos parâmetros da Equação Universal de Perdas de Solo .....	49
3.3.4.1	Fator erosividade da chuva .....	49
3.3.4.2	Fator erodibilidade do solo .....	50
3.3.4.3	Fator topográfico .....	50
3.3.4.4	Fator uso e manejo do solo .....	54
3.3.4.5	Fator Práticas conservacionistas.....	55
3.3.5	Limite de tolerância de perdas de solo.....	57



3.3.6	Cálculo dos índices de erosão e classificação dos índices de perdas de solo .....	57
3.3.6.1	Cálculo do potencial natural de erosão....	57
3.3.6.2	Cálculo do índice de erosão real para as diversas épocas .....	58
3.3.6.3	Grau de adequação do uso da terra nas diversas épocas .....	58
3.3.6.4	Classificação de HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , modificada ,.....	59
3.3.7	Aspectos complementares do diagnóstico da erosão laminar e em sulcos .....	60
3.3.7.1	Distribuição espacial das classes de solo...	60
3.3.7.2	Identificação e avaliação da erosão em sulcos .....	61
3.3.7.3	Índice indicativo da quantidade de sedimentos depositados na várzea .....	62
3.3.8	Trabalho de campo .....	62
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	64
4.1	AVALIAÇÃO DOS FATORES DA USLE QUE DETERMINAM O POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROSÃO LAMINAR E EM SUCOS .....	64
4.1.1	Erosividade da chuva .....	64
4.1.2	Erodibilidade do solo .....	66
4.1.3	Fator topográfico .....	70
4.2	POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROSÃO LAMINAR E EM SUCOS .....	74
4.3	UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DOS FATORES USO-MANEJO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS DA USLE .....	79

4.3.1	Grau de discrepância no uso da terra .....	85
4.3.2	Classificação das terras conforme o risco de erosão .....	95
4.4	ASPECTOS COMPLEMENTARES RELATIVOS À EROSÃO, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO..	106
4.5	A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DIAGNOSTICAR A EROSÃO DO SOLO .....	114
5	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u> .....	116
5.1	CONCLUSÕES .....	116
5.2	RECOMENDAÇÕES .....	118
	<u>SUMMARY</u> .....	120
	<u>ANEXOS</u> .....	121
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	142

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

c	-	Comprimento de rampa em metros
C	-	Fator da USLE: uso-manejo do solo
CCTs	-	Fitas compatíveis com computador
d	-	Declividade em percentagem
DN	-	Discrepância negativa
DP	-	Discrepância positiva
IPAS	-	Índice de perdas acumuladas de solo
IPS	-	Índice de perdas de solo
K	-	Fator da USLE: erodibilidade do solo
L	-	Fator da USLE: comprimento de rampa
LR	-	Latossolo Roxo
LRd	-	Latossolo Roxo distrófico
LRe	-	Latossolo Roxo eutrófico
MSS	-	Sensor orbital: varredor multiespectral
P	-	Fator da USLE: práticas conservacionistas
PN	-	Potencial natural de erosão ou índice de erosão potencial
R	-	Fator da USLE: erosividade da chuva
S	-	Fator da USLE: declividade da rampa
TM	-	Sensor orbital: Thematic Mapper
TRE	-	Terra Roxa Estruturada eutrófica
USLE	-	Equação Universal de Perdas de Solo
UTM	-	Projeção Universal Transversa de Mercator

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURA

1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	34
2	COMPOSIÇÃO COLORIDA TM 7B 5G 4R DO LANDSAT 5 .....	45
3	VALORES MÉDIOS ANUAIS DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DA CHUVA DO ESTADO DO PARANÁ. SEGUNDA APROXIMAÇÃO.....	65
4	VALORES MÉDIOS ANUAIS DO ÍNDICE DE EROSÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO .....	67
5	MAPA DE SOLOS .....	69
6	AUMENTO PERCENTUAL DO NÚMERO DE PONTOS AMOSTRAIS COM REDUÇÃO NO COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL ( $c$ POTENCIAL) EM FUNÇÃO DO USO-MANEJO DO SOLO, DETECTADO NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS E COMPOSIÇÕES COLORIDAS TM ANALISADAS .....	73
7	POTENCIAL NATURAL (PN) À EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS, EXPRESSA PELOS FATORES R.K.LS DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO .....	75
8	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS AMOSTRAIS E ÍNDICES DO POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROSÃO ( $PN = t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ). REDE DE DRENAGEM OBTIDA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS EM 1980 .....	76

FIGURA

9	NÚMERO TOTAL DE PONTOS AMOSTRAIS POR CLASSE DE EROÇÃO POTENCIAL (PN) .....	78
10	MUDANÇAS NO USO DA TERRA NO PERÍODO 1953-1985...	81
11	FOTOGRAFIAS AÉREAS (I-1953 E II-1962) MOSTRANDO RESTOS DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA DERRUBADA DA FLORESTA .....	84
12	ÍNDICES DAS PERDAS ACUMULADAS DE SOLO EM CADA UM DOS PERÍODOS ESTUDADOS .....	86
13	VARIAÇÃO DAS DISCREPÂNCIAS POSITIVAS (DP) E DISCREPÂNCIAS NEGATIVAS (DN) NAS DIVERSAS ÉPOCAS EM FUNÇÃO DO USO-MANEJO DO SOLO E DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS .....	88
14	ÍNDICES MÉDIOS DE EROÇÃO EM 1985, NAS CLASSES DE EROÇÃO POTENCIAL (PN) .....	93
15	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS CONFORME O RISCO DE EROÇÃO LAMINAR E EM SULCOS .....	101
16	PORCENTAGEM DA ÁREA UTILIZADA DENTRO DE LIMITES TOLERÁVEIS DE PERDAS DE SOLO .....	102
17	FREQÜÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DAS DECLIVIDADES DOS 144 PONTOS AMOSTRAIS DA ÁREA DE ESTUDO .....	105
18	ÍNDICE DE PERDAS ACUMULADAS DE SOLO DURANTE O PERÍODO DE TRINTA E DOIS ANOS .....	107

FIGURA

19	EFEITOS DO SOLO, USO DA TERRA E DO TERRACEAMEN- TO NA OCORRÊNCIA DE SULCOS DE EROSÃO EM 1980....	109
20	ESBOÇO DA DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS, INTERPRETADA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 1980 .....	110
21	SULCOS DE EROSÃO, INTERPRETADOS NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 1980 .....	111
22	RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE DECLIVE E A OCORRÊNCIA DE SULCOS DE EROSÃO JUNTO AOS PONTOS AMOSTRAIS, NAS ÁREAS DE CULTURAS ANUAIS .....	112

## LISTA DE TABELAS

### TABELA

1	CARACTERÍSTICAS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PANCROMÁTICAS ANALISADAS .....	42
2	DISTRIBUIÇÃO DOS CANAIS DO "THEMATIC MAPPER" (TM) E PRINCIPAIS APLICAÇÕES .....	43
3	CARACTERÍSTICAS DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS TM/LANDSAT, ANALISADAS .....	44
4	CATEGORIAS DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS E VALORES CORRESPONDENTES DE <u>C</u> E <u>P</u> .....	56
5	NÚMERO DE PONTOS AMOSTRAIS POR CLASSE DE DECLIVE E COMPRIMENTO DE RAMPA (c) E "c" MODAL .....	71
6	ALTERAÇÕES NO USO DA TERRA NO PERÍODO 1953-1985....	80
7	DISTRIBUIÇÃO EM ÁREA DAS DISCREPÂNCIAS POSITIVAS (DP) E NEGATIVAS (DN), NAS DIVERSAS ÉPOCAS .....	87
8	PRINCIPAIS RELAÇÕES ENTRE POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO LAMINAR E EM SULCOS (PN), HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS E GRAU DE DISCREPÂNCIA NEGATIVA (DN) OU POSITIVA (DP) ENTRE A OCUPAÇÃO REAL E A TOLERÁVEL	91

TABELA

9	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1953, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , MODIFICADA .....	96
10	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1962, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , MODIFICADA .....	97
11	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1970, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , MODIFICADA .....	98
12	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1980, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , MODIFICADA .....	99
13	CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1985, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS <sup>59</sup> , MODIFICADA .....	100



## RESUMO

Através de dados de fotografias aéreas pancromáticas multi-temporais de 1953, 1962, 1970 e 1980, de composições coloridas TM/LANDSAT de 1985 e da utilização da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) foi feito o diagnóstico do risco de erosão laminar e em sulcos, bem como, a avaliação da erosão pretérita em área de 144 km<sup>2</sup>, situada nos municípios de Cornélio Procópio e Santa Mariana no nordeste do Paraná. Utilizando-se malha de 1 km<sup>2</sup> com a amostragem feita na intersecção das coordenadas UTM's inteiras, estimou-se o potencial natural de erosão laminar e em sulcos (PN), considerando-se apenas os fatores naturais do meio físico, representados pelos parâmetros erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento (L) e grau do declive (S) da USLE. Analisou-se, através dos fatores uso-manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P), o histórico de ocupação da área e os efeitos nos índices de perdas de solo. Nas condições de estudo, metodologia e nível de detalhamento regional empregados chegou-se, entre outros, aos seguintes resultados e conclusões: a) os fatores antrópicos foram os principais responsáveis pelos altos índices de erosão que ocorreram na área; b) foi possível localizar-se áreas com índices de perdas de solo acima da tolerância; c) o sistema convencional de manejo do solo e as práticas conservacionistas, nas condições em que foram executadas apresentaram-se inadequadas; d) as composições coloridas TM, as fotografias aéreas e a USLE foram adequadas para o diagnóstico do risco de erosão laminar e em sulcos; e) as áreas com PN maior do que 400 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> apresentaram alto risco de erosão do solo; f) o uso de informações a partir de composições coloridas TM, de fotografias aéreas e apoio de campo permitiram acompanhar a dinâmica de uso do solo e, conseqüentemente, o risco de erosão antrópica.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a aplicação de técnicas conservacionistas e de uso adequado do solo tem contribuído para controlar a erosão em muitas áreas agrícolas, florestais, pastoris, de preservação e de mineração. Contudo, a erosão e a sedimentação constituem ainda grandes problemas em muitas regiões eminentemente agrícolas do Brasil como também em áreas localizadas em outros países, considerados desenvolvidos. Deve-se isto, em parte, à relutância do agricultor em adotar voluntariamente técnicas de uso - manejo do solo indicadas, bem como, práticas de controle da erosão.

Dentre os muitos obstáculos que o agricultor sente para adotar esta tecnologia mais adequada, um dos maiores é a deficiente avaliação econômica no sentido de indicar os prejuízos reais pelas perdas de solo.

A intensificação do uso da terra através de culturas anuais, substituindo florestas e pastagens, a queima dos restos culturais, o uso de máquinas cada vez maiores e com mais frequência e o preparo do solo em condições inadequadas de umidade aumentam o risco de erosão e tornam algumas práticas de controle da erosão, antes efetivas, hoje, um tanto quanto precárias. Apesar disso, constata-se que, em geral, nos últimos anos houve aumento na produtividade agrícola do solo, principalmente pelo uso crescente de fertilizantes e insuros. Este fato esconde sutilmente

os problemas causados pela erosão e sedimentação no tocante, por exemplo, à perda da fertilidade natural do solo; ao assoreamento causado em canais de drenagem, rios, reservatórios, lagos, barragens, açudes e portos; à alteração da vida aquática e à diminuição do valor d'água para o uso recreativo e urbano, não só pela presença de partículas minerais e orgânicas do solo mas também por produtos químicos transportados.

Como existe hoje um crescente interesse no controle da qualidade da água, isto proporciona nova dimensão ao controle da erosão e à sua avaliação.

Desde os esforços de MUSGRAVE<sup>98</sup>, muito empenho tem sido feito no sentido de desenvolver modelos para prever perdas de solo e quantidade de sedimentos, incluindo aqueles mais conhecidos pelas suas siglas em inglês, como: USLE (Universal Soil Loss Equation); CREAMS (Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems); SPUR (Simulation of Production and Utilization of Rangelands); EPIC (Erosion - Productivity Impact Calculator); SWRRB (Simulation for Water Resources in Rural Basins) e ANSWERS (Areal Nonpoint - Source Watershed Environment Response Simulation (PELLETIER<sup>105</sup>)).

Resultados destes modelos podem ser usados direta ou indiretamente para prever e monitorar possíveis problemas com a qualidade da água, originados por fontes não específicas de sedimentos.

Os modelos citados variam em características e extensão tendo em vista os objetivos para os quais foram elaborados. A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) tem sido modificada para possibilitar usos bastante diversos como, por exemplo, para avaliação do risco de erosão em grandes áreas, enquanto os demais

modelos quase sempre visam a previsão de perdas de solo e água em parcelas agrícolas. Além disso, o uso da USLE associada a dados obtidos por sensoriamento remoto é mais comum do que com outros modelos sendo que para estes praticamente inexistem dados básicos de pesquisa no Brasil. No presente trabalho, a USLE será utilizada no sentido de se obter uma estimativa mais objetiva da erosão e para propiciar a avaliação em termos de índices ou classes de perdas de solo.

Para fornecer dados necessários a este modelo, produtos fotográficos obtidos pelos sensores remotos que operam a bordo de aviões ou satélites oferecem grandes possibilidades. A contribuição para a identificação e o mapeamento da cobertura vegetal do solo é talvez uma das mais úteis informações fornecidas pelo sensoriamento remoto. Corpos de água, áreas urbanas, florestais, áreas de cultivo, solo descoberto ou rochas, geralmente podem ser diferenciadas; espécies vegetais freqüentemente podem ser separadas; propriedades da superfície do solo podem ser distinguidas; e a porcentagem de cobertura vegetal ou de restevias deixadas ou colocadas na superfície do solo podem, até certo nível, serem estimadas.

As características espectrais, espaciais e temporais dos produtos de sensoriamento remoto indicam a versatilidade para obtenção de informações úteis aos modelos que exigem um conhecimento do uso da terra, cobertura do solo e até previsão das perdas de solo e quantidade de sedimentos.

Pretendeu-se, como objetivos principais, verificar a viabilidade de utilizar fotografias aéreas e composições coloridas TM/LANDSAT, para identificar, a nível regional, a erosão hídrica do solo na área de estudo, estimar o potencial natural à erosão

laminar e em sulcos, considerando os fatores da USLE (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>) e ainda, baseado nos aspectos anteriores, avaliar o grau de expectativa de ocorrência de erosão laminar e em sulcos na área de estudo. Considerou-se na USLE dois grupos de fatores, sendo um com características naturais e outro de natureza antrópica. O primeiro grupo foi constituído pela erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, declividade e comprimento de rampa, resultando disto o potencial natural de erosão laminar e em sulcos. Ao segundo grupo associou-se, além dos fatores do primeiro agrupamento, a ocupação histórica e atual das terras nos seus aspectos de uso, manejo e práticas conservacionistas, definindo como resultado os graus de expectativa de ocorrência da erosão laminar e em sulcos.

Além disso, dentro do objetivo mais geral de diagnosticar o processo erosivo, relacionou-se a erosão em sulcos aos sistemas de uso e manejo do solo, às práticas conservacionistas e às classes de solo mapeadas.

Selecionou-se para isso uma área que compõe, em sua maior parte, as bacias do Ribeirão do Veado e do rio Taquaraçu no Nordeste do Paraná, intensivamente utilizada hoje com culturas anuais, basicamente de trigo e soja, e que antes fora ocupada por mata e café.

Através da identificação temporal e espacial de áreas degradadas pela erosão acelerada do solo, buscou-se indicar áreas de maior risco de erosão pelas consequências do histórico de ocupação da área e inadequação do uso e manejo do solo atuais. Os valores numéricos apresentados não pretendem ser estimativas absolutas e reais de perdas de solo, mas antes índices indicativos de classes do risco relativo de erosão.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A análise da erosão do solo através de técnicas de sensoriamento remoto iniciou na década de 1950 com os trabalhos de BURINGH<sup>21</sup>, FROST<sup>52</sup> e LUEDER<sup>77</sup>, identificando marcas de erosão em fotografias aéreas e utilizando-as como um elemento auxiliar de interpretação. A erosão como elemento central surgiu mais tarde nas investigações como resultado, em parte, da melhoria dos produtos de sensoriamento remoto, da necessidade de solucionar problemas de erosão face ao uso intensivo do solo e do maior número de pesquisadores ligados a esta área.

Destacam-se, nos trabalhos que abordam a erosão hídrica como elemento central de estudo nas fotografias aéreas, a orientação mais tradicional, por alguns chamada de geomorfológica (BERGSMA<sup>9-11</sup>; DANIELS *et alii*<sup>35</sup>; QUEIROZ NETO<sup>110</sup>; WILLIAMS & MORGAN<sup>140</sup>) e o enfoque no sentido de quantificar as perdas de solo, relacionado principalmente à Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) (BRINK *et alii*<sup>19</sup>; MORGAN *et alii*<sup>92,95</sup>).

Na primeira parte desta revisão são apresentadas pesquisas em erosão, através de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando geralmente uma orientação mais tradicional. Na segunda parte, são comentados os trabalhos mais diretamente ligados a esta pesquisa, motivando por isso uma revisão com ênfase nos conceitos básicos que constituem o modelo utilizado, ou seja, a USLE. Além disso, nesta revisão focalizaram-se alguns

trabalhos relativos à quantificação de sedimentos provenientes da erosão e outros que tratam de relações entre evolução da rede de drenagem e erosão.

## 2.1 CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS SOBRE A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DA EROSÃO DO SOLO

Desde LUEDER<sup>77</sup>, em 1959, muitos pesquisadores tem-se preocupado em avaliar os prejuízos causados ao meio ambiente pela erosão do solo. Tanto no Brasil como em outros países a avaliação, embora parcial, dos danos causados pela erosão demonstra serem de grande monta como indicam os trabalhos de DUMANSKI *et alii*<sup>39</sup>; GIANLUPPI *et alii*<sup>54</sup>; LAFLEN & MOLDENHAUER<sup>69</sup>; PIMENTEL *et alii*<sup>107</sup>; WUNSCHÉ *et alii*<sup>149</sup>.

No intuito de melhor caracterizar os impactos provocados pela erosão do solo, pesquisadores como BERGSMA<sup>7-11</sup> e MORGAN<sup>97</sup> tem utilizado técnicas de sensoriamento remoto e uma metodologia dentro de características mais tradicionais. Neste sentido BERGSMA<sup>7,8,12</sup>, em estudos realizados na Holanda e na Espanha, analisou, através de fotografias aéreas, feições da erosão e as relacionou com características das vertentes em que ocorreram, posição, classe de solo e uso da terra, buscando diagnosticar e planejar de forma conservacionista o uso da terra.

WILLIAMS & MORGAN<sup>140</sup> propuseram uma metodologia essencialmente adaptada à linha geomorfológica, contemplando aspectos referentes ao padrão das curvas de nível, à altitude, ao comprimento das pendentes, à declividade, às linhas de cristas, ao sistema de drenagem e às características específicas diretamente relacionadas à erosão. MORGAN<sup>97</sup> definiu critérios para uma abordagem em diferentes níveis de generalização, contemplando

desta forma trabalhos que pudessem ser executados em áreas com tamanhos diferentes, condições de acesso adversas, e precariedade de dados básicos e de fontes de informação. Nesta direção podem-se também enquadrar os trabalhos realizados por KEECH<sup>64</sup> e por STOCKING<sup>132</sup>.

STEPHENS *et alii*<sup>128</sup>, em estudo realizado no Canadá, concluíram que a avaliação da erosão e das condições da bacia hidrográfica é efetuada de forma mais rápida e econômica, e com maior precisão, através de fotografias aéreas do que somente com trabalhos de campo. Além disso, elas apresentam a vantagem de fornecer um registro permanente das informações para referências futuras.

As características da erosão relacionadas a elementos do relevo foram enfatizada nos trabalhos de RAO<sup>111</sup> e de STOCKING<sup>132</sup> realizados, respectivamente, em pequena bacia hidrográfica no Sul da Itália e na Rodésia.

Com outro enfoque, FRAZIER & McCOOL<sup>50</sup> e FRAZIER *et alii*<sup>51</sup> estudaram com detalhes as características da erosão em sulcos por meio de aerofotos de grande escala.

No Brasil, a importância da utilização das fotografias aéreas no estudo da erosão foi inicialmente demonstrada por GROSS BRAUN<sup>57</sup>, dentro de um enfoque geomorfológico, evidenciando além da influência de aspectos naturais, aqueles relativos à ação antrópica.

COELHO<sup>31</sup> e MARQUES<sup>83</sup> mostraram resultados nos quais a erosão participa como um dos indicadores para estabelecimento de classes de capacidade de uso da terra, enquanto AMARAL & AUDI<sup>2</sup> e ESPINDOLA & GARCIA<sup>43</sup> utilizaram-se de dados sobre erosão como elemento para caracterização do solo.



PINTO<sup>109</sup> destacou a importância das fotografias aéreas para identificar e quantificar formas lineares de erosão do solo, através de trabalho na bacia do Ribeirão Anhumas, no sudoeste do Estado de São Paulo, com predominância de Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa\*. Utilizando produtos fotográficos de duas épocas para analisar as variações de frequência da erosão linear, o autor demonstrou a importância de elementos do relevo e ação antrópica como fatores que afetam o processo erosivo.

No Estado do Paraná, KRONEM & ROCHA<sup>68</sup> e ROCHA *et alii*<sup>113</sup> analisaram os danos causados por erosão, através de fotografias aéreas de diferentes épocas e controle parcial de campo. Os resultados mostraram a utilidade das fotografias aéreas para visualizar focos de maior incidência de erosão e estabelecer relações com classes de solo, uso agrícola e morfologia geral do terreno.

As imagens orbitais na forma analógica ou digital constituíram-se em produtos de sensoriamento remoto com potencial de utilização em estudos de erosão do solo, apesar das características de resolução espacial destes produtos, em torno de 80 x 80 m para as imagens do sensor MSS e de 30 x 30 m para os produtos do sensor TM (PINTO<sup>108</sup>).

Por outro lado, os produtos gerados pelo sistema LANDSAT apresentaram versatilidade por fornecerem visão sinóptica de uma área, dados multiespectrais, bem como repetitividade de informações em curto espaço de tempo. Desta forma foi possível conforme SAUSEN<sup>121</sup>, por exemplo, acompanhar o deslocamento de sedimento em suspensão em corpos d'água, a dinâmica da variação

\* Na Classificação brasileira atual denomina-se Latossolo Vermelho-Escuro textura média.

da cobertura vegetal/uso da terra e, com tratamentos específicos, o próprio desenvolvimento da rede de drenagem.

Ainda em áreas tropicais e utilizando produtos MSS/LANDSAT pode-se citar os trabalhos desenvolvidos por PACHECO<sup>103</sup> no Marrocos, e por SAUSEN<sup>121</sup> na região de Três Marias (MG). Esta pesquisadora identificou áreas potenciais para a erosão do solo, associando a variação da densidade de cobertura vegetal/uso da terra, obtidos a partir de imagens MSS, aos parâmetros de relevo, obtidos através de outros documentos cartográficos.

As imagens orbitais TM/LANDSAT em conjunto com fotografias aéreas também foram eficientes para o levantamento do uso da terra e no apoio à avaliação da erosão por sulcos na região de Foz do Iguaçu, Estado do Paraná (ROCHA *et alii*<sup>115</sup>).

Vários autores, entre os quais HORTON<sup>61</sup> e LUEDER<sup>77</sup> sugeriram relações entre características ligadas à erosão e o grau de desenvolvimento da rede de drenagem, estudada em fotografias aéreas.

Desta forma, conforme demonstraram alguns pesquisadores (LUEDER<sup>77</sup>; STRAHLER<sup>133</sup> e ZINKE<sup>150</sup>), estudos que relacionam o desenvolvimento das redes de drenagem com os materiais subjacentes, rochas e solos, podem conduzir a indicações sobre características do terreno tais como: permeabilidade, resistência à erosão, relação infiltração/deflúvio, espessura do manto de intemperismo, origem da rocha subjacente e relevo.

Segundo HORTON<sup>61</sup>, o desenvolvimento de bacias hidrográficas e de suas bacias de drenagem deve ser discutido em termos de infiltração, deflúvio e erosão em terrenos recentemente expostos. Admite, porém, que pode haver interferência de estruturas ou distúrbios geológicos, posteriormente. Para este pesquisador,

além da precipitação pluvial e do relevo, dois fatores, responsáveis pela gênese de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, são importantes nos processos de erosão hídrica: a resistência do solo à erosão e a sua capacidade de infiltração.

FRANÇA<sup>48</sup> concorda com as observações de LUEDER<sup>77</sup> e outros autores sobre a importância da capacidade de infiltração, resistência do solo à erosão e relação infiltração/deflúvio, na formação e no desenvolvimento das redes de drenagem, porém considera que é necessário definir precisamente as características dos materiais pedológicos para que as conclusões não sejam de caráter geral.

PARR & BERTRAND<sup>104</sup> observaram que a velocidade de infiltração da água no solo é governada principalmente pelas condições de superfície e cobertura do solo e pelas características internas do corpo do solo.

Conforme ANGULO FILHO<sup>3</sup>, a natureza e propriedade dos solos, a vegetação e o uso da terra são importantes condicionadores de mudanças nas características da rede de drenagem. Neste sentido, LOMBARDI NETO & BERTONI<sup>74</sup> concluíram que, geralmente, os Latossolos são mais resistentes à erosão do que os Solos Podzólicos e que para estes, à medida que aumenta o gradiente textural entre os horizontes A e B, a erodibilidade também aumenta.

Em trabalho realizado em 13 microbacias no oeste do Estado de Wyoming, USA, SCHUMM & HADLEY<sup>123</sup> encontraram uma relação linear entre a densidade de drenagem e o deflúvio médio anual.

CHINNAMANI *et alii*<sup>28</sup>, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, observaram, de 1926 a 1968, um aumento marcante no número de canais das ordens mais baixas, na bacia do rio Bhavani, Índia. Também detectaram um aumento na sinuosidade dos

rios principais devido a estruturas fabricadas pelo homem e à ascensão do nível do rio em função da carga de sedimento grosseiro. Constataram atividade erosiva nas partes mais elevadas.

Nota-se, portanto, nos trabalhos sobre este assunto, a influência decisiva de algumas condições impostas pelo uso e manejo do solo no desenvolvimento de características da rede de drenagem em função das mudanças que ocorrem nas relações infiltração/deflúvio e nas taxas de deposição em períodos de tempo relativamente prolongados.

## 2.2 CONCEITOS BÁSICOS RELATIVOS À EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLOS E A SEUS FATORES

Uma vez que os dados de sensoriamento remoto foram utilizados em conjunto com a USLE para estimativa dos índices de perdas de solo por erosão, serão apresentados alguns conceitos básicos que fazem parte deste modelo.

Neste sentido, é fundamental, como acentuam pesquisadores na área de conservação do solo (MOLDENHAUER *et alii*<sup>87</sup>), para o planejamento conservacionista do solo e da água, o conhecimento das relações entre os fatores que são causa das perdas de solo e água e aqueles que auxiliam a reduzir tais perdas. Estudos controlados em parcelas à campo e em pequenas bacias hidrográficas tem propiciado a obtenção de muitas informações relativas a esta complexa interrelação de fatores (ELTZ *et alii*<sup>41</sup>, WISCHMEIER<sup>145</sup> e outros). O benefício maior dessas pesquisas é possibilitar a seleção de práticas específicas de controle da erosão que melhor se adaptem a uma determinada situação. A

Equação Universal de Perdas de Solo pretende atingir tais objetivos (WISCHMEIER<sup>145</sup>). Experimentos de campo, em vários locais e por mais de duas décadas, tem comprovado sua eficiência como guia no planejamento conservacionista. Acredita-se que esta equação empírica é aplicável sempre que haja disponibilidade ou possam ser determinados valores numéricos aproximados para seus fatores (WISCHMEIER<sup>145</sup>).

O desenvolvimento de equações, visando prever as perdas de solo, começaram na década de 1940. A USLE, independentemente de ter ou não uma denominação correta, ficou assim conhecida para se distinguir das equações que visam prever perdas de solo em regiões pré-estabelecidas (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Da análise de um conjunto de dados provenientes de mais de dez mil parcelas foi possível estabelecer para a USLE:

- a) um índice pluviométrico representativo das condições climáticas locais;
- b) um fator quantitativo da erodibilidade do solo, independente das diferenças climáticas e topográficas;
- c) um método para avaliar os efeitos do uso e manejo do solo em relação às condições climáticas locais; e
- d) um método para avaliar os efeitos das interações entre sistemas de cultivo, nível de produtividade, práticas de cultivo e manejo dos resíduos (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Assim, a USLE agrupa tais variáveis sob seis fatores, R, K, L, S, C, P, definidos adiante, sendo que o produto deles para um conjunto particular de condições representa a média anual de perdas de solo (A).

Existem indicações da interação entre solo, topografia e condições de superfície que requerem mais pesquisas antes que seus efeitos possam ser incorporados aos procedimentos de avaliação dos fatores (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Por outro lado, a utilização da USLE em outras áreas geográficas que não as de origem da equação ou para propósitos não previstos usualmente não constitui uso errôneo deste modelo (WISCHMEIER<sup>145</sup>). A equação pode ser adequadamente utilizada não só para pequenas parcelas mas para computar o total de perdas anuais de solo por erosão laminar e em sulcos em microbacias hidrográficas bem definidas<sup>145</sup>.

Algumas observações sobre a aplicação adequada da USLE podem ser feitas:

- a) ela é válida para estimativa de perdas de solo dentro de um longo prazo;
- b) foi elaborada para ser possível a sua utilização por técnicos e planejadores conservacionistas;
- c) alguns refinamentos potenciais com relação aos seus fatores foram sacrificados em função da utilidade;
- d) cada um dos seus fatores, R,K,L,S,C,P, engloba muitos outros fatores secundários e interações;
- e) é a melhor estimativa e não tem a pretensão de definir números absolutos (WISCHMEIER<sup>145</sup>).

A precisão da USLE foi testada considerando-se os dados obtidos em 2.300 parcelas, durante vários anos e em 189 locais esparsos pelos vários estados dos Estados Unidos da América. A estimativa de perdas de solo de cada parcela foi comparada com a obtida a campo. Como resultado, em média foi perdido 27,9 t. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com média de erro de 3,4 t.ha<sup>-1</sup> em 159 estimativas.

Oitenta e quatro por cento das estimativas possuíam erro menor do que  $4,9 \text{ t.ha}^{-1}$ ; 2/3 das estimativas que excederam  $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$  foram de comparações com registros de perdas de solo de menos de 10 anos, viciados, provavelmente, pelos efeitos cíclicos das chuvas (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

### 2.2.1 Limite de tolerância de perdas de solo

Um elemento importante para compreensão da USLE é a denominada tolerância máxima de perdas de solo, entendida como o nível máximo de erosão do solo que ainda lhe permite manter a produtividade de forma econômica e indefinida (MOLDENHAUER & ONSTAD<sup>88</sup>). Para conceituá-la é necessário considerar fatores como profundidade do solo, propriedades físicas e outras características que afetam o desenvolvimento radicular, a prevenção de voçorocas, problemas de sedimentação, perdas de sementes, redução da matéria orgânica e perdas em nutrientes. Assim para o Estado de São Paulo e de acordo com características do solo, BERTONI *et alii*<sup>14</sup> constataram que a tolerância de perdas de solo varia de  $4,5$  a  $15,0 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Solos profundos de textura média e bem drenados têm um valor de tolerância mais elevado enquanto solos pouco profundos, ou que possuem horizontes rasos, apresentam um valor de tolerância mais baixo. Para o caso particular do Latossolo Roxo e da Terra Roxa Estruturada, a tolerância de perdas de solo encontrada foi de  $12,0$  e  $13,4 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , respectivamente. No intuito de não ultrapassar estes limites há necessidade, muitas vezes, da adoção de alternativas de uso da terra menos intensivas como, por

exemplo, a manutenção ou reposição da cobertura vegetal original, a exploração de espécies florestais ou até um sistema de rotação de culturas com a intercalação de pastagens por alguns anos (HUDSON<sup>62</sup>). Entretanto, se com essas medidas não forem atingidos níveis para manutenção da qualidade da água, outros aspectos devem ser considerados, visando não só diminuir uniformemente o limite de tolerância de perdas de solo como também reduzir a quantidade de sedimentos que chegam até os rios ou canais escoadouros principais (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

### 2.2.2 Erosividade da Chuva (fator R)

É o parâmetro que representa numericamente a força erosiva da chuva e do escoamento superficial.

O índice  $EI_{30}$ , derivado por WISCHMEIER<sup>144</sup>, parece preencher estes requisitos melhor do que outros dos muitos parâmetros de chuva testados em relação a dados experimentais de perdas de solo a campo (HUDSON<sup>62</sup>).

O fator R é constituído por valores  $EI_{30}$  individualizados para cada chuva, sendo comum encontrar-se índices na faixa de 200 a 1.100 tm.mm.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> de chuva.

O parâmetro  $EI_{30}$  é definido como sendo igual ao produto da energia cinética total da chuva (E) pela máxima intensidade verificada em 30 minutos ( $I_{30}$ ).

Matematicamente,  $R = \sum_{j=1}^n (EI)_j$ , onde  $n$  é o número de chuvas. Implicitamente, ao "R" está associado o tempo (FOSTER *et alii*<sup>47</sup>). No cômputo dos valores de  $EI_{30}$  existem chuvas que não atingem o limiar das chuvas consideradas erosivas por não



possuírem intensidade, duração ou ocorrerem em intervalos superiores aos estabelecidos (WISCHMEIER<sup>144</sup>). CABEDA<sup>22</sup> estabeleceu para as condições do Rio Grande do Sul a quantidade mínima de 10 mm para que a chuva seja considerada erosiva ou de 6 mm no caso de ocorrer dentro de 15 minutos.

O produto EI<sub>30</sub> representa um termo de interação que mede o efeito de como a erosão por impacto, o salpico e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas (WISCHMEIER<sup>144</sup>).

Na sua concepção original, o índice EI<sub>30</sub> era unicamente determinado após análise de grande quantidade de registros pluviométricos, porém, com a evolução das pesquisas, este índice pôde também ser obtido de forma mais simples e econômica, como em LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER<sup>76</sup> que utilizando 22 anos de registros de precipitação pluvial em Campinas (SP), encontraram alto coeficiente de correlação para a regressão linear entre o índice mensal de erosão e o coeficiente chuva-modificado do coeficiente original proposto por Fournier\*. A relação obtida é descrita por:

$$EI = 6,886 (r^2/p)^{0,85}$$

onde:

EI = média mensal do índice de erosão de WISCHMEIER<sup>144</sup>;

r = precipitação média mensal em milímetros;

P = precipitação média anual em milímetros.

Utilizando esta equação, LOMBARDI NETO *et alii*<sup>75</sup> confeccionaram o mapa de isoerodentes para o Estado de São Paulo por meio

\* FOURNIER, F. Soil conservation, nature and environment series. s.l., Council of Europe, 1972. s.p.

de registros pluviométricos de 115 locais. Os índices de erosão estão compreendidos entre 550 e 1.100  $\text{tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

RUFINO<sup>117</sup> estudou o comportamento do potencial das chuvas para o Estado do Paraná, utilizando o índice  $\text{EI}_{30}$  proposto por WISCHMEIER<sup>144</sup> com pequenas adaptações para as condições pluviométricas do Sul do Brasil. Traçou também o mapa de isoerodentes para esse Estado, sendo que os índices variaram de 537 a 1.280. Os valores para a área de estudo, ao redor de 750, são semelhantes aos obtidos por LOMBARDI *et alii*<sup>75</sup> para a linha isoerodente que passa a 30 km da área de estudo, na faixa limítrofe entre os estados de São Paulo e Paraná e com índice de erosividade de 700  $\text{tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

### 2.2.3. Erodibilidade do Solo (Fator K)

Alguns solos erodem mais do que outros mesmo quando os valores dos fatores externos ao solo e que influenciam na erosão forem iguais.

Esta diferença, causada pelas propriedades internas do solo, é contemplada no fator denominado erodibilidade do solo ou fator K.

O fator K da USLE é um fator quantitativo determinado experimentalmente em sua origem. É definido como sendo, para um determinado solo, a taxa de perdas de solo (A) por unidade do índice de erosão da chuva ( $\text{EI}_{30}$ ), medido numa parcela unitária, definida arbitrariamente e aceita como tal (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>). Esta parcela padronizada tem ao redor de 22 m de comprimento, 9% de declive, é mantida continuamente a descoberto, preparada no sentido do declive e prevenida contra o encrostamento superficial severo. Como esta determinação é custosa e demorada, foram

realizados estudos, objetivando obter o fator K indiretamente. Desta forma, WISCHMEIER *et alii*<sup>146</sup> desenvolveram uma equação de regressão múltipla, com boa adaptação para as condições dos Estados Unidos da América, onde se contempla o teor de matéria orgânica (%), a percentagem de silte + areia muito fina, o grau de estrutura do solo e a sua classe de permeabilidade. Esta equação, entretanto, parece não ter a mesma validade para muitos solos de regiões tropicais (HENKLAIN & FREIRE<sup>60</sup>).

ANGULO *et alii*<sup>4</sup>, estudando algumas características do solo e sua correlação (r) com a erodibilidade, verificaram que a agregação do solo, determinada como estabilidade dos agregados em água, e a resistência ao impacto das gotas do simulador de chuva foram as que apresentaram a melhor correlação (r = -0,7).

LOMBARDI NETO & BERTONI<sup>74</sup> modificaram o método proposto por MIDDLETON<sup>86</sup>, obtendo índices de erodibilidade satisfatórios para dois agrupamentos de solos: Solos com B Textural e Solos com B Latossólico. Foram considerados, para cada horizonte do solo, as seguintes propriedades: argila natural, argila dispersa e umidade equivalente. Através deste método, os valores de K para a Terra Roxa Estruturada e o Latossolo Roxo estudados foram de 0,18 e 0,12, respectivamente. Determinações a campo indicaram o mesmo valor K para o LR (BERTONI *et alii*<sup>14</sup>). Por outro lado, BISCAIA *et alii*<sup>17</sup> encontraram um valor K de 0,268 para um LRd da região de Londrina (PR) e MONDARDO *et alii*<sup>90</sup> obtiveram um valor K de 0,37 para um LRd do Paraná, tendo ambas as determinações sido feitas a campo.

No trabalho de COGO<sup>32</sup>, realizado conforme metodologia proposta por WISCHMEIER *et alii*<sup>146</sup>, foram apresentados valores de K de diversos solos do Rio Grande do Sul.

#### 2.2.4 Fator Topográfico (LS)

O comprimento e o grau de declive da vertente, ambos afetam substancialmente a taxa de erosão do solo pela água. Os dois efeitos tem sido avaliados separadamente na pesquisa e são representados na equação por L e S. Em aplicação a campo, contudo, é mais conveniente considerar-se conjuntamente LS como fator topográfico (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Define-se LS como sendo a taxa de perdas de solo por unidade de área em qualquer declive em relação a uma parcela de 22 m de comprimento e 9% de declive, mantidas as demais condições constantes. Esta relação, para cada combinação de L e S, pode ser obtida a partir de equações derivadas em função de L e S. WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup> derivaram, para as condições dos Estados Unidos da América, a seguinte equação, comprovadamente válida para declividades de 3 a 18% e comprimentos de rampa de 9 a 91 m:

$$LS = \left(\frac{l}{72,6}\right)^m \cdot (65,41 \text{ sen}^2 \theta + 4,56 \text{ sen } \theta + 0,065)$$

onde:

l = comprimento de rampa;

$\theta$  = ângulo formado pelo declive; e

m = expoente dependente do valor  $\theta$ .

Utilizando os dados das determinações de perdas por erosão, obtidos nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo, numa média de dez anos de observações em talhões experimentais de diferentes comprimentos de rampa e grau de declividade, BERTONI *et alii*<sup>14</sup> determinaram uma equação que permite calcular as perdas médias de solo para os variados graus de declive e comprimento da rampa:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$$

onde:

LS = fator topográfico;

C = comprimento de rampa em metros;

D = grau de declividade em porcentagem.

Ambas as equações pressupõem declives essencialmente uniformes.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>, o uso do gradiente médio de um comprimento de rampa pode subestimar as perdas de solo de declives convexos e superestimar as perdas de solo de declives côncavos.

CASTRO FILHO<sup>24</sup> avaliou os fatores LS em rampas côncavas, uniformes, complexas e convexas de parcelas agrícolas, constatando que num mesmo gradiente médio de declive o fator LS aumentou como segue: Côncavo < uniforme < complexo < convexo. É recomendável, portanto, para estimativas de perdas de solo em parcelas agrícolas, a subdivisão da rampa em segmentos uniformes, considerando-se também a forma da rampa.

#### 2.2.5 Uso e Manejo do Solo (Fator C)

Em função da interação entre a cobertura do solo e seu manejo, estes dois elementos são avaliados conjuntamente na USLE. A seqüência de cultivos, produtividade, o tempo que o solo permanece descoberto, parcialmente descoberto ou totalmente coberto, a quantidade de resíduos mantidos na superfície, incorporados ou semi-incorporados, o grau de revolvimento do solo, o efeito do cultivo anterior, as capinas, o tratamento para eliminar ervas daninhas, o grau de rugosidade do solo são todos fatores que determinam o valor de C. A distribuição dos valores de erosividade durante o ciclo das culturas também influencia grandemente na determinação do fator C. Este é definido como sendo a razão entre as perdas de solo de uma parcela cultivada sob con-

dições específicas de manejo, e as correspondentes a uma parcela mantida continuamente limpa e preparada para plantio (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Para obtenção do fator C, as intensidades de perdas de solo de cada período relativo ao percentual de cobertura do solo pela cultura ou vegetação são combinadas às porcentagens de distribuição do índice de erosão (EI) anual para determinado local (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

O efeito do uso anterior e do cultivo são também contemplados no fator C. O efeito residual mais acentuado e de mais longa duração é aquele proporcionado pelo uso anterior com floresta ou com uma pastagem de longa duração devido aos efeitos positivos das raízes das plantas e às mudanças que ocorrem na estrutura do solo, na densidade global, no conteúdo de matéria orgânica, na atividade biológica e, provavelmente, em outras propriedades do solo (CINTRA *et alii*<sup>29</sup>, WISCHMEIER<sup>142</sup>).

Os efeitos citados são considerados sub-fatores de C e são avaliados empiricamente, podendo ser melhorados pela obtenção de dados de pesquisa para cada condição e local (BROOKS<sup>20</sup>, ROOSE<sup>116</sup>, WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

Assim, por exemplo, os efeitos residuais da pastagem permanente, pastagem colhida ou cultivada, e das florestas foi estimado variar como subfator de C de 0,45 a 0,10 (WISCHMEIER<sup>142</sup>).

Os valores de C obtidos por WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup> para florestas naturais oscilaram entre  $0,1 \times 10^{-4}$  a  $0,9 \times 10^{-3}$  enquanto para culturas anuais HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup> e ROOSE<sup>116</sup> obtiveram valores de 0,1 a 0,7. STEIN *et alii*<sup>127</sup>, para o Estado de São Paulo atribuíram valores de  $0,4 \times 10^{-5}$  a  $0,1 \times 10^{-4}$  para diferentes condições de áreas florestais e o valor de 0,2 para

condições específicas de uso-manejo de culturas anuais, considerando principalmente o aspecto de cobertura do terreno. Os valores de C para pastagem, sob diversas condições de manejo, variaram, de 0,1 a 0,01 (ROOSE<sup>116</sup>; STEIN *et alii*<sup>127</sup>). RUFINO *et alii*<sup>118</sup> determinaram para os primeiros cinco anos de cultivo do cafeeiro um valor de 0,6568 enquanto ROOSE<sup>116</sup>, para o oeste da África, encontrou valores que variaram de 0,1 a 0,3. MONDARDO *et alii*<sup>89</sup> constataram, sob condições de chuva natural, que as perdas de solo na cultura do café podem ser reduzidas a 1% em relação a solo descoberto, em função dos tratamentos culturais entre as ruas do café. Este fato, associado à distribuição dos períodos erosivos, provavelmente explicam o valor bastante alto encontrado por RUFINO *et alii*<sup>118</sup>.

#### 2.2.6 Práticas Conservacionistas (Fator P)

São práticas de suporte que visam reduzir o fluxo superficial da água e assim diminuir a quantidade de solo transportado. As práticas mais comuns são cultivo em contorno, cultivo de faixas em contorno, cordões de vegetação com árvores ou pastagens e sistemas de terraceamento. Os canais escoadouros estabilizados constituem parte destas práticas (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

O fator P é definido como sendo a razão entre as perdas de solo verificadas com uma prática conservacionista específica e as perdas correspondentes obtidas quando se cultiva na direção da pendente (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

O cultivo em contorno, em geral, é bastante efetivo na redução das perdas de solo. Parece ser mais efetivo na faixa de declividade de 3-8%. Acima e abaixo dessas declividades o fator P tende a uma razão de perdas de solo igual a 1,0. O comprimento

do declive também influencia nas perdas de solo podendo, após um limite crítico, atingir e ultrapassar as perdas verificadas em condições de cultivo morro abaixo. Isto vai depender do gradiente de declive, das propriedades do solo, do manejo e das características da chuva (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup> elaboraram tabela com valores de P para algumas práticas conservacionistas, relacionadas ao comprimento e ao grau de declive da vertente. Os valores normalmente variaram de 0,5 a 0,9. Entretanto, com culturas em faixas e cordões de vegetação permanente o valor de P chegou a 0,25. MARQUES *et alii*<sup>84</sup>, utilizando dados de perdas de solo da seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (SP), elaboraram tabela com valores de P onde o plantio em contorno vale 0,5 e a alternância de capinas + plantio em contorno vale 0,4 para citar algumas práticas. ROOSE<sup>116</sup> também estabeleceu para o oeste da África, valores de P para várias práticas conservacionistas mais usuais na região.

#### 2.2.7 Estimativa da quantidade de sedimentos provenientes da erosão

Estimativas da quantidade de sedimentos provenientes da erosão do solo mostram que anualmente nos Estados Unidos da América dos sedimentos movidos pela água 1/4 chegam até os grandes rios (STEWART *et alii*<sup>130</sup>). A USLE pode ser utilizada para computar médias de erosão laminar e em sulcos em várias porções da bacia hidrográfica, mas a deposição e a erosão por vossorocas deve ser estimada por outros meios. Conforme WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>, há necessidade de mais pesquisas para desenvolver e testar modelos de aplicação geral para previsão da quantidade de sedi-



mentos provenientes de terras agricultáveis. NEIBLING & FOSTER<sup>99</sup> apresentam um bom modelo para utilizar-se com dados provenientes da USLE.

Outro método, dos muitos existentes, utilizado para estimar a quantidade de sedimentos depositados à montante de um determinado ponto, e que também utiliza a USLE, é dado pela seguinte equação:

$$y = E(DR)Ws$$

onde:

y = quantidade de sedimentos por unidade de área;

E = total de erosão oriunda de qualquer fonte da bacia hidrográfica;

DR= taxa de descarga (ou de entrega);

Ws= área da bacia hidrográfica a montante do ponto a partir do qual a quantidade de sedimentos está sendo avaliada (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE<sup>135</sup>).

A taxa de descarga é a porção de sedimentos em relação às perdas de solo total da bacia hidrográfica que ultrapassa o ponto considerado. Não existe uma equação geral para prever esta taxa. Existem, entretanto, guias publicados pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos da América (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE<sup>135</sup>) que permitem calcular este fator para diferentes áreas de drenagem. Algumas relações existentes são aqui resumidas. Dados disponíveis indicam que a DR varia aproximadamente com a potência 0,2 da área da bacia, com valores representativos de 0,33 para 129,5 ha, 0,18 para 2.589,9 ha e 0,10 para 25.899 ha ou mais. Outros fatores que influem na DR são a textura do solo, o relevo, o tipo de erosão, o sistema de transporte

de sedimentos e as áreas de deposição dentro da bacia hidrográfica (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>).

A partir de análises em microbacias, WILLIAMS<sup>141</sup> concluiu que o valor da DR pode ser obtido utilizando a quantidade de de-flúvio proveniente da microbacia, multiplicada pelo fator R da USLE.

SPOMER & MAHURIN<sup>126</sup> mapearam, em várias épocas, utilizando técnicas e equipamentos fotográficos, basicamente através de curvas altimétricas e fotografias aéreas de baixa altitude, os contornos de vossorocas. Foram determinados, com precisão de 1,5 cm, seções transversais dos diversos tipos de erosão numa área de 30,4 ha. Obtiveram uma média de 5,7 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup> de perdas de solo em um intervalo de nove anos estudados. A DR foi de 53% destas perdas. A USLE, neste mesmo intervalo de tempo, previu perdas de solo de 15 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>, resultando numa DR de 21%. Isto evidencia, segundo os autores, a necessidade de continuar os estudos para determinar métodos mais precisos para estimar DR.

### 2.3 ESTIMATIVA DAS PERDAS DE SOLO POR EROSÃO ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

As fotografias aéreas apresentam condições favoráveis que contribuem para obtenção dos fatores C e P da USLE. Isto é de muita importância uma vez que o mapa de solos contém apenas informações referentes ao fator K, e o mapa topográfico aos fatores L e S. Contudo, os fatores P e, principalmente, o C são muito importantes para se acompanhar o risco a que é submetido o solo ao processo erosivo.

Como regra geral, com o decréscimo da proteção oferecida ao solo pela cobertura vegetal, cresce o risco de erosão (IAL<sup>70-71</sup>). Com o advento das fotografias aéreas e dos produtos orbitais, a eficiência dos métodos para avaliar a cobertura do solo aumentou. Dados de sensoriamento remoto, obtidos a diferentes altitudes, podem ser usados para identificar e avaliar a cobertura do solo. Isto contribui para determinar o fator C. Coberturas sequenciais, através de produtos de sensoriamento remoto, permitem interpretações sobre o uso da terra e o desenvolvimento das culturas (ALLAM & HARRIS<sup>1</sup>, STEPHENS *et alii*<sup>128</sup>).

Através dos produtos dos sensores orbitais e computadores é possível a utilização sob a forma digital das informações provenientes das diversas bandas do espectro e suas combinações, para o planejamento do uso mais adequado da terra (CUNNINGHAM *et alii*<sup>34</sup>; MARBLE & PEUQUET<sup>81</sup>; VOLD *et alii*<sup>138</sup>; WEHDE<sup>139</sup>).

Existem estudos que procuram estimar quantitativamente as perdas de solo e mapear focos de erosão, utilizando fotografias aéreas de grande escala e técnicas fotogramétricas (SPOMER & MAHURIN<sup>126</sup>; THOMAS *et alii*<sup>134</sup>). Entretanto, o maior êxito na quantificação de perdas de solo em áreas extensas tem-se conseguido através de fotografias aéreas, utilizadas conjuntamente com a USLE.

MORGAN *et alii*<sup>92</sup>, com o auxílio de fotografias aéreas coloridas de 23 x 23 cm e infravermelhas coloridas de 70 mm na escala 1:120.000 e 1:60.000, respectivamente, estimaram as perdas de solo em três microbacias numa área total de 20.325 ha. Os resultados de perdas de solo foram 9% superiores aos obtidos com medições feitas a campo, e em vista desses resultados, altamente positivos, os autores sugerem a utilização de imagens

LANDSAT para estudos mais atualizados de erosão, em áreas extensas. Em outro trabalho realizado em 1979, MORGAN *et alii*<sup>93</sup> coletaram informações em uma microbacia de Wisconsin (USA) com 6.125 ha, referentes às práticas de aração e resíduos culturais deixados no solo na estação de inverno, visando determinar o fator C. Utilizaram fotografias aéreas coloridas e infravermelhas na escala 1:60.000 de 1977 e de 1978. Estas proveram informações acuradas sobre as práticas de manejo do solo e de resíduos, concluindo os autores que o sensoriamento remoto oferece uma ferramenta efetiva para estimar o fator C, possibilitando um registro permanente das práticas de cultivo e reduzindo o tempo necessário para coletar tais informações. Se a fotointerpretação fosse feita regularmente serviria de base para uma contínua avaliação das práticas de manejo na bacia.

Com o mesmo material, já descrito, MORGAN *et alii*<sup>94</sup> determinaram as práticas conservacionistas adotadas nesta microbacia do Estado de Wisconsin (USA). Informações sobre cultivo em contorno, cultivo em faixas e canais escoadouros foram obtidas das fotografias aéreas. O estudo mostrou ser possível, através do sensoriamento remoto, definir, localizar e verificar a extensão das práticas conservacionistas, bem como, determinar as áreas que necessitam de maiores cuidados com relação a essas práticas.

Em microbacia de Wisconsin, MORGAN *et alii*<sup>95</sup> determinaram o fator C e P, utilizando fotografias aéreas coloridas e infravermelhas coloridas na escala 1:60.000. Para os demais fatores, utilizaram o mapa de solo e o mapa topográfico na escala 1:24.000, determinando com isto as perdas de solo ocorridas na

bacia. Praticamente não houve diferença dos resultados de perdas de solo medidos a campo e, com a vantagem de uma redução maior do que 50% no número de horas, graças à economia que o sensoriamento remoto determinou na valorização dos fatores C e P.

STEPHENS *et alii*<sup>128</sup> estudaram em New Brunswick, Canadá, uma área de 400 km<sup>2</sup>, objetivando o levantamento dos fatores da USLE e o monitoramento permanente das mudanças no uso da terra, com o auxílio de fotografias aéreas pancromáticas e infravermelhas coloridas com escala variando de 1:16.500 a 1:63.000 e de épocas diferentes desde 1944-45 até 1980. Utilizaram mapas topográficos para determinação dos fatores L e S. Os autores concluíram que fotografias aéreas sequenciais podem ser utilizadas para determinar a natureza, localização e época de ocorrência das mudanças nas condições de uso e manejo do solo e como estas afetam as taxas de erosão. Detectaram, por exemplo, que em 1945 o valor médio de C para a rotação batata-grãos-pastagem-pastagem foi de 0,1 enquanto esta mesma rotação em 1980 chegou a um valor de C de 0,4 devido à falta de proteção da superfície do solo durante o inverno. Observaram também que as mudanças no manejo do solo, sem a execução de sistemas de conservação, acarretaram um aumento na taxa média de erosão anual de 5,3 vezes enquanto que com a execução dos sistemas de conservação do solo a taxa de erosão aumentou apenas 1,2 vezes em relação a 1944-45.

Estes registros nas fotografias aéreas, junto com a USLE permitiram, conforme os autores, estimar as taxas de erosão presentes e passadas e como estas taxas se relacionaram com o rendimento das culturas. As fotografias aéreas também forneceram aos

cientistas em conservação do solo informações essenciais para planejar, delinear, construir e manter sistemas de conservação do solo.

MORGAN & NALEPA<sup>96</sup> utilizaram fotografias aéreas infravermelhas coloridas na escala 1:40.000 para levantar os fatores C e P, mapas topográficos e uma grade de coordenadas para determinar os pontos onde foram atribuídos valores aos fatores da USLE. Estes pontos foram localizados geograficamente e armazenados no computador, possibilitando a extração de mapas em mesa traçadora com os valores de perdas de solo e conseqüente acompanhamento do que estava ocorrendo na área em relação aos aspectos de conservação do solo. Como os sistemas de uso e manejo de solo são dinâmicos, o sensoriamento remoto contribuiu para o monitoramento das mudanças que ocorreram.

PELLETIER<sup>105</sup> lembra que a USLE, não sendo delineada originalmente para a utilização conjunta com o sensoriamento remoto, poderá sofrer adaptações, se necessário, para que se possa obter resultados satisfatórios na previsão de perdas de solo em grandes áreas. Entretanto, para análises mais detalhadas em parcelas e para obtenção dos valores básicos dos fatores da USLE deve-se continuar com os trabalhos a nível de campo.

#### 2.4 UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SENSORES ORBITAIS COMO AUXILIARES NA PREVISÃO DE PERDAS DE SOLO

A perspectiva de utilização de produtos dos sensores orbitais em conjunto com a USLE é preconizada por MORGAN *et alii*<sup>92</sup>, já em 1978, haja visto as características de tais produtos como as comprovadas por PICKUP & NELSON<sup>106</sup> que utilizaram um índice composto pela razão das bandas 4/6 e 5/6 do (sensor) MSS para

distinguir ambientes de deposição, estáveis e de erosão, na Austrália Central. O índice escolhido se mostrou sensível aos níveis de coloração verde na paisagem em função da vegetação, provendo um meio simples de mapear o estado de erosão e o nível de instabilidade da paisagem em áreas áridas, com limitada cobertura vegetal.

Estudos básicos, relacionando algumas propriedades do solo à sua reflectância, foram também desenvolvidos por ALLAM & HARRIS<sup>1</sup> e por LATZ *et alii*<sup>72</sup>. Segundo estes autores (LATZ *et alii*<sup>72</sup>), altos teores de matéria orgânica reduzem a reflectância na região de 0,5 a 0,8  $\mu\text{m}$  enquanto altos conteúdos de óxidos de ferro acompanhados da redução nos teores de matéria orgânica tendem a causar um incremento em toda a curva espectral analisada. Estas características podem estar relacionadas à severidade da erosão. Concluíram que dados do sensor MSS podem ser úteis para detectar solos erodidos e identificar neles diferentes classes de erosão.

De GLORIA *et alii*<sup>36</sup>, através de composições coloridas do sensor MSS e outros produtos fotográficos, procuraram separar áreas com produção de grãos e determinar o grau de disseminação de práticas conservacionistas, concluindo que a melhoria nas características das imagens e dos produtos digitais dos satélites e um tratamento apropriado permitiria o mapeamento e o monitoramento de terras sob cultivo convencional com ou sem práticas conservacionistas.

PELLETIER<sup>105</sup> enfatizou que as características espectrais, espaciais e temporais dos dados obtidos por sensoriamento remoto tornam-os fonte importante de informações para modelos que requerem conhecimento do uso da terra, cobertura e outras

condições da superfície do solo para calcular-se as perdas por erosão e/ou os sedimentos acumulados. Neste sentido FENTON<sup>46</sup> concluiu que os mapas de solos e os dados sobre cobertura do solo, obtidos através de sensoriamento remoto são fontes importantes de informações na análise da erosão do solo, podendo esta ser mais eficiente quando realizada por meio de computadores.

No Brasil, PINTO<sup>109</sup> objetivou desenvolver metodologia para aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na caracterização da erosão do solo influenciada por fatores topográficos e antrópicos. Estudou a bacia hidrográfica do Ribeirão Anhumas no Estado de São Paulo com problemas de erosão em sulcos e em vossorocas. Utilizou fotografias aéreas, mapas topográficos e fitas compatíveis com computador (CCTs) do sensor MSS/LANDSAT II. Com esses materiais e utilizando da metodologia um sistema de amostragem ao acaso foi possível estabelecer classes de risco de erosão para a área de estudo. As fitas (CCTs) permitiram associar classes de cobertura vegetal do solo com os níveis de cinza.

No nordeste da Argentina, SAYAGO<sup>122</sup> estimou o risco potencial dos solos à erosão, através de mapeamento em pequena escala e utilização de imagens LANDSAT, fotografias aéreas e a USLE. Concluiu que a pressão de ocupação agrícola das terras pelo homem está motivando um alto risco de erosão em áreas extensas que ainda estão cobertas por vegetação natural.

DONZELI *et alii*<sup>38</sup> utilizaram produtos fotográficos e digitais do sensor TM em conjunto com a USLE para determinar "a expectativa da erosão laminar na bacia do Peixe-Paranapanema, Estado de São Paulo", com 70.000 km<sup>2</sup>. Adotaram amostragem



sistemática e em pontos, com grade regular de 1 km<sup>2</sup>, com centro no cruzamento das coordenadas UTM's inteiras. Determinaram para cada intersecção de coordenadas inteiras, valores aos fatores da USLE. Através do estabelecimento do limite tolerável de perdas por erosão para cada tipo de solo foi possível verificar as áreas que estão sendo mal utilizadas. Os produtos TM/LANDSAT serviram para definir o grau de cobertura vegetal e em conseqüência auxiliaram para determinar o fator C. Nesse trabalho, os autores consideraram o valor de P como sendo igual a 1 (hum) pela dificuldade de interpretá-lo nos produtos fotográficos do sensor TM. Igualmente a influência da ocupação pré-terita sobre as condições atuais de utilização da terra não foi estabelecida.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

##### 3.1.1 Situação geográfica

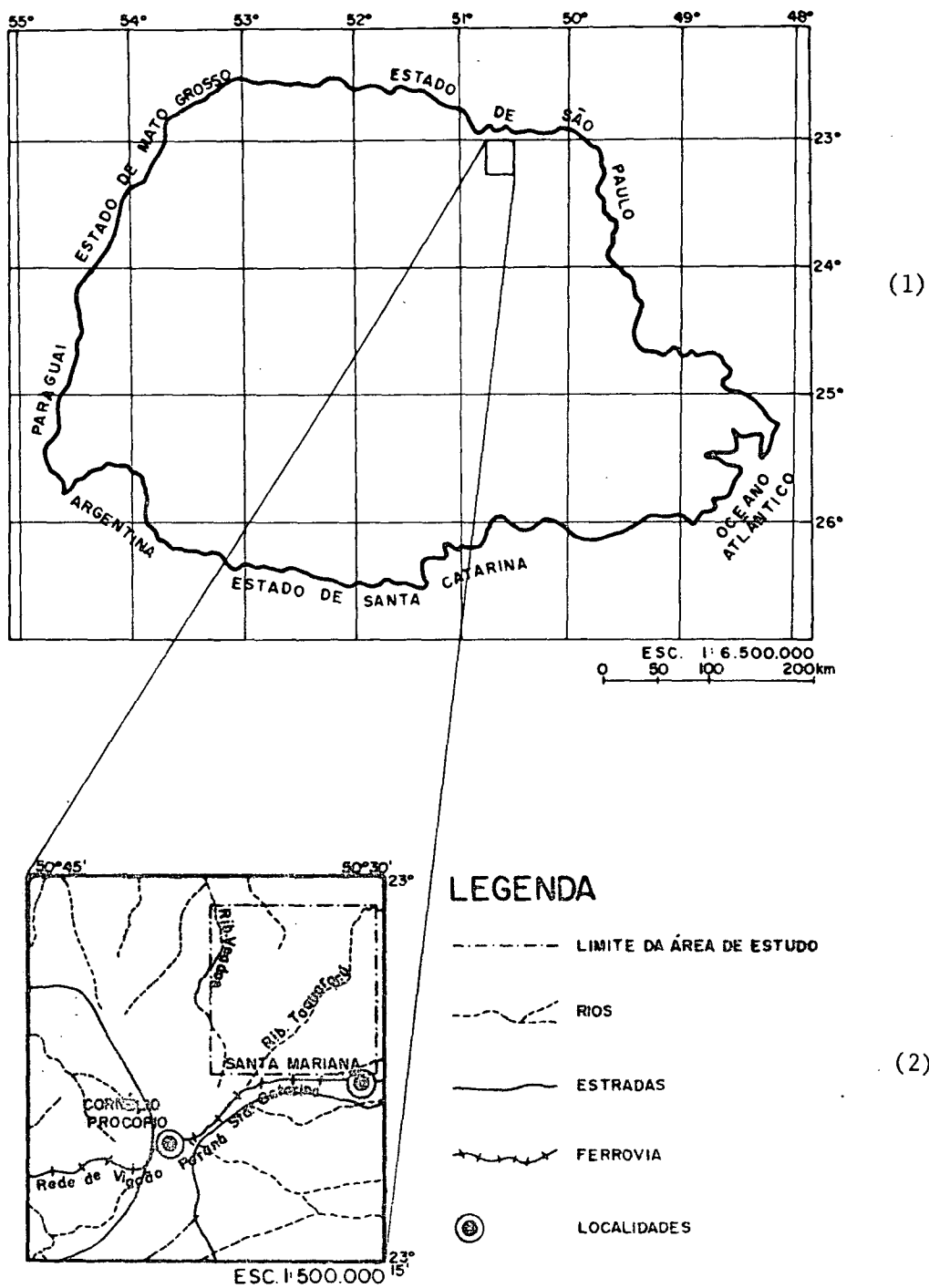
A área em estudo localiza-se no nordeste do Estado do Paraná, aproximadamente entre os paralelos de 23°02' a 23°08' de latitude sul e os meridianos de 50°30' a 50°37' de longitude oeste de Greenwich, correspondendo, respectivamente, às coordenadas UTMs 7.452,5 a 7.440,5 km e 550,5 a 538,5 km na carta planialtimétrica 1:50.000 de Cornélio Procópio da Divisão de Geografia do Departamento de Geografia, Terras e Colonização do Estado do Paraná de 1963.

Com 144 km<sup>2</sup>, a área compreende parte dos municípios de Santa Mariana e Cornélio Procópio, distando ao redor de 430 km de Curitiba (Figura 1).

##### 3.1.2 Geologia e relevo

Situada no terceiro planalto Paranaense ou planalto do Trapp, a área é geologicamente bastante uniforme pertencendo ao Grupo São Bento de idade Jurássico-Cretáceo, entre 115 e 145 milhões de anos, caracterizando-se pelo derrame de extensos lençóis de lavas de origem vulcânica de basaltos e meláfios (BIGARELLA<sup>16</sup>; SALAMUNI & HERTEL<sup>119</sup>).

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: (1): MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 2.ed. Rio de Janeiro, José Olympio, 1981. p. 84.

(2): INSTITUTO DE TERRAS E CARTOGRAFIA. Mapa do Estado do Paraná. Curitiba, 1983/84 - Escala 1:500.000

A morfologia da paisagem do terceiro planalto é determinada pelas formas de mesetas recortadas do nível geral dos derames e pelas formas levemente onduladas com chapadas de encostas suaves (BRASIL. Ministério da Agricultura<sup>18</sup>). Para MAACK<sup>78</sup> a área está dentro de uma região que se caracteriza por uma série de mesetas e pequenos platôs, relativamente baixos, com altitudes que oscilam entre 300 e 650 metros. As vertentes são longas, com centenas de metros de comprimento e declives suaves a ondulados (0-25%) com topos de formas arredondadas.

### 3.1.3 Clima

De acordo com a Divisão Climática do Estado do Paraná (MAACK<sup>78</sup>) e com a Carta Climática do Estado do Paraná (GODOY *et alii*<sup>55</sup>), ambas baseadas na Classificação de Koeppen, predomina na região o tipo climático Cfa, ou seja, clima mesotérmico, sem estação seca, com verões quentes e com média do mês mais quente superior a 22°C, sendo as geadas freqüentes. Em alguns anos pode ocorrer o tipo Cwa, isto é, com estiagem no inverno. A precipitação média anual está ao redor de 1.200 mm e a média de temperatura anual é de 21°C. As precipitações são mais freqüentes e intensas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL DO PARANÁ<sup>6</sup>).

Segundo MAACK<sup>78</sup>, a região norte do Paraná apresentava um coeficiente normal de variação das precipitações de 1,4 a 1,6%. Em dois decênios este coeficiente passou para 2,0 a 2,9%, indicando haver uma variação maior nas precipitações, com períodos de escassez ou de excesso de chuvas. Considera-se que a destruição quase total das florestas, substituídas por cafezais e atual-

mente por trigo-soja, é um dos fatores determinantes do aumento na variação pluviométrica<sup>18</sup>.

#### 3.1.4 Solos

De acordo com o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA<sup>42</sup>), na região ocorrem as seguintes classes de solos:

. LRe - Latossolo Roxo eutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano. Constituem variações desta unidade solos intermediários para Terra Roxa Estruturada eutrófica, solos intermediários para Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, solos com o horizonte A parcialmente decapitado pela erosão e solos com alta saturação de bases no horizonte A e baixa no horizonte B. Como inclusões pode ocorrer Terra Roxa Estruturada eutrófica, Solos Litólicos eutróficos, Brunizem Avermelhado, Latossolo Roxo distrófico e Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico textura argilosa.

São solos desenvolvidos a partir da intemperização de rochas eruptivas básicas e ocorrem em relevo suave ondulado, geralmente em elevações de topos arredondados e vertentes longas, em altitudes que variam de 200 a 600 metros. São solos de excelente potencial agrícola, tanto do ponto de vista de propriedades físicas como químicas, não apresentando problemas de mecanização. Possuem alta fertilidade natural, sendo apenas deficientes em fósforo.

. TRe - Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave

ondulado e ondulado. Esta unidade ocupa extensas áreas nos vales dos rios Paranapanema, Cinzas, Laranjinha e outros no norte do Estado.

Constituem variações desta unidade, solos intermediários para Latossolo Roxo eutrófico, solos com horizonte A praticamente removido pela erosão; solos mais rasos, intermediários para Brunizem Avermelhado textura argilosa fase pedregosa e solos com alta saturação de bases nos primeiros vinte a trinta centímetros superficiais e nos horizontes inferiores baixa saturação de bases e teores relativamente elevados de alumínio trocável.

São solos formados a partir da meteorização de rochas eruptivas básicas do derrame do Trapp. O relevo é suave ondulado e ondulado, com elevações de topos arredondados, vertentes médias de centenas de metros de comprimento e declives pouco inclinados a inclinados. A altitude varia normalmente de 360 a 550 metros.

Ainda, conforme relatório da EMBRAPA<sup>42</sup>, são solos de alto potencial agrícola, com restrições apenas moderadas no que se refere à erosão e ligeira ou nula em relação aos outros aspectos considerados. São solos que sustentam altas produções por mais de vinte anos, sendo as culturas de café, algodão, soja, milho, trigo, arroz, menta, rami e cana-de-açúcar, as mais comuns na área da unidade.

. HG - Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados textura argilosa fase campo e floresta tropical perenifólia de várzea relevo plano (incluem Areias Hidromórficas).

Ocorrem principalmente ao longo das margens dos rios Paranapanema, Congonhas, Jataizinho, Ribeirão do Pinhal e outros, nas regiões centro-sul, sudoeste e nordeste do Estado.

Estes solos são desenvolvidos a partir dos produtos da meteorização de sedimentos do Quaternário. Ocorrem nas partes baixas e abaciadas da paisagem, em relevo plano. A altitude ao longo dos rios varia de 150 a 400 metros, podendo atingir 500 a 650 metros em locais mais afastados dos mesmos.

São solos de média a alta fertilidade, porém com pequena utilização para fins agrícolas, devido ao relevo plano e baixo, havendo inundações e má drenagem, ocasionando deficiência de aeração e dificultando o uso de máquinas e implementos agrícolas.

A erosão é praticamente nula em função da posição em que ocorrem e da pouca utilização agrícola.

### 3.1.5 Vegetação primária

A vegetação expressa a ação do clima em relação à latitude, à altitude e à natureza do solo (BRASIL. Ministério da Agricultura<sup>18</sup>). A boa distribuição pluviométrica em quase todos os meses contribuiu para o desenvolvimento da floresta em praticamente todo o norte do Paraná. A floresta, entretanto, com a expansão da lavoura cafeeira desapareceu. Diminutas reservas ainda testemunham e retratam a sua composição e comportamento.

A vegetação primária na região é predominantemente do tipo Floresta Tropical Subperenifólia. Caracteriza-se pela perda parcial das folhas no estrato superior, durante o curto período de seca com duração de 1,5 a 3 meses no inverno. Apresenta, normalmente, árvores altas de troncos cilíndricos e gran-

des diâmetros, copas em parassol e muitos cipós; árvores médias de copas mais fechadas; árvores pequenas; ervas e arbustos. Muitas espécies perenifólias compõem o estrato superior, apresentando, no entanto, propensão a perder as folhas em estações secas anormais.

Os exemplares mais comuns são: peroba, canafístula, cedro, canjerana, guaritã, figueira branca e outras. Em alguns locais observa-se a ocorrência de palmito. Nas clareiras e bordas da floresta vegetam colonias de imbaúba, indicando a ação do homem<sup>18</sup>.

Nas baixadas ocorrem vegetação de campo e floresta tropical perenifólia de várzea, aparecendo raramente ervas, arbustos e árvores de pequeno porte (EMBRAPA<sup>42</sup>).

### 3.1.6 Exploração Agrosilvopastoril

As propriedades agrícolas da região obedecem ao padrão de organização agrária, vinculado à colonização européia. O início da colonização da área remonta a 1934. No início, a economia baseava-se na extração de madeira, sendo as áreas desmatadas, ocupadas pelo café que foi até 1970 o sistema de produção predominante, seguido pelo café-algodão, algodão-trigo e já na década de 70 houve uma crescente substituição do café pela soja-trigo e milho. Até 1970 o café era consorciado a culturas intercalares de feijão, milho, arroz e mamona, com elevada absorção de mão-de-obra, passando na década de 70, com o incremento da mecanização, a ser cultivado sem cultura intercalar, reduzindo a necessidade de mão-de-obra (ACARPA<sup>5-6</sup>).

Segundo a história de colonização (ACARPA<sup>5</sup>), a região Norte do Paraná foi outrora denominada a "Terra da Fartura" de-



vido à fertilidade natural de seus solos e às excelentes condições para exploração agrícola, atraindo para a região grande contingente de paulistas, mineiros, nordestinos e imigrantes estrangeiros, trazidos pelo tipo de colonização embasada na pequena e média propriedade.

A situação hoje foi modificada, verificando-se uma tendência na formação de fazendas médias e grandes, onde mais de 70% da área da região pertence a proprietários com mais de 200 ha.

A exigência de mão-de-obra no sistema de produção do "café" valorizava o fator trabalho através do arrendamento e parceria, que oferecia oportunidades aos trabalhadores sem posse da terra e melhorava o seu padrão de vida. Atualmente as grandes culturas mecanizadas de trigo-soja e milho favorecem o desaparecimento da propriedade familiar e quase inexistem oportunidades para trabalhadores rurais, refletindo-se este fato na situação sócio-econômica dos municípios da região.

No município de Santa Mariana a área ocupada por floresta nativa é de apenas 6,30% e por reflorestamento 0,22%, muito aquém do limite mínimo de 20% fixado pela legislação, o que vem trazendo para a região problemas de conservação do solo pelo agravamento do processo erosivo, muito embora os esforços dos técnicos e agrônomos extensionistas da região.

## 3.2 MATERIAIS

### 3.2.1 Fotografias aéreas

Foram analisadas fotografias aéreas pancromáticas e ampliações resultantes das coberturas aerofotogramétricas da área,

realizadas conforme especificações contidas na Tabela 1. Cada fotografia cobre uma área de 3.306,25 ha na escala 1:25.000 e 25.921 ha na escala 1:70.000.

Os recobrimentos longitudinal e lateral médios são de 60 e 30%, respectivamente.

### 3.2.2 Composições coloridas TM/LANDSAT

As características do sistema LANDSAT, denominado originalmente ERTS (Earth Resources Technology Satellite) podem ser encontradas em várias publicações (CREPANI<sup>33</sup>; NOSSEIR *et alii*<sup>101</sup>; VALÉRIO FILHO<sup>136</sup>).

Os produtos utilizados neste trabalho foram obtidos a partir do LANDSAT 5 com o sensor TM (Thematic Mapper), que apresenta melhor resolução radiométrica e espectral, e maior resolução espacial do que o sistema MSS. Opera a uma altitude média de 705 km, em uma órbita quase-polar, imageando uma faixa no terreno com largura de 185 km e uma repetitividade de 16 dias. Ultrapassa a linha do Equador, do Norte para o Sul, às 9:45 h e o paralelo 34<sup>o</sup>, no extremo sul do Brasil (RS) às 9:50 h. Completa 14,5 órbitas por dia ao redor da terra e em cada órbita dispense 98,9 minutos (MENESES<sup>85</sup>).

As bandas espectrais do TM são mais estreitas do que as do sistema MSS e permitem a coleta de dados em sete diferentes regiões do espectro eletromagnético: três no visível, duas no infravermelho próximo, uma no infravermelho médio e uma no infravermelho termal (Tabela 2). O TM possui uma resolução de 30 metros nas bandas do visível e do infravermelho refletido e de 120 metros do infravermelho termal (NOVAES & MARTINI<sup>102</sup>). As principais aplicações do TM estão resumidas na Tabela 2.

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PANCRÔMÁTICAS ANALISADAS

Data de tomada das cenas	Formato (cm)	Escala aproximada	Escala média e desvio padrão*	Tipo de câmara utilizada	Empresa executora/ Entidade responsável	Altitude média do terreno/ altura de voo (m)	Distância focal (mm)	Base
06/04/1953	23/23	1:25.000	1:26.773±2.140	Fairchild F-224	Serviços Aerofotog. Cruzeiro do Sul S/A	550/3.800	152,46	Papel fotográfico
20/08/1962	67/67 (Ampliação da escala original 1:70.000)	1:25.000	1:24.094±1.952	Wild S	"	550/6.200	88,6	"
23 a 25/04/1970	23/23	1:25.000	1:26.177±1.534	Wild S	IBC/GERCA	550/3.800	152,46	"
05/05/1980	23/23	1:25.000	1:24.606±1.992	Wild S	AERODATA S/A	550/3.800	152,46	"

\* Média da comparação de distâncias, entre dez pares de pontos, apoiadas pela Folha Topográfica 1:50.000 de Cornélio Procópio (DSG, 1963)

TABELA 2. DISTRIBUIÇÃO DOS CANAIS DO "THEMATIC MAPPER" (TM) E PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Bandas	Intervalo espectral	Aplicações principais
1	0,45 a 0,52 (azul)	Mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação e diferenciação entre tipos vegetais.
2	0,45 a 0,60 (verde)	Deteção de radiação verde refletida pela vegetação sadia.
3	0,61 a 0,69 (vermelho)	Estudo da vegetação. Separação de zonas com e sem vegetação (Realça o contraste entre tipos diferentes de vegetação).
4	0,76 a 0,90 infravermelho refletido	Pesquisas em biomassas. Delineação de corpos de água.
5	1,55 a 1,75 infravermelho refletido	Umidade da vegetação, tipos de cultura e umidade do solo.
6	10,4 a 12,5 termal	Análises de "stress" na vegetação, classificação da vegetação, umidade de solos e mapeamento de outros fenômenos naturais.
7	2,08 a 2,35 infravermelho refletido	Mapeamento hidrotermal e geológico em geral.

Fonte: MENESES<sup>85</sup> in NASA\*

\*NASA. A prospectus for Thematic Mapper research in the earth sciences. NASA Tech. Memo., 86149, 1984.

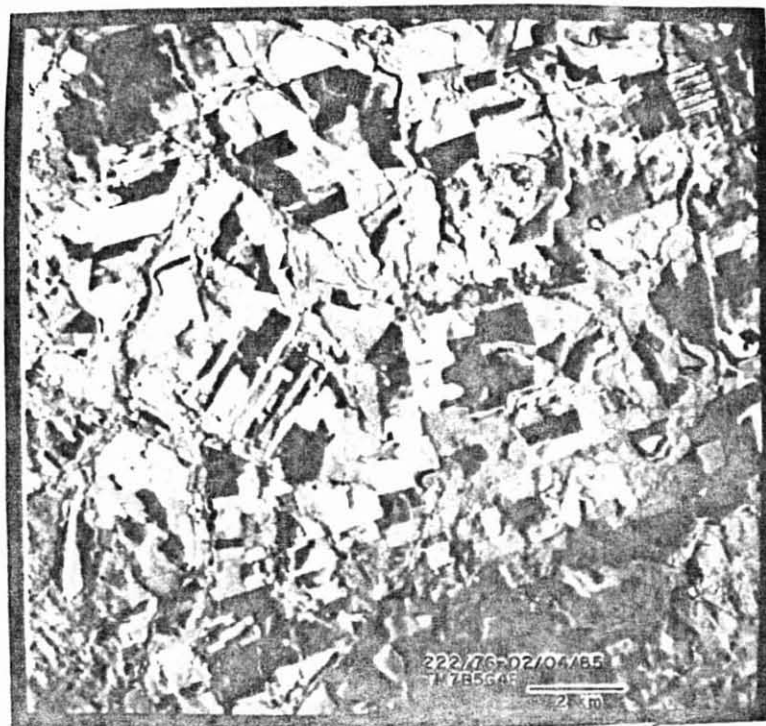
No desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados os dados registrados pelo sensor TM/LANDSAT em fitas compatíveis com computador (CCTs), referente à órbita 222/76 (WRS), da passagem de 02/04/1985, nas bandas 3, 4, 5 e 7, as quais abrangem a radiação da porção do visível e infravermelho refletido do espectro eletromagnético. Os dados do TM foram analisados sob a forma de composições coloridas, obtidas no vídeo do sistema I-100, disponível no Instituto de Pesquisas Espaciais tendo sido anteriormente submetidas à Ampliação Linear de Contraste (ALC).

As combinações das bandas TM três a três, associadas às cores azul (B), Verde (G) e Vermelha (R), possibilitaram a obtenção das composições coloridas, cujas principais características estão contidas na Tabela 3, ilustrando-se, através da Figura 2, a composição TM 7B 5G 4R.

TABELA 3. CARACTERÍSTICAS DAS COMPOSIÇÕES COLORIDAS TM/LANDSAT, ANALISADAS

Escala ampliada	1:25.000
Dimensões das composições	225 km <sup>2</sup>
Data	02/04/1985
Órbita	222/76 (WRS)
Número de "pixels"	262.144
Composições analisadas	TM7B 5G 4R - TM4B 5G 7R - TM5B 7G 4R
Cores	Azul, verde e vermelha
Composições auxiliares	TM3B 7G 4R - TM3B 5G 4R

FIGURA 2. COMPOSIÇÃO COLORIDA TM 7B 5G 4R DO LANDSAT 5



### 3.2.3 Documentação cartográfica

Foram utilizados como documentação de apoio às fotografias aéreas e composições coloridas TM/LANDSAT os seguintes documentos cartográficos:

- a) mapa topográfico na escala 1:50.000, referente ao levantamento de 1962, produzido pelo Departamento de Geografia Terras e Colonização do Paraná, editado em 1963, folha de Cornélio Procópio; SF 22-V-1-2. Este mapa foi ampliado e utilizado também na escala 1:25.000;
- b) fotoíndice na escala 1:100.000 referente a 1980 e produzido pela AERODATA S.A., folha SF 22-Z-C-I;
- c) mapa de levantamento a nível de reconhecimento dos solos do nordeste do Estado do Paraná, executado pela Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura<sup>18</sup> em 1971, escala 1:300.000;
- d) levantamento de reconhecimento de solos, na escala 1:600.000 de 1984 (EMBRAPA<sup>42</sup>); e
- e) mosaico não-controlado, obtido a partir das aerofotos de 1980.

### 3.2.4 Equipamentos

A interpretação das fotografias aéreas foi realizada em mesa de luz, com lâmina de vidro leitosa e quatro lâmpadas de 20 watts. Utilizou-se estereoscópio de espelhos, marca Topcon com lupas ou binocular que aumentam três vezes; estereoscópio de bolso da marca Vasconselos e lupa Ramsor (3X).

As composições coloridas TM/LANDSAT sob a forma de slides foram obtidas no sistema I-100 (INPE) e analisadas com o auxílio

de projetores de slides marca Autofocus (F.1: 2,8/85 mm) e Leitz (F. 1:2,8/150 mm).

As transposições nas diferentes escalas foi efetuada através de MAP-"O"-GRAPH e as medições necessárias, através de planímetro "HOPE", curvímetro "ASI" e réguas de escala.

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Interpretação das fotografias aéreas

Foi realizada a interpretação das fotografias aéreas com o objetivo de identificar o uso e o manejo do solo, as práticas conservacionistas e as áreas com erosão em função da ação antrópica, a rede de drenagem e as várzeas, e o comprimento das pendentes e delimitar as manchas de solo num nível cartográfico mais detalhado, mantendo-se porém a mesma legenda.

A interpretação do uso, manejo, erosão do solo, rede de drenagem e elementos do relevo foi feita com o auxílio do estereoscópio, lupa, régua e gabarito, e com base nos elementos convencionais de reconhecimento como a tonalidade, textura, forma, arranjo espacial, tamanho, padrão, altura dos indivíduos, convergência de evidência, etc. (MORAES<sup>91</sup>; RAY<sup>112</sup>), além do apoio de campo. Para o estudo dos solos foi utilizado o método de análise fisiográfica de GOOSEN<sup>56</sup>.

A interpretação final para definição dos pontos de dúvidas foi feita após os trabalhos de campo.

#### 3.3.2 Interpretação das composições coloridas TM/LANDSAT

As imagens orbitais, na forma de composições coloridas foram processadas através do Analisador de Imagens Multiespectrais



(Sistema Image-100). O módulo analisado foi localizado no vídeo do sistema I-100 com o apoio da folha topográfica 1:50.000 de Cornélio Procópio.

As composições coloridas consideradas mais informativas relativamente às bandas, época e escala foram selecionadas na forma de slides, tomados diretamente na tela da TV do sistema I-100, e posteriormente analisados através de projeção na escala 1:25.000, realizada com auxílio de equipamentos projetores, utilizando-se como base para a interpretação, os elementos de reconhecimento (CERON & DINIZ<sup>26</sup>), além do apoio de campo e das características multiespectrais desses produtos. Analisaram-se as composições coloridas nos pontos amostrais de interesse, utilizando-se preferencialmente as composições TM 5B 7G 4R, TM 4B 5G 7R, TM 7B 5G 4R e as demais como auxiliares.

Para maior clareza, na identificação das classes de ocupação da terra, a denominação das cores e suas variações foram caracterizadas com o apoio de tabelas de cores conforme KELLY & JUDD<sup>65</sup>.

### 3.3.3 Diagnóstico da erosão laminar e em sulcos

Como modelo básico para esta avaliação adotou-se a equação de WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>, conhecida como Equação Universal de Perdas de Solo.

Para a coleta dos dados foram feitas modificações, a seguir discriminadas, no sentido de atender ao tipo de generalização pretendida, ou seja, nível de semi-detalle (MORGAN<sup>97</sup>) e escala 1:50.000, e para possibilitar a previsão de índices de perdas de solo em área amostrada sistematicamente. Buscou-se portanto, de acordo com os objetivos e dados básicos existentes uma abordagem metodológica de caráter regional.

As informações utilizadas para estimar os parâmetros da USLE foram coletadas, ponto a ponto, segundo grade regular de amostragem (DONZELI *et alii*<sup>38</sup>), com um ponto a cada km, sendo estes pontos localizados na intersecção das coordenadas UTMs de valor inteiro, com o primeiro ponto, localizado nas coordenadas 539 km e 7.441 km da carta planialtimétrica de Cornélio Procópio na escala 1:50.000, percorrendo-se a área no sentido oeste-leste e do sul para o norte.

Tratando-se de abordagem metodológica, optou-se pela utilização de apenas 144 pontos amostrais nos quais é possível localizar-se precisamente as condições diagnosticadas. Em trabalhos em pequenas áreas, e adotando-se amostragem por pontos, há necessidade da utilização da sistemática proposta por DMITRIYEV<sup>37</sup>.

### 3.3.4 Avaliação dos parâmetros da Equação Universal de Perdas de Solo

3.3.4.1 Fator erosividade da chuva - A erosividade da chuva ou fator R foi estimado a partir do mapa de isoerodentes desenvolvido por RUFINO<sup>117</sup>, obtido através do uso da metodologia descrita por WILKINSON\* citado por RUFINO<sup>117</sup>. O índice de erosividade,  $EI_{30}$ , foi calculado pela expressão sugerida por CASTRO FILHO *et alii*<sup>25</sup>:

$$EI_{30} = 28,814 + (10,800 + 7,896 \log I_{30}) P \cdot I_{30} \cdot 10^{-3}.$$

Os dados obtidos são resultantes do registro das chuvas de dez anos.

\* WILKINSON, G.E. Rainfall characteristics and soil erosion in the rainforest area of Western Nigeria. Exp. Agr., Great Britain, 2: 247-255, 1975.

Para obtenção do valor para o local fez-se a interpolação entre os valores das duas localidades mais próximas da área de estudo. Utilizou-se neste trabalho o valor de  $775 \text{ tm.mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , para representar a erosividade da chuva em todos os pontos amostrais.

3.3.4.2 Fator erodibilidade do solo - Para estimativa da erodibilidade do solo ou fator K do modelo adotado foram utilizados os índices propostos por BERTONI *et alii*<sup>14</sup> que estimaram valores de erodibilidade do solo para os horizontes A e B de dois agrupamentos de solos de São Paulo: solos com B textural e solos com B latossólico.

Foram utilizados aqui os valores obtidos para os horizontes superficiais do Latossolo Roxo e da Terra Roxa Estruturada, respectivamente 0,12 e 0,18  $\text{t.ha.ha.ha}^{-1}.\text{tm}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ . Na estimativa da erodibilidade, LOMBARDI NETO & BERTONI<sup>74</sup> seguiram o método de MIDDLETON<sup>86</sup>, modificado, sendo considerado para cada horizonte as seguintes propriedades: argila natural, argila dispersa e umidade equivalente. Foram estabelecidas as seguintes relações:

- a) relação de dispersão, definida como a relação teor de argila natural/teor de argila dispersa;
- b) relação argila dispersa/umidade equivalente;
- c) relação de erosão, definida pela razão entre a relação de dispersão e a relação argila dispersa/umidade equivalente.

3.3.4.3 Fator topográfico - Os fatores comprimento de rampa (L) e declividade (S), que constituem em conjunto o fator topo-

gráfico, foram calculados através da formulação  $LS=0,00984.c^{0,63}.d^{1,18}$ , onde  $c$  representa o comprimento de rampa em metros e  $d$  a declividade em percentagem (BERTONI *et alii*<sup>15</sup>). Os valores básicos " $c$ " e " $d$ " foram extraídos nos pontos amostrais localizados na carta topográfica na escala 1:25.000, resultante da ampliação da carta 1:50.000 da folha de Cornélio Procópio de 1963, com o apoio das fotografias aéreas de 1980.

Considerando-se a relativa uniformidade das encostas na área de estudo, o nível de generalização do trabalho, bem como, a possível faixa de variação dos demais fatores da equação, não foram consideradas na estimativa do fator LS, as alterações provocadas pela variação no perfil da encosta.

Para medição dos valores básicos de " $c$ " e " $d$ " utilizou-se grade de amostragem conforme descrição no item 3.3.5. Estes pontos também foram localizados nas fotografias aéreas considerando-se as distorções geométricas das mesmas.

Foram estabelecidas seis classes de declividade de acordo com LEPSCH<sup>73</sup>, sendo a Classe A: 0-3%; B: 3-6%; C: 6-12%; D: 12-20%; E: 20-40% e Classe F > 40%. A medição da declividade foi feita com gabarito colocado segundo uma linha ortogonal às curvas de nível e na intersecção das coordenadas UTMs de valor inteiro, conforme orientação da grade de amostragem. A declividade resultou da distância entre curvas de nível contíguas, enquadrando-se num dos intervalos definidos, e representa a projeção em planta do respectivo segmento de encosta (DONZELI *et alii*<sup>38</sup>).

Os comprimentos de rampa foram medidos na carta planialtimétrica e /ou nas fotografias aéreas com régua graduada em hectômetros, conforme proposição de DONZELI *et alii*<sup>38</sup>. Utili-

zou-se procedimento semelhante ao anterior quanto ao posicionamento do ponto medido.

O valor do comprimento de rampa representa o caminho que as águas pluviais percorrem a montante de cada ponto, até alcançá-lo, ou seja, é a distância segundo o maior declive da encosta por onde escoam as águas até atingir o ponto de medição.

Em função das diferentes situações esboçadas pelo relevo, e a fim de controlar adequadamente a interpretação da rampa a ser mensurada, foram estabelecidos alguns critérios básicos assim definidos:

- a) ponto de medida posicionado sobre linha de divisor de águas;
  - a.1) divisor de perfil agudo: o comprimento de rampa é igual a zero;
  - a.2) divisor de perfil amplo e concexo: o comprimento de rampa é igual à distância para montante até alcançar a primeira ruptura de declive, observada ou interpretada;
  - a.3) divisor de perfil achatado (horizontalizado): o comprimento de rampa é igual à distância para montante até o ponto de maior altitude, com cota indicada ou não, a partir do qual a morfologia sugere um escoamento "radial" das águas;
- b) ponto de medida posicionado na porção frontal do divisor de águas. O comprimento de rampa é igual à distância para montante até alcançar a primeira ruptura de declive, observada ou interpretada;
- c) ponto de medida posicionado sobre espelho d'água (represas, lagos, cursos d'água, várzeas, terrenos alagados). O comprimento de rampa é igual a zero;

- d) ponto de medida posicionado sobre drenagens de primeira e segunda ordens:
- d.1) nas de primeira ordem, o comprimento de rampa é igual à distância para montante até o término da drenagem;
  - d.2) nas de segunda ordem, o comprimento de rampa é igual à maior distância obtida para o escoamento ao longo das vertentes de cada margem;
- e) ponto de medida posicionado sobre áreas urbanizadas ou qualquer outro tipo de instalação antrópica. O comprimento de rampa é igual à distância para montante, obedecendo-se todos os critérios anteriores, sem levar em consideração as modificações impostas ao escoamento das águas pelos fatores antrópicos presentes.

Os valores de comprimento de rampa foram conferidos diretamente sobre as fotografias aéreas 1:25.000 de 1980. Este valor de comprimento de rampa foi chamado de  $\underline{c}$  potencial, e foi utilizado para determinar o valor do índice de erosão potencial ou também denominado potencial natural de erosão (PN).

Além do valor de  $\underline{c}$  potencial, mediu-se nas fotografias aéreas das diversas épocas o comprimento real da encosta, denominado de  $\underline{c}$  real, determinado pelas modificações introduzidas pelo uso da terra. Adotou-se como regra geral os critérios de WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>, modificados segundo a descrição a seguir:

- a) o comprimento máximo da rampa é sempre aquele utilizado para avaliação da erosão potencial;
- b) em áreas terraceadas, o comprimento  $\underline{c}$  é dado pela distância média entre os terraços que ocorrem na classe de declividade definida pelo ponto amostral;
- c) nas áreas de mata utilizou-se o  $\underline{c}$  potencial.

O valor do  $\underline{c}$  real foi utilizado para calcular o índice de perdas de solo por erosão das diversas épocas.

Também, para caracterizar melhor as encostas, determinou-se o  $\underline{c}$  modal resultante da aplicação da fórmula:

$$c_{\text{modal}} = c + a \frac{f_1}{f_1 + f_2}$$

onde:

$c$  = limite inferior da classe da moda;

$a$  = intervalo de classe;

$f_1$  e  $f_2$  = freqüências das classes adjacentes à classe da moda (MARKUS<sup>82</sup>).

O  $\underline{c}$  modal não foi utilizado para calcular os índices de erosão.

3.3.4.4 Fator uso e manejo do solo - Para obtenção do valor do fator  $C$ , as intensidades de perdas do solo de cada um dos cinco períodos em que é dividido o desenvolvimento da cultura são combinadas com a porcentagem de distribuição do índice de erosão (EI) anual, para determinado local (BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>).

Para definir o uso da terra utilizaram-se as fotografias aéreas e imagens TM dos diversos períodos, tendo sido, inicialmente, elaborada uma legenda detalhada que com o andamento do trabalho foi sendo generalizada em função dos dados experimentais do fator  $C$  disponíveis. Como no Paraná, apesar das pesquisas com a USLE em andamento a cerca de mais de dez anos, ainda não se tem valores definitivos de  $C$  para nenhuma região do Estado, utilizou-se neste trabalho os valores definidos por STEIN *et alii*<sup>127</sup> em área adjacente no Estado de São Paulo e com algumas modificações tendo em vista as condições específicas de realização deste estudo. Assim, também a legenda de uso da

terra foi adaptada a partir de STEIN *et alii*<sup>127</sup>. Segundo estes pesquisadores para obtenção do valor do fator uso-manejo do solo foi utilizada a sistemática proposta por BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>.

As modificações introduzidas neste trabalho nos valores de C visaram contemplar o aspecto histórico do uso-manejo do solo. Como não existem dados experimentais para isto, as modificações nos valores de C introduzidas baseiam-se na fixação de subfatores que possam valorizar os efeitos residuais das florestas, do sistema radicular, da matéria orgânica, da cobertura do solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>), da modificação nos sistemas de manejo do solo e das culturas (ACARPA<sup>5-6</sup>), visualizados nas fotografias aéreas das diferentes épocas e nas informações obtidas a campo.

Geralmente a modificação consistiu em adicionar ao valor básico da Tabela 4, o subfator 0,02 para cada levantamento do uso da terra, estabelecido pelas épocas de obtenção das fotografias aéreas, ou 0,01, determinado pela tomada das composições coloridas.

3.3.4.5 Fator P - Dentro do nível de generalização deste trabalho foram caracterizadas três tipos de práticas conservacionistas na área de estudo, definindo-se três valores para o fator P. O valor de 0,5 para culturas em contorno terraceadas ou não, o valor de 0,75 para cultivos onde o sentido das linhas da cultura é intermediário, ou seja, o cultivo não é determinado pelo sentido do declive e o valor de 1,0 quando o cultivo é realizado morro abaixo. Os valores extremos foram obtidos a partir de WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup> enquanto o valor de 0,75 representa uma situação intermediária e foi obtido por interpolação.



TABELA 4. CATEGORIAS DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS E VALORES CORRESPONDENTES DE C E P

Grupo	Categoria	Valores	
		C*	P**
1.	Vegetação de porte alto a médio, cobertura total do terreno:		
1a.	Floresta	0,4 x 10 <sup>-</sup>	1,0
1b.	Vegetação secundária	0,4 x 10 <sup>-</sup>	1,0
2.	Vegetação de porte médio a baixo, cobertura total do terreno:		
2.	Cultura permanente, com cultura anual intercalar e resíduos da derrubada da mata; condições físicas do solo favoráveis à absorção da água pluvial; mobilização do solo nula ou quase-nula - Café em quadra	0,02	1,0
3.	Vegetação de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno:		
3.	Cultura perene, sem cultura anual intercalar, sem resíduos da derrubada da mata; condições físicas do solo desfavoráveis à infiltração de água pluvial - Café em curva de nível	0,25	0,50
4.	Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno:		
4.	Pastagem, cobrindo totalmente o solo, poucos a muitos arbustos de porte médio a baixo	0,01	1,00
5.	Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial do terreno:		
5a.	Pastagem recentemente implantada, pomar ou sede da propriedade	0,10	1,00 ou 0,50
5b.	Cultura anual - Trigo-soja; trigo-milho; algodão, rami	0,20	0,50 ou 0,75
6.	Ocupações naturais diversas		
6.	Várzea; espelho d'água	0,00	1,00

\* Valores de C conforme STEIN *et alii*<sup>127</sup>

\*\* Valores de P: 1,00: cultivo na direção do declive

0,75: cultivo independente do sentido do declive (5b<sup>i</sup>)

0,50: cultivo em nível, ou seja perpendicular ao declive (5b<sup>n</sup>)

0,50: cultivo em nível, ou seja, perpendicular ao declive e com sistema de terraços (5b<sup>t</sup>)

Na legenda, o cultivo anual em contorno terraceado, não terraceado e intermediário, interpretados nas fotografias aéreas e composições coloridas TM, foram simbolizados, respectivamente por 5b<sup>t</sup>, 5b<sup>n</sup> e 5b<sup>i</sup>.

Para a interpretação das práticas conservacionistas nas composições coloridas TM utilizou-se o apoio de campo realizado em 04/84 e 02/87 e o mosaico confeccionado a partir das fotografias aéreas de 1980.

### 3.3.5 Limite de tolerância de perdas de solo

Os limites de tolerância de perdas de solo para o Latossolo Roxo e para a Terra Roxa Estruturada, adotados neste trabalho, foi de 12,0 e de 13,4 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>.

### 3.3.6 Cálculo dos índices de erosão e classificação dos índices de perdas de solo

3.3.6.1 Cálculo do potencial natural de erosão - Os valores dos índices de erosão potencial ou potencial natural de erosão (PN) são resultantes do produto dos fatores R x K x LS da Equação Universal de Perdas de Solo. Utilizou-se para este cálculo o valor do fator L, obtido a partir do comprimento de rampa do c potencial.

Com base nesses valores de PN condensados nas classes: A-Baixa (0-200,5 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>); B-Média (200,5 - 400,5); C-Alta (400,5-600,5); D-Muito alta (600,5-800,5); e E-extremamente alta (800,5-1,757 t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>) e utilizando-se como apoio a carta planialtimétrica com a drenagem detalhada a partir das fotogra-

fias aéreas de 1980, o mapa de solos, o mapa das unidades fisiográficas e o mapa de classes de declive, traçou-se manualmente um mapa de classes de erosão potencial.

Procurou-se verificar a existência de dependência espacial nos dados de erosão potencial, pelo método geoestatístico, conforme CLARK<sup>30</sup>, uma vez que os pontos de observação apresentavam-se regularmente distribuídos. Entretanto, na confecção do semivariograma verificou-se a inexistência de estrutura, impossibilitando, assim, a estimativa através desta metodologia.

3.3.6.2 Cálculo do índice de erosão real para as diversas épocas - Para obtenção do índice de erosão real foram contemplados todos os fatores da equação de previsão de perdas do solo: R, K, L, S, C e P. O valor de  $\underline{c}$ , comprimento da rampa, foi modificado para atender às condições reais de uso da terra,  $\underline{c}$  real, conforme já descrito. Ressalta-se que os valores encontrados são apenas índices de perdas de solo e não representam as perdas reais e absolutas.

Os valores de C e P foram obtidos conforme Tabela 4.

3.3.6.3 Grau de adequação do uso da terra nas diversas épocas - Esta classificação baseou-se em critérios estabelecidos por STEIN *et alii*<sup>127</sup>, modificada. Neste sentido, a ocupação pretérita e presente das terras foi representada pelos fatores C.P real. Por outro lado, a ocupação tolerável foi representada por C.P tolerável e é função do tipo de solo e do seu limite de tolerância de perdas de solo. As diferenças entre C.P tolerável e C.P real forneceram indicadores numéricos da maior ou menor possibilidade de ocorrência de erosão laminar e em sulcos. Foram definidas empiricamente três classes para o enquadramento das

discrepâncias positivas (DP) e duas para as discrepâncias negativas (DN), correspondendo às classes e valores seguintes: Baixa (0,000 a 0,090); Média (0,091 a 0,180); Alta (> 0,180), para DP e para DN: Baixa (-0,001 a -0,090); e Média (-0,091 a -0,180).

Os valores negativos indicam utilização inadequada das terras e a expectativa de ocorrência de erosão laminar e em sulcos em função dos fatores de ocupação das terras. Quanto maior for o valor negativo, tanto maior será o risco de erosão. Por outro lado, os valores positivos indicam a utilização das terras dentro dos limites de perdas de solo toleráveis, estabelecidos em função das características do solo.

3.3.6.4 Classificação de HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>, modificada - Para esta classificação estimaram-se novos índices de perdas de solo para os pontos amostrais, com base em comprimentos de rampa (c) ditados pelo espaçamento entre terraços, conforme o grau de declividade, adotando-se a tabela confeccionada por BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>. Utilizaram-se estes valores de c porque cerca de 97% das culturas anuais em 1980 eram cultivadas em nível na área de estudo e na sua quase totalidade com terraceamento.

Para o enquadramento das terras nas diversas classes, adotaram-se critérios de HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup> modificados, que são os seguintes:

- a) foi considerado como limite tolerável de perdas de solo, o valor correspondente a  $12 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , tanto para o LRe como para a TRE;
- b) foram consideradas terras não erosivas: as terras cujos valores resultantes da multiplicação dos fatores

R.K.LS são inferiores a  $17,14 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Este valor foi obtido considerando-se um valor máximo para C.P de 0,7;

- c) terras altamente erosivas: as terras cujo resultado da multiplicação dos fatores R.K.LS produz valores maiores do que  $133,9 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de perdas de solo. Neste caso considera-se o valor mínimo para C.P de 0,1; e
- d) terras moderadamente erosivas: as terras enquadradas entre estes dois limites. Dentro desta classe distinguiram-se as terras que estão sendo manejadas dentro do limite tolerável de perdas de solo e aquelas que não o estão.

Elaborou-se, a partir desses critérios e do material que serviu de base para traçar o mapa de PN, um mapa de risco de erosão real.

### 3.3.7 Aspectos complementares do diagnóstico da erosão laminar e em sulcos

3.3.7.1 Distribuição espacial das classes de solos- Para compatibilizar a escala de trabalho, 1:50.000, com o nível de informações sobre solos (EMBRAPA<sup>42</sup>), fez-se uma análise fisiográfica (GOOSEN<sup>56</sup>), objetivando o estudo dos solos e a partir do apoio de campo foi elaborado um mapa de solos na escala 1:50.000, mantendo-se, porém, o mesmo nível de informação quanto à definição das unidades taxonômicas.

Nas fotografias aéreas foram consideradas as seguintes feições geomorfológicas: pediplanos (Pd), pedimentos indiscri-

minados (P), pedimentos altos e baixos ( $P_2$  e  $P_1$ , respectivamente), rampas (R) e paisagem aluvial (Hi) (ROCHA *et alii*<sup>114</sup>).

Foram separadas três classes de solos na área de estudo: Latossolo Roxo eutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo plano a suave ondulado, Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado e Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados.

3.3.7.2 Identificação e avaliação da erosão em sulcos - Os focos de erosão em sulcos foram interpretados estereoscopicamente em fotografias aéreas pancromáticas com base nos elementos de reconhecimento fotográfico. Uma vez identificados e mapeados, as áreas de sua ocorrência foram avaliadas empiricamente pela frequência de erosão, obtida através da relação entre o número de sulcos por unidade de área ( $\text{km}^2$ ), classificando-se as glebas em três categorias: Classe A: com menos de 1 sulco/ $\text{km}^2$ ; Classe B com 1 até 2 sulcos/ $\text{km}^2$  e classe C com mais de 2 sulcos/ $\text{km}^2$ . Esta classificação baseou-se na possibilidade de melhor diferenciação dos níveis de erosão, sendo que a delimitação das áreas não foi rígida (PINTO<sup>109</sup>; STEIN *et alii*<sup>127</sup>, modificada). Esta avaliação restringiu-se ao ano 1980 uma vez que nas demais épocas a quantidade de sulcos interpretados na área foi inexpressiva.

A identificação da erosão nos pontos amostrais resultou no mapeamento e quantificação dos focos de erosão em relação às práticas de manejo adotadas, classes de solos e de declive caracterizados.

Para avaliação do nível de significância estatística da quantidade de sulcos nos pontos amostrais, adotou-se o teste do  $\chi^2$ , adaptando-o aos dados de enumeração através da fórmula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(|f_{i \text{ observada}} - F_{i \text{ esperada}}| - 0,5)^2}{F_{i \text{ esperada}}}$$

em que  $f$  e  $F$  são frequências absolutas,  $i$  é o número de ordem das categorias ou classes, e  $k$  o número total de classes do atributo estudado. Utilizou-se 80% de probabilidade para considerar a diferença significativa (SNEDECOR<sup>125</sup>).

3.3.7.3 Índice indicativo da quantidade de sedimentos depositados na várzea - Este índice foi calculado a partir do índice de perdas acumuladas de solo (IPAS) da USLE, após retirar-se do IPAS o solo que saiu das bacias hidrográficas da área de estudo, obtido através da fórmula  $Y = E(DR)/Ws$  (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE<sup>135</sup>), onde  $Y$  é a quantidade de sedimentos erodidos por unidade de área,  $E$  é o total de perdas de solo desde 1953 até 1985,  $DR$  é a taxa de entrega e  $Ws$  é a área das bacias a montante dos pontos de entrega de sedimentos (área total). Este índice, embora dimensionado como os demais, tem um caráter qualitativo em função do tipo de abordagem empregada.

### 3.3.8 Trabalho de campo

O apoio de campo foi obtido através de duas viagens ao local, em abril de 1984 e em fevereiro de 1987.

Esse apoio possibilitou a confirmação e o ajuste de interpretação duvidosa bem como a reconstituição das situações

do uso agrícola nas épocas em questão. Foram feitas, adicionalmente, entrevistas com agricultores e técnicos extensionistas locais com a finalidade de diagnosticar aspectos relativos às práticas de manejo vigentes na área de estudo.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO DOS FATORES DA USLE QUE DETERMINAM O POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS

Os resultados da multiplicação dos fatores R.K.LS possibilitaram avaliar o que se convencionou chamar de "potencial natural de erosão laminar e em sulcos" (PN). Neste caso, foram considerados os parâmetros naturais do meio físico e que fazem parte do modelo de previsão de perdas de solo de WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>.

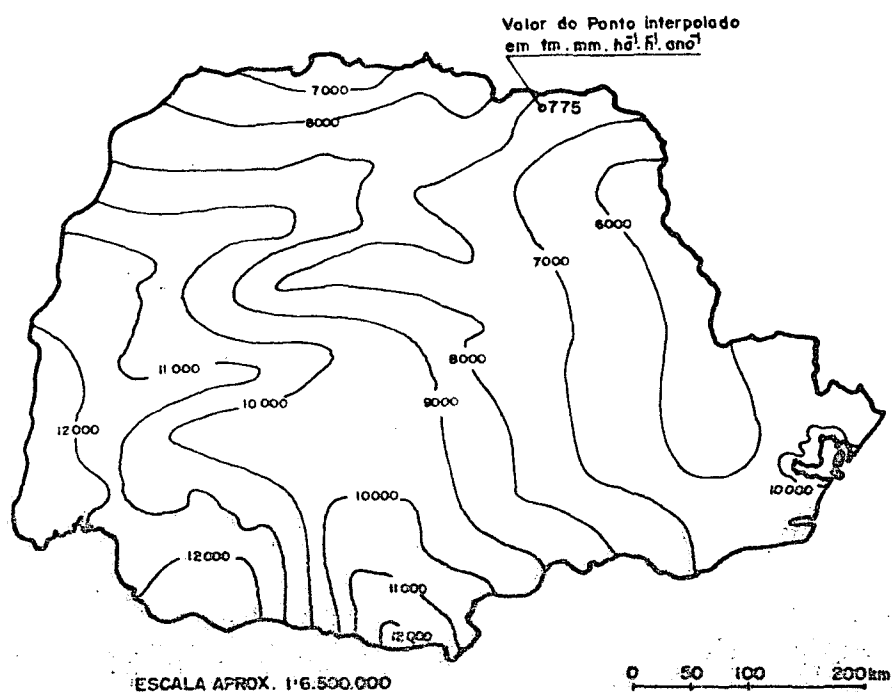
Os valores alcançados correspondem aos índices de perdas de solo (IPS) em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e com o solo cultivado no sentido do declive. Resultou disso uma informação básica sobre o risco potencial dos solos à erosão.

#### 4.1.1 Erosividade da chuva

Conforme os autores deste modelo de previsão de perdas de solo, o fator R representa numericamente a força erosiva da chuva e do seu escoamento superficial. Neste trabalho, os valores do fator R são apresentados na unidade  $\text{tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , conforme é usual em outros autores. O valor aproximado de erosividade da chuva para a área de estudo é de 775, obtido por interpolação a partir do mapa de curvas isoerodentes

do Estado do Paraná (RUFINO<sup>117</sup>) (Figura 3). Trata-se de um potencial erosivo alto, característico de regiões tropicais, embora para o Estado do Paraná esteja entre os valores médios.

FIGURA 3. VALORES MÉDIOS ANUAIS DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DA CHUVA DO ESTADO DO PARANÁ. SEGUNDA APROXIMAÇÃO (RUFINO<sup>117</sup>)



Obs.: Multiplicar os valores do mapa por 0,101862 para convertê-los na unidade  $\text{tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Os valores de  $R$ , calculados por RUFINO<sup>117</sup>, com os dados meteorológicos das estações que circundam a área de interesse, situam-se entre 885 e 722  $\text{tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Embora a concentração relativamente mais alta de postos meteorológicos junto à área, a adoção de valores diversos de  $R$  para a área de estudo não fornece maior consistência aos índices de perdas de solo obtidos, uma vez que a densidade dos dados

básicos analisados é ainda reduzida para possibilitar este detalhamento. Acrescente-se a isso, a pequena influência nos índices de perdas de solo, ao redor de 2%, se fossem assumidos valores diferentes de R interpolados, cuja variação para a área apresenta-se ao redor de  $775 \pm 8 \text{ tm.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Note-se também que a estimativa do valor R carece de maior precisão principalmente porque os registros das observações meteorológicas correspondem a um período máximo de dez anos, quando nos Estados Unidos da América, por exemplo, os resultados mais compatíveis com a realidade foram obtidos com dados pluviométricos de vinte e dois anos. Apesar disso, conforme WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup> tal período de tempo não é bem determinado, dependendo essencialmente da ciclicidade climática.

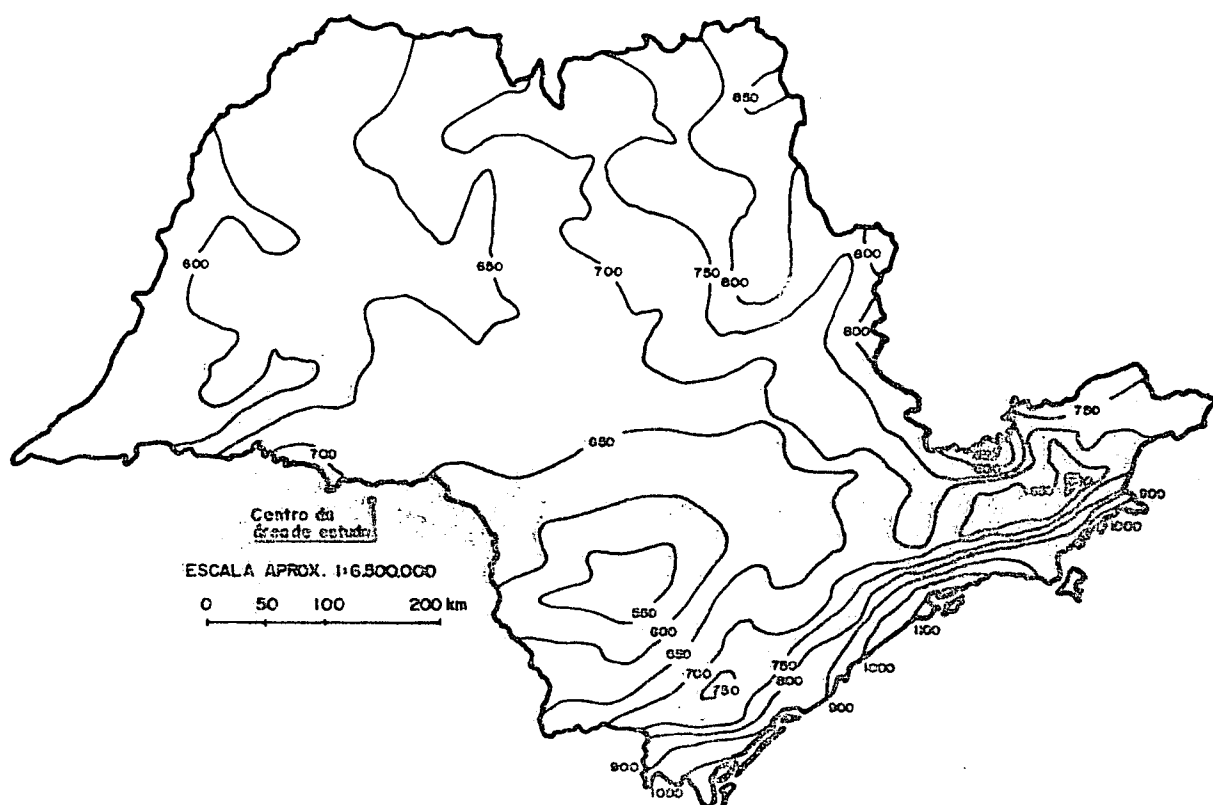
Portanto, tendo em vista estas razões e o objetivo principal do trabalho de diagnosticar o risco de erosão, sem contudo pretender determinar valores reais de perdas de solo, considerou-se como mais adequada a adoção de um único valor de R para a área de estudo.

Além disso, a curva de isoerodentes, calculada por LOMBARDI *et alii*<sup>75</sup> para o Estado de São Paulo a partir da equação desenvolvida por LOMBARDI & MODELNHAUER<sup>76</sup>, com registros climáticos de vinte e dois anos e que dista mais ou menos 30 km da área, possui um valor de 700, ou seja, apenas 10,7% diferente do valor utilizado neste estudo (Figura 4).

#### 4.1.2 Erodibilidade do solo

No sentido de compatibilizar as informações existentes sobre solos, levantados ao nível de reconhecimento (EMBRAPA<sup>42</sup>), com o nível de semi-detálhe deste trabalho, empregou-se o

FIGURA 4. VALORES MÉDIOS ANUAIS DO ÍNDICE DE EROSÃO DA CHUVA NO ESTADO DE SÃO PAULO (BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>), EM  $\text{tm.mm.ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$



método de análise fisiográfica e apoio de campo para se elaborar mapa de solos na escala 1:50.000. Utilizou-se a mesma legenda do levantamento de reconhecimento de solos (EMBRAPA<sup>42</sup>).

Na área de estudo ocorrem, predominantemente, três classes de solos: Latossolo Roxo eutrófico (LR), Terra Roxa Estruturada eutrófica (TRe) e Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados (GH) com áreas aproximadas de 4.900 ha, 9.000 e 500 ha, respectivamente (Figura 5).

O LRe ocupa áreas aplainadas do pediplano e pedimentos mais elevados em relevo local pouco movimentado, situando-se em declives de zero a 6%, excepcionalmente atingindo 9% (ROCHA *et alii*<sup>114</sup>).

A TRe ocorre geralmente em relevo suave ondulado e ondulado, em áreas mais movimentadas, ocupando basicamente os pedimentos embutidos e as rampas altas e baixas, próximas às drenagens.

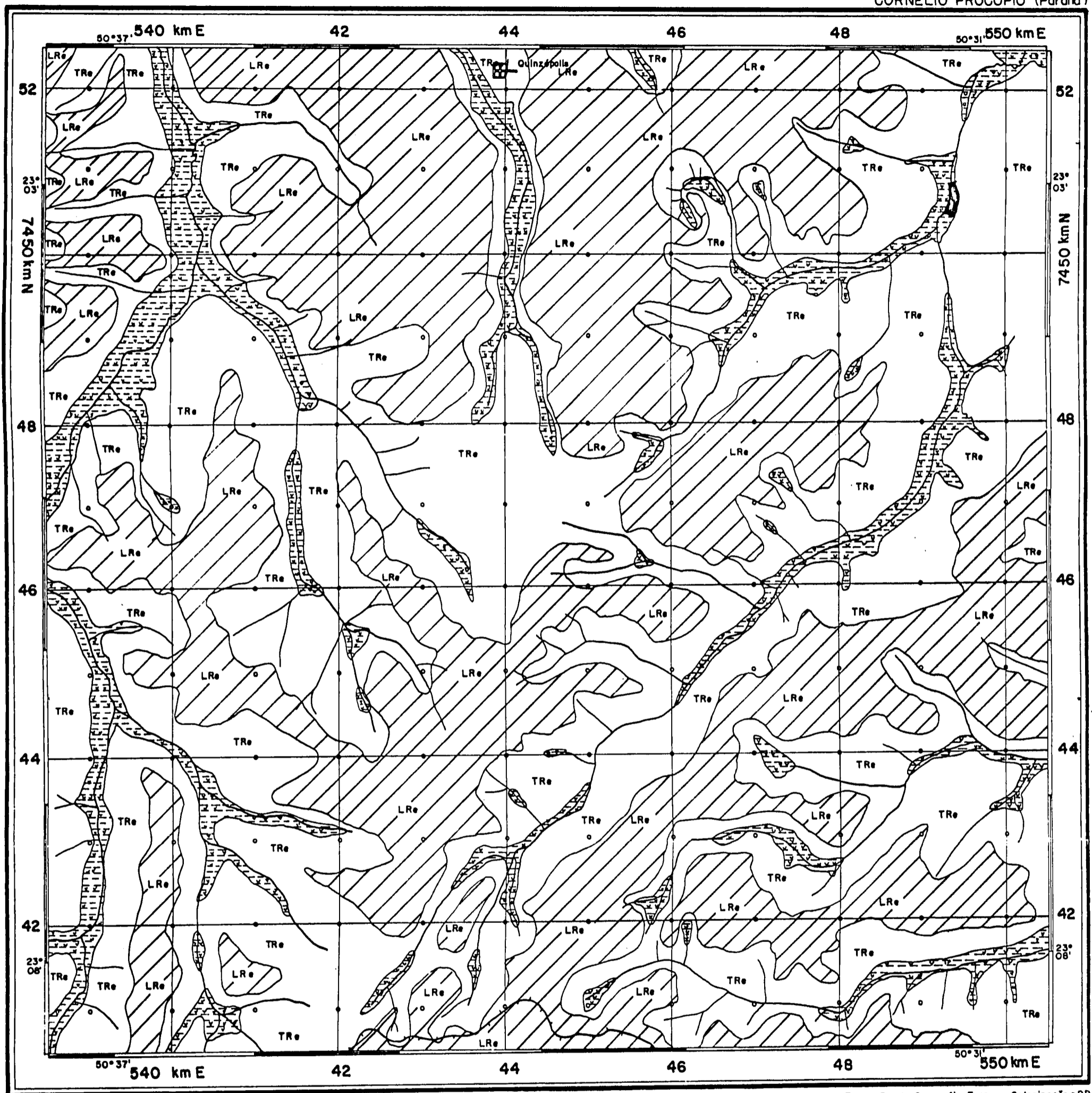
Os solos hidromórficos encontram-se em superfícies praticamente planas, de agradação, portanto, em condições desfavoráveis ao escoamento das águas pluviais e do solo.

É possível encontrar-se na área pequenas manchas de solo Brunizem Avermelhado ou Cambissolos, porém não foram mapeados tendo em vista a pequena expressão em área.

Quanto ao fator K, os valores de 0,12 para o LRe e de 0,18 para a TRe apresentam-se baixos em relação a outros solos (LOMBARDI NETO & BERTONI<sup>74</sup>, KRONEM<sup>67</sup>), porém, representam entre si uma diferença importante para demonstrar o efeito de características inerantes aos solos, na quantidade de erosão diagnosticada. o valor K da TRe, considerando-se os demais fatores da USLE constantes, contribuiu com cerca de 50% no aumento dos

FIGURA 5. MAPA DE SOLOS

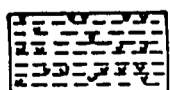
CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)



Fonte: Depto. Geografia, Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50 000

Linear (1cm=500m)



Área Hidromórfica



Estrada de Ferro  
Bitola Estreita - Via Simples



Canal de Drenagem

• Ponto Amostral

CLASSES DE SOLOS



LRe Latossolo Roxo eutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano



TRe Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado



Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados textura argilosa fase campo e floresta tropical perenifólia de várzea relevo plano (incluem Áreas Hidromórficas)

Índices de Perdas de Solo (IPS) em relação ao LRe, evidenciando, provavelmente, as características de menores taxas de infiltração e permeabilidade da TRe pela existência de horizonte B textural e demais fatores contemplados na definição de erodibilidade desses solos (BERTONI & LOMBARDI<sup>13</sup>).

O valor K dos solos hidromórficos, por ocorrerem em posições baixas e planas, não foi determinado. Além disso, o método utilizado para determinação do comprimento de rampa, nesses casos, estabelece um valor nulo para o fator L, o que ocasiona um IPS igual a zero para estas áreas (Anexos 1 e 3).

#### 4.1.3 Fator topográfico

Considerando-se a metodologia utilizada, as características geomorfológicas da área e a predominância de apenas três classes de solos, o fator topográfico torna-se, quase sempre, o mais importante fator da USLE no comando dos índices de erosão potencial na área de estudo, proporcionando grau acentuado de controle na definição da intensidade de uso do solo.

No que tange ao comprimento de rampa (c), constata-se que, em geral, os valores encontram-se dispersos não ocorrendo definição clara das classes modais. Porém, de acordo com a metodologia empregada o "c" modal para a TRe tende a situar-se ao redor de 280 m nos declives de 3 a 12%, enquanto que para o LRe, ao redor de 230 m nos declives de zero a 6% (Tabela 5). Os comprimentos mais curtos (c ao redor de 120 m) referem-se, geralmente, às rampas das calhas e cabeceiras de drenagem (Tabela 5).

A influência de "c" no comando dos valores do fator topográfico se faz notar, principalmente, nas superfícies suaves

TABELA 5. NÚMERO DE PONTOS AMOSTRAIS POR CLASSE DE DECLIVE (d) E DE COMPRIMENTO DE RAMPA (c), e "c" MODAL

Classes de comprimento de rampa (m)	Classes de declive (%)				
	LRe*		TRe**		
	0-3	3-6	3-6	6-12	12-20
0 - 100,5	6	6	1	3	2
100,5 - 150,5	5	2	2	10	3
150,5 - 200,5	4	5	4	8	2
200,5 - 250,5	6	6	3	8	2
250,5 - 300,5	2	5	7	11	1
300,5 - 350,5	-	-	2	4	1
350,5 - 400,4	1	-	-	2	-
400,5 - 450,5	-	-	-	6	-
450,5 - 500,5	-	-	2	1	1
500,5 - 900	1	-	2	2	-
Número de amostras por classe de declive	25	24	23	55	12
% do total	17,5	16,7	16,0	38,2	8,3
Moda (m)	233	225	280	283	125

\* Latossolo Roxo eutrófico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano.

\*\* Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado.

Obs.: Os Solos Hidromórficos, num total de 5 pontos amostrais, não foram incluídos nesta tabela.



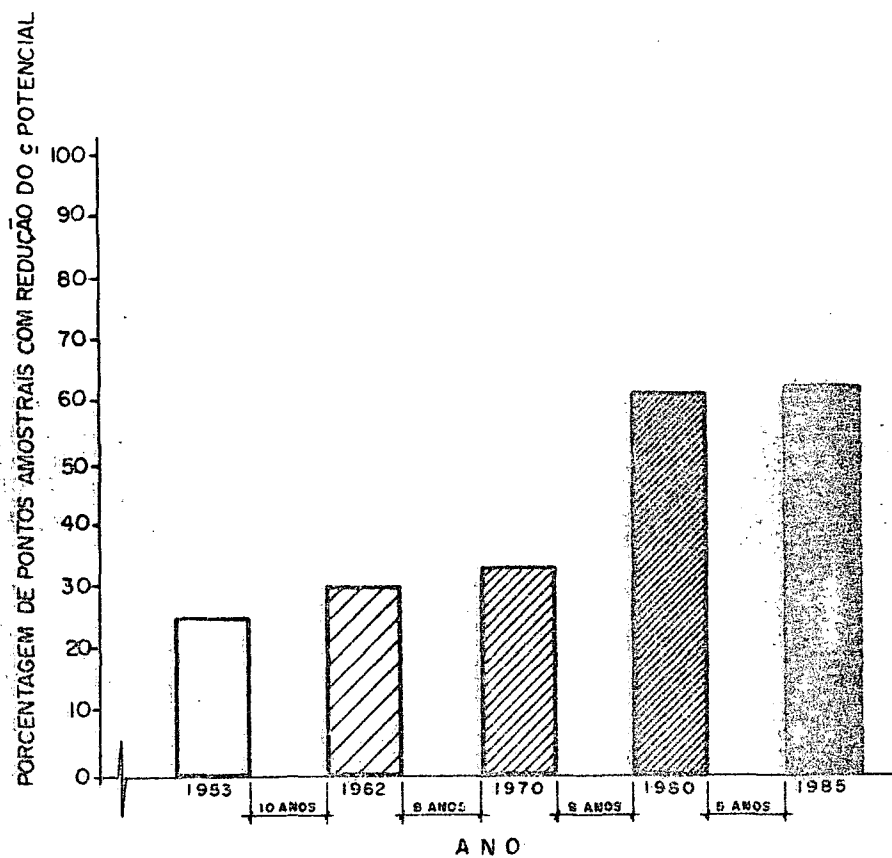
onduladas e onduladas e, com raras oportunidades nas rampas de declive maior do que 12%. Nestas, o grau de declive é preponderante na determinação de altos valores de L S.

Ao redor de 88% da área está situada em declives inferiores a 12% e 50% em declives menores do que 6% (Tabela 5), situação semelhante à encontrada por KRONEM<sup>67</sup> no município de Rolândia (PR), numa região próxima à área de estudo e com semelhança fisiográfica e de solos.

As características do solo e do relevo possibilitaram a mecanização quase total da área com práticas de cultivo em nível com ou sem terraceamento. Este fato pode ser constatado nas fotografias aéreas, as quais tornaram possível a medição do valor "c" real para cada época estudada. Observa-se, desta forma, nas fotografias aéreas das diversas épocas, as modificações introduzidas no comprimento de rampa, e conseqüentemente no fator L, pelo uso-manejo da terra. Cerca de 60% das terras agricultáveis tiveram redução no valor de c a partir de 1980, principalmente pela prática do terraceamento (Figura 6 e Anexo 1). O efeito matemático disso na USLE é de redução dos Índices de Perdas de Solo (IPS) embora na realidade isto possa não ocorrer sempre, pois observa-se nas fotografias aéreas a presença de sulcos, algumas vezes rompendo o sistema de terraços, reduzindo ou anulando a sua eficácia podendo até, em alguns casos, como sugerem WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>, contribuir para aumentar as perdas de solo.

Até 1970, a redução do comprimento de rampa pode ser atribuída essencialmente ao parcelamento agrícola, às estradas e aos carregadores maiores entre as quadras de café, que desviavam o fluxo normal da água, reduzindo portanto, a sua velocidade.

FIGURA 6. AUMENTO PERCENTUAL DO NÚMERO DE PONTOS AMOSTRAIS COM REDUÇÃO NO COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL ( $c$  POTENCIAL) EM FUNÇÃO DO USO-MANEJO DO SOLO, DETECTADO NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS E COMPOSIÇÕES COLORIDAS TM ANALISADAS



Após 1970, a redução do "c" deveu-se fundamentalmente à adoção do terraceamento como prática de controle da erosão.

Assim, verifica-se que o uso-manejo do solo e as práticas conservacionistas, muitas vezes, determinam redução no valor R.K.LS. Por outro lado, os pontos amostrais da área de estudo com possibilidade de um valor "c" real maior em relação ao "c" potencial constituem exceção como, por exemplo, os pontos situados nos topos das elevações e os das áreas hidromórficas.

#### 4.2 POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS

O potencial natural de erosão laminar e em sulcos (PN em  $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ ) foi obtido a partir da USLE, numa concepção parcialmente teórica, considerando-se principalmente parâmetros naturais do meio físico.

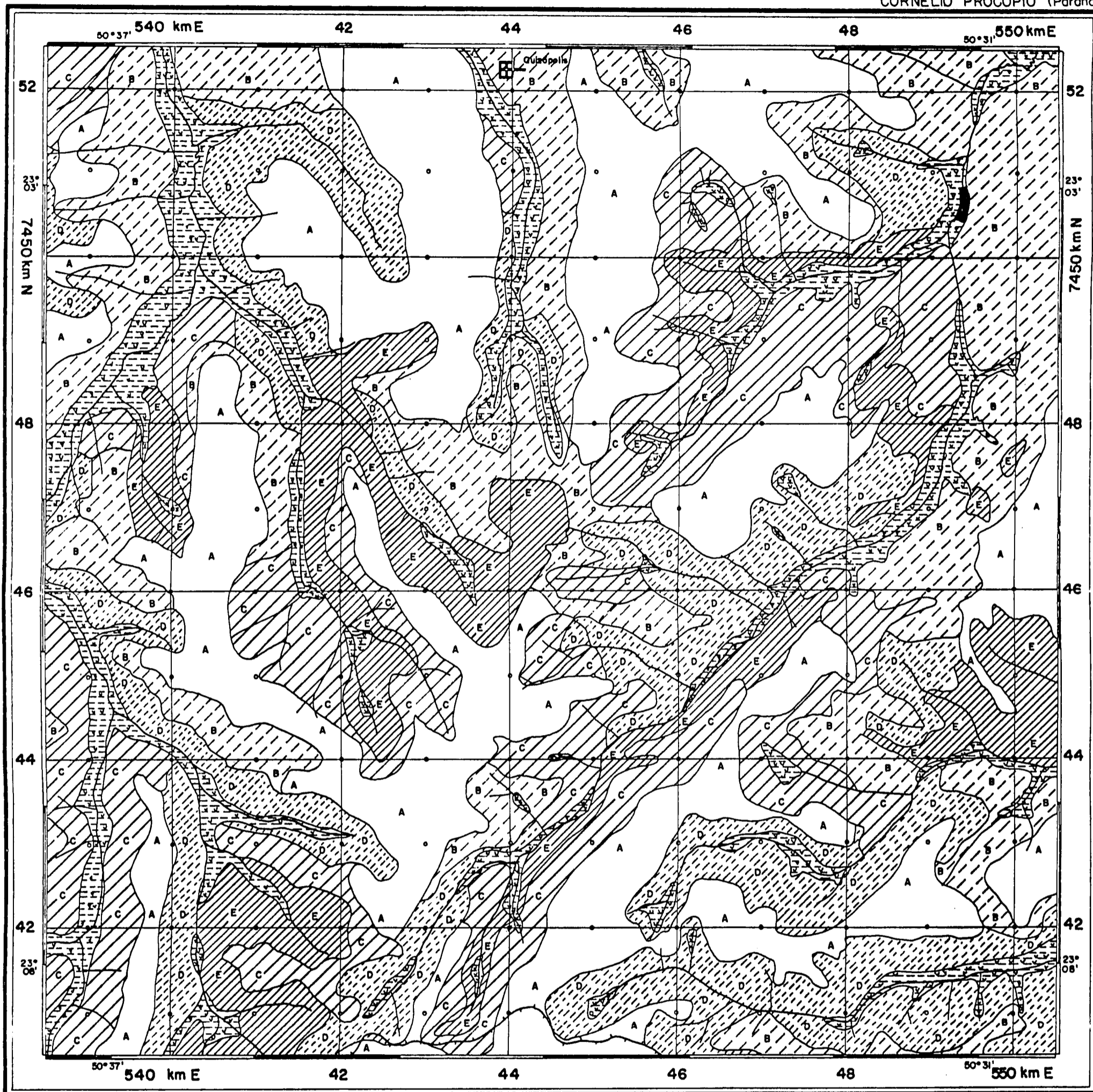
O PN, neste trabalho, foi classificado em cinco níveis, representados pelas classes: A-Baixa (0-200,5), B-Média (200,5-400,5), C-Alta (400,5-600,5), D-Muito alta (600,5-800,5) e E-Extremamente alta (800,5-1.757).

Observa-se pelas figuras 5, 7 e 8 interrelações entre relevo, solos e os níveis de PN. Os seus valores máximos e mínimos são sempre originados por valores, respectivamente, altos e baixos de K e LS. Os demais valores de PN evidenciam combinações diversas de K e LS.

A distribuição em área dos vários níveis do PN é condicionada, principalmente, pela morfologia do terreno, cabendo às rampas das calhas de drenagem, onde os declives são mais acentuados, os níveis mais elevados (Figura 8).

FIGURA 7. POTENCIAL NATURAL (PN) DOS SOLOS À EROSIÃO LAMINAR E EM SULCOS, EXPRESSA PELOS FATORES R.K.LS DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

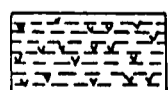
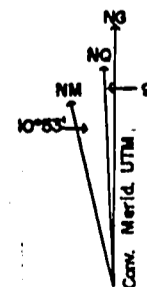
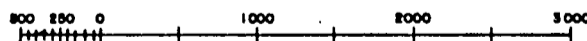
CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)



Fonte: Depto. Geografia Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50000

Linear (1cm = 500 m)



Área Hidromórfico

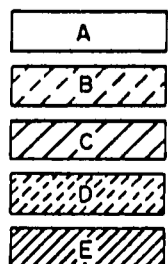
Estrodo de Ferro  
Bitola Estreita - Via Simples



Canal de Drenagem

• Ponto Amostral

CLASSES DE PN



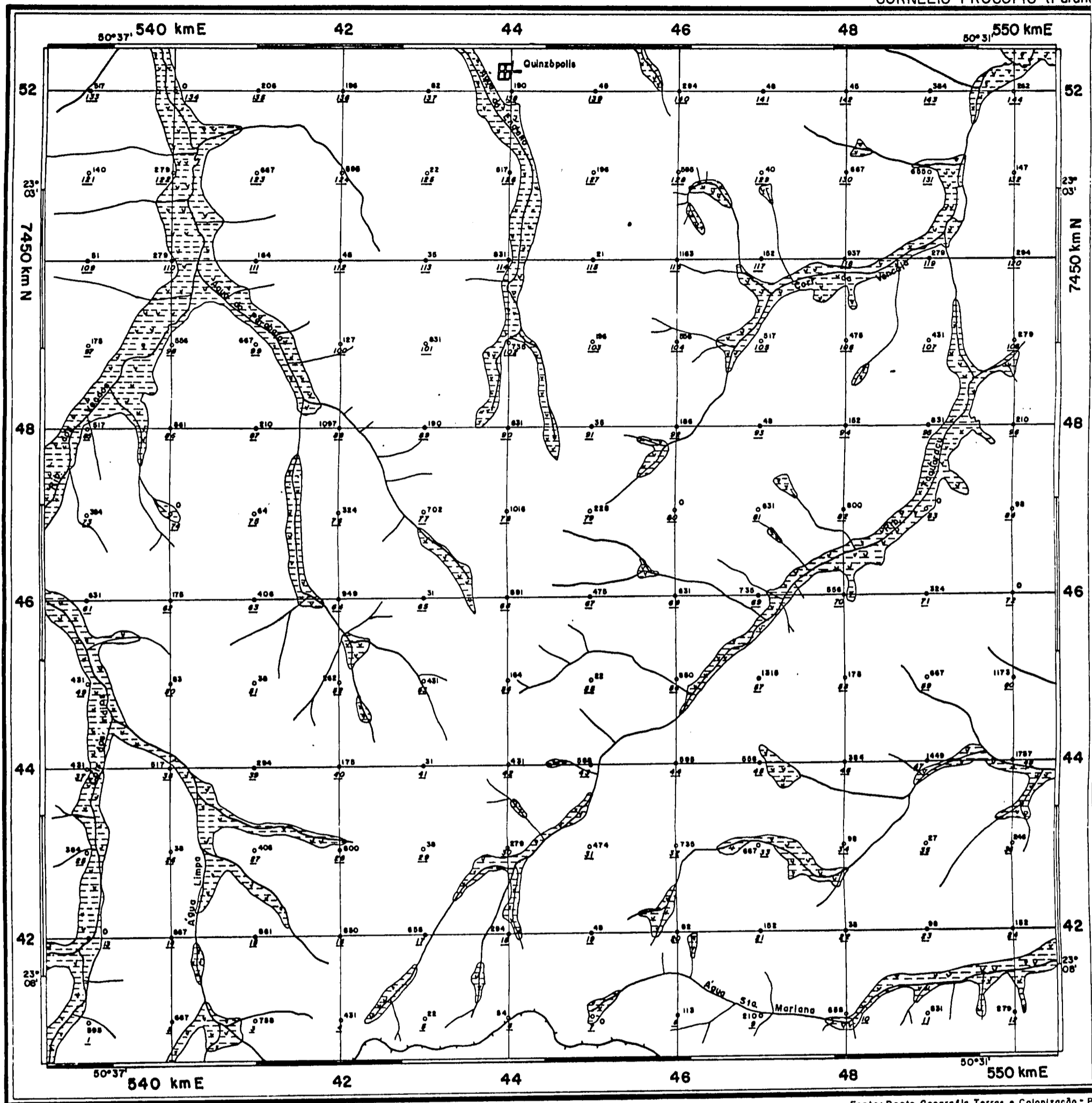
A Baixa  
B Medio  
C Alto  
D Muito Alto  
E Extremamente Alto

Intervalo entre as curvas de isovalores

0 a 200,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>  
200,5 a 400,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>  
400,5 a 600,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>  
600,5 a 800,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>  
800,5 a 1757 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>

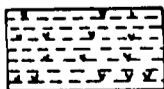
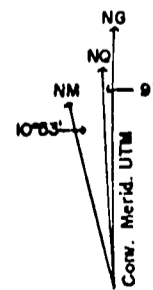
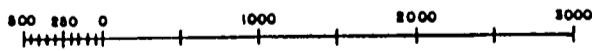
FIGURA 8. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS AMOSTRAIS E ÍNDICES DO POTENCIAL NATURAL DOS SOLOS À EROÇÃO (PN = t.ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>). REDE DE DRENAGEM OBTIDA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 1980

CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)

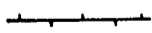


Fonte: Depto. Geografia Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50000  
Linear (1cm=500m)



Área Hidromórfico



Estrado de Ferro  
Bitola Estreita-Via Simples



Canal de Drenagem

• Ponto Amostral

222 - Valor do índice RxKxL S no ponto amostral  
122 - Número de ordem do ponto amostral

O índice máximo do PN na área é de 1.757 (Figura 8). A distribuição dos valores configura uma curva assimétrica positiva, com 39% dos valores agrupados na classe baixa, 17% na média, 17,5% na classe alta e 14,5 e 12%, respectivamente, nas classes muito alta e extremamente alta (Figura 9).

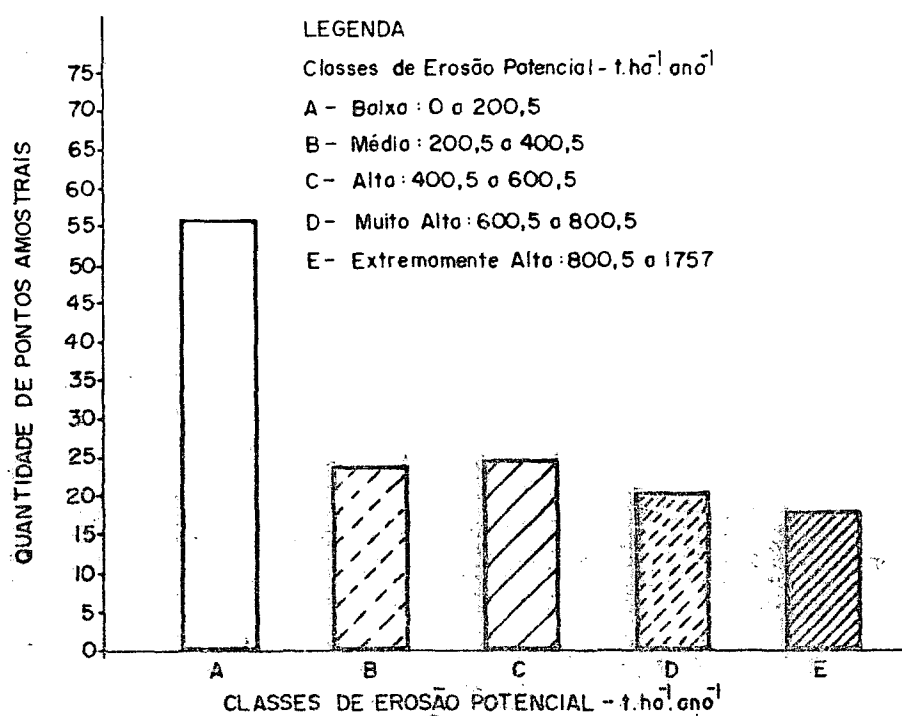
Dos 56 valores da classe baixa, observa-se que a maior concentração está entre 20 e 40, com 9% dos valores amostrados. Dezenove por cento ocorrem entre um PN de zero a 60. Verifica-se, portanto, ainda uma concentração de valores nos níveis mais baixos. Estes representam áreas de pediplanos e pedimentos preservados, várzeas, onde valores de LS e K baixos diminuem o efeito das encostas muitas vezes alongadas, com elevado valor  $c$ .

No caso das várzeas e topos de colinas aplainadas, a metodologia atribui um valor zero para o fator L e conseqüentemente o PN torna-se nulo como se pode observar no Anexo 3. De fato, o que ocorre principalmente nas várzeas é mais um processo de sedimentação, favorecido pelo aspecto de declividade e posição relativa na paisagem.

Como o fator R foi considerado único para toda a área, não se pôde verificar a sua influência na variação dos valores do PN. Entretanto, STEIN *et alii*<sup>127</sup> constataram para a Bacia do Peixe-Paranapanema, no Estado de São Paulo, que a influência de R se impõe apenas em situações muito particulares, sendo sua expressão em área pouco determinante no maior número de casos.

Apesar de haver condições naturais muito favoráveis para utilização agrícola na maior parte da área, em torno de 56%, classes baixa e média, a não observância dos fatores limitantes em certos locais de maior PN, classes C, D e E, por

FIGURA 9. NÚMERO TOTAL DE PONTOS AMOSTRAIS POR CLASSE DE ERO-  
SÃO POTENCIAL (PN)



exemplo (Figuras 7, 24 e 25), vem gerando graves problemas de erosão, principalmente devido à substituição indiscriminada da floresta por uso agrícola intensivo à semelhança do que observaram MORGAN & NALEPA<sup>96</sup> na bacia do Quill Miller Creek no Texas (USA).

#### 4.3 UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DOS FATORES USO-MANEJO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS DA USLE

O levantamento do uso da terra através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto, bem como o registro das mudanças ocorridas nos últimos trinta e dois anos estão na Tabela 6 e Figura 10. Observa-se, no global, três grandes mudanças a partir de 1953:

- a) redução, em torno de 69%, na área de florestas e vegetação secundária;
- b) aumento, sucedido por redução, ao redor de 75% na área ocupada pelo café; e
- c) aumento, em cerca de 96%, na área de culturas anuais.

De 1953 a 1962, a área de florestas foi reduzida em 51% e de 1962 até 1970, as matas diminuíram em mais 12%. Por outro lado, o índice de perdas de solo sofreu um acréscimo ao redor de 134% até o ano de 1962 e deste ano até 1970 houve um incremento de 68% (Tabela 6 e Anexo 3).

A partir de 1970, tanto a área de mata quanto os índices de perdas de solo tiveram pequena variação.

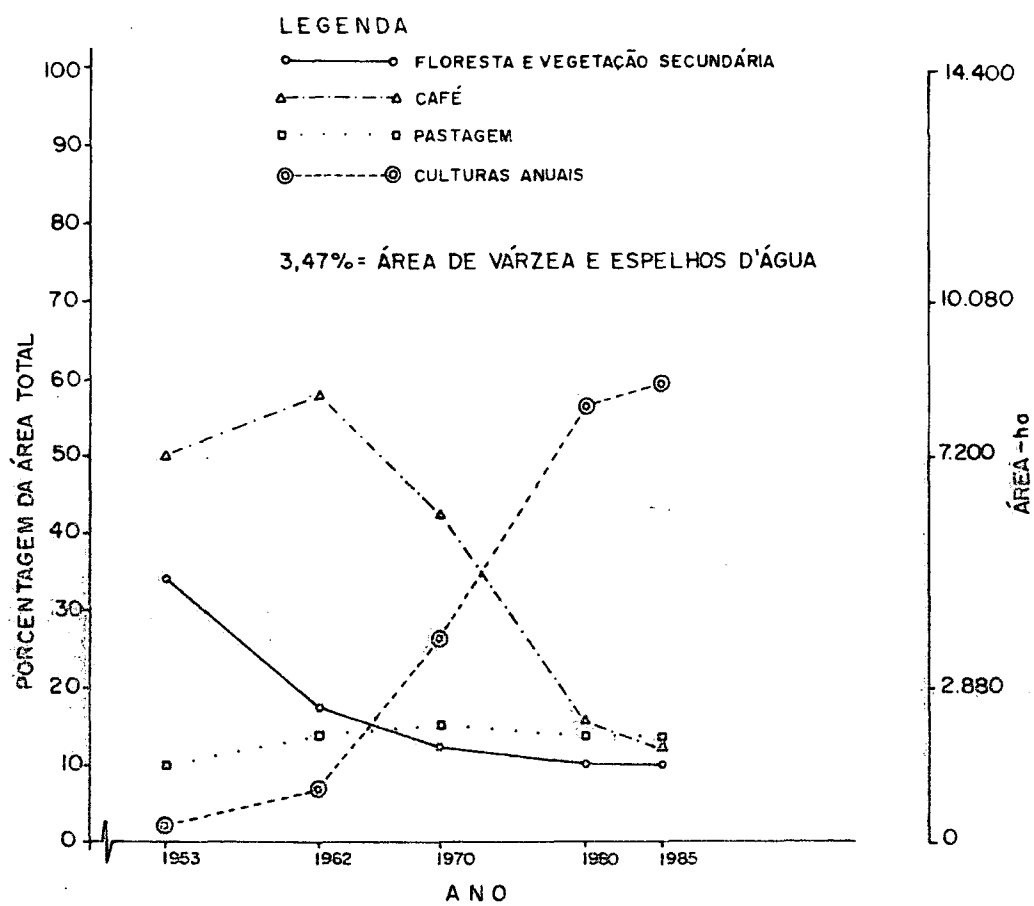
No tocante às culturas anuais, observa-se uma expansão brusca a partir de 1970, e já em 1980 mais de 50% da área era



TABELA 6. ALTERAÇÕES NO USO DA TERRA DE 1953 A 1985

Uso da terra		1953		1962		1970		1980		1985	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1. Vegetação de porte alto a médio, cobertura total do terreno	1a. Floresta e 1b. Vegetação secundária	4.900	34,03	2.500	17,36	1.800	12,50	1.500	10,42	1.500	10,4
2. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura total do terreno	2. Café em quadra	7.200	50,00	8.300	57,64	5.800	40,28	1.200	8,33	900	6,2
3. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno	3. Café em contorno	-	-	100	0,70	300	2,08	1.000	7,64	900	6,2
4. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno	4. Pastagem	1.200	8,33	1.700	11,80	1.900	13,20	1.600	11,11	1.700	11,8
5. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial do terreno	5a. Pastagem plantada e/ou degradada, pomar e/ou sede	300	2,08	300	2,08	300	2,08	400	2,78	300	2,0
	5b <sup>i</sup> . Culturas anuais, cultivo indiscriminado	100	0,70	400	2,78	1.100	7,64	200	1,39	200	1,3
	5b <sup>n</sup> . Culturas anuais, cultivo em nível, sem terraceamento	200	1,39	600	4,17	2.600	18,06	800	5,55	800	5,5
	5b <sup>t</sup> . Culturas anuais, cultivo com terraceamento	-	-	-	-	100	0,69	7.100	49,31	7.600	52,2
6. Ocupações naturais diversas	Várzea e/ou espelho d'água	500	3,47	500	3,47	500	3,47	500	3,47	500	3,4
Total		14.400	100	14.400	100	14.400	100	14.400	100	14.400	100

FIGURA 10. MUDANÇAS NO USO DA TERRA NO PERÍODO 1953-1985



ocupada pelos binômios trigo-soja e trigo-milho, com pequenas áreas destinadas ao algodão e rami, perdurando tal quadro, com pequenas variações, até a época atual.

A categoria de uso da terra que sofreu maior redução neste período foi a cultura perene, representada pelo café, não havendo, entretanto, reflexos de tais modificações no índice total de perdas de solo para a área (Figura 12). Por outro lado, a intensificação do terraceamento, adotado nas áreas de culturas anuais a partir de 1980, e que repercutiu na redução do fator L e conseqüentemente no índice de perdas de solo, contrabalançou o aumento no valor do fator C, devido às mudanças no uso-manejo do solo. Fato semelhante foi registrado por STEPHENS *et alii*<sup>128</sup>, em trabalho realizado em New Brunswick (Canadá), onde as práticas conservacionistas adotadas reduziram as taxas de perdas de solo em 4,1 vezes.

Atualmente, o cultivo em contorno é uma prática generalizada na área. KRONEM<sup>67</sup> encontrou para Rolândia, região próxima e com características semelhantes à área de estudo, um quadro de modificações bastante semelhante em relação ao uso da terra e às práticas de conservação do solo. Entre outros aspectos, constatou que a área de florestas que em 1952 era de 15,06% da área estudada, diminuiu para 9,78% em 1985 e que neste ano, o terraceamento já se fazia presente em 72,10% da área com culturas anuais.

Praticamente não ocorreu variações na área de pastagem no período estudado, oscilando esta ao redor de 12% da área total.

Sobre as práticas de manejo do solo, adotadas na região, as informações obtidas no decurso desses anos são provenientes

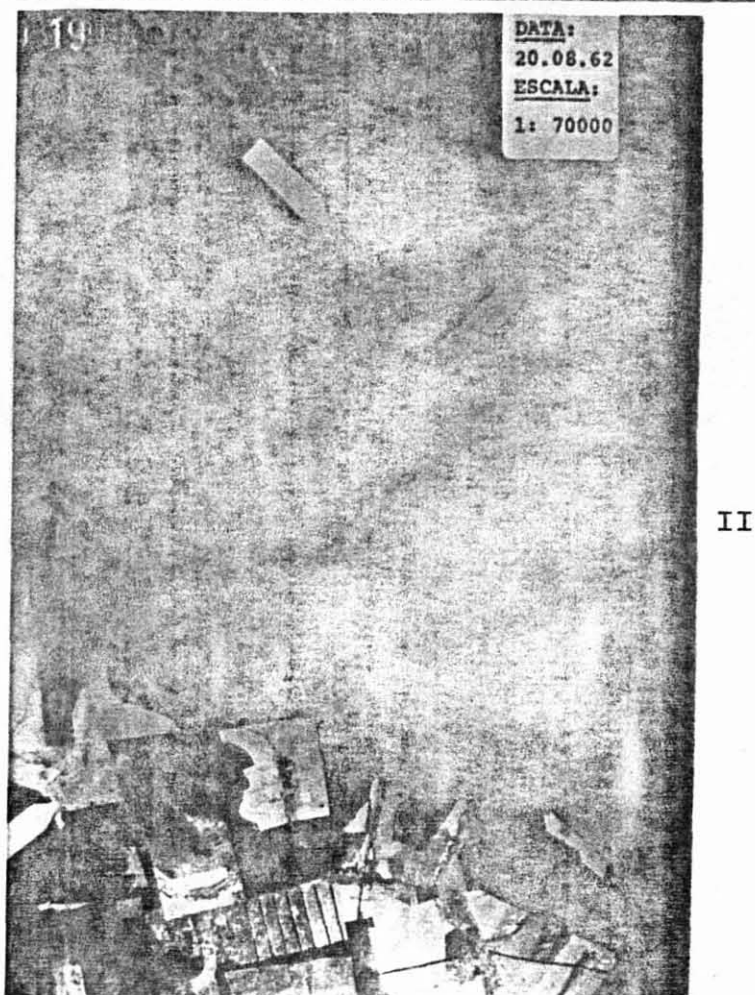
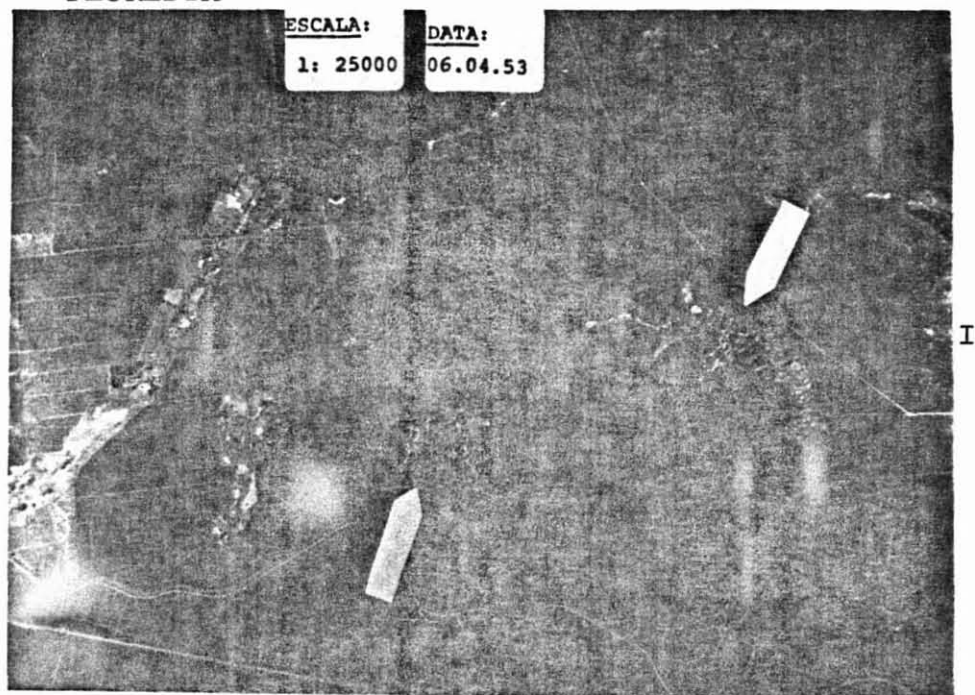
da interpretação das fotografias aéreas e composições coloridas TM, do apoio de campo e da consulta aos técnicos extensionistas e agricultores e também de trabalhos publicados (IPARDES<sup>53</sup>; KRONEM<sup>67</sup>; ROCHA *et alii*<sup>113</sup>).

Através da interpretação das fotografias aéreas de 1970 e 1980, nota-se, além do decréscimo na área cultivada com café, a mudança no seu sistema de plantio, passando de 4,9% para cerca de 33% a prática do café cultivado em contorno (Tabela 6). Também, conforme informação dos técnicos de extensão local, a partir de 1970, o café passou a ser cultivado praticamente sem culturas intercalares, tendo em vista a entrada de insumos modernos na área, como a mecanização, o uso de herbicidas e os tratamentos culturais executados mecanicamente (ACARPA<sup>5-6</sup>).

O café cultivado com estrutura em quadra e com culturas intercalares de milho, feijão, arroz foi basicamente a atividade econômica dos agricultores da região até quase 1970. O manejo do solo era feito, principalmente, através da tração animal e do trabalho braçal, tendo sido introduzida a mecanização nos anos 60, mas essencialmente, nas poucas lavouras com cultivos anuais (Tabela 6).

Nas fotografias aéreas de 1970 observa-se a presença de restos da vegetação proveniente da derrubada das matas, sendo este aspecto comumente observável nas fotografias aéreas de 1962 e 1963 (Figura 11). Mesmo assim, os índices de perdas de solo verificados em 1970 são elevados, tendo em vista a pouca utilização de práticas conservacionistas e o avanço das culturas anuais.

FIGURA 11. FOTOGRAFIAS AÉREAS (I - 1953 E II - 1962) MOSTRANDO RESTOS DE VEGETAÇÃO EM FUNÇÃO DA DERRUBADA DA FLORESTA



Após 1970, com a intensificação do cultivo do solo, o aumento no período em que o mesmo fica descoberto e com a inadequação das práticas mecânicas de manejo do solo, os índices de perdas de solo continuaram elevados (Figura 12), contribuindo para isto a crescente perda de matéria orgânica do solo, a degradação de sua estrutura, as menores taxas de absorção, infiltração e permeabilidade do solo, conforme comprovado em trabalhos realizados em LRe e TRE do Paraná por IBPT<sup>63</sup> e LRd do Rio Grande do Sul por CINTRA *et alii*<sup>29</sup> e por MACHADO & BRUM<sup>79</sup>.

O aumento na área com culturas anuais e o manejo convencional nos anos 1970 e 1980, apesar das práticas conservacionistas, não amenizou a situação referente às perdas de solo e água. O manejo convencional do solo, que contribuiu com este quadro e que consiste, geralmente, em uma aração após a queima da resteva e duas ou mais gradagens, antes da implantação de cada um dos cultivos, quase sempre em número de dois (trigo-soja ou trigo-milho), feitos anualmente, acarretou intensa mobilização do solo e reduziu drasticamente a razão infiltração/deflúvio, aumentando muito as perdas de solo e água, conforme foi constatado por GUERRA *et alii*<sup>58</sup> e por MONDARDO *et alii*<sup>89</sup> em LR do Rio Grande do Sul e do Paraná, respectivamente.

#### 4.3.1 Grau de discrepância no uso da terra

Considerando-se globalmente a área de estudo, existe a tendência de um contínuo decréscimo, em relação ao tempo, da área com uso e manejo adequado, segundo a capacidade de uso ditada pelas características do meio físico (Tabela 7, Figura 13 e Anexo 4).

FIGURA 12. ÍNDICES DAS PERDAS ACUMULADAS DE SOLOS EM CADA UM DOS PERÍODOS ESTUDADOS

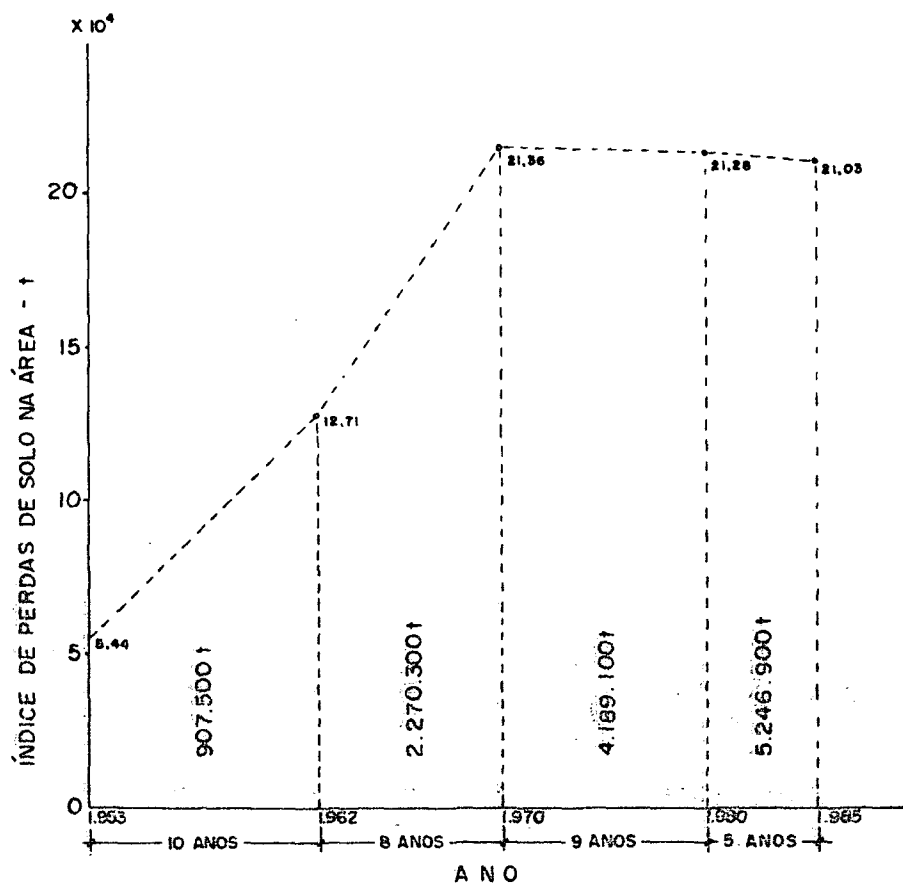
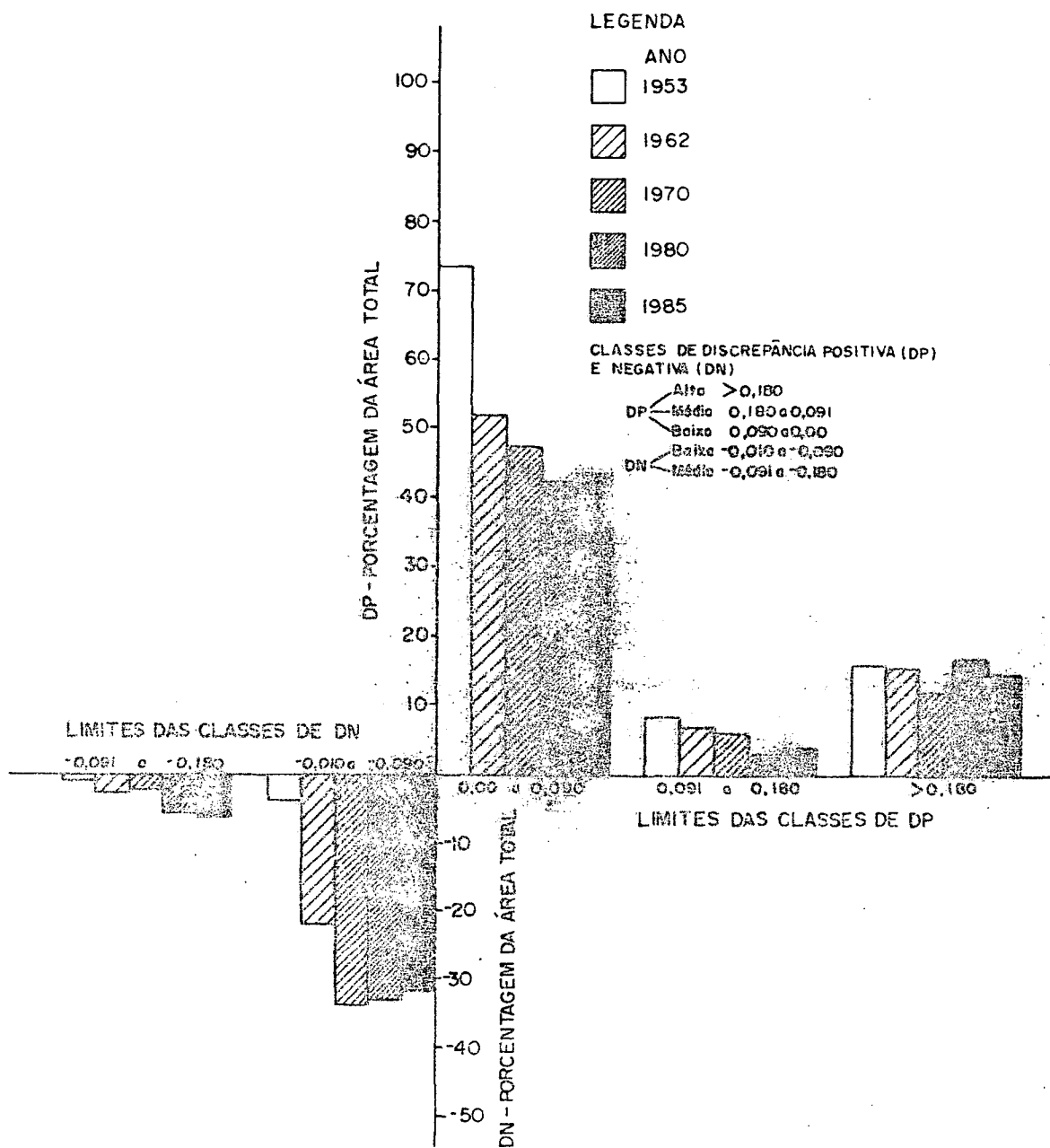


TABELA 7. DISTRIBUIÇÃO EM ÁREA DAS DISCREPÂNCIAS POSITIVAS (DP) E NEGATIVAS (DN), NAS DIVERSAS ÉPOCAS

Adequação da ocupação real em relação ao meio físico/grau de discrepância	Classe de discrepância (C.P. <sub>Tol.</sub> - C.P. <sub>Real</sub> )	1953		1962		1970		1980		1985	
		%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Altamente adequada, distante da máxima tolerável	> 0,180	15,97	2.300	15,18	2.200	11,80	1.700	16,67	2.400	14,58	2.100
Medianamente adequada	0,180/0,091	8,33	1.200	6,94	1.000	5,55	800	3,47	500	4,17	600
Pouco adequada, próxima da máxima tolerável	0,090/0,000	72,23	10.400	54,16	7.800	47,22	6.800	42,36	6.100	43,75	6.300
Adequada	Sub-total 1	96,53	13.900	76,38	11.000	64,57	9.300	62,50	9.000	62,50	9.000
-----											
Pouco inadequada, próxima da máxima tolerância/baixa discrepância (DN baixa)	-0,001/-0,090	3,47	500	21,52	3.100	33,33	4.800	31,94	4.600	31,25	4.500
Medianamente inadequada/média discrepância (DN média)	-0,091/-0,180	-	-	2,10	300	2,10	300	5,56	800	6,25	900
Inadequada	Sub-total 2	3,47	500	23,62	3.400	35,43	5.100	37,50	5.400	37,50	5.400
-----											
	Total 1 + 2	100,00	14.400	100,00	14.400	100,00	14.400	100,00	14.400	100,00	14.400



FIGURA 13. VARIAÇÃO DAS DISCREPÂNCIAS POSITIVAS (DP) E DISCREPÂNCIAS NEGATIVAS (DN) NAS DIVERSAS ÉPOCAS EM FUNÇÃO DO USO-MANEJO DO SOLO E DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS



Constata-se em 1985, um excedente médio, ao redor de  $2 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , nos índices de perdas de solo por erosão, em relação à máxima tolerância permitida (Anexo 3). Tal índice médio não reflete a situação inadequada de muitas glebas com relação aos problemas de erosão. De 3,47%, em 1953, de áreas mal utilizadas, passou-se para 37,5% em 1980 e 1985 (Tabela 7).

As classes de menor discrepância positiva (DP) e negativa (DN) englobam as maiores áreas (Tabela 7 e Figura 13). Percebe-se, com o decorrer do tempo, um fluxo de áreas com baixa discrepância positiva para a classe de baixa discrepância negativa.

Os pontos amostrais da classe de discrepância positiva alta ( $> 0,180$ ), caracterizam-se por possuírem baixos PN (Tabela 8). Dentro desta classe, numa ordem decrescente, os valores maiores pertencem ao uso da terra com floresta, pastagem, culturas perene e anual.

Nota-se também uma tendência progressiva de diminuição da área na classe de média discrepância positiva. Em 1980 as áreas que saíram desta classe foram para a classe de discrepância positiva alta (Figura 13, Anexo 4), enquanto nos outros períodos é provável que tais áreas tenham passado para a classe de baixa discrepância positiva. Provavelmente uma das causas dessa situação tenha sido o incremento das práticas conservacionistas, visíveis nas fotografias aéreas de 1980, e a intensificação relativa no uso do solo nos demais períodos.

Finalmente, vale um alerta pela inexistência de dados que indiquem uma reversão neste quadro de utilização inadequada das terras, acentuada a partir de 1970. Neste sentido, sistemas integrados de uso da terra que contemplem áreas para reflorestamento e preservação da flora e fauna são fundamentais.

Na Tabela 8 são apresentadas algumas relações entre PN, DN, e/ou DP e uso da terra.

Na definição das discrepâncias o uso e manejo dos solos exercem uma influência determinante. Apesar disso, a correspondência entre DN e PN, em algumas classes, estabelecidas empiricamente, traz implícita a correlação com valores diversos de K e LS.

Além da importância do uso e manejo do solo atuais (fator C) e dos fatores K e LS na definição das discrepâncias, o tempo de cultivo da área também tem influência na definição de DN e DP. Isto ocorre tendo em vista os fenômenos de redução da matéria orgânica, compactação e diminuição da capacidade de infiltração de água no solo quando submetido ao cultivo com métodos convencionais, como verificado por diversos pesquisadores em solos similares (FARIAS *et alii*<sup>45</sup>; FRANÇA DA SILVA *et alii*<sup>49</sup>) e a incorporação desses efeitos no fator C.

A floresta e a vegetação secundária sempre originaram valores de DP, ou seja, uso dentro dos limites de tolerância de perdas de solo. Estes tipos de uso podem estar associados aos maiores ou aos menores valores de PN, evidenciando, muitas vezes, a possibilidade de intensificação do uso da terra nesses locais.

As áreas de pastagem estão freqüentemente associadas a DP, ocorrendo casos de DN quando a cobertura do terreno é parcial.

O caso mais frequente de associação com DN é do uso com culturas anuais e método convencional de manejo do solo, tendo em vista, principalmente, a inadequação do sistema de uso do solo em áreas que possuem PN altos. Assim, na Figura 14

TABELA 8. PRINCIPAIS RELAÇÕES ENTRE POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS (PN), HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS E GRAU DE DISCREPÂNCIA NEGATIVA (DN) OU POSITIVA (DP) ENTRE A OCUPAÇÃO REAL E A TOLERÁVEL

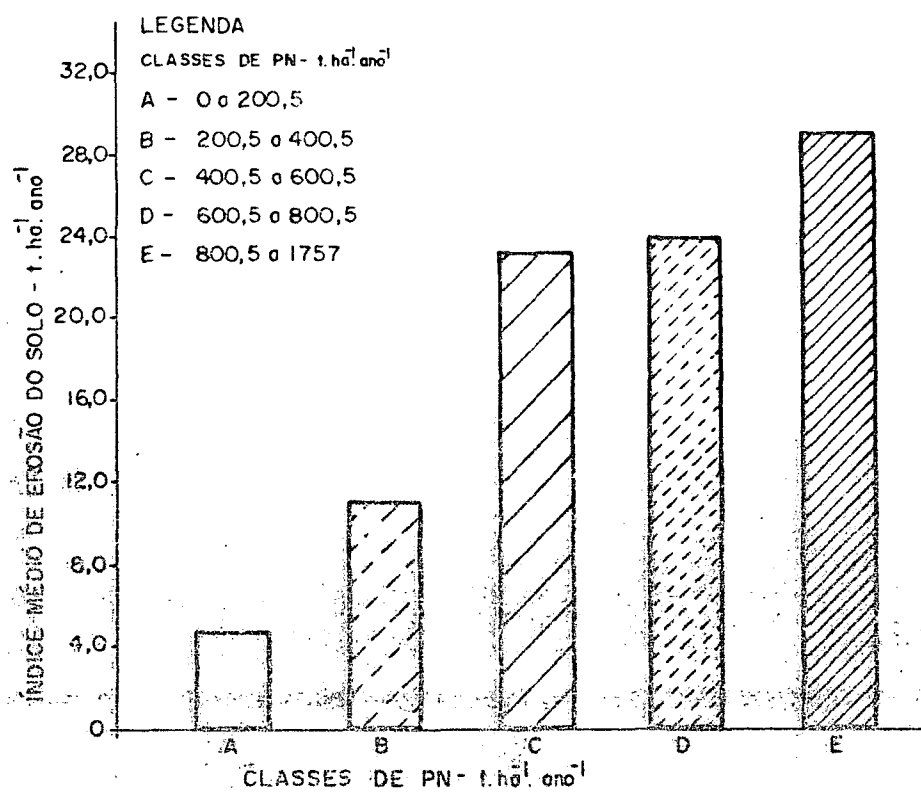
PN em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> *	<u>Histórico do uso da terra</u>	<u>Discrepâncias</u>	<u>Observações</u>
Alto: > 600	Cafê em quadra, modificado para café em nível na década de 80; culturas anuais em nível;	DN média	Áreas sob cultivo agrícola anteriores a abril de 1953.
	Cafê em quadra, transformado em cultivo anual terraceado em 1980 ou apenas em nível; Café em quadra; Pastagem; Café em quadra e pastagem implantada e/ou pomar em 1980; Pastagem e cultivo anual terraceado em 1980; Cultivo anual em nível, evoluindo para terraceado em 1980; Vegetação secundária e cultivo anual em nível em 1980;	DN baixa	Áreas sob cultivo a partir de 1953 ou 1962. Valores de DN dependentes de PN.
	Pastagem; Floresta:	DP baixa	Valores de DP dependentes do uso atual.
Médio: 300 a 600	Cafê em quadra, passando para cultivo anual indiscriminado, em nível com ou sem terraceamento; cultivo anual em nível;	DN média	Valores de DN dependentes do tempo de cultivo e do uso.
	Cafê em quadra em 1953 e uso intensivo a partir de 1962; Café em quadra em 1953 e pastagem degradada em 1980; Uso intensivo a partir de 1970;	DP baixa	Valores de DP dependentes do tempo de cultivo e do uso.
	Pastagem em 1953, passando para café em quadra ou cultivo terraceado; Floresta passando para cultivo anual terraceado; Floresta; Vegetação secundária	DP baixa	Valores de DP dependentes do tempo de cultivo e do uso

TABELA 8. PRINCIPAIS RELAÇÕES ENTRE POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS (PN), HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DAS TERRAS E GRAU DE DISCREPÂNCIA NEGATIVA (DN) OU POSITIVA (DP) ENTRE A OCUPAÇÃO REAL E A TOLERÁVEL (Continuação)

PN em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> *	<u>Histórico do uso da terra</u>	<u>Discrepâncias</u>	<u>Observações</u>
Baixo: < 300	Café em quadra em 1953 até 1985; Cultivo indeterminado; Café em contorno; Floresta e após cultivo anual em nível;	DN média	Valores dependentes do uso e do comprimento de rampa.
	Floresta seguida por café em contorno; Café em quadra seguido por cultura anual terraceada	DN baixa	Valores dependentes do uso.
	Café em contorno; Mata, Pastagem seguida por cultura anual terraceada; Café em quadra; Pastagem.	DP baixa média e alta	Variação dependente do uso

\* Obs.: Classes de PN, adaptado de STEIN *et alii*<sup>127</sup>.

FIGURA 14. ÍNDICES MÉDIOS DE EROSIÃO EM 1985, NAS CLASSES DE EROSIÃO POTENCIAL (PN)



observa-se que apenas as áreas nas classes de PN até 400,5 apresentam índices médios de erosão real em 1984, abaixo do limite de tolerância de perdas de solo.

Além disso, o tempo prolongado de uso da terra com culturas anuais e a inadequação das práticas conservacionistas podem levar algumas áreas a esta situação de DN.

Observa-se um grau elevado de coincidência entre a erosão laminar e em sulcos, interpretada nas fotografias aéreas de 1980 e as áreas com DN (Anexo 4 e Figuras 24 e 25). Entretanto ocorrem áreas com DN mesmo onde não se detectou erosão nas fotografias aéreas, talvez porque aspectos aparentes de erosão muitas vezes são desfeitos por trabalhos mecânicos ou, em outras vezes, são muito pequenos para serem detectados. Além disso, a época de tomada das aerofotos pode não ter sido a mais adequada para se detectar a erosão em sulcos.

A existência de erosão em sulcos, próxima a pontos amostrais com DP (Anexo 4 e Figura 25), pode ser atribuída à ineficiência do sistema de terraceamento, induzindo ao emprego de valores do fator L irrealis no modelo de previsão de perdas de solo, ou também, porque em função da situação limítrofe do ponto, este pode estar representando, excepcionalmente, uma área com potencial erosivo diferente.

Relativamente às unidades fisiográficas (ROCHA *et alii*<sup>114</sup>), observa-se que nas rampas ocorrem o maior número de áreas com sulcos junto aos pontos amostrais, cerca de 17, seguida pelo pedimento alto com quatro pontos.

Em relação à DP ou DN verifica-se uma ocorrência relativa maior de DP, em ordem decrescente, no pedimento baixo, pedimento alto, pediplano e rampas.

#### 4.3.2 Classificação das terras conforme o risco de erosão

Pelo fato da maior parte da área sob cultivo estar sendo utilizada com culturas anuais (Tabela 6) e com a prática mecânica do terraceamento, conforme foi detectado nas fotografias aéreas e composições coloridas TM, adotou-se, relativamente aos índices de perdas de solo, a classificação sugerida por HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>, adaptada às condições da área quanto ao valor do comprimento de rampa, sendo este determinado pela distância, estabelecida segundo critérios técnicos (BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>), entre dois terraços consecutivos. Corresponde, na prática, a um valor resultante da multiplicação dos fatores R.K.LS reduzido para a área, em função de L, e a valores reais de C e P.

Nas Tabelas 9 a 13 e Figuras 15 e 16 tem-se a classificação das terras da área de estudo, das diversas épocas, com base no limite de tolerância de perdas de solo e na combinação de valores de C e P.

Pela observação das Tabelas 9 a 13 verifica-se que cerca de 20,8% das terras enquadram-se em não erosivas, isto é, com possibilidades de serem utilizadas, sem risco, com culturas anuais desde que o valor  $c$  não ultrapasse aquele ditado pelo terraceamento e, que 8,3% são terras de alto risco quando utilizadas principalmente com culturas anuais, sendo necessário por isso diminuir a intensidade de uso através, por exemplo, da implantação de espécies florestais.

Em 1953, observa-se que 92,3% das terras (Tabela 9) foram classificadas na categoria cujas perdas estavam dentro do limite de tolerância, enquanto 7,7% excediam este limite.



TABELA 9. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1953, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>,  
MODIFICADA

Classes de perdas de solos t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Terras não erosivas ha	Terras moderadamente erosiva - ha		Terras altamente erosivas ha
		Com manejo abaixo da tolerância	Com manejo acima da tolerância	
Classes de R.K.L S.C.P *	(R.K.L S <17,1 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*			(R.K.L.S >133,9 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*
≤ 12	3.000	9.600	-	700
13 - 35	-	-	500	500
36 - 64	-	-	100	-
65 ou mais	-	-	-	-
Total	3.000	9.600	600	1.200
% Área total	20,8	66,7	4,2	8,3

\* Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>)

TABELA 10. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1962, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>,  
MODIFICADA

Classes de perdas de solo t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Terras não erosivas ha	Terras moderadamente erosivas- ha		Terras altamente erosivas ha
		Com manejo abaixo da tolerância	Com manejo acima da tolerância	
Classes de R.K.L S.C.P *	(R.K.L S < 17,1 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*			(R.K.L.S > 133,9 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*
≤ 12	3.000	7.300	-	600
13 - 35	-	-	2.300	600
36 - 64	-	-	600	-
65 ou mais	-	-	-	-
Total	3.000	7.300	2.900	1.200
% Área total	20,8	50,8	20,1	8,3

\* Equação Universal de Perdas do Solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>)

TABELA 11. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSIÃO, EM 1970, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>,  
MODIFICADA

Classes de perdas de solo t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Terras não erosivas ha	Terras moderadamente erosivas - ha		Terras altamente erosivas ha
		Com manejo abaixo da tolerância	Com manejo acima da tolerância	
Classes de R.K.L S.C.P.*	(R.K.L S < 17,1 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*			(R.K.L.S > 33,9 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*
≤ 12	3.000	5.500	-	500
13 - 35	-	-	3.100	200
36 - 64	-	-	1.500	400
65 ou mais	-	-	100	100
Total	3.000	5.500	4.700	1.200
% Área total	20,8	28,2	32,7	8,3

\*Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>)

TABELA 12. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSÃO, EM 1980, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>,  
MODIFICADA

Classes de perdas de solo t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Terras não erosivas ha	Terras moderadamente erosivas - ha		Terras altamente erosivas ha
		Com manejo abaixo da tolerância	Com manejo acima da tolerância	
Classes de R.K.L S.C.P *	(R.K.L S < 17,1 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*			(R.K.L.S > 133,9 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*
≤ 12	3.000	5.400	-	600
13 - 35	-	-	3.600	200
36 - 64	-	-	1.000	200
65 ou mais	-	-	200	200
Total	3.000	5.400	4.800	1.200
% Área total	20,8	27,5	33,4	8,3

\* Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>)

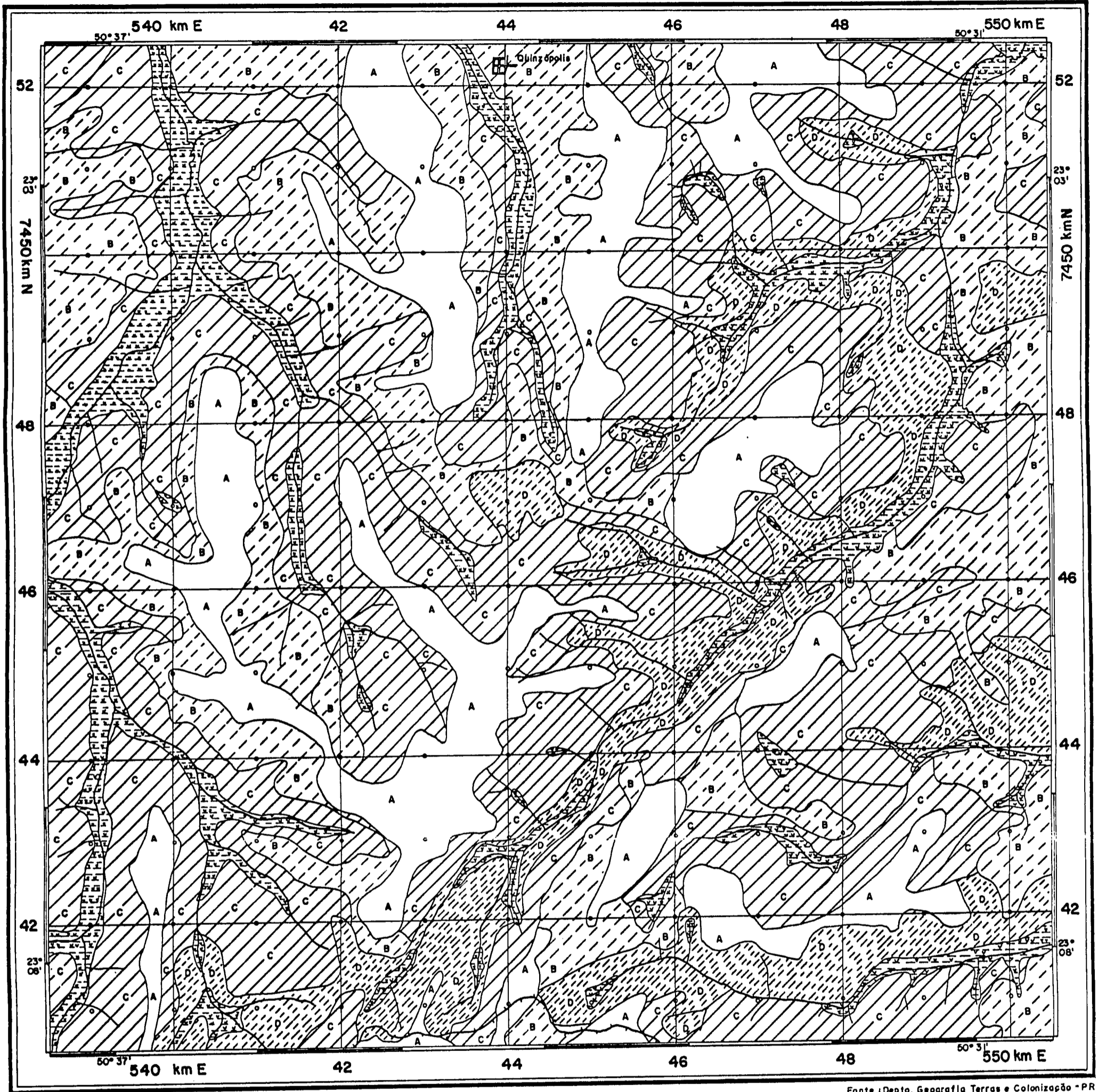
TABELA 13. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSE DE EROSIÃO, EM 1985, SEGUNDO HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>,  
MODIFICADA

Classes de perdas de solo t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Terras não erosivas ha	Terras moderadamente erosivas - ha		Terras altamente erosivas ha
		Com manejo abaixo da tolerância	Com manejo acima da tolerância	
Classes de R.K.L S.C.P *	(R.K.L S<17,1 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*			(R.K.L.S >133,9 t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )*
≤ 12	3.000	5.300	-	600
13 - 35	-	-	3.500	200
36 - 64	-	-	1.100	200
65 ou mais	-	-	300	200
Total	3.000	5.300	4.900	1.200
% Área total	20,8	36,8	34,1	8,3

\* Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH<sup>148</sup>)

FIGURA 15. CLASSIFICAÇÃO DAS TERRAS CONFORME O RISCO DE EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS

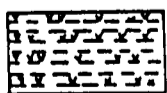
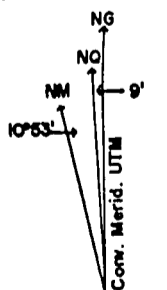
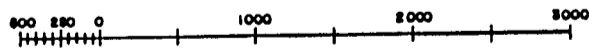
CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)



Fonte: Depto. Geografia Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50000

Linear (1cm = 500 m)



Área Hidromórfica



Estrada de Ferro  
Bitola Estreita - Via Simples



Canal de Drenagem

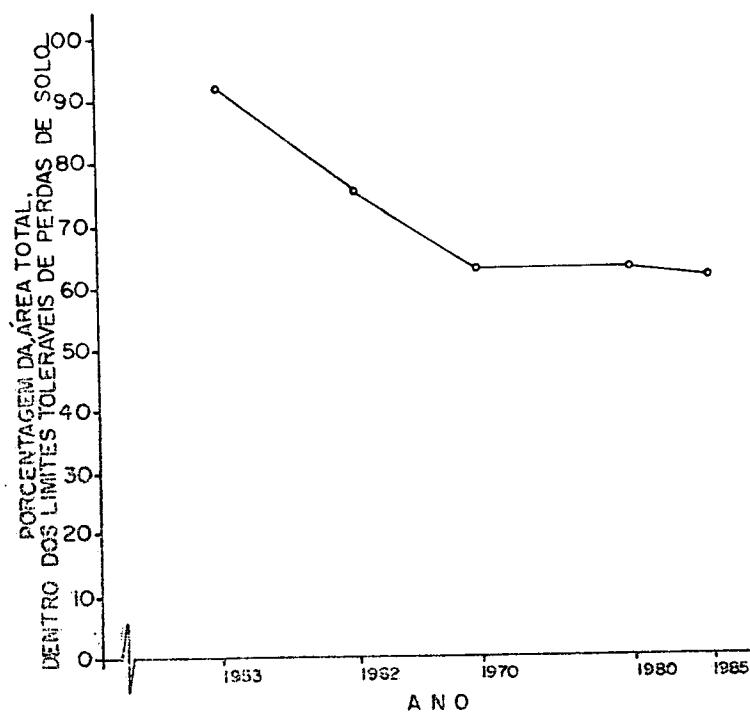
• Ponto Amostral

CLASSES DE RISCO DE EROSÃO - Critérios, segundo HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>, modificado

A	NULO: $R \times K \times L \times S \leq 17,1 \text{ t.ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
B	MODERADO: $R \times K \times L \times S > 17,2 \text{ a } 67,8 \text{ t.ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
C	FORTE: $R \times K \times L \times S > 67,9 \text{ a } 133,9 \text{ t.ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
D	MUITO FORTE: $R \times K \times L \times S > 133,9 \text{ t.ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$

OBS. O valor de  $L$  foi definido pela distância entre os terraços, conforme o grau de declividade (BERTONI & LOMBARDI NETO<sup>13</sup>)

FIGURA 16. PORCENTAGEM DA ÁREA UTILIZADA DENTRO DE LIMITES TOLERÁVEIS DE PERDAS DE SOLO EM CADA ÉPOCA ESTUDADA



Em 1962, detectou-se um acréscimo de 16,5% nas terras com índice de perdas de solo (IPS) acima da tolerância. A grande mudança ocorrida no intervalo entre 1953 e 1962 foi o aumento em 17% na área cultivada, em detrimento da derrubada da mata (Tabela 10 e 6). Estas áreas desmatadas destinaram-se principalmente à cultura do café em quadra e em pequena proporção às culturas anuais com ou sem práticas conservacionistas.

Através das fotografias aéreas de 1970 constata-se também um aumento ao redor de 13% em relação a 1962 das terras com IPS acima da tolerância e uma redução nas áreas de mata ao redor de 5%. O café cultivado em quadra, passou de 57 para 40% da área total, enquanto o café em nível teve um pequeno aumento. As culturas anuais aumentaram em cerca de 19% (Tabela 6), e nas condições em que isto ocorreu, esta modificação pode ter sido a principal responsável pelo grande aumento no IPS da área (Figura 12 e Anexo 3).

Em 1980 e 1985 (Tabelas 12 e 13) o IPS permaneceu mais ou menos estável, muito embora a drástica redução das áreas com café, substituído, geralmente, por culturas anuais, implantadas com algumas práticas conservacionistas. Em relação ao IPS, sua interpretação não obedece à mesma lógica dos anos anteriores, uma vez que o aumento nas áreas de culturas anuais praticamente não afetou o índice total de perdas de solo. Explica-se isto, parcialmente, pela intensificação das práticas conservacionistas como o cultivo em nível e o terraceamento que foram adotados em cerca de 90% das áreas com culturas anuais em 1980 e 1985 (Tabela 6). Esta última prática teve como efeito, também, a diminuição do comprimento de rampa, gerando uma redução no valor do fator L e, por consequência, no IPS.

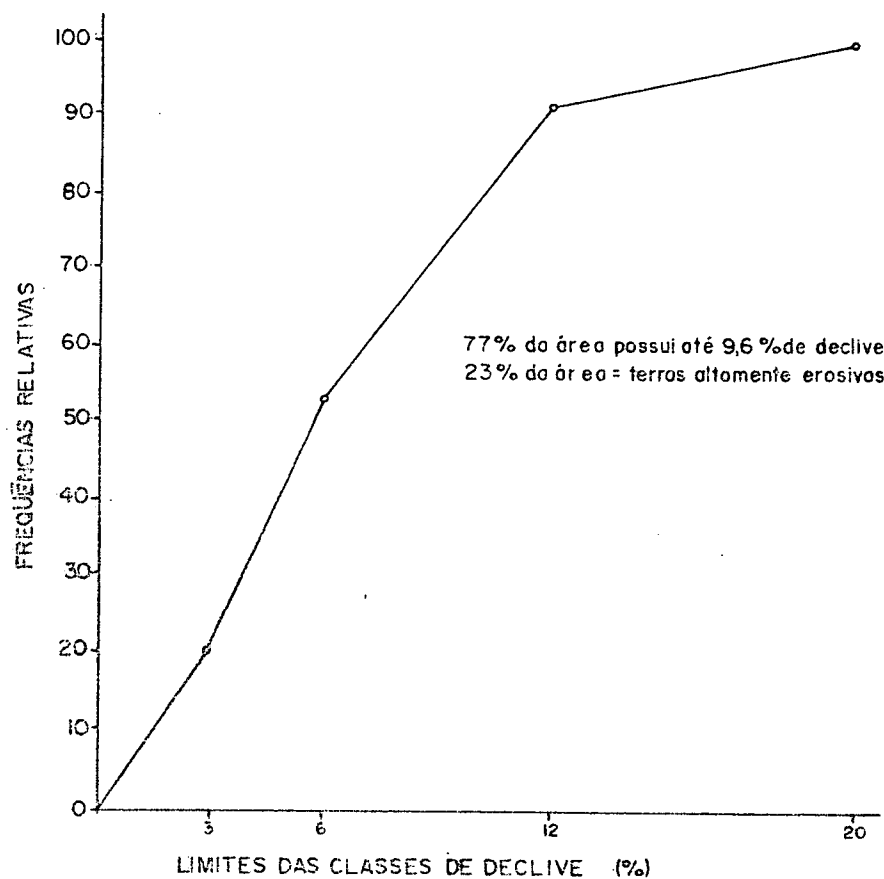


Como se pode observar pela Tabela 6, em 1970, dos 26% de pontos amostrais com culturas anuais, ao redor de 8% foram cultivados sem obedecer às curvas de nível. Em 1980 e em 1985, dos 56% e 59%, respectivamente, de pontos amostrais com culturas anuais apenas em 1% as culturas não foram implantadas em nível (Tabela 6).

Uma melhor compreensão do porquê da ocorrência do alto percentual de inadequação do uso-manejo do solo na classe de terras moderadamente erosivas (cerca de 34,1%) foi possível quando, numa análise mais detalhada, se distribuiu as amostras cumulativamente em relação aos limites das classes de declividade (Figura 17), verificando-se que áreas com mais de 9,6% de inclinação e não 12%, como nas tabelas 9 a 13, já seriam enquadradas como terras altamente erosivas. Na realidade muitas dessas áreas pertencem às classes de suscetibilidade natural à erosão alta e muito alta (PN entre 400,5 a 800,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>).

Com este novo enquadramento verifica-se que cerca de 23% das terras deveriam ser cultivadas com valores de C.P <0,1, ou seja, nas condições normais e atuais de uso-manejo e práticas conservacionistas da região, estas áreas deveriam ser exploradas com silvicultura, pastagem, culturas perenes e parte naturalmente teria de ser reservada à flora, fauna ou para recreação. Em 1985, dessa área, apenas ao redor de 12% estava sendo utilizada com pastagem ou mata, embora existisse um percentual maior com estas coberturas se fossem consideradas as áreas subutilizadas.

FIGURA 17. FREQUÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DAS DECLIVIDADES DOS 144 PONTOS AMOSTRAIS DA ÁREA DE ESTUDO



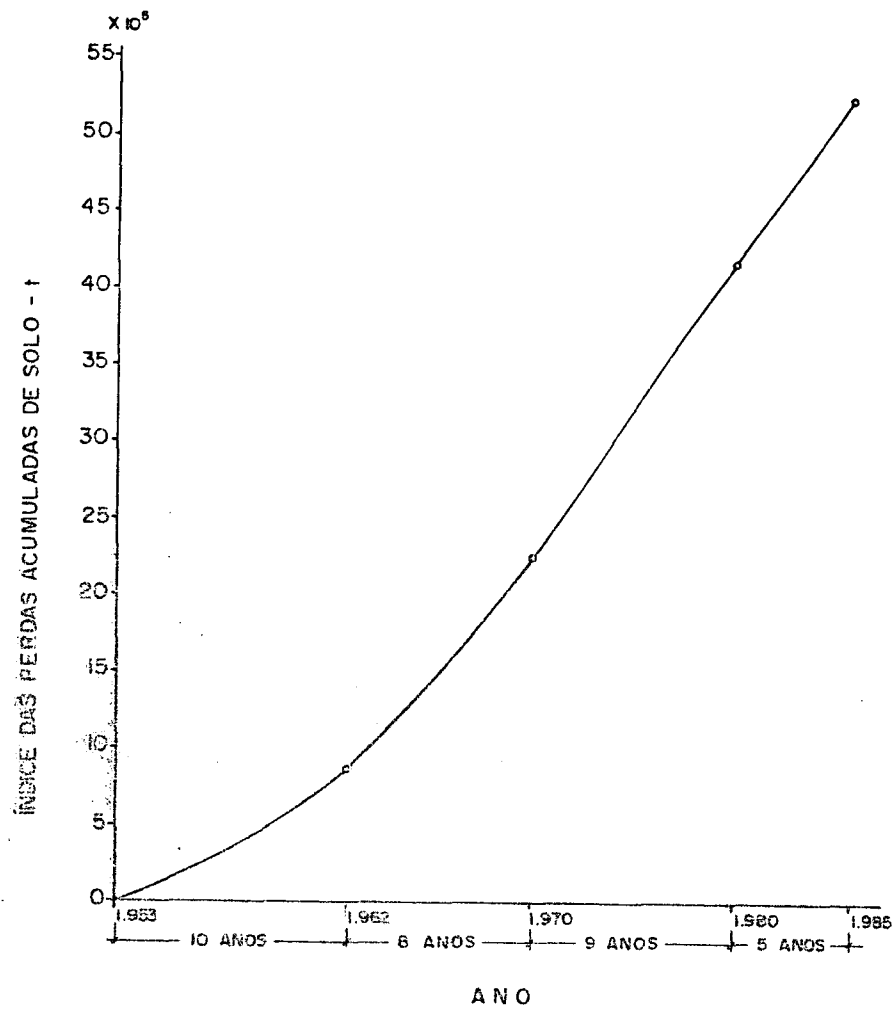
#### 4.4 ASPECTOS COMPLEMENTARES RELATIVOS À EROÇÃO, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Embora não tendo como objetivo estimar as perdas reais de solo das parcelas agrícolas, grosseiramente o índice de perdas acumuladas de solo no período de 32 anos, ou seja, até 1985, obtido dos produtos de sensoriamento remoto e da USLE poderia aproximar-se de um valor real para a área das micro-bacias estudadas.

Neste sentido, se for excluído do índice de perdas acumuladas de solo no período (Figura 18), a quantidade que saiu da área, ou seja  $7,35 \times 10^5$  t, utilizando-se uma taxa de entrega (DR) de 0,14 (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>), verifica-se que o índice estimado para os sedimentos depositados nas baixadas é de cerca de  $4,5 \times 10^6$  t, o que representa, em média, cerca de  $9,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de solo depositado nas várzeas. Entretanto, subdividindo-se o período de 32 anos, verifica-se que enquanto até 1970 a média de sedimentos/ano depositado era de  $7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  passou no período seguinte, ou seja, até 1985, para  $12,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Isto representa um acréscimo de cerca de 30%, indicativo da gravidade do problema de poluição associado à utilização inadequada das terras para agricultura como também foi alertado em outras situações por FENTON<sup>46</sup> e PELLETIER<sup>105</sup>.

É necessário, entretanto, a continuidade da pesquisa a campo para se determinar em um maior número de locais os valores de alguns fatores da USLE como K, C e P, e obter registros pluviométricos de um maior número de pontos, durante um período de tempo mais prolongado para se poder atribuir a esses índices de perdas de solo uma melhor aproximação aos valores reais.

FIGURA 18. ÍNDICE DE PERDAS ACUMULADAS DE SOLO DURANTE O PERÍODO DE TRINTA E DOIS ANOS



Ainda, no sentido de complementar o diagnóstico da erosão antrópica na área, obtido com auxílio da USLE, procedeu-se, nas fotografias aéreas das diversas épocas, a um levantamento dos sulcos de erosão. Neste sentido a avaliação da significância estatística da erosão em sulcos limitou-se a 1980 uma vez que em 1953, 1962 e 1970, junto aos pontos amostrais, não se observou a ocorrência dos mesmos, embora em 1970 já houvesse erosão em sulcos, identificados na análise global das fotografias aéreas da área. Para o ano de 1985, através da mesma metodologia, não foi possível identificá-los.

Dos 144 pontos amostrais representativos da área de estudo, junto a 81 observou-se a ocorrência de erosão em sulcos em 1980. Verificou-se a tendência de ocorrer um número maior de sulcos na TRe do que no LRe (figuras 19, 20 e 21) e que na medida em que aumentou a declividade houve também um aumento, embora não significativo, na ocorrência dos mesmos (Figura 22). Provavelmente este segundo fato está associado ao primeiro, uma vez que o fator declividade é importante na definição da erosão e o LRe ocorre, geralmente, nas partes aplainadas do relevo. Estatisticamente só houve diferença significativa, ao nível de 80% de probabilidade entre LRe e TRe quando se considerou ambos ocupados por cultura anual em nível.

Este fato confirma as observações a campo de pedólogos (ROCHA *et alii*<sup>114</sup>) de que nesta área, muitas glebas de TRe sob cultivo, encontram-se com o horizonte A total ou parcialmente decapitado pela erosão. A incidência preferencial de sulcos de erosão na TRe (Figuras 19 e 21), bem como, o grande volume de sedimentos depositados sobre os Solos Hidromórficos da várzea, indicam a importância relativamente grande dos

FIGURA 19. EFEITOS DO SOLO, USO DA TERRA E DO TERRACEAMENTO NA OCORRÊNCIA DE SULCOS DE EROSÃO EM 1980

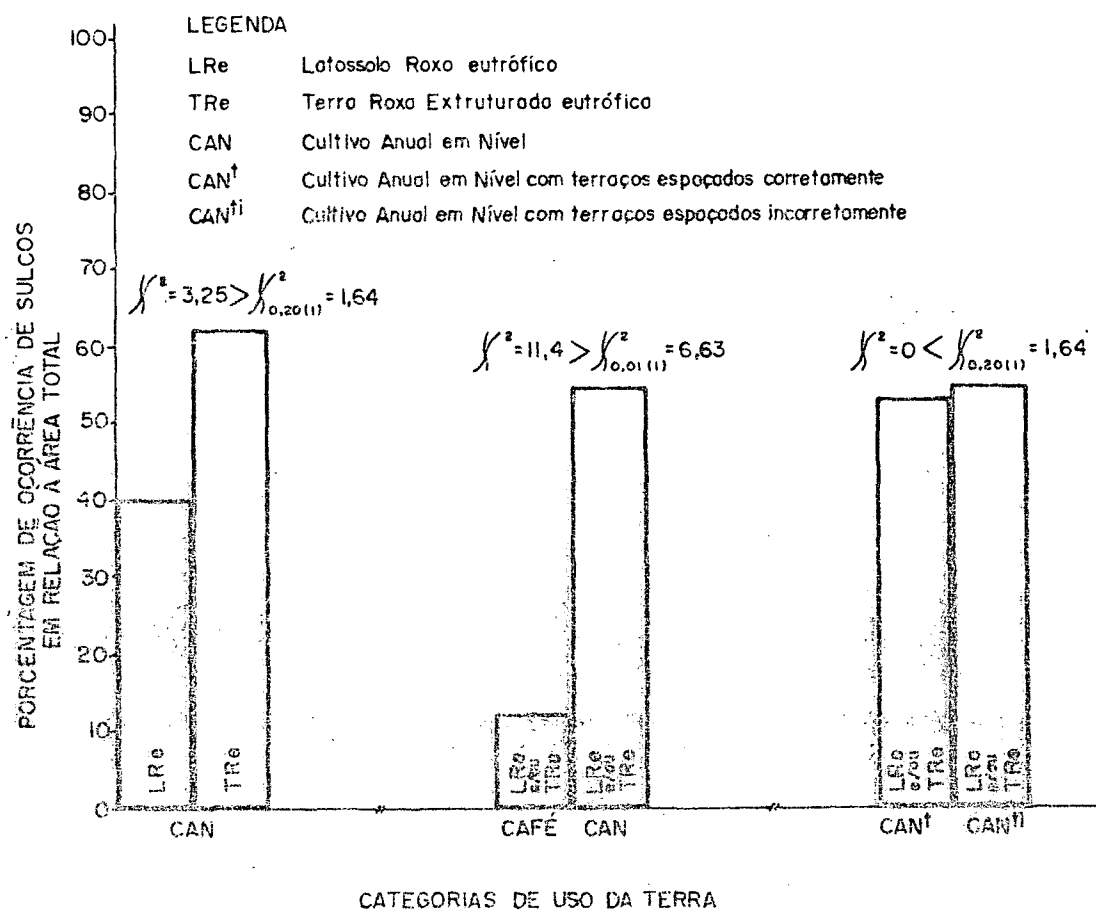
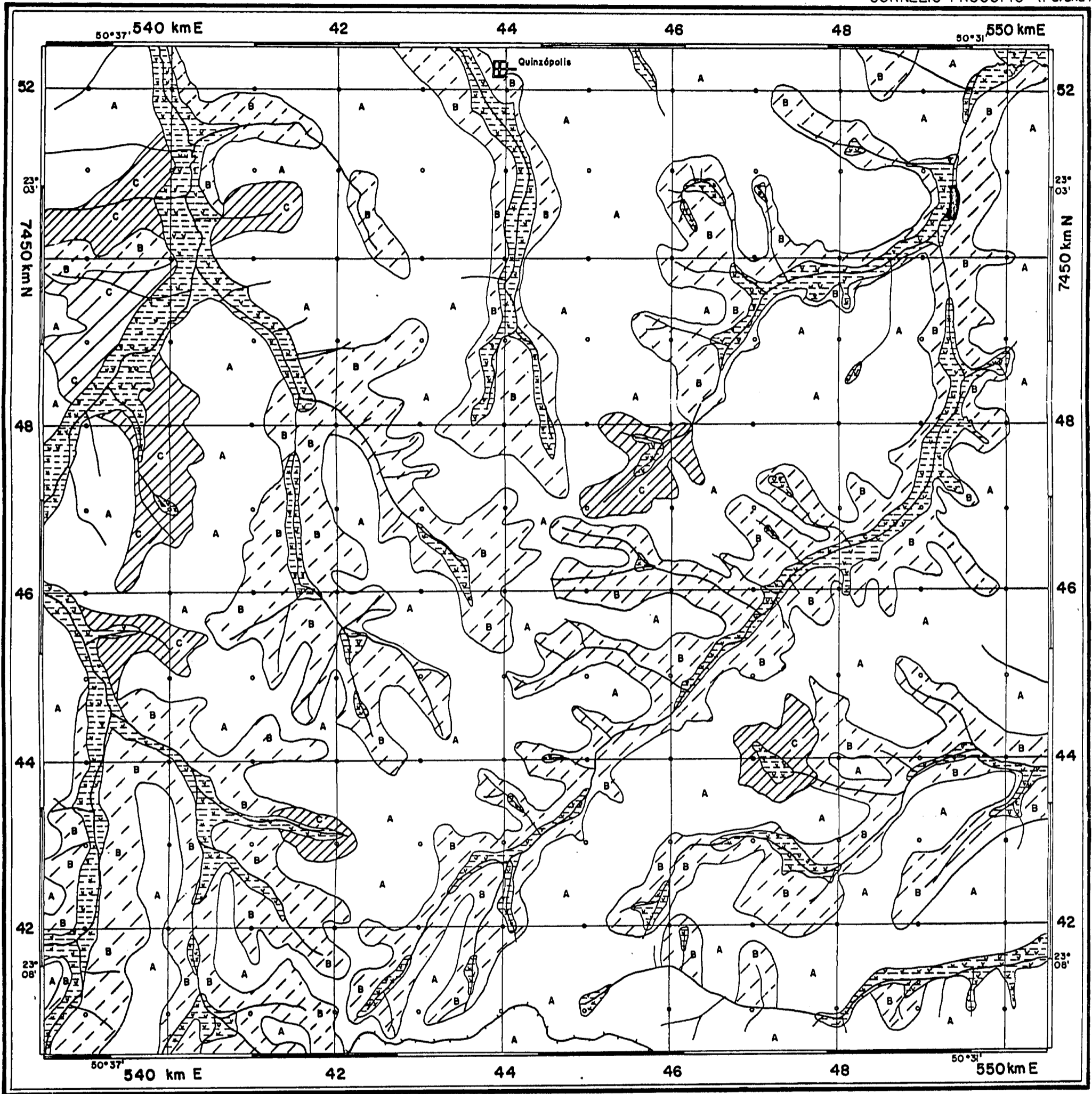


FIGURA 20. ESBOÇO DA DISTRIBUIÇÃO DA EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS, INTERPRETADA NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 1980

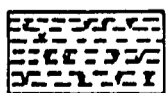
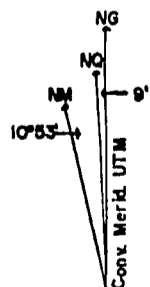
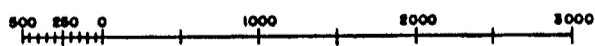
CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)



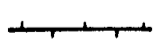
Fonte: Depto. Geografia Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50000

Linear (1cm = 500m)



Área Hidromórfica



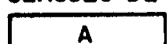
Estrada de Ferro  
Bitola Estreita-Via Simples



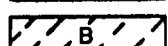
Canal de Drenagem

• Ponto Amostral

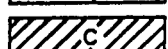
CLASSES DE DENSIDADE DE EROSÃO EM SULCOS



A Baixa - até 1 sulco . km<sup>2</sup>



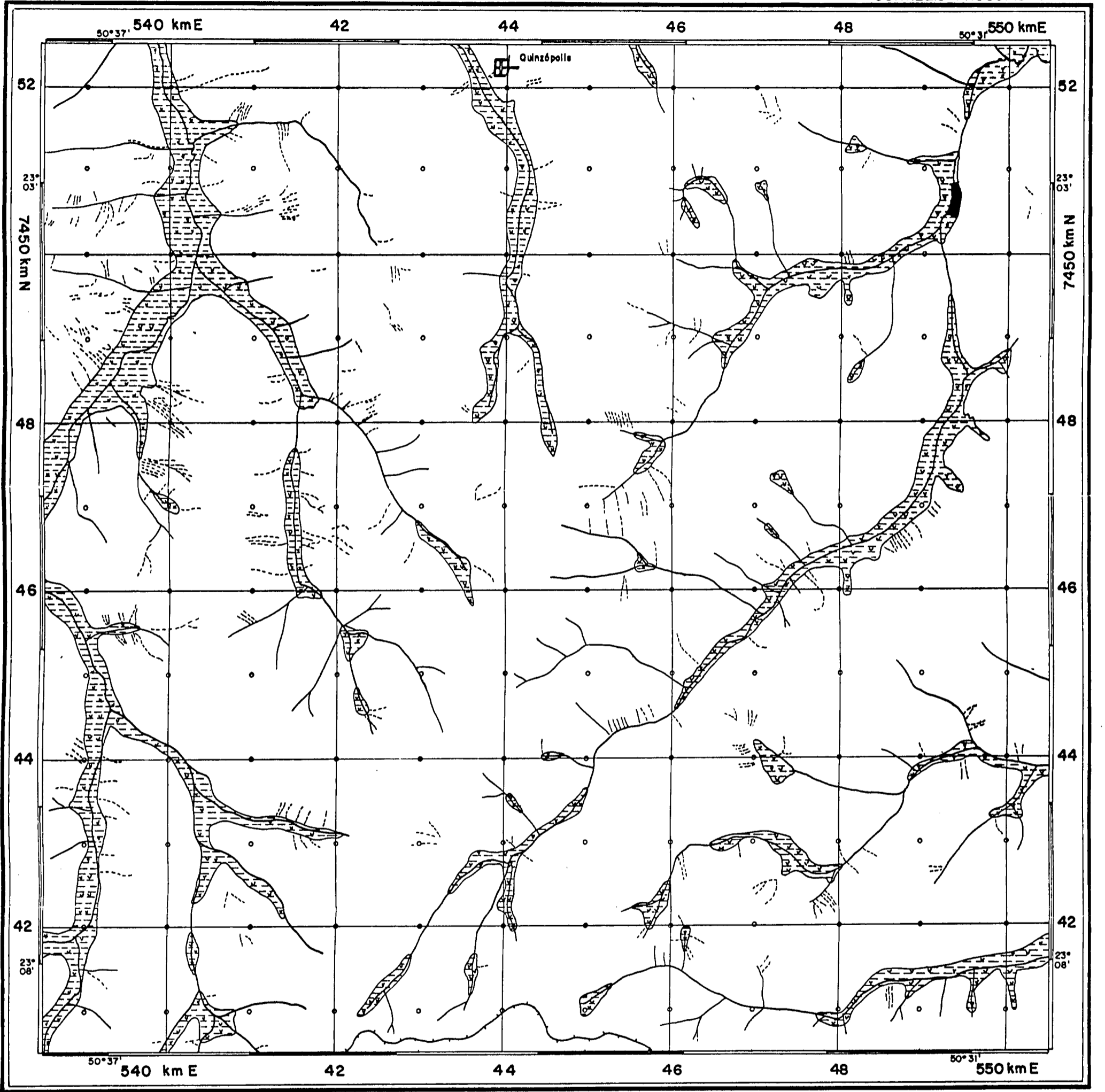
B Média - de 1 a 2 sulcos . km<sup>2</sup>



C Alta - mais do que 2 sulcos . km<sup>2</sup>

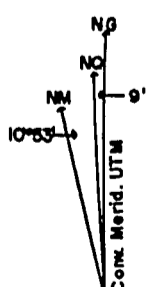
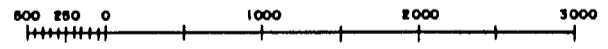
FIGURA 21. SULCOS DE EROÇÃO, INTERPRETADOS NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 1980

CORNÉLIO PROCÓPIO (Paraná)



Fonte: Depto. Geografia Terras e Colonização - PR

ESCALA 1:50000  
Linear (1cm=500 m)



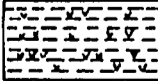

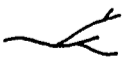


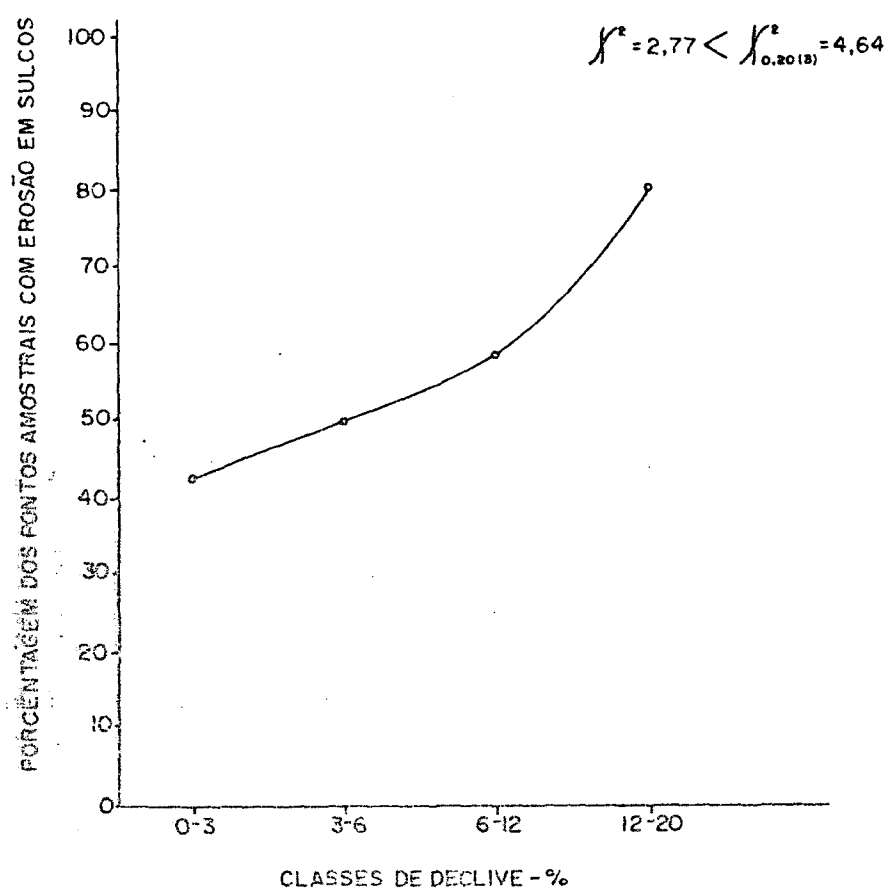
-   
 Área Hidromórfica
  -   
 Estrada de Ferro  
 Bitola Estreita - Via Simples
  -   
 Canal de Drenagem
  -   
 Ponto Amostral
-  Sulco de Erosão



FIGURA 22. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE DECLIVE E A OCORRÊNCIA DE SULCOS DE EROSIÃO JUNTO AOS PONTOS AMOSTRAIS, NAS ÁREAS DE CULTURAS ANUAIS



processos pedogenéticos de perdas e de adição, promovidos pela ação do homem, no diagnóstico e caracterização desses solos.

Entre os cultivos agrícolas, a ocorrência de erosão em sulcos foi significativamente maior no cultivo anual em nível do que na cultura de café. Isto pode ter sido determinado pela baixa proteção oferecida ao solo pela cultura anual durante períodos de alta precipitação, além da intensiva mobilização do solo e falta de cobertura no período de preparo do solo conforme sugerem os trabalhos de CASSOL *et alii*<sup>23</sup> e ELTZ *et alii*<sup>41</sup>. Outro detalhe que se verifica nas fotografias aéreas de 1980 é o de encontrar-se o café nas áreas mais planas..

Analisou-se também o efeito do terraceamento com espaçamento correto ou incorreto (Figura 19), verificando-se que não há diferença estatística significativa entre estas duas condições e, pelo alto percentual de ocorrência de sulcos nas áreas terraceadas com espaçamento correto, cerca de 53%, indicativo da ineficácia desta prática conservacionista nas condições em que é executada, é muito provável que os sistemas de uso e manejo do solo exerçam influência preponderante na definição do risco de erosão para a situação estudada.

Observa-se, portanto, a partir da análise desses aspectos relativos à erosão, que as fotografias aéreas contêm informações úteis e que podem ser exploradas nos estudos de sedimentação. Por outro lado, as composições coloridas TM mostraram-se úteis, junto com as fotografias aéreas e apoio de campo, para avaliar os fatores C e P da USLE e conseqüentemente o risco de erosão em 1985 (Figura 18 e Anexos).

#### 4.5 A APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DIAGNOSTICAR A EROÇÃO DO SOLO

Uma das grandes utilidades do sensoriamento remoto verificada neste trabalho foi a de fornecer dados de uso da terra, como também ocorreu nos trabalhos de MORGAN *et alii*<sup>92</sup>; SEUBERT *et alii*<sup>124</sup>, e outros, permitindo a avaliação dos fatores C e P da USLE, de maneira mais rápida e econômica, segundo estes autores, além de ter possibilitado um contínuo acompanhamento das mudanças que ocorreram no uso da terra (Tabela 6). Além disso, a utilização desses produtos foi indispensável para avaliar o comprimento de rampa,  $c$  real, nas épocas pretéritas (Anexo 1 e Figura 6).

As imagens TM também serviram de apoio para determinar o fator L real de 1985 (Anexo 1 e Figura 6).

Neste trabalho como em outros (ELBERSEN<sup>40</sup>, GOOSEN<sup>56</sup>, VINK<sup>137</sup>) as fotografias aéreas mostraram-se úteis para delinear mais acuradamente os limites das unidades de solo.

As marcas de erosão laminar não puderam ser perfeitamente identificadas e localizadas tendo em vista a uniformidade das características dos horizontes do solo e a cobertura parcial deste com vegetação, na época de tomada de fotografias aéreas, condições estas desfavoráveis à identificação, conforme já mencionadas por pesquisadores como BERGSMA<sup>7-9</sup> e MORGAN<sup>97</sup>.

As composições coloridas TM mostraram-se adequadas na discriminação das categorias, pré-determinadas, de uso da terra, porém apresentaram algumas limitações para detecção das práticas conservacionistas, principalmente em função da resolução espacial que as caracteriza, como já constatado em outros tra-

balhos (ROCHA *et alii*<sup>114</sup>, SANTOS<sup>120</sup>). Entretanto, com o apoio das fotografias aéreas e do trabalho de campo, foi possível, através das composições coloridas TM, identificar satisfatoriamente as práticas conservacionistas empregadas na área (Tabela 6 e Anexo 2).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

Os resultados, analisados e interpretados, permitiram chegar às seguintes conclusões:

- a) As fotografias aéreas das diversas épocas e as composições coloridas TM de 1985, junto com o apoio de campo, possibilitaram:
  - a.1) avaliar as mudanças que ocorreram no uso-manejo do solo e nas práticas conservacionistas;
  - a.2) determinar os fatores C e P da USLE e o valor do comprimento de rampa das diversas épocas, contribuindo também para a compartimentação das principais classes de solos ocorrentes na área, otimizando, portanto, a distribuição espacial dos valores do fator K.
- b) As fotografias aéreas, as composições coloridas TM e a USLE viabilizaram acompanhar de forma multi-temporal a dinâmica do risco de erosão na paisagem.
- c) Dentre as composições coloridas TM analisadas para avaliação do uso-manejo do solo e das práticas conservacionistas,

a composição TM 7B 5G 4R, submetida à Ampliação Linear de Contraste (ALC), foi a que apresentou melhor resultado.

d) A consideração, em locais referenciados geograficamente, dos parâmetros naturais do meio físico contemplados na USLE e o estabelecimento do potencial natural de erosão tornou possível a localização e a quantificação das áreas com aptidão diversa quanto à intensidade do uso.

e) Os produtos de sensoriamento remoto das diversas épocas forneceram informações a um nível de detalhe suficiente para estabelecer, em conjunto com a USLE, índices hierarquizados de erosão do solo nas diversas épocas. Além disso, esses produtos, hoje fornecidos regularmente, possibilitam a atualização constante das informações. Neste sentido, torna-se viável o monitoramento de áreas críticas, sujeitas a processos de degradação dos seus solos.

f) Os índices de erosão potencial acima de  $400 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  são indicativos de áreas com alto risco de erosão. De acordo com a classificação de HEIMLICH & BILLS<sup>59</sup>, modificada, cerca de 38% das glebas estavam sendo utilizadas com índices de perdas de solo acima do limite de tolerância, em 1985.

g) A análise dos índices de perdas de solo, bem como, dos sulcos de erosão possibilitou detectar focos com altos índices de perdas de solo e evidenciar, em algumas áreas, a inadequação do sistema de manejo do solo e das práticas conservacionistas.

h) Em função do alto risco de erosão que apresentam, cerca de 20% da área deveria ser ocupada com um uso e manejo do solo menos intensivos. Nestas circunstâncias, a destinação dessas áreas para pastagem, reflorestamento ou para preservação da flora e fauna podem se constituir em alternativas apropriadas. Em 1985 apenas 12% dessas áreas estavam sendo adequadamente utilizadas.

i) A Tre mostrou-se mais suscetível à erosão em sulcos do que o LRe. Com relação ao uso da terra, na cultura do café os sulcos de erosão ocorreram em menor número do que nos cultivos anuais em nível. Por outro lado, não houve diferença significativa na ocorrência de sulcos de erosão entre as áreas com terraços espaçados de acordo com critérios técnicos e aquelas áreas com terraços fora das especificações técnicas, indicando a ineficácia desta prática conservacionista, nas condições em que é executada.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

A obtenção dos fatores R, K, L, S, C, P, em pontos com referência geográfica conhecida, possibilita o armazenamento dos mesmos num sistema geográfico de informações (SGI) e a atualização constante dos fatores C e P, condicionados pelas mudanças relativamente freqüentes nos sistemas de uso e manejo do solo, de forma rápida e com pouca disponibilidade de recursos humanos. A análise e compreensão dessas informações também é facilitada através do uso de computadores com saídas em unidades de visualização de imagens ou na forma gráfica,

como por exemplo, mapas, relatórios, impressos ou outras figuras. Em áreas de dimensões municipais ou maiores a informatização é de caráter praticamente obrigatório para viabilizar a execução deste tipo de trabalho, em função do grande número de dados.

Por outro lado, enfatiza-se a necessidade de pesquisas em técnicas alternativas de discriminação visual ou automática dos alvos presentes nas imagens ou fitas digitais (CCTs) no sentido de facilitar a obtenção dos parâmetros C e P da USLE, objetivando também produzir imagens com maior conteúdo para o interpretador.

Os dados do sensoriamento remoto não substituem, mas antes necessitam do apoio de levantamento e da experimentação convencional e detalhada de campo. Entretanto, esses dados podem ajudar aos cientistas e responsáveis pelo desenvolvimento de programas de conservação do solo a determinar a amplitude do problema e dirigir ações para os locais onde elas serão mais necessárias e efetivas.

Neste sentido, recomenda-se a intensificação dos estudos para se estabelecer uma rede mais densa de informações básicas sobre os fatores da USLE, tornando possível, desta forma, a utilização deste Modelo nos levantamentos de erosão do solo, em diferentes níveis de generalização.



## SUMMARY

Sequential aerial photographs, TM/LANDSAT color composites (TM 7B 5G 4R, TM 5B 7G 4R and TM 5B 5G 7R) at scale 1:25.000 topographic maps at scale 1:50.000 and the Universal Soil Loss Equation (U.S.L.E.) were used to predict actual and past sheet and rill erosion in an area in the Northeast region, State of Parana, Brazil. Utilizing a grid cell of 1 square kilometer, sampled in the intersection of the UTM's coordinates, the natural erosion potential was estimated considering only the natural factors related to erosion as erosivity (R), erodibility (K), slope length (L) and steepness (S). The use-management factor (C) and conservation practices (P) were analysed as well as the former utilization and their effects on the soil loss indices. In the conditions of this work we arrived at the following results and conclusions: a) the anthropic factors were the most important for high erosion losses indices occurring in this area; b) it is possible to localize the areas with exceedingly soil loss tolerance; c) the conventional soil cover-management system and the supporting practices were not sufficiently efficient for the erosion control; d) it is possible with basic experimental data of the U.S.L.E. factors to utilize TM color slides, analysed throughout visual interpretation together with aerial photographs, field work and the U.S.L.E./to assess sheet and rill erosion in regional surveys; e) about twenty per cent of the area should be utilized with C.P. values lower than 0,1. This means that these areas should be utilized for reforestation, pastures or for animal and vegetal preservation; f) The areas with values resulting from the combination of R.K.L.S higher than  $400 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  belong to the class of high erosion risk.

A N E X O S

ANEXO 1. VALORES DE DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL, DAS DIVERSAS ÉPOCAS NOS PONTOS AMOSTRAIS

Ponto amostral	Declive %	Comprimento de rampa (c) - metros					
		c-potencial	c-1953	c-1962	c-1970	c-1980	c-1985
1	9	250	83	83	83	83	83
2	9	300	250	250	250	60	60
3	16	125	100	100	100	50	50
4	9	150	75	75	75	75	75
5	1,5	75	75	75	75	75	75
6	1,5	300	150	150	150	150	150
7	1,5	0	0	0	0	0	0
8	4,5	125	125	125	125	125	125
9	4,5	175	175	175	175	175	175
10	16	100	100	100	100	100	100
11	9	425	425	425	425	425	425
12	4,5	275	275	275	275	275	275
13	1,5	0	0	0	0	0	0
14	9	300	300	300	300	300	300
15	9	450	50	50	50	64	64
16	16	150	150	150	150	150	150
17	16	100	100	100	100	100	100
18	4,5	300	125	125	125	50	50
19	1,5	250	250	250	250	250	250
20	4,5	75	75	75	75	75	75
21	4,5	200	200	200	200	114	114
22	1,5	175	175	175	175	175	175
23	4,5	100	100	100	100	100	100
24	4,5	200	200	200	200	200	200
25	9	125	125	125	125	125	125
26	1,5	175	175	175	175	70	70
27	4,5	500	125	125	125	39	39
28	9	400	44	44	44	44	44
29	1,5	175	175	175	175	58	58
30	9	75	75	75	75	75	75
31	4,5	650	150	150	150	217	217
32	9	350	200	200	200	70	70
33	9	300	300	300	300	300	300

(Continua)

ANEXO 1. VALORES DE DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL, DAS DIVERSAS ÉPOCAS NOS PONTOS AMOSTRAIS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Declive %	Comprimento de rampa (c) - metros					
		c-potencial	c-1983	c-1962	c-1970	c-1980	c-1985
34	4,5	100	100	100	100	67	67
35	1,5	100	100	100	100	100	100
36	4,5	225	225	225	150	23	23
37	9	150	150	150	150	150	150
38	9	200	100	100	100	18	18
39	4,5	300	300	300	300	300	300
40	4,5	250	250	250	250	83	83
41	1,5	125	125	125	125	125	125
42	9	150	150	150	150	38	38
43	4,5	900	900	900	900	900	900
44	9	250	250	250	250	42	42
45	9	225	75	75	75	75	75
46	9	125	125	100	100	50	50
47	16	350	100	100	100	44	44
48	16	475	475	475	475	475	475
49	9	150	150	150	150	150	150
50	1,5	600	600	600	600	120	120
51	1,5	175	175	175	175	88	88
52	4,5	250	150	150	150	36	36
53	9	150	150	150	150	30	30
54	4,5	225	225	225	225	75	75
55	1,5	75	75	75	75	38	38
56	16	150	150	150	150	150	150
57	16	300	300	300	300	300	300
58	4,5	250	167	167	167	167	167
59	9	300	300	300	300	300	300
60	16	250	83	83	83	83	83
61	9	275	275	275	275	275	275
62	4,5	250	250	250	250	39	39
63	4,5	500	500	500	500	33	33
64	9	525	100	100	100	33	33

(Continua)

ANEXO 1. VALORES DE DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL, DAS DIVERSAS ÉPOCAS NOS PONTOS AMOSTRAIS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Declive %	Comprimento de rampa (c) - metros					
		c-potencial	c-1953	c-1962	c-1970	c-1980	c-1985
65	1,5	125	125	125	125	83	83
66	9	475	275	100	100	40	40
67	9	175	175	175	175	175	175
68	9	275	275	250	250	46	46
69	9	350	350	75	75	58	58
70	9	225	225	225	75	56	56
71	3,5	350	350	350	350	50	50
72	1,5	0	0	0	0	0	0
73	9	125	125	125	125	125	125
74	1,5	0	0	0	0	0	0
75	1,5	400	400	400	400	50	50
76	4,5	350	150	150	150	50	50
77	9	325	200	200	200	25	25
78	16	200	200	200	200	200	200
79	4,5	200	25	25	25	50	50
80	4,5	0	0	0	0	0	0
81	9	275	275	275	285	138	138
82	9	400	400	125	125	67	67
83	1,5	0	0	0	0	0	0
84	4,5	100	100	100	100	100	100
85	9	200	200	200	200	40	40
86	9	450	250	250	250	250	250
87	4,5	175	175	175	175	50	50
88	16	225	225	225	75	75	75
89	4,5	150	150	150	150	38	38
90	9	275	125	125	125	46	46
91	1,5	150	150	150	150	75	75
92	4,5	275	275	275	275	79	79
93	1,5	250	250	83	83	83	83
94	4,5	200	200	200	200	200	200
95	9	425	142	142	142	142	17

(Continua)

ANEXO 1. VALORES DE DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL, DAS DIVERSAS ÉPOCAS NOS PONTOS AMOSTRAIS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Declive %	Comprimento de rampa (c) - metros					
		c-potencial	c-1953	c-1962	c-1970	c-1980	c-1985
96	4,5	175	175	175	175	175	175
97	4,5	250	250	250	250	83	83
98	9	225	50	50	50	28	28
99	9	300	300	300	300	300	300
100	4,5	150	150	150	150	75	75
101	9	425	350	350	350	43	43
102	9	350	100	100	100	75	75
103	4,5	300	75	75	75	75	75
104	9	225	225	225	225	50	50
105	9	200	200	200	200	200	200
106	9	175	175	175	175	88	88
107	9	150	150	150	150	150	150
108	4,5	275	275	275	275	275	275
109	1,5	275	275	275	275	46	46
110	9	75	75	75	75	75	75
111	4,5	225	75	75	75	38	38
112	1,5	250	250	250	250	28	28
113	1,5	150	150	150	150	38	38
114	9	425	425	425	425	142	142
115	1,5	150	150	150	150	150	150
116	9	725	725	725	300	30	30
117	4,5	200	200	200	200	200	200
118	16	175	175	175	175	175	175
119	4,5	275	275	275	275	275	275
120	4,5	300	300	300	300	300	300
121	4,5	175	175	175	175	175	175
122	9	75	75	75	75	38	38
123	9	300	100	100	100	55	55
124	9	250	75	75	75	63	63
125	1,5	75	75	75	75	75	75

(Continua)

ANEXO 1. VALORES DE DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA POTENCIAL, DAS DIVERSAS ÉPOCAS NOS PONTOS AMOSTRAIS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Declive %	Comprimento de rampa (c) - metros					
		c-potencial	c-1953	c-1962	c-1970	c-1980	c-1985
126	9	200	200	200	31	31	31
127	4,5	300	300	300	300	46	46
128	9	250	125	125	125	25	25
129	1,5	100	100	100	100	50	50
130	9	300	125	125	125	50	50
131	9	200	200	200	200	200	200
132	4,5	100	100	100	100	100	100
133	9	200	200	200	200	200	200
134	1,5	0	0	0	0	0	0
135	4,5	325	125	125	125	125	125
136	4,5	300	75	75	75	75	75
137	4,5	75	75	75	75	75	75
138	4,5	150	75	75	75	75	75
139	1,5	225	225	225	225	56	56
140	4,5	300	300	300	200	38	38
141	1,5	250	250	250	250	83	83
142	1,5	225	225	225	225	225	225
143	9	125	125	125	125	125	125
144	4,5	250	250	250	250	250	250

ANEXO 2. USO DA TERRA E VALORES DOS FATORES USO-MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS  
(CP), NAS DIVERSAS ÉPOCAS

Ponto amostral	1953		1962		1970		1980		1985	
	Uso da terra*	Valor CP**	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP
1	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
2	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,01	5b <sup>t</sup>	0,01
3	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,01	5b <sup>t</sup>	0,01
4	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
5	2	0,02	2	0,04	2	0,06	3	0,12	3	0,12
6	2	0,02	2	0,04	2	0,06	3	0,12	3	0,12
7	6a	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00
8	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	3	0,12	3	0,15	3	0,15
9	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
10	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
11	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
12	2	0,02	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>i</sup>	0,18	5b <sup>i</sup>	0,21	5b <sup>i</sup>	0,21
13	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00
14	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,10
15	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
16	2	0,02	2	0,04	2	0,06	3	0,12	3	0,12
17	2	0,02	2	0,04	2	0,06	4	0,01	4	0,01
18	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5a <sup>n</sup>	0,05
19	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
20	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
21	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
22	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
23	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,12
24	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,10
25	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
26	2	0,02	2	0,04	5b <sup>l</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
27	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,10
28	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,01	5b <sup>t</sup>	0,10
29	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
30	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	3	0,12	3	0,15	3	0,15
31	1a	4X10 <sup>-5</sup>	3	0,12	3	0,15	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10

(Continua)



ANEXO 2. USO DA TERRA E VALORES DOS FATORES USO-MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS  
(CP), NAS DIVERSAS ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	1953		1962		1970		1980		1985	
	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP
32	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
33	2	0,02	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
34	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
35	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	2	0,05
36	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
37	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
38	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
39	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
40	2	0,02	2	0,04	2	0,06	3	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
41	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
42	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
43	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	5b <sup>i</sup>	0,15
44	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5a	0,10	5a	0,10
45	2	0,02	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>i</sup>	0,18	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
46	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
47	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
48	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
49	1a	4x10 <sup>-5</sup>	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
50	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,10
51	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
52	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5	0,10
53	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
54	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
55	2	0,02	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
56	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
57	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
58	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	3	0,12	3	0,12
59	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
60	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5a <sup>n</sup>	0,05	5a <sup>n</sup>	0,05
61	4	0,01	4	0,01	4	0,01	5a <sup>n</sup>	0,05	5a <sup>n</sup>	0,05
62	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12

(Continua)

ANEXO 2. USO DA TERRA E VALORES DOS FATORES USO-MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS  
(CP), NAS DIVERSAS ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	1953		1962		1970		1980		1985	
	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP
63	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
64	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,16	5b <sup>t</sup>	0,16
65	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
66	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	4	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
67	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,12
68	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
69	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
70	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
71	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
72	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
73	2	0,02	2	0,04	2	0,06	4	0,01	4	0,01
74	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00
75	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
76	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
77	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
78	1a	4X10 <sup>-5</sup>	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
79	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
80	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
81	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	3	0,12	3	0,12
82	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
83	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00
84	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
85	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
86	4	0,01	2	0,02	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,12
87	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
88	4	0,01	4	0,01	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,12
89	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
90	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
91	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
92	4	0,01	4	0,01	4	0,01	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
93	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,07
94	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09

(Continua)

ANEXO 2. USO DA TERRA E VALORES DOS FATORES USO-MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS  
(CP), NAS DIVERSAS ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	1953		1962		1970		1980		1985	
	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP
95	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	5b <sup>t</sup>	0,10
96	2	0,02	2	0,04	4	0,01	4	0,01	4	0,01
97	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
98	4	0,01	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
99	1a	4X10 <sup>-5</sup>	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
100	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
101	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
102	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>
103	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
104	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
105	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
106	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
107	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	4	0,01	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,10
108	2	0,02	2	0,04	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>
109	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
110	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,14	5b <sup>n</sup>	0,14
111	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
112	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
113	2	0,02	2	0,04	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
114	4	0,01	4	0,01	4	0,01	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
115	2	0,02	2	0,04	2	0,06	3	0,12	3	0,12
116	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
117	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
118	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
119	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
120	2	0,02	2	0,04	4	0,01	4	0,01	4	0,01
121	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
122	1a	4X10 <sup>-5</sup>	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,14	5b <sup>t</sup>	0,14
123	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
124	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12

(Continua)

ANEXO 2. USO DA TERRA E VALORES DOS FATORES USO-MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS  
(CP), NAS DIVERSAS ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	1953		1962		1970		1980		1985	
	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP	Uso da terra	Valor CP
125	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	3	0,12	3	0,12
126	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
127	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
128	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
129	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
130	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	5b <sup>t</sup>	0,10
131	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	4	0,01
132	1a	4X10 <sup>-5</sup>	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
133	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>	1a	4X10 <sup>-5</sup>
134	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00	6	0,00
135	2	0,02	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
136	2	0,02	2	0,04	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
137	4	0,01	2	0,02	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
138	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01
139	1a	4X10 <sup>-5</sup>	2	0,02	2	0,04	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
140	4	0,01	4	0,01	5b <sup>i</sup>	0,15	5b <sup>t</sup>	0,12	5b <sup>t</sup>	0,12
141	2	0,02	2	0,04	2	0,06	5b <sup>t</sup>	0,10	5b <sup>t</sup>	0,10
142	2	0,02	2	0,04	2	0,06	2	0,08	2	0,09
143	5b <sup>n</sup>	0,10	5b <sup>n</sup>	0,12	5b <sup>n</sup>	0,14	1b	4X10 <sup>-5</sup>	1b	4X10 <sup>-5</sup>
144	2	0,02	4	0,01	4	0,01	4	0,01	4	0,01

\* Ver legenda, Tabela 4.

\*\* Fatores da USLE (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>)

ANEXO 3. ÍNDICES DE PERDAS DE SOLO, POTENCIAL (RKLS)\* E DAS  
DIVERSAS ÉPOCAS (RKLSCP)\* NOS PONTOS AMOSTRAIS

Ponto amostral	Índices de perdas de solo em t.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup>					
	Potencial natural (PN)	1953	1962	1970	1980	1985
1	595	6	12	18	24	27
2	667	12	24	36	24	24
3	758	13	26	39	42	42
4	431	6	11	17	22	25
5	22	0	1	2	3	3
6	54	1	2	3	4	4
7	0	0	0	0	0	0
8	113	0	1	4	17	17
9	210	0	0	0	0	0
10	658	0	0	0	0	0
11	831	8	8	8	8	8
12	279	6	42	50	59	59
13	0	0	0	0	0	0
14	667	13	27	40	67	67
15	861	4	9	13	25	25
16	850	17	34	51	102	102
17	658	13	26	39	7	7
18	294	3	7	10	10	5
19	48	0	0	0	0	0
20	82	0	2	3	8	8
21	152	3	6	9	11	11
22	38	1	2	6	5	5
23	98	0	2	10	12	12
24	152	3	6	9	15	15
25	384	4	4	4	4	4
26	38	1	2	6	3	3
27	406	3	7	10	8	8
28	800	4	8	12	20	20
29	38	0	1	2	2	2
30	279	0	0	33	42	42
31	474	0	23	28	24	24

(Continua)

ANEXO 3. ÍNDICES DE PERDAS DE SOLO, POTENCIAL (RKLS)\* E DAS  
DIVERSAS ÉPOCAS (RKLSCP)\* NOS PONTOS AMOSTRAIS (CON-  
TINUAÇÃO)

Ponto amostral	Índices de perdas de solo em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
	Potencial natural (PN)	1953	1962	1970	1980	1985
32	735	10	21	31	27	27
33	667	13	7	7	7	7
34	98	2	4	15	9	9
35	246	0	0	19	7	7
37	431	0	0	0	0	0
38	517	0	7	13	11	11
39	294	0	0	0	0	0
40	175	3	5	10	11	11
41	31	0	0	0	0	0
42	431	0	9	43	22	22
43	588	6	6	6	6	88
44	595	12	24	36	19	19
45	556	6	42	50	39	39
46	384	0	33	40	30	30
47	1.449	13	26	66	47	47
48	1.757	18	18	18	18	18
49	431	0	4	4	4	4
50	83	2	3	5	4	3
51	38	0	0	1	2	2
52	262	4	8	11	8	8
53	431	9	17	26	16	16
54	164	0	3	7	8	8
55	22	0	3	3	2	2
56	850	0	0	0	0	0
57	1.315	0	0	0	0	0
58	175	0	3	5	16	16
59	667	0	0	0	0	0
60	1.173	12	23	35	29	29
61	631	6	6	6	32	32
62	175	4	7	17	6	6

(Continua)

ANEXO 3. ÍNDICES DE PERDAS DE SOLO, POTENCIAL (RKLS)\* E DAS  
DIVERSAS ÉPOCAS (RKLSCP)\* NOS PONTOS AMOSTRAIS (CON-  
TINUAÇÃO)

Ponto amostral	Índices de perdas de solo em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
	Potencial natural (PN)	1953	1962	1970	1980	1985
63	406	0	0	0	7	7
64	949	33	40	47	26	26
65	31	0	1	2	2	2
66	891	0	7	3	19	19
67	475	9	19	47	57	57
68	631	0	12	24	20	20
69	735	0	6	11	24	24
70	556	0	0	28	28	28
71	324	0	0	0	10	10
72	0	0	0	0	0	0
73	384	8	15	23	4	4
74	0	0	0	0	0	0
75	64	1	2	4	2	2
76	324	4	8	11	10	10
77	702	10	21	31	14	14
78	1.016	0	10	10	10	10
79	228	1	2	4	10	10
80	0	0	0	0	0	0
81	631	0	12	25	49	49
82	800	0	38	46	36	36
83	0	0	0	0	0	0
84	98	2	4	6	8	9
85	517	0	0	0	19	19
86	861	6	24	59	71	71
87	210	0	4	21	11	11
88	1.097	11	11	55	66	66
89	190	0	0	4	8	8
90	631	8	15	38	24	24
91	35	0	1	2	2	2
92	186	2	2	2	8	8
93	48	0	1	2	1	2

(Continua)

ANEXO 3. ÍNDICES DE PERDAS DE SOLO, POTENCIAL (RKLS)\* E DAS  
DIVERSAS ÉPOCAS (RKLSCP)\* NOS PONTOS AMOSTRAIS (CON-  
TINUAÇÃO)

Ponto amostral	Índices de perdas de solo em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
	Potencial natural (PN)	1953	1962	1970	1980	1985
94	152	3	6	9	12	14
95	831	8	17	25	33	11
96	210	4	8	2	2	2
97	175	4	7	17	11	11
98	556	2	22	26	21	21
99	667	0	7	7	7	7
100	127	3	5	8	8	8
101	831	15	29	44	20	20
102	735	0	0	0	28	28
103	196	2	5	7	12	12
104	556	11	22	33	22	22
105	517	0	0	0	0	0
106	475	0	19	28	31	31
107	431	0	0	4	43	43
108	279	6	11	0	0	0
109	51	1	2	8	2	2
110	279	0	28	33	39	39
111	164	2	3	12	6	6
112	48	1	2	7	1	1
113	35	1	1	5	2	2
114	831	8	8	8	42	42
115	21	0	1	1	3	3
116	1.163	0	0	67	19	19
117	152	2	2	2	2	2
118	937	9	9	9	9	9
119	279	0	0	0	0	0
120	294	6	12	3	3	3
121	140	0	0	0	0	0
122	279	0	42	33	25	25
123	667	7	13	33	27	27
124	595	6	11	28	30	30

(Continua)



ANEXO 3. ÍNDICES DE PERDAS DE SOLO, POTENCIAL (RKLS)\* E DAS  
DIVERSAS ÉPOCAS (RKLSCP)\* NOS PONTOS AMOSTRAIS (CON-  
TINUAÇÃO)

Ponto amostral	Índices de perdas de solo em t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>					
	Potencial natural (PN)	1953	1962	1970	1980	1985
125	22	0	1	2	3	3
126	517	10	21	16	19	19
127	196	4	8	12	6	6
128	595	8	15	23	14	14
129	40	1	2	4	2	2
130	667	8	15	23	34	43
131	655	13	26	39	52	7
132	147	0	1	1	1	1
133	517	0	0	0	0	0
134	0	0	0	0	0	0
135	206	2	1	1	1	1
136	196	2	3	8	10	10
137	82	1	2	8	10	10
138	190	1	1	1	1	1
139	45	0	1	2	2	2
140	294	3	3	23	10	10
141	48	1	2	3	2	2
142	45	1	2	3	4	4
143	384	38	46	54	0	0
144	262	5	3	3	3	3
TOTAL	57.136	544	1.271	2.136	2.128	2.103

\* Fatores da equação universal de perdas de solo (USLE), conforme WISCHMEIER  
& SMITH<sup>147</sup>

ANEXO 4. GRAU DE DISCREPÂNCIA NO USO DA TERRA, NAS DIVERSAS  
ÉPOCAS

Ponto amostral	Grau de discrepância (C.P. <sub>Tolerável</sub> - C.P. <sub>Atual</sub> )*				
	1953	1962	1970	1980	1985
1	0,025	0,005	-0,015	-0,035	-0,045
2	0,002	-0,017	-0,037	-0,045	-0,045
3	0,000	-0,020	-0,040	-0,068	-0,068
4	0,048	0,028	0,008	-0,032	-0,032
5	0,525	0,505	0,485	0,425	0,425
6	0,202	0,182	0,162	0,223	0,223
7	Hidromórfico				
8	0,106	0,106	-0,014	-0,044	-0,044
9	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
10	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
11	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
12	0,028	-0,102	-0,132	-0,162	-0,162
13	Hidromórfico				
14	0,000	-0,020	-0,040	-0,080	-0,080
15	0,042	0,022	0,002	-0,047	-0,047
16	-0,004	-0,024	-0,044	-0,105	-0,105
17	0,000	-0,020	-0,040	0,010	0,010
18	0,059	0,039	0,019	0,041	0,041
19	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
20	0,146	0,126	0,106	0,046	0,046
21	0,059	0,039	0,019	0,012	0,012
22	0,296	0,276	0,166	0,196	0,196
23	0,122	0,102	0,022	0,002	0,002
24	0,059	0,039	0,019	-0,021	-0,021
25	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
26	0,296	0,276	0,166	0,421	0,421
27	0,059	0,039	0,019	0,065	0,065
28	0,047	0,027	0,007	-0,033	-0,033
29	0,296	0,276	0,256	0,532	0,532
30	0,048	0,048	-0,072	-0,102	-0,102
31	0,028	-0,049	-0,079	-0,044	-0,044
32	0,006	-0,014	-0,034	-0,050	-0,050

(Continua)

ANEXO 4. GRAU DE DISCREPÂNCIA NO USO DA TERRA, NAS DIVERSAS  
ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto Amostral	Grau de discrepância (C.P. Tolerável - C.P. Atual)*				
	1953	1962	1970	1980	1985
33	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010
34	0,102	0,082	-0,028	0,038	0,038
35	0,444	0,444	0,424	0,404	0,404
36	0,054	0,054	-0,029	0,111	0,111
37	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
38	0,026	0,020	0,000	0,018	0,018
39	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
40	0,049	0,029	0,009	0,016	0,016
41	0,387	0,387	0,387	0,387	0,387
42	0,031	0,011	-0,069	-0,046	-0,046
43	0,013	0,013	0,013	0,013	-0,127
44	0,003	-0,017	-0,037	-0,030	-0,030
45	0,028	-0,102	-0,132	-0,092	-0,092
46	0,035	-0,060	-0,080	-0,078	-0,086
47	0,000	-0,020	-0,080	-0,086	-0,086
48	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
49	0,031	0,021	0,021	0,021	0,021
50	0,125	0,105	0,085	0,250	0,250
51	0,460	0,440	0,420	0,074	0,074
52	0,050	0,031	0,011	0,074	0,074
53	0,011	-0,009	-0,029	-0,014	-0,014
54	0,073	0,053	0,033	0,046	0,046
55	0,525	0,395	0,425	0,717	0,717
56	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
57	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
58	0,069	0,068	0,048	-0,032	-0,032
59	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
60	0,003	-0,017	-0,037	-0,027	-0,027
61	0,011	0,011	0,011	-0,029	-0,029
62	0,049	0,029	-0,08	0,102	0,102
63	0,033	0,033	0,033	0,081	0,081
64	-0,060	-0,080	-0,100	-0,079	-0,079
65	0,367	0,347	0,327	0,400	0,400

(Continuação)

ANEXO 4. GRAU DE DISCREPÂNCIA NO USO DA TERRA, NAS DIVERSAS  
ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Grau de discrepância (C.P. <sub>Tolerável</sub> - C.P. <sub>Atual</sub> )*				
	1953	1962	1970	1980	1985
66	0,015	0,020	0,030	-0,028	-0,028
67	0,008	-0,012	-0,072	-0,092	-0,092
68	0,021	0,003	-0,017	-0,034	-0,034
69	0,018	0,028	0,008	-0,044	-0,044
70	0,024	0,024	-0,052	-0,062	-0,062
71	0,41	0,041	0,041	0,041	0,041
72	Relevo plano - Topo				
73	0,015	-0,005	-0,025	0,025	0,025
74	Hidromórfico				
75	0,167	0,147	0,127	0,606	0,606
76	0,051	0,031	0,011	0,041	0,041
77	0,006	-0,014	-0,034	-0,004	-0,004
78	0,013	0,003	0,003	0,003	0,003
79	0,196	0,176	0,156	0,041	0,041
80	Relevo plano - Topo				
81	0,021	0,001	-0,019	-0,087	-0,087
82	0,017	-0,065	-0,085	-0,088	-0,088
83	Hidromórfico				
84	0,100	0,080	0,060	0,042	0,030
85	0,026	0,026	0,026	-0,028	-0,028
86	0,013	-0,017	-0,077	-0,097	-0,097
87	0,064	0,044	-0,036	0,021	0,021
88	0,002	0,002	-0,088	-0,096	-0,096
89	0,070	0,070	0,051	0,070	0,070
90	0,015	-0,005	-0,065	-0,054	-0,054
91	0,323	0,303	0,283	0,446	0,446
92	0,054	0,054	0,054	0,043	0,043
93	0,250	0,230	0,210	0,440	0,440
94	0,059	0,039	0,019	-0,001	-0,011
95	0,012	-0,008	-0,028	-0,048	0,023
96	0,044	0,024	0,054	0,054	0,054
97	0,049	0,029	-0,31	0,016	0,016

(Continua)

ANEXO 4. GRAU DE DISCREPÂNCIA NO USO DA TERRA, NAS DIVERSAS  
ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Grau de discrepância(C.P. Tolerável - C.P. Atual)*				
	1953	1962	1970	1980	1985
98	0,052	-0,038	-0,058	-0,051	-0,051
99	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010
100	0,074	0,054	0,034	0,046	0,046
101	-0,002	-0,002	-0,042	-0,031	-0,031
102	0,018	0,018	0,018	-0,052	-0,052
103	0,041	0,021	0,001	0,000	0,000
104	0,004	-0,016	-0,036	-0,038	-0,038
105	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
106	0,008	-0,012	-0,032	-0,056	-0,056
107	0,031	0,031	0,021	-0,011	-0,011
108	0,028	0,008	0,048	0,047	0,047
109	0,215	0,195	0,085	0,630	0,630
110	0,048	-0,052	-0,072	-0,092	-0,092
111	0,143	0,123	0,013	0,106	0,106
112	0,230	0,210	0,100	0,880	0,880
113	0,323	0,303	0,193	0,737	0,737
114	0,006	0,006	0,006	-0,068	-0,068
115	0,551	0,531	0,511	0,451	0,451
116	0,020	0,020	-0,080	-0,035	-0,035
117	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
118	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
119	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
120	0,026	0,006	0,036	0,036	0,036
121	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
122	0,048	-0,102	-0,072	-0,066	-0,066
123	0,020	0,000	-0,060	-0,061	-0,061
124	0,028	0,008	-0,052	-0,066	-0,066
125	0,525	0,505	0,425	0,425	0,425
126	0,006	-0,014	-0,014	-0,036	-0,036
127	0,041	0,021	0,001	0,100	0,100
128	0,015	-0,005	-0,025	-0,004	-0,004
129	0,280	0,260	0,200	0,586	0,586

(Continua)

ANEXO 4. GRAU DE DISCREPÂNCIA NO USO DA TERRA, NAS DIVERSAS  
ÉPOCAS (CONTINUAÇÃO)

Ponto amostral	Grau de discrepância(C.P. Tolerável - C.P. Atual)*				
	1953	1962	1970	1980	1985
130	0,015	-0,005	-0,025	-0,049	-0,069
131	0,000	-0,20	-0,40	-0,060	-0,060
132	0,091	0,081	0,081	0,081	0,081
133	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
134	Hidromórfico				
135	0,038	0,048	0,048	0,006	0,006
136	0,126	0,106	0,046	0,026	0,026
137	0,136	0,126	0,046	0,026	0,026
138	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099
139	0,267	0,247	0,227	0,532	0,532
140	0,049	0,049	-0,041	0,050	0,050
141	0,230	0,210	0,190	0,400	0,400
142	0,247	0,227	0,207	0,187	0,187
143	-0,065	-0,085	-0,105	0,035	0,035
144	0,031	0,041	0,041	0,041	0,041

\* Fatores da USLE (WISCHMEIER & SMITH<sup>147</sup>)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLAM, M.S. & HARRIS, R. Moorland soil erosion and spectral reflectance. International Journal of Remote Sensing, 8(4): 593-608, 1987.
2. AMARAL, A.Z. & AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p. 429-42.
3. ANGULO FILHO, R. Caracterização da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo através de fotografias aéreas e cartas planialtimétricas. Piracicaba, 1986. 132 p. Tese. Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
4. ANGULO, R.J.; ROLOFF, G. & SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8(1): 133-38, 1984.
5. ASSOCIAÇÃO DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL DO PARANÁ. Relatório 1980/1981. Santa Mariana, 1981. n.p.
6. \_\_\_\_\_. Realidade municipal, ano agrícola 85/86. Santa Mariana, 1986. n.p.
7. BERGSMA, E. Aerial photo-interpretation for soil erosion and conservation surveys. Part I. Soil erosion features. s.l., International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1980. 47 p.
8. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Part II. Erosion factors. s.l., International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1982. 56 p.
9. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Part III. Erosion mapping. Enschede, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1982. 58 p.

10. BERGSMA, E. Aspects of mapping units in the rain erosion hazard catchment survey. In: SIDERIUS, W. Land evaluation for land use planning and conservation in sloping areas. s.l., ITC, 1984. p. 84-105 (ILRI publ. n. 40, 1986).
11. \_\_\_\_\_. Reconnaissance survey of erosion hazard near Merida, Spain. In: SYMPOSIUM ON ASSESSMENT OF EROSION IN THE USA AND EUROPE, Ghent, Belgium, 1978. Paper. Ghent, University of Ghent, 1978. p. 1-19.
12. \_\_\_\_\_. Soil erosion sequences on aerial photographs. ITC Journal, 1974. p. 342-76.
13. BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 368 p.
14. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. Boletim Técnico, Campinas, (21), 1975. 25 p.
15. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Metodologia para a determinação de perdas por erosão. Circular, Campinas, (44), 1975. 14 p.
16. BIGARELLA, J.J. Esboço da geologia e paleografia do Estado do Paraná. Boletim IBPT, Curitiba, (29), 1954. 32 p.
17. BISCAIA, R.C.M.; RUFINO, R.L. & HENKLAIN, J.C. Cálculo da erodibilidade (Fator K) de dois solos do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 5(3): 183-86, 1981.
18. BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento de solos do nordeste do Estado do Paraná. Curitiba, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1971. 144 p. (Boletim Técnico, n. 16).
19. BRINK, R.A.; DENSMORE, J.W. & HILL, G.A. Soil deterioration and the growing world demand for food. Science, 197(4304): 625-29, 1977.
20. BROOKS, F.L. Use of the universal soil loss equation in Hawaii. In: SOIL EROSION: prediction and control. Ankeny, Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p. 22-30.



21. BURINGH, P. The application of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. p. 633-66.
22. CABEDA, M.S.V. Computation of storm EI values. West Lafayette, Purdue University, 1976. n.p.
23. CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F. & GUERRA, M. Perdas por erosão sob chuva simulada na sucessão de culturas de soja e trigo em diferentes sistemas de manejo do solo. I. Solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1981. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 302-7.
24. CASTRO FILHO, C. de. Evaluation of the length of slope gradient factors from the U.S.L.E. on irregular slopes. Ohio, 1983. 121 p. Tese. Mestrado. The Ohio State University.
25. \_\_\_\_\_.; CATANEO, A. & BISCAIA, R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 6: 240-41, 1982.
26. CERON, A.O. & DINIZ, J.A.F. O uso de fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. Revista Brasileira de Geografia, 28(2): 161-78, 1966.
27. CHIARINI, J.V. & DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, (3): 1-20, 1973.
28. CHINNAMANI, S.; KALIAPERUMAL, R.; THILLAI, S. & SAKTHIVADIVEL, R. Quantification of watershed parameters using remote sensing techniques. A case study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RAINFALL RUNOFF MODELING, Mississippi, 1981. Pre-Symposium Proceedings, containing summaries and papers. Mississippi, Science and Education Administration. U.S. Department of Agriculture. Mississippi State University, 1981. p. 350-51.
29. CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. & SCOPEL, I. Caracterização do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7(3): 323-27, 1983.

30. CLARK, I. Practical geostatistics. England, Applied Sci. Publ., 1979. 129 p.
31. COELHO, A.G. de S. Variação decenal do uso agrícola das terras. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, (11); 1974. 32 p.
32. COGO, N.P. Erodibilidade de alguns solos do Rio Grande do Sul avaliada pelo método do nomograma. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA, 1978. p. 215-217.
33. CREPANI, E. Princípios básicos de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1983. 45 p. Apostila.
34. CUNNINGHAM, R.L.; PETERSEN, G.W. & SACKSTEDER, C.J. Microcomputer delivery of soil information. Journal of Soil Water Conservation, 39(4): 241-243, 1984.
35. DANIELS, R.B.; GILLIAM, J.W.; CASSEL, D.K. & NELSON, L.A. Soil erosion class and landscape position in the North Carolina Piedmont. Soil Science Society American Journal, 49: 991-95, 1985.
36. DeGLORIA, S.D.; WALL, S.L.; BENSON, A.S. & WHITING, M.L. Monitoring conservation tillage practices using LANDSAT multispectral data. Journal of Soil and Water Conservation, 41(3): 187-90, 1986.
37. DMITRIYEV, Ue. A. Determining the percentage of different areas on soil maps and certain other maps. Soviet Soil Science, 2(8): 964-972, 1965.
38. DONZELLI, P.L.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L.; COELHO, A.G.S.; VIERA, S.R.; LOMBARDI NETO, F.; VAL, L.A.; PRADO, H.; STEIN, D.P.; GIMENES, A.F.; PONÇANO, W.L.; NOVAIS SANTOS, M.T.; XIMENES, F.; SANTORO, E.; CARSTRON Fº, C.; PIRES, F.A.; VALÉRIO Fº, M.; PINTO, S.A.; BERTOLDO, M.A.; RIEDEL, P.S.; LAMPARELLI, R.A. Potencial natural e antrópico à erosão laminar. In: Orientação para combate à erosão no Estado de São Paulo (Bacia do Peixe-Paranapanema). Cooperação Técnica IPT-DAEE/IAC-INPE. Relatório IPT nº 24.739, São Paulo, 1987. 110 p. 6 cartas.
39. DUMANSKI, J.; COOTE, D.R.; LUCIUK, G. & LOK, C. Soil conservation in Canada. Journal of Soil and Water Conservation, 1986. p. 204-210.

40. ELBERSEN, G.W.W. Interpretation of ERTS-MSS images of a savanna area in eastern Colombia. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretacion, s.d. 15 p. (Aparado Nal. 762/2).
41. ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I. & GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8(1): 117-125, 1984.
42. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, IAPAR/SUDESUL, 1984. 2 v. (Boletim Técnico, 16 e Boletim de Pesquisa 27/57).
43. ESPÍNDOLA, C.R. & GARCIA, G.J. Relações entre grau de desenvolvimento de mantos de alteração e evolução de suas redes de drenagem. Notícia Geomorfológica, 19(37/38): 20-40, 1979.
44. FADEL, H. Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP). Piracicaba, 1972. 92 p. Tese. Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
45. FARIAS, G.S.; GUERRA, M.; SCOPEL, I. & CASSOL, E.A. Caracterização da infiltração de água em um Oxisol sob cultivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 160-72.
46. FENTON, T.E. Estimating soil erosion by remote sensing techniques. In: JOHANSEN, C.J. & SANDERS, ed. Remote sensing for resource management. Ankeny, Iowa, Soil Conservation Society American, 1982. p. 217-231.
47. FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. Journal of Soil and Water Conservation, 36(6): 355-59, 1981.
48. FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151 p. Tese. Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

49. FRANÇA DA SILVA, I.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P. & SCOPEL, I. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1981. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 322-42.
50. FRAZIER, B.E. & MCCOOL, D.K. Aerial photography to detect rill erosion. Transactions of the ASAE, 24(5): 1168-1176, 1981.
51. \_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & ENGLE, C.F. Soil erosion in the Palouse: an aerial perspective. Journal of Soil and Water Conservation, 38(2): 70-74, 1983.
52. FROST, R.E. Photointerpretation of soils. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. p. 343-402.
53. FUNDAÇÃO INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL. Uso do solo e cobertura vegetal do Estado do Paraná em 1980. Curitiba, 1984. n.p.
54. GIANLUPPI, D.; SCOPEL, I. & MIELNICZUK, J. Alguns prejuízos da erosão do solo no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., Manaus, 1979. Resumos. Manaus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p. 92.
55. GODOY, H.; CORREA, A.R. & SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Manual agropecuário para o Paraná. Londrina, 1976.
56. GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamento de suelos. Roma, Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion, 1968. 58 p. (Boletín de suelos, ITC).
57. GROSS BRAUN, E.H. Observações sobre a erosão dos solos em Brasília. Revista Brasileira de Geografia, janeiro, 1961. p. 217-34.
58. GUERRA, M.; CASSOL, E.A. & ELTZ, F.L.F. Perdas de solo e água por erosão sob diferentes manejos em Latossolo Roxo Distrófico (unidade de mapeamento Santo Ângelo). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA, 1978. p. 257-265.

59. HEIMLICH, R.E. & BILLS, N.L. An improved soil erosion classification for conservation policy. Journal of Soil and Water Conservation, 39(4): 261-266, 1984.
60. HENKLAIN, J.C. & FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 7(2): 191-195, 1983.
61. HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. B. Geol. Doc. Amer., 56: 275-370, 1945.
62. HUDSON, N. Soil conservation. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1971. 320 p.
63. INSTITUTO DE BIOLOGIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Estudo comparativo da fertilidade, grau de laterização e fixação do fósforo em solos da região cafeeira do Estado do Paraná. Curitiba, IBPT/IBC, 1964. 92 p.
64. KEECH, M.A. Remote sensing in planning the control of erosion. In: BOODT, M.de. & GABRIELS, D. Assessment of erosion. Chichester, J. Wiley, 1980. p. 419-425.
65. KELLY, K.L. & JUDD, D.B. ISCC-NBS centroid color system. In: ANSON, A. Manual of color aerial photography. Falls Church, American Society of Photogrammetry, 1968. p. 523-45.
66. KNISEL, W.G. CREAMS: a field-scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. Washington, U.S. Dept. Agr., 1980. 640 p. (Cons. Res. Rept. n. 26).
67. KRONEN, M. O desenvolvimento de erosão do solo desde 1952 e seu combate no Estado do Paraná/Brasil. Trier, Universität Trier. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1986. 143 p.
68. \_\_\_\_\_. & ROCHA, H.O. da. Levantamento dos danos causados pela erosão em relação ao uso da terra, tipo de solo e práticas conservacionistas, através de fotos aéreas, no município de Ponta Grossa-PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3., Maringá, 1985. Anais. Maringá, Associação Brasileira de Geologia e Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985. p. 163-71.

69. LAFLEN, J.M. & MOLDENHAUER, W.C. Soil conservation on agricultural land. Journal of Soil and Water Conservation, 26(6): 225-229, 1971.
70. LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 1975. 38 p. (Technical Bulletin, n. 1).
71. \_\_\_\_\_. Soil erosion from tropical arable lands and its control. Advances in Agronomy, 37: 183-248, 1981.
72. LATZ, K.; WEISMILLER, R.A.; VAN SCOYOC, G.E. & BAUMGARDNER, M.F. Characteristic variations in spectral reflectance of selected eroded alfisols. Science Society American Journal, 48: 1130-1134, 1984.
73. LEPSCH, I., coord. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.
74. LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, (27), 1975. 12 p.
75. \_\_\_\_\_.; SILVA, IWR. & CASTRO, O.M. Potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. f. 13-A.
76. \_\_\_\_\_. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva - sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 158.
77. LUEDER, D.R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959. 162 p.
78. MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 2.ed. Rio de Janeiro, José Olympio, 1981. 450 p.
79. MACHADO, J.A. & BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2(2): 81-84, 1978.

80. MANUAL AGROPECUÁRIO PARA O PARANÁ-1976. Londrina, Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1976. 387 p.
81. MARBLE, D.F. & PEUQUET, D.J. Geographic information systems and remote sensing. In: REEVES, R.G.; ANSON, A. & LANDEN, D. Manual of remote sensing. Falls Church, Virginia, American Society of Photogrammetry, 1975. v. 1.
82. MARKUS, R. Elementos de estatística aplicada. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1973. 329 p.
83. MARQUES, J.Q.A. Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra. Rio de Janeiro, Escritório Técnico de Agricultura Brasil-Estados Unidos, 1971.
84. \_\_\_\_\_.; BERTONI, J. & BARRETO, G.B. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. Bragantia, 20: 1143-1181, 1961.
85. MENESES, P.R. Avaliação e seleção de bandas do sensor "Thematic Mapper" do Landsat 5 para a discriminação de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí como subsídio ao mapeamento de semidetalhe. São Paulo, 1986. 233 p. Tese. Doutorado. Universidade de São Paulo.
86. MIDDLETON, H.E. Properties of soils which influence soil erosion. Washington, USDA, 1930. 16 p. (Technical Bulletin, 178).
87. MOLDENHAUER, W.C.; LARSON, W.E. & VAN DOREN JR., D.M. Role of research. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE, Des Moines, Iowa, 1973. Proceedings. Des Moines, 1973. p. 231-234.
88. \_\_\_\_\_. & ONSTAD, C.A. Achieving specified soil loss levels. Journal of Soil and Water Conservation, 30(4): 166-68, 1975.
89. MONDARDO, A.; CASTRO FILHO, C. & BISCAIA, R.C.M. Perdas por erosão na cultura do cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo, em Latossolo Roxo com 6% de declive, usando chuvas simuladas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1981. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 354-355.

90. MONDARDO, A.; FARIAS, G.S.de; HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; CASTRO FILHO, C.de; RUFINO, R.L.; KEMPER, B.; DERPSCH, R. Índices de erodibilidade de alguns solos do Estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA, 1978. p. 199-201.
91. MORAES, R.L. Contribuição à identificação de tipos de utilização da terra através de fotografias aéreas. Boletim Geográfico, 27(204): 75-76, 1968.
92. MORGAN, K.M.; LEE, G.B.; KIEFER, R.W.; DANIEL; T.C.; BUBENZER, G.D.; MURDOCK, J.T. Prediction of soil loss on cropland with remote sensing. Journal of Soil and Water Conservation, 33: 291-293, 1978.
93. \_\_\_\_\_.; MORRIS-JONES, D.R.; LEE, G.B. & KIEFER, R.W. Cropping management using color and color infrared aerial photographs. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 45(6): 769-774, 1979.
94. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Airphoto analysis of erosion control practices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 46(5): 637-640, 1980.
95. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; BUBENZER, G.D.; DANIEL, T.C. Aerial photography as an Aid to cropland erosion analysis. Transactions of the ASAE, 23(4): 907-13, 1980.
96. \_\_\_\_\_. & NALEPA, R. Application of aerial photographic and computer analysis to the USLE for areawide erosion studies. Journal of Soil and Water Conservation, 37(6): 347-50, 1982.
97. MORGAN, R.P.C. Soil erosion. London, Longman, 1979. 113 p.
98. MUSGRAVE, G.W. The quantitative evaluation of factors in water erosion - A first approximation. Journal of Soil and Water Conservation, 2(3): 133-138, 1947.
99. NEIBLING, W.H. & FOSTER, G.R. Estimating deposition and sediment yield from overland flow processes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON URBAN HYDROLOGY; HYDRAULICS AND SEDIMENT CONTROL, Kentucky, Lexington, 1977. Proceedings. Kentucky, University of Kentucky, 1977.



100. NOSSEIR, M.K. Monitoring erosion features affected by land use from remotely sensed data (1938-1976). Ohio, The Ohio State University, 1980. 165 p. Tese. Doutorado. The Ohio State University.
101. \_\_\_\_\_.; PALESTINO, C.V.B. & BATISTA, G.T. Mapeamento de vegetação natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (região leste do Brasil) através de imagens MSS do ERTS-1. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1975. 55 p.
102. NOVAES, R.A. & MARTINI, P.R. Perspectivas em sensoriamento remoto no Brasil: 1982-1986. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., Brasília, 1982. Anais. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1982. v. 1. p.
103. PACHECO, A. The use of LANDSAT imagery for assessing soil degradation in Marroco. ISSS. Soil Survey Remote Sensing, 1ª seminar, Rome, 1977. p. 109-123.
104. PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. Advances in Agronomy, 12: 311-363, 1960.
105. PELLETIER, R.E. Evaluating nonpoint pollution using remotely sensed data in soil erosion models. Journal of Soil and Water Conservation, 40(4): 332-335, 1985.
106. PICKUP, G. & NELSON, D.J. Use of LANDSAT radiance parameters to distinguish soil erosion, stability, and deposition in Arid Central Australia. Remote Sensing of Environment, 16: 195-209, 1984.
107. PIMENTEL, D.; TERHUNG, E.C.; DYSON-HUDSON, R.; ROCHEREAU, S.; SAMIS, R.; SMITH, E.A.; DENMAN, D.; REIFSCHNEIDER, D.; SHEPARD, M. Land degradation: effects on food and energy resources. Science, 197: 149-154, 1976.
108. PINTO, S. dos A.F. Erosão dos solos e técnicas de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1985. 12 p.
109. \_\_\_\_\_. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo. São José dos Campos, 1983. 103 p. Tese. Mestrado. Instituto de Pesquisas Espaciais. Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto.

110. QUEIROZ NETO J.P.de. Les problêmes de l'erosion accelerée dans l'Etat de São Paulo, Brésil. Geo-Eco-Trop., 2: 205-220, 1978.
111. RAO, D.P. Applied geomorphological mapping for erosion surveys: the example of the Okiva Basin, Canadá. ITC Journal, 3, 1975. p. 341-351.
112. RAY, R.G. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, 1963. 88 p.
113. ROCHA, H.O. da; SCOPEL, I.; SANTOS, M.E.L. & ITO, E. Utilização de fotografias aéreas no estudo dos solos e suas relações com o uso, manejo e classes de solos na região de Cornélio Procópio-PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., Maringá, 1985. Anais. Maringá, Associação Brasileira de Geologia e Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985.
114. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & VALÉRIO FILHO, M. Feições geomorfológicas relacionadas a solos em área a Nordeste de Cornélio Procópio (PR), através do emprego de técnicas de sensoriamento remoto. Revista do Setor de Ciências Agrárias, 10, 1988. (no prelo).
115. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Levantamento de focos de erosão em sulcos na região de Foz do Iguaçu (PR) através de fotografias aéreas e imagens orbitais. Revista do Setor de Ciências Agrárias, 8(1-2): 51-57, 1986.
116. ROOSE, E.J. Use of the universal soil loss equation in West Africa. In: SOIL EROSION: prediction and control. Ankeny, Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p. 60-74.
117. RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 10(3): 279-281, 1986.
118. \_\_\_\_\_.; HENKLAIN, J.C. & BISCAIA, R.C.M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 9(3): 277-280, 1985.
119. SALAMUNI, R. & HERTEL, R.J.C. História do Paraná. Curitiba, Grafipar, 1969. v.2.

120. SANTOS, M.E. de L. Avaliação dos sistemas de manejo, com base em levantamento do uso da terra, através de técnicas de sensoriamento remoto. Curitiba, 1986. 201 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Área de Concentração Ciência do Solo.
121. SAUSEN, T.M. Estudo da dinâmica do Alto Rio São Francisco e reservatório de Três Marias, através de imagens MSS/LANDSAT. São José dos Campos, 1981. Tese. Mestrado. Instituto de Pesquisas Espaciais. Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto.
122. SAYAGO, J.M. Small scale erosion hazard mapping using landsat information the northwest of Argentina. In: DAMEN, M.C.J.; SICCO SMIT, G. & VERSTAPPEN, T.TH. Remote sensing for resources development and environmental management. Enschede, ITC, 1986. p. 669-674. (Proceedings of the 7th International Symposium, Enschede, 1986).
123. SCHUMM, S.A. & HADLEY, R.F. Progress in the applications of land form analysis in studies of semi-arid erosion. In: BOWDEN, L.W. & PRVITT, E.L., eds. Manual of remote sensing. Falls Church, American Society of Photogrammetric, 1975. p. 1479-1551.
124. SEUBERT, C.E.; BAUMGARDNER, M.F.; WEISMILLER, R.A. & KIRSCHNER, F.R. Mapping and estimating areal extent of severely eroded soils of selected sites in Northern Indiana. In: 1979. MACHINE PROCESSING OF REMOTELY SENSED DATA SYMPOSIUM. p. 234-238.
125. SNEDECOR, G.W. Metodos estadisticos aplicados a la investigacion agricola y biologica. Mexico, Continental, 1970. 626 p.
126. SPOMER, R.G. & MAHURIN, R.L. Time-lapse remote sensing for rapid measurement of changing landforms. Journal of Soil and Water Conservation, 39(6): 397-401, 1984.
127. STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópica, na bacia do Peixe-Paranapanema. In: SIMPOSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSAO, 4., Marília, 1987. Anais. São Paulo, Dept. Tec. Águas e Energia Elétrica, 1987. p. 105-135.
128. STEPHENS, P.R.; DAIGLE, J.L. & CIHLAR, J. Use of sequential aerial photographs to detect and monitor soil management changes affecting cropland erosion. Journal of Soil and Water Conservation, 37(2): 101-5, 1982.

129. STEPHENS, P.R.; HICKS, D.L. & TRUSTRUM, N.A. Aerial photographic techniques for soil conservation research. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 47(1): 79-87, 1981.
130. STEWART, B.A.; WISCHMEIER, W.H. & WOOLHIER. Control of water pollution from cropland. ARS-H-5-1 and ARS-H-5-2, 1975. 2 v.
131. STOCKING, M. A working model of the estimation of soil loss suitable for underdeveloped areas. East Anglia, England. University of East Anglia. School of Development Studies, s.d. 57 p.
132. STOCKING, M.A. Relief analysis and soil erosion in Rhodesia using multi-variate techniques. Z. Geomorph. N.F., 16(4): 432-443, 1972.
133. STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transaction Amer. Geophy. Union, Washington, 38: 913-920, 1957.
134. THOMAS, A.W.; WELCH, R. & JORDAN, T.R. Quantifying concentrated - flow erosion on cropland with aerial photogrammetry. Journal of Soil and Water Conservation, 1986. p. 249-252.
135. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Sediment sources, yields and delivery ratios. National Engineering Handbook, Section 3, Sedimentation, 1971. n.p.
136. VALÉRIO FILHO, M. Aplicações do sistema LANDSAT na avaliação de recursos agronomicos e florestais. Sao José dos Campos, INPE/CNPq, 1977.
137. VINK, A.P.A. Fotografias aereas y las ciencias del suelo. s.l., UNESCO, 1963. 200 p.
138. VOLD, T.; SONDEHEIM, M.W. & NAGPAL, N.K. Computer assisted mapping of soil erosion potential. Canadian Journal of Soil Science, 65: 411-18, 1985.
139. WEHDE, M. Grid cell size in relation to errors in maps and inventories produced by computerized map processing. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 48(8): 1289-98, 1982.

140. WILLIAMS, A.R. & MORGAN, R.P.C. Geomorphological mapping applied to soil erosion evaluation. Journal of Soil and Water Conservation, 31(4): 164-168, 1976.
141. WILLIAMS, J.R. Sediment - yield prediction with the universal equation using a runoff energy factor. ARS-S-40: 244-252, 1975.
142. WISCHMEIER, W.H. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. Sediment yield Workshop Proceedings. Oxford, U.S. Dept. of Agriculture, 1975. s.p. (ARS-S-40).
143. \_\_\_\_\_. New developments in estimating water erosion. In: ANNUAL MEETING OF THE SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA, 29., Syracuse, New York, 1974. Proceedings. Syracuse, 1974. p. 179-186.
144. \_\_\_\_\_. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, 23: 247-49, 1959.
145. \_\_\_\_\_. Use and misuse of the universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 31(1): 5-9, 1976.
146. \_\_\_\_\_.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, 26(5): 189-193, 1971.
147. \_\_\_\_\_. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Agriculture handbook, n.537, 1978. 58 p.
148. \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. A universal soil - loss equation to guide conservation farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7., Madison, 1960. p. 418-425.
149. WUNSCHÉ, W.A.; DENARDIN, J.E.; MIELNICKUZ, J.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I.; SCHNEIDER, P. Projeto integrado de conservação do solo - um esforço conjunto do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 416-28.
150. ZINKE, P.J. Photointerpretation of soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. p. 539-60.