

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

USO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
NA ESTIMATIVA DA EROSÃO DO SOLO PARA A
ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE PINDORAMA (IAC/SP)

IVAN SOARES GUATURA

Baruer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Ivan Soares Guatura e aprovada pela Comissão Julgadora em 13 de setembro de 1996. Campinas, 16 de dezembro de 1996.

Presidente da Banca
S. Dmy. Rocha

CAMPINAS, SP
SETEMBRO DE 1996

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

USO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
NA ESTIMATIVA DA EROSÃO DO SOLO PARA A
ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE PINDORAMA (IAC/SP)

IVAN SOARES GUATURA
Engenheiro Agrônomo

Orientador:
Prof. Dr. SIDNEY ROSA VIEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola - Área de concentração: Água e Solo.

Campinas, SP

Setembro de 1996

C 047.28.46



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	TRONICAMP
	G932u
V.	EX.
TOMBO BC	32339
PROC.	281/9+
C	☐
D	☒
PREGO	R\$ 11,00
DATA	29/11/94
N.º CPD	

CM-00103393-B

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G932u Guatura, Ivan Soares
Uso de um sistema de informações geográficas na
estimativa da erosão do solo para a estação experimental
de Pindorama (IAC/SP) / Ivan Soares Guatura.--
Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Sidney Rosa Vieira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Sistemas de informações geográficas. 2. Erosão. 3.
Solos, erosão dos. 4. Sistema de posicionamento global.
5. Solos - Conservação. I. Vieira, Sidney Rosa. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Aos meus pais Adail e Leonilde, aos meus irmãos Daniel e Telma, aos avós Sebastião , Antonieta, Sebastião e Adegonda e aos grandes amigos Edgardo e Ricardo, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Sidney Rosa Vieira pela orientação, dedicação e amizade.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos no período de março de 1994 a agosto de 1996.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas, Dr. Jansle Vieira Rocha e Dr. Carlos Roberto Espíndola pelo grande auxílio e sugestões.

Aos pesquisadores do Instituto Agronômico de Campinas, Dr. Pedro Luís Donzeli e Márcio de Morisson Valeriano (Seção de Fotointerpretação) e a Dra. Isabella Clerici de Maria (Seção de Conservação do Solo) pelo grande auxílio e ajuda técnica.

Ao Sr. Antonio Lúcio Melo Martins, chefe da Estação Experimental de Pindorama, e a todos os funcionários da mesma, pela amizade, pelo auxílio e compreensão nos trabalhos de coleta de dados.

Aos amigos Marcelo de Araújo, Paulo Ricardo de B. Soares, Adriana Cavalieri, Rubens A. C. Lamparelli, Fernando Lucambio e João Bérnago pela ajuda técnica.

Aos todos os amigos - alunos, professores e funcionários - da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp pelos bons momentos, pela amizade, auxílio e companheirismo.

**Deus nos dá as nozes,
mas não as quebra.**

Provérbio Russo

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
 1. INTRODUÇÃO	 1
 2. OBJETIVOS.....	 4
 3. REVISÃO DE LITERATURA.....	 5
3.1. Erosão	5
3.2. Modelos de Predição de Perdas de Solo.....	7
3.3. Equação Universal de Perdas de Solo	7
3.4. Erodibilidade do Solo	11
3.5. Sistemas de Informação Geográfica.....	15
3.6. Avaliação do Uso da Terra	19
3.7. Avaliação de Áreas de Risco de Erosão.....	22

4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1. Caracterização da área.....	24
4.2. Material	27
4.3. Metodologia	28
4.3.1. Coleta de solos para análises laboratoriais	28
4.3.2. Análise Granulométrica.....	28
4.3.3. Análise dos teores de matéria orgânica e cátions trocáveis.	29
4.3.4. Análise dos teores de Fe, Al, Si e Ti provenientes do ataque sulfúrico.	30
4.3.5. Determinação do fator de erodibilidade do solo (fator K)	30
4.3.6. Geração de arquivos no Autocad.	31
4.3.7. Entrada de dados no SIG e cálculo de áreas	33
4.3.8. Geração de planos de informação dos fatores da EUPS	33
4.3.9. Determinação das expectativas de erosão.....	37
5. RESULTADOS.....	40
5.1. Planos de informação de cobertura vegetal e unidades de solo	40
5.2. Erosividade da chuva e cobertura vegetal - fatores R e C.....	43
5.3. Geração dos planos de informação do fator de erodibilidade do solo	45
5.4. Geração de planos de informação do fator LS	48
5.5. Fator prática conservacionista - fator P	52
5.6. Geração de imagens com estimativas de erosão	53
5.7. Comparação de dados observados e estimados.....	57

6. DISCUSSÃO	60
6.1. Levantamento da cobertura vegetal através do sistema de posicionamento global (GPS)	60
6.2. Utilização do sistema de informação geográfica (SIG)	61
6.3. Imagens de perdas de solos estimadas pelo SIG	62
6.4. Estimativa de perdas e dados observados	64
6.5. Equações de determinação do fator erodibilidade do solo	67
6.5.1. Equação K1	68
6.5.2. Equação K2	68
6.5.3. Equação K3	69
6.5.4. Equação K4	70
7. CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	74
APÊNDICE	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ANSWERS : “Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulator”.

CAD : “Computer-Aided Design” (Sistemas que auxiliam o desenvolvimento de projetos em computador , como por exemplo o “software Autocad”).

CREAMS : “Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems Model”.

dxf: extensão de arquivos de entrada ou saída do “software Autocad”.

EPIC : “Erosion/Productiity Impact Calculator”.

EUPS : Equação Universal de Perdas de Solo.

GPS : “Global Position System” (Sistema de Posicionamento Global).

MEUPS : Equação Universal de Perdas de Solo Modificada.

PI : Plano de informação em um sistema de informação geográfica.

REUPS : Equação Universal de Perdas de Solo Revisada.

SIG : Sistema de Informações Geográficas.

SPUR : “Simulator of Production and Utilization of Rangelands”.

SWRRB : “Simulator for Water Resources in Rural Basins”.

UTM : “Universal Tranverse Mercator” (Sistema de projeção cartográfica).

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Cobertura vegetal e uso do solo da Estação Experimental de Pindorama.....	41
FIGURA 2 - Unidades dos solos da Estação Experimental de Pindorama.	42
FIGURA 3 - Modelo digital de elevação da Estação Experimental de Pindorama.	50
FIGURA 4 - Estimativa de perdas de solo para os fatores K1 a K4 - distância horizontal de terraços como comprimento de rampa.	54
FIGURA 5 - Estimativa de perdas de solo para os fatores K1 a K4 - comprimentos de rampas gerados do modelo digital de elevação.....	55
FIGURA 6 - Valores observados de perdas de solo <i>versus</i> dados estimados pela USLE utilizando K1.	58
FIGURA 7 - Valores observados de perdas de solo <i>versus</i> dados estimados pela USLE utilizando K2.	58
FIGURA 8 - Valores observados de perdas de solo <i>versus</i> dados estimados pela USLE utilizando K3.....	59
FIGURA 9 - Valores observados de perdas de solo <i>versus</i> dados estimados pela USLE utilizando K4.	59

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Correspondência das unidades de solos identificadas pela antiga Comissão de Solos com as classificações utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes.	26
TABELA 2 - Classes da imagem de estimativa de perdas de solo e tolerâncias de perdas de solo.	38
TABELA 3 - Áreas calculadas no sistema de informação geográfica para as unidades de cobertura vegetal e solos.	40
TABELA 4 - Valores mensais e anuais do Índice de erosividade EI_{30} e fator erosividade de chuva (MJ.mm/ha.h.ano) de Pindorama - SP, durante o período de 1970 a 1985.....	44
TABELA 5 - Fator C - Valores anuais e valor médio para o período de 1973 a 1985.....	46
TABELA 6 - Resultado das análises granulométrica, teor de matéria orgânica, cátions trocáveis e ataque sulfúrico.....	47
TABELA 7 - Valores das variáveis necessárias ao cálculo dos fatores K1 a K4.	47
TABELA 8 - Valores estimados para K (erodibilidade do solo) segundo diferentes equações.	48

TABELA 9 - Comportamento das variáveis das equações de determinação do fator erodibilidade do solo e valores encontrados destas variáveis para os solos da região centro-sul do Brasil..	49
TABELA 10 - Índices u e k para cálculo de espaçamento de terraços.	51
TABELA 11 - Índice m para cálculo de espaçamento de terraços.	51
TABELA 12 - Valores de (u), (m) e [(u+m)/2] utilizados na reclassificação da imagem de cobertura vegetal, para cálculo do espaçamento entre terraços.	52
TABELA 13 - Valores de (K) utilizados na reclassificação da imagem de unidades de solos, para cálculo do espaçamento entre terraços	52
TABELA 14 - Índice Kappa da porcentagem de concordância entre classificação de “pixels” das imagens de estimativas de perdas.	56
TABELA 15 - Área (ha) das estimativas de perdas de solo por classes.	56
TABELA 16 - Distribuição decendial da erosividade - % do total anual (Apêndice)	82
TABELA 17 - Fator C calculado a partir da erosividade decendial média (tabela 14) e datas aproximadas de plantio (Apêndice)	83
TABELA 18 - Cálculo do fator C para a cultura de Soja/pousio (Apêndice).	87
TABELA 19 - Cálculo do fator C para a cultura de milho contínuo (Apêndice).	88
TABELA 20 - Cálculo do fator C para a cultura de café recepado e mata (Apêndice)	89
TABELA 21 - Valores utilizados para o cálculo das estimativas de perdas de solo (A1, A2, A3 e A4) e valores observados de perdas de solo na estação experimental de Pindorama (Apêndice).	90

RESUMO

USO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ESTIMATIVA DA EROSÃO DO SOLO PARA A ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE PINDORAMA (IAC/SP).

Estimativas de erosão do solo foram avaliadas em uma área de 535 ha pertencentes a Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agronômico, situada no município de Pindorama, SP. Foram utilizados dados de topografia provenientes de carta topográfica e dados de solo constantes do levantamento detalhado de solos da referida estação. A cobertura vegetal ou uso da terra, por sua vez, foi levantada através da utilização de um sistema de posicionamento global (GPS). As informações levantadas serviram para extrair dados necessários a utilização da equação universal de perdas do solo (USLE), com a qual se realizaram as estimativas de perdas de solo..

Foram utilizadas quatro equações que determinaram fatores de erodibilidade do solo da USLE (K1, K2, K3 e K4) para avaliar o comportamento dos mesmos na estimativas da erosão para o local em estudo. O trabalho foi realizado em um sistema de informação geográfica (SIG), que permitiu a geração de vários planos de informação contendo os fatores da equação universal de perdas do solo em duas

situações distintas: utilizando um modelo digital de elevação para obtenção do fator LS da USLE, e utilizando distâncias horizontais entre terraços. Estes planos de informação foram então integrados gerando imagens de estimativa de perdas de solo. Foi realizada também uma comparação entre os resultados de estimativa e os dados observados como forma de validação dos modelos utilizados, e uma comparação entre as imagens de estimativas pela utilização do índice Kappa.

Concluiu-se que o SIG e o GPS foram de grande utilidade na realização das avaliações. De maneira geral os dados estimados de perdas de solo superestimaram os dados observados requerendo cautela na sua interpretação. As estimativas apresentaram maiores valores pela utilização do fator K3, valores intermediários com K1 e K4 e os mais baixos valores com K2. As imagens de estimativas que apresentaram maior concordância utilizaram os fatores K1 e K4, havendo maior discordância para K3 e K2. O uso do modelo digital de elevação permitiu maior concordância entre as imagens de estimativas de perdas de solo que o uso de distancias horizontais entre terraços, porem este último levou a menores valores de estimativas que o primeiro.

Abstract

USE OF A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN SOIL EROSION ESTIMATION TO PINDORAMA EXPERIMENTAL STATION (IAC/SP)

Soil loss estimation were made for an area of 535 ha in the Pindorama Experimental Station of Instituto Agronômico, located at Pindorama, SP, Brazil. For these estimates topographic data obtained from topographic map and soils data obtained from soil survey at the detailed level were used. The ground cover or land use was obtained from a survey made with the help of a GPS equipment. The above informations were used to provide the input parameters for the USLE, which was used to estimate soil loss.

Four equations were used to estimate the soil erodibility factors K1, K2, K3 and K4, and the effect of each one on the soil loss estimates. The computer work was done in a Geographyc Information System, which allowed the generation of various layers with the USLE input parameters in two distinct situations, using a digital elevation model to obtain the LS factor of USLE and using horizontal distances between terraces for this purpose. Those layers were integrated into images of soil loss estimation. A comparisson between the estimated and measured data was done

to validate the models used and a comparison of agreement between soil loss images was also made using Kappa index.

It was concluded that the GIS and GPS provided great assistance to carry out the estimation. In general, the soil loss estimation overestimate the measured data and requires caution in its interpretation. The estimated data showed the highest values when K3 factor was used, intermediate values with K1 and K4 factors and the smallest values with K2 factor. The estimation images which showed the highest agreement were obtained when K1 and K4 factors were utilized and showed highest disagreement using K3 and K2 factors. The utilization of the digital elevation model allowed more agreement between images of soil loss estimation as compared to the horizontal distances between terraces. However, the later takes to the smallest estimation values than the former.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade da preservação do meio ambiente e dos recursos naturais tem sido preocupação de grande parte da comunidade científica e da sociedade civil, assim como tem sido incorporada à política governamental de vários países no mundo. Dentre os vários recursos naturais a serem preservados encontra-se o solo. A agricultura intensificada devido às pressões para atender à demanda de alimentos e de outros produtos por parte da sociedade, aliado à utilização incorreta do solo, sem preocupação com a adequada preservação de suas potencialidades, pode levar a perdas irreversíveis, devidas à erosão e ao transporte de sedimentos aos cursos d'água, além de promover a perda da fertilidade necessária à produção agrícola.

A erosão hídrica é uma das maneiras como se dá a perda de solos. Os prejuízos causados pela erosão existem a muito tempo e, o que mais preocupa, sofrendo incrementos à medida que o homem intensifica a agricultura e utiliza as terras fora da sua capacidade de uso agrícola. Felizmente existe hoje, um grande esforço no sentido de melhor determinar as áreas com maiores risco à

erosão, e também a magnitude das perdas de solo, para poder atuar na tentativa do seu controle. Entretanto, vários procedimentos são necessários para a identificação e delimitação de áreas de risco à erosão e, entre eles, a estimativa dos parâmetros envolvidos com as perdas de solo por erosão, e o uso de modelos de predição de perdas de solo para avaliar a capacidade de resistência que uma determinada área apresenta frente ao processo erosivo, são os mais comuns.

Os comportamentos de diversas áreas frente aos processos de erosão estão relacionados com a erodibilidade do solo, com a influência da topografia e dos fatores climáticos (em especial a distribuição e intensidade das precipitações) bem como o tipo e forma de cultivo que são desenvolvidos. A interação desses fatores irá determinar uma maior ou menor erosão.

Informações sobre o solo e sobre topografia podem ser obtidas, respectivamente a partir de levantamentos pedológicos, no nível e escala apropriados, e de cartas topográficas. Dados de chuva podem ser coletados através de pluviômetros instalados na área de estudo. A cobertura vegetal e o uso do solo podem ser avaliados através de produtos de sensoriamento orbital como imagens de satélite e fotografias aéreas e ainda por observações feitas em campo, hoje facilitadas com o advento de equipamentos para geo-referenciação como o “GPS” (“Global Position System”). Necessário se torna integrar essas informações utilizando o modelo escolhido para predizer perdas, objetivando a delimitação das áreas problemáticas. Esse processo de integração durante longo tempo foi realizado manualmente, de uma forma trabalhosa, de grande consumo de tempo e com custo elevado, incluindo-se aqui o material prático e humano envolvido. Isto envolve um

extenso trabalho de confecção e sobreposição de mapas, seguido da avaliação das áreas, e também de avaliações no campo para validação dos resultados obtidos.

Avanços na área da informática, e de aplicativos como os sistemas de informação geográfica (SIGs), permitiram um novo e próspero cenário para o desenvolvimento de trabalhos de conservação de recursos naturais, entre eles, os trabalhos de conservação dos solos e controle da erosão.

De uma forma automatizada, os SIGs permitem o trabalho de avaliação de áreas com risco de erosão. Dessa forma, possibilita, prever o comportamento de áreas com diferentes coberturas vegetais, situações climáticas e manejos das culturas e ou dos solos, frente ao problema da erosão.

2. OBJETIVOS

Tendo em vista a importância da estimativa dos parâmetros envolvidos com as perdas de solo por erosão, os objetivos deste trabalho foram:

a) Determinar estimativas de perdas de solos para a Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agronômico, utilizando a equação universal de perdas de solo - EUPS.

b) Estudar a aplicação de quatro diferentes equações para a determinação do fator erodibilidade do solo, e verificar seus efeitos nas estimativas de perdas de solo utilizando a EUPS, confrontando estas estimativas com valores observados de perdas de solo e aplicando um índice estatístico (índice Kappa) para comparação de imagens de estimativas de perdas de solo.

c) Avaliar a potencialidade do uso de um sistema de informações geográficas (SIG) e de um sistema de posicionamento global ("GPS"), na condução das determinações anteriores.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Erosão

As pesquisas para estimar os diferentes parâmetros que determinam a erosão são importantes para auxiliar a tomada de decisões na adoção de práticas que reduzam ao máximo as perdas de solo. São, desta forma, importantes no conhecimento das formas de manutenção dos recursos naturais.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), através de dados obtidos na Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, avaliou-se que o estado de São Paulo, perde anualmente, por efeito de erosão, cerca de 130.000.000 de toneladas de terra. Estas perdas representam aproximadamente 25% da perda sofrida pelo Brasil inteiro, prejuízo este devido a grande intensidade da agricultura paulista. Ainda segundo os autores, o volume de tais perdas corresponde ao desgaste de uma camada de 15 cm de espessura, em uma área de 60.000 ha, ou seja 300 fazendas de 200 ha que anualmente se tornariam improdutivas e praticamente sem valor para fins agrícolas.

O processo erosivo vai além de promover a queda de capacidade de uso do solo, ou seja, de diminuir o potencial de cultivo das terras. Problemas como o transporte de nutrientes, de matéria orgânica e de defensivos agrícolas até os cursos d'água, vêm se tornando muito sérios e culminam com a poluição e/ou eutrofização destes cursos. O processo do assoreamento envolve o transporte de partículas de solo e sua posterior deposição, implicando em problemas relativos ao fornecimento de água às populações.

No contexto da preocupação conservacionista do solo, diversos trabalhos foram realizados quantificando diferentes fatores que determinam a erosão, como a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, fator topográfico, cobertura vegetal e manejo do solo. BISCAIA *et al.* (1981), calcularam a erodibilidade de dois solos do estado do Paraná, MARGOLIS *et al.* (1985) determinaram os fatores da equação de perdas de solo para um solo litólico de Caruaru (PE), LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) calcularam o índice de erosão médio anual e a variação mensal e estacional deste mesmo índice de um período de 22 anos para a cidade de Campinas (SP). O conhecimento destes fatores é um passo fundamental para se estimar as perdas de solo, possibilitando a adoção de práticas para a sua redução

No intuito de otimizar o uso das terras pode-se classificá-las em classes de capacidade de uso. O sistema de capacidade de uso, foi proposto por Klingebiel & Montgomery em 1961. No sistema de capacidade de uso, diversas características e propriedades são sintetizadas, visando à obtenção de classes homogêneas de terras, em termos do propósito de definir sua máxima capacidade de

uso sem risco de degradação do solo, especialmente no que diz respeito à erosão acelerada (LEPSCH *et al.*, 1991).

3.2. Modelos de Predição de Perdas de Solo

Existem vários modelos de predição de perdas do solo ou produção de sedimentos, tais como: EUPS, MEUPS, REUPS, CREAMS, SPUR, EPIC, SWRRB E ANSWERS.

BINGNER (1990) realizou um trabalho de comparação entre diversos modelos e concluiu que não existe um método padrão para a avaliação das perdas de solo. Cada qual tem uma forma particular de suposições e utiliza determinados tipos de informação. Logo, para se estabelecer uma comparação entre os vários modelos há que se conhecer de que forma os dados fornecidos vão influenciar na análise e quais são as suposições realizadas.

3.3. Equação Universal de Perdas de Solo

Uma ferramenta em grande uso nas determinações das perdas de solo, e em estudos relacionados a estas perdas, é a Equação Universal de Perdas de Solo, USLE ou EUPS. Esta equação pode, segundo WISCHMEIER & SMITH

(1978), ser empregada com segurança nas mais diferentes condições fisiográficas. Entretanto MARGOLIS *et al.* (1985), ressaltaram que esta equação foi elaborada nas condições em que foram obtidos os valores dos seus componentes. Logo, áreas fisiográficas diferentes vão exigir obtenção de valores que representem as novas condições. A equação é expressa da seguinte forma:

$$A = R K L S C P \dots\dots\dots(1)$$

onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano).

R = fator erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h).

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m [t.h/MJ.mm)].

L = fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de rampa qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive.

S = fator grau do declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa.

C = fator uso e manejo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é , nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

P = fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

Muitos trabalhos foram realizados buscando a determinação dos parâmetros envolvidos na EUPS para cada área específica.

MARGOLIS *et al.* (1985) determinaram os fatores da EUPS para um solo litólico da região de Caruaru (PE). Este trabalho foi de grande importância, não só pelo fato de ter determinado todos os fatores para a região em questão, mas também pela aplicação prática, salientando as características do solo que merecem especial atenção no sentido de sua conservação.

BISCAIA *et al.* (1981) determinaram a erodibilidade do solo para um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e para um Latossolo Roxo distrófico, do Estado do Paraná, obtendo os valores de 0,238 e 0,268 respectivamente. A importância da determinação deste índice regionalmente reside no fato de que os diversos solos encontrados nas diversas localidades, terão comportamentos diferentes com relação aos processos erosivos, já que cada unidade de solo tem suas características próprias de mineralogia, morfologia, estrutura, etc. Estas características influenciam a velocidade de infiltração da água no solo e também o seu estado de agregação, de forma que vão condicioná-lo a uma maior ou menor resistência a força erosiva das precipitações e do escoamento superficial.

CARVALHO (1992) realizou um estudo de correlação do fator erosividade e das características das chuvas com as perdas de solo. Utilizando dados de chuvas para o período de 1979 a 1985, pôde determinar os fatores de erodibilidade do solo para as localidades de Campinas, Mococa e Pindorama, obtendo respectivamente os valores de 0,0101; 0,0221 e 0,0044.

A chuva tem também diferentes formas de ocorrência e comportamento de acordo com a época do ano e com a região. Este comportamento deve ser analisado para se saber o seu comportamento sobre a erosão do solo.

A correlação entre o índice de erosividade EI_{30} médio anual e o coeficiente de chuva para a região de Campinas (SP) foi avaliada por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) e, segundo os autores, a alta correlação encontrada simplificou o método para se calcular o índice de erosividade de um local.

CARVALHO *et al.* (1989), analisando dados de 425 chuvas ocorridas em Mococa, buscaram definir o melhor índice estimador da erosividade da chuva local. Os autores obtiveram ainda, em função do método recomendado para a análise da erosividade, uma primeira aproximação do fator erodibilidade K, para o solo estudado da parcela a campo.

Trabalhando com dados de 16 anos de observações da Estação Experimental de Pindorama, SOSA (1987) estudou a distribuição da erosividade da chuva neste local e sua correlação com as perdas de solo. O autor determinou o índice de erosividade médio anual ou fator R para a localidade de Pindorama, como sendo 6143 MJ.mm/ha.h.ano. Desta forma pode-se utilizar um valor de R, para a localidade avaliada, com maior precisão devido a estimativa ter sido baseada em dados reais do local, por longo período de observação.

As diversas culturas e seus manejos, considerando também as práticas conservacionistas, influenciam o comportamento dos processos da erosão. As diferentes coberturas do solo, em cada fase dos cultivos, permitem uma maior ou menor ação das precipitações, como agente causador da erosão, sendo que as práticas conservacionistas devem procurar reduzir sua força. Nesse sentido, a EUPS incorpora avaliações de cultura (fator C), manejo e práticas conservacionistas (fator P).

DE MARIA (1995) avaliou o efeito de vários manejos da cultura do milho em três solos do Estado de São Paulo. Relacionando-os com as perdas por erosão hídrica, determinou as diferentes razões de perdas de solo nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e o fator C, para utilização na EUPS.

ROCHA *et al.* (1995) propuseram uma metodologia para calcular o fator LS utilizando informações de topografia processadas em um sistema de informação geográfica. As informações de curvas de nível foram utilizadas para gerar imagens com informações de declividade em graus, em porcentagem, direção, altura e comprimento de rampas. O fator LS foi então obtido pela multiplicação da imagem dos comprimento de rampas pela imagem das declividades em graus.

3.4. Erodibilidade do Solo

A erodibilidade do solo é um dos fatores da EUPS e representa a vulnerabilidade do solo aos processos erosivos. Para as mesmas condições de precipitação, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo, os diferentes solos apresentam diferentes índices de erodibilidade.

A determinação de um índice que represente a erodibilidade de um solo pode ser feita de maneira direta, com parcelas de campo sob condições de chuva natural ou utilizando simuladores de chuva. Este procedimento implica em observações de vários anos, o que permite a obtenção de um índice bastante

preciso. Entretanto, estas determinações são de custo elevado e bastante demoradas o que limita sua realização para uma grande diversidade de locais.

De outra maneira, o índice de erodibilidade do solo pode ser determinado de forma indireta, utilizando parâmetros físicos, químicos e mineralógicos, expresso por meio de modelos.

DENARDIN (1990), trabalhou com 31 solos do Brasil (que já possuíam valores de erodibilidade determinados por método direto) e com dados de 46 solos dos EUA existentes na literatura. Utilizando regressão linear múltipla ajustou modelos para estimar o fator erodibilidade para os solos do Brasil e para o conjunto de solos do Brasil e EUA, através de parâmetros físicos e químicos. Estes modelos são descritos a seguir;

- para o solos do Brasil:

$$K = 0,00608397(P27) + 0,00834286(P39) - 0,00116162(P52) - 0,00037756(P19).....(2)$$

onde:

K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

P27 é a permeabilidade do perfil de solo codificada conforme WISCHMEIER *et al.*(1971);

P39 é o teor de matéria orgânica (teor de carbono orgânico total multiplicado por 1,72), expresso em porcentagem;

P52 é o teor de óxido de alumínio extraível por ácido sulfúrico, expresso em porcentagem;

P19 é o teor de partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm, determinado por peneiramento, expresso em porcentagem.

- para o conjunto de solos do Brasil e EUA:

$$K = 0,00000748(X25) + 0,00448059(X29) - 0,06311750(X27) + 0,01039567(X32).....(3)$$

onde,

K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

X25 é a variável "M", produto das porcentagens de silte (0,05 - 0,002 mm) mais areia muito fina (0,1 - 0,05 mm) e a soma da porcentagem de areia maior do que 0,1 mm e as porcentagens de silte mais areia muito fina;

X29 é a permeabilidade do perfil de solo codificada conforme WISCHMEIER *et al.*(1971);

X27 é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2 mm, expresso em mm;

X32 é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor de areia de 2,0 a 0,1 mm, em porcentagem.

CAVALIERI (1994), da mesma forma, propôs um modelo ajustado para os solos da região centro sul do Brasil que possuem a erodibilidade determinada por método direto. Este modelo foi dado pela seguinte equação:

$$K = -0,004029 + 0,002828(P38) + 0,000296(P7) + 0,002336(P57) + 0,000430(P11) \dots\dots\dots(4)$$

onde;

K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

P38 é a saturação de cátions dispersantes, expressa em porcentagem;

P7 é o teor de areia grossa (partículas de diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm), expresso em porcentagem;

P57 é o Kf, relação molecular entre óxido de alumínio e óxido de ferro;

P11 é a variável "novo silte" (partículas de diâmetro entre 0,1 e 0,002 mm), expressa em porcentagem.

ROLOFF & DENARDIN (1994) retrabalharam os dados de DENARDIN (1990) para gerar uma equação simplificada eliminando a variável permeabilidade do perfil, por julgar frágeis os critérios para determinação desta, que depende da experiência do observador, tornando a probabilidade de erro muito grande. Desta forma foram propostas as seguintes equações:

- para as classes Latossolos e Areia Quartzosa:

$$Kp = 0,0437\sqrt{Mn + 0,0350 - 0,0111Aa} \dots\dots\dots(5)$$

- para as classes Podzólicos e Terra Roxa Estruturada:

$$Kp = 0,0917\sqrt{Mn - 0,0526Fs + 0,0176Af} \dots\dots\dots(6)$$

onde,

K_p é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em $t.ha.h/ha.MJ.mm$;

M_n é o parâmetro textural de WISCHMEIER (1971) modificado, calculado pela multiplicação da fração silte pela soma das frações silte e areia fina, expresso em g/g;

F_s é o teor de óxido de ferro extraído por ácido sulfúrico expresso em g/g;

A_a é o quociente entre o teor de óxido de alumínio extraído por ácido sulfúrico (%) e a fração argila, sendo expresso em g/g;

A_f é o teor de areia fina expressa em g/g;

3.5. Sistemas de Informação Geográfica

Definir um Sistema de Informação Geográfica constitui-se numa tarefa árdua e complexa. Pelo presente, aqui ele será tratado como um "software" contendo ferramentas para armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real.

Estes "softwares" têm sido desenvolvidos por diversas empresas e instituições de pesquisa no mundo todo, tendo como exemplos: IDRISI, ARC/INFO, REGIS, SPANS, ILWIS, o SGI-INPE (desenvolvido no Instituto de Pesquisas Espaciais em São José dos Campos), o SIG-RIO CLARO (desenvolvido por professores da UNESP de Rio Claro), e também o GRASS, este de domínio público.

O trabalho em um SIG é realizado através de "layers" ou planos de informação (PIs), onde cada PI possui as informações referentes a um fator estudado. Exemplificando este processo através da utilização da EUPS, tem-se que os fatores desta equação (R, K, LS, C e P) podem estar individualmente em um PI. Após a integração destes PIs dentro do sistema computacional, novos PIs são gerados, através dos quais podem ser feitas avaliações de estimativas de perdas de solo, bem como outros estudos associados, inclusive estimativas do comportamento da área em estudo para situações diversas, de cobertura vegetal e manejo de solos, ou ainda, de modificações nas características do seu solo, topografia e regime climático.

Os planos de informação podem ser manipulados de forma a aplicar-lhes operações matemáticas, ou deles extrair dados para serem utilizados em outras avaliações, assim como criar e atualizar bases de dados com maior rapidez e ainda avaliar diferentes metodologias. Comparações para a avaliação da concordância entre imagens geradas por diferentes metodologias por exemplo, podem ser realizadas verificando-se a quantidade de "pixels" que receberam a mesma classificação em duas imagens distintas geradas pelo uso das diferentes metodologias. Este procedimento pode ser realizado através da utilização de uma matriz de confusão, ou matriz de erros. CONGALTON (1991), citado por ROCHA (1995), descreve a mesma como sendo uma matriz quadrada de números que expressam o número de amostras unitárias (podem ser "pixels", "clusters" de "pixels", ou polígonos) aos quais foram dados um categoria particular relativa a atual categoria verificada no campo.

O índice Kappa é um coeficiente que pode ser utilizado nestas comparações, tendo como característica, a análise dos valores que estão fora da diagonal principal da matriz de erros, gerando desta forma uma análise mais precisa. Estas ferramentas podem ser encontradas em “softwares” como o Idrisi 4.1.

Os SIGs podem ser utilizados como ferramenta para a elaboração de projetos de planejamento conservacionista, com enfoque em controle de erosão e delimitação de áreas de grande potencial de perdas de solo, pois permitem a integração de dados oriundos de diversas fontes, como topografia, solos e fatores climáticos, necessários à condução desses projetos.

Um SIG em desenvolvimento, e também um modelo para integração de dados, foram apresentados por HESSION & SHANHOLTZ (1988), denotando o seu uso para a determinação de fontes não pontuais de poluição agrícola, quando foram avaliadas áreas com potencial de erosão em Virginia's Chesapeake Bay (EUA). Segundo os autores, o trabalho realizado ilustra claramente a utilidade de uma base de dados em SIG na identificação de fontes de poluição de terras agrícolas no local avaliado.

Interação positiva e de grande importância ocorre quando do uso de SIGs conjuntamente com equações de perdas de solo nos planejamentos conservacionistas. Segundo PELLETIER (1985), dados de sensoriamento remoto, dados digitalizados de solos e outros dados relacionados, usados como “input” direto ou indireto para a EUPS, em um SIG, têm grande potencial na avaliação de problemas de fontes não pontuais de poluição da água e usos relacionados com a conservação de recursos naturais.

VENTURA *et al.* (1988) realizaram um trabalho automatizado, conjuntamente com comitês municipais de conservação do solo, onde foram avaliadas as melhores opções de manejo e de culturas para uma região em Wisconsin (EUA). Criaram ainda uma base, para recomendação do controle de erosão, a ser aplicada pelos agricultores, com ajuda dos técnicos da extensão, visando-se a adequação do uso da terra à legislação local. O planejamento descrito pelos autores envolve o uso de sistema de informações geográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite. Associado a equação universal de perdas do solo permite, entre outras avaliações, estimar as perdas de solo, para identificar as áreas que necessitam de maior atenção, para o controle das referidas perdas. Ressaltam também contrastes com métodos manuais, onde noções preconceituosas podem influenciar o processamento de dados na tomada de decisões com as informações, onde, o expressivo volume de dados pode limitar a compreensão, pela complexidade das análises, bem como certas áreas podem acabar sendo selecionadas subjetivamente, em função da experiência pessoal ou mesmo de interesses especiais.

A aplicabilidade do uso conjunto EUPS e SIG tem a possibilidade de crescer à medida que houver uma conjugação de forças entre as instituições de pesquisas e os órgãos de extensão ligados ao produtor agrícola. No entanto, o trabalho automatizado deve ainda ser considerado como uma boa ferramenta para indicar padrões e não como uma verdade absoluta.

Fazendo uma comparação entre métodos manuais e métodos automatizados, WALSH (1985) citou como vantagens dos sistemas automatizados: 1)

a facilidade de recuperar dados; 2) a variedade de produtos de saídas para ajuste a quase qualquer necessidade; 3) a habilidade em descobrir e exibir informações obtidas testando interações entre fenômenos de recursos naturais, e ainda, 4) organizar e estimar coeficientes de variação para modelos de predição.

ASSAD & SANO (1993) relataram ter comprovado o grande potencial dos sistemas de informação geográfica na integração de dados geocodificados e obtenção de um produto final de alta qualidade, com economia de tempo, por comparação com métodos tradicionais de análises.

A habilidade de transformar informações análogas em dados digitais e, então, editar, armazenar e exibir tais dados como mapas ou imagens coloridas tem uma variedade de aplicações na administração de recursos e planejamento regional (WALSH, 1985).

O verdadeiro impacto do SIG e do processamento de imagens está no seu início. Os Sistemas de Informação Geográfica, devem ser num futuro próximo uma ferramenta das mais utilizadas nas diversas áreas de planejamento e administração de recursos (GERNAZIAM & SPERRY, 1989).

3.6. Avaliação do Uso da Terra

A maneira como as terras são utilizadas tem enorme influência nos processos erosivos que poderão ocorrer. Desta forma, faz-se necessário uma

análise do uso da terra, inclusive para que o resultado desta análise sirva de subsídio aos modelos de predição de perdas de solo utilizados.

Promovendo uma soma de esforços nos estudos que visam um planejamento conservacionista, têm sido introduzidas técnicas diversas na avaliação do uso atual das terras. Entre estas técnicas é crescente o uso de imagens de satélite e também de equipamentos como o “GPS” (“Global Position System”).

PINTO *et al.* (1989), realizaram um mapeamento do uso da terra, onde a utilização associada de dados multiespectrais e temporais do satélite LANDSAT, sensor TM, permitiu caracterizar melhor as categorias temáticas selecionadas.

Deve-se ainda, somar aqui a possibilidade de mais facilmente atualizar dados através destas imagens, já que o uso do solo é um fator dinâmico, em constante modificação e que necessita de um acompanhamento periódico.

Utilizando fotografias aéreas, imagens de satélite e a EUPS, foi diagnosticado o risco de erosão laminar e em sulcos, bem como, a erosão já existente, em um trabalho de SCOPEL (1988). O autor coloca ainda que foi possível acompanhar a dinâmica de uso do solo e, conseqüentemente, o risco de erosão antrópica.

O “GPS”, é um sistema que permite ao seu usuário se localizar geodésicamente. Desenvolvido inicialmente para atender as necessidades das Forças Armadas Norte-Americanas, hoje seu emprego tem se estendido ao uso civil em diversas atividades. Através do “GPS” podem-se realizar levantamentos para gerar mapas em formato digital com pequenos erros de posicionamento. Segundo

DIGGELEN (1994) é possível obter aumento da precisão do posicionamento geodésico quando são utilizados dois aparelhos “GPS”. O primeiro, chamado estação base, “master” ou “reference receiver”, é instalado em uma posição conhecida. O segundo aparelho é conduzido pela área de interesse do levantamento para tomada das coordenadas, enquanto a estação base calcula as correções para erros que ocorrem na recepção do sinal enviado pelo satélite. O procedimento é conhecido como correção diferencial e permite que se obtenham erros menores do que um metro.

VETTORAZZI *et al.* (1994), relataram que o “GPS” pode ser utilizado na área agronômica, para o levantamento cadastral, monitoramento de estradas e carreadores, geo-referenciamento de imagens fotográficas e videográficas, geo-referenciamento de pontos amostrais em levantamentos os mais diversos, além dos mapeamentos de solos, cursos d’água, etc.

O setor florestal da empresa Klabin realizou trabalho de levantamento de áreas florestadas, obtendo resultados tão bons quanto os realizados por levantamento topográfico convencional, a um custo menor, como é relatado por BARDDAL *et al.* (1994).

Uma ferramenta de grande auxílio a projetos em ambiente computacional são os “softwares” de CAD (“Computer-Aided Design”). Estes “softwares” permitem, entre outras coisas, a confecção de mapas em ambiente computacional facilitando a geração dos mesmos. A importância da combinação das tecnologias CAD, SIG e “GPS” é questão levantada por MEREGE FILHO (1993), segundo o qual os sistemas CAD continuam se destacando nas tarefas de captação

fotogramétrica e manutenção de mapas. Neste contexto, a possibilidade de se obter uma base cartográfica amarrada ao sistema UTM, e também de obter informações em formato digital, fazem com que o uso de "GPS" tenha grande utilidade em aplicações de geo-processamento, como para o levantamento de uso atual de terras.

3.7. Avaliação de Áreas de Risco de Erosão

A avaliação das áreas com risco de erosão é um passo inicial para a tentativa de adequação destas à uma utilização racional, visando a manutenção dos recursos ambientais.

Utilizando o SGI/INPE e imagens de satélite, DE LIMA *et al.* (1992) integraram dados sobre erodibilidade, erosividade, litologia, declividade e cobertura vegetal, para gerar mapas de suscetibilidade e de risco de erosão do solo em uma região no oeste do Estado da Paraíba. Da mesma forma, utilizando o SGI/INPE e imagens de satélite, FORMAGGIO *et al.* (1992) determinaram a aptidão agrícola de uma área na região de Leme -SP, para então fazer uma análise comparativa com o uso atual visando determinar a taxa de adequação de uso das terras.

Avaliando a microbacia do ribeirão Cachoeirinha em Itacemápolis -SP, BACELLAR (1994) comparou as equações EUPS e MEUPS a fim de verificar e mapear a perda de solo por erosão e a quantidade de sedimentos carregadas para os cursos d'água. Este estudo visou ainda propor alternativas de uso

e de manejo do solo na área em questão a fim de preservar seus recursos e melhorar a quantidade e qualidade da água fornecida ao município, pelo referido ribeirão.

Em um trabalho abrangendo o uso da equação de perdas de solo, imagens de satélite, e um sistema de informações geográficas (SIG - INPE), DONZELLI *et al.* (1992) determinaram a expectativa de erosão para a microbacia do córrego São Joaquim, no município de Pirassununga, Estado de São Paulo..

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área

A condução dos trabalhos se deu na Estação Experimental do Instituto Agronômico, no município de Pindorama, Estado de São Paulo. Esta área possui, conforme LEPSCH & VALADARES (1976), 532,8 ha e situa-se na região sul do município, tendo como coordenadas aproximadamente 48°55'W e 21°13'S. As altitudes variam de 498 a 594 m, possuindo relevo ondulado nas partes mais elevadas, passando a suave ondulado nas altitudes menores, com declives de 2 à 10% nos topos das elevações e nas várzeas e também áreas entre 10-20% próximas a certos cursos d'água. Os mesmos autores descrevem ainda as seguintes características para esta área:

- *Geologia*: a estação situa-se na região mapeada como Grupo Bauru, de idade cretácea, com predominância de arenitos, que podem ou não conter cimento calcário.

- *Vegetação*: de acordo com os vestígios existentes na estação e em áreas vizinhas, deduz-se que a vegetação original foi a floresta latifoliada tropical.
- *Clima*: enquadra-se no tipo Aw da classificação de Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1258 mm, a temperatura média dos três meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) é 23,8° C e a média dos três meses de inverno (junho, julho e agosto) é de 19,3 °C. O balanço hídrico indica serem os meses mais secos os de julho, agosto e setembro, havendo considerável excedente hídrico, principalmente nos meses de janeiro e março.
- *Solos*: são encontrados basicamente solos podzólicos e um complexo indiscriminado de solos hidromórficos, os quais foram classificados e correlacionados com as unidades do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, EMBRAPA (1960), assim discriminados:
 - 1.- unidade Pindorama - solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília.
 - 2.- unidade Serrinha - solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília.
 - 3.- unidade Concreção - não se enquadram em nenhuma das unidades descritas pela Comissão de Solos, aproxima-se mais dos Solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília.
 - 4.- unidade Táboa - solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Lins.
 - 5.- unidade Estiva - Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.
 - 6.- unidade Jacaíma - não se enquadram em nenhuma das unidades descritas pela Comissão de Solos, podendo ser considerados mais como uma transição

entre as unidades Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa e Solos Podzolizados de Lins e Marília, variação Lins.

7.- complexo indiscriminado de solos hidromórficos - as condições de mais difícil acesso impediram um exame mais detalhado destes solos.

No entanto, as classes taxonômicas utilizadas no Brasil sofreram mudanças, fazendo-se necessário uma correlação das unidades acima descritas, com a classificação atual que pode ser observada na tabela 1:

Tabela 1. Correspondência das unidades de solos identificadas pela antiga Comissão de Solos com as classificações utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes.

Classificação de solos segundo a Comissão de Solos	Correspondência predominante na classificação atual
Podzolizado de Lins e Marília variação Marília	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico textura arenosa/média abrupto, fase relevo ondulado (ou forte ondulado)
Podzolizado de Lins e Marília variação Lins	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico (alguns Distróficos) textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado (ou ondulado)
Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb (ou Ta) Álico (alguns Distróficos), (abruptos ou não), A moderado textura arenosa/média, fase relevo ondulado
Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (ou Álico) A moderado textura média, fase relevo suave ondulado

Modificado de LEPSCH & OLIVEIRA (1987).

4.2. Material

Documentação Cartográfica: foram utilizadas as cartas topográfica, de levantamento de solos e de cobertura vegetal da Estação Experimental, realizadas pela seção de fotointerpretação do Instituto Agrônomo de Campinas, na escala de 1:5.000.

Dados de erosividade da chuva: utilizaram-se dados de erosividade da chuva levantados por SOSA (1987), com base em dados coletados na Estação Experimental de Pindorama.

Dados de solos: utilizaram-se os resultados das análises de granulometria, cátions trocáveis, teor de matéria orgânica e ataque sulfúrico.

“GPS”: foi utilizado um “GPS Trimble”, modelo “Pathfinder Basic Plus”, com estação base “CBS Trimble”, para realizar um levantamento do uso atual das terras.

Material computacional: foram utilizados para coleta e processamento dos dados georreferenciados de cobertura vegetal, os “softwares” “CBS” e “Pfínder” respectivamente, compondo estes parte do equipamento “GPS”. Para o trabalho de vetorização e tratamento de dados provenientes do “Pfínder” foram utilizados respectivamente os “softwares” “Tracer for AutoCad” e “AutoCad 12”. Como sistema de informações geográficas foi utilizado o “software” “Idrisi 4.1”, para permitir a integração de todos os dados envolvidos no trabalho.

4.3. Metodologia

4.3.1. Coleta de solos para análises laboratoriais.

A amostras de solos para análises laboratoriais foram retiradas com enxadão das várias unidades de solos da Estação Experimental de Pindorama, em locais próximos aos pontos de amostragem utilizados no levantamento realizado por LEPSCH & VALADARES (1976). Para cada unidade de solo foram coletadas cinco amostras, na profundidade de 0 a 30 cm. Estas cinco amostras foram homogeneizadas e então retirou-se uma subamostra de 500 gramas que então passou a compor a amostra a ser utilizada para as análises de laboratório para determinação de granulometria e determinação dos teores de: matéria orgânica, cátions trocáveis, Fe, Al, Si e Ti.

4.3.2. Análise Granulométrica.

As análises granulométricas seguiram o método da pipeta, EMBRAPA (1979). As amostras de solos foram peneiradas em malha de 2 mm e então dispersadas com solução 1,0 N de hidróxido de sódio, acompanhada por agitação lenta rotacional por um período de 16 horas.

As frações granulométricas compreendidas entre 2,0 e 0,05 mm de diâmetro foram separadas por peneiramento a seco e classificadas em cinco

subfrações: areia muito grossa (2,0-1,0 mm), areia grossa (1,0-0,5 mm), areia média (0,5-0,25 mm), areia fina (0,25-0,1 mm), e areia muito fina (0,1-0,05 mm). A fração argila ($<0,002$ mm) foi estimada por sedimentação, a partir de pipetagem de uma alíquota da suspensão, e o silte (0,05-0,002 mm) foi determinado por diferença.

Foram calculados ainda duas outras frações com base nos resultados da análise de granulometria; a fração “novo silte”, com diâmetros entre 0,1 e 0,002 mm WISCHMEIER *et al.* (1971), calculada pela adição da areia muito fina ao silte; fração “nova areia”, com diâmetros entre 2,0 e 0,1 mm, WISCHMEIER *et al.* (1971) e por fim o parâmetro “M”, definido por esses mesmos autores como sendo a multiplicação da percentagem do “novo silte” pela soma das percentagens do “novo silte” e da “nova areia”. Estas duas frações foram calculadas para a obtenção do parâmetro X25 da equação (3) e P11 da equação (4), respectivamente.

4.3.3. Análise dos teores de matéria orgânica e cátions trocáveis.

Na determinação dos teores de matéria orgânica e dos cátions trocáveis (cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio), foi utilizada a metodologia descrita por RAIJ *et al.* (1987).

4.3.4. Análise dos teores de Fe, Al, Si e Ti provenientes do ataque sulfúrico.

A determinação dos teores dos óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio foram feitas através do ataque sulfúrico, seguindo metodologia proposta pela, EMBRAPA (1979).

4.3.5. Determinação do fator erodibilidade do solo (fator K)

Foram determinados, para cada unidade de solo, quatro valores para o fator K, que neste trabalho foram denominados K1, K2, K3 e K4, utilizando as seguintes equações:

- equação (2), de DENARDIN (1990) para o solos do Brasil

$$K1=0,00608397(P27)+0,00834286(P39)-0,00116162(P52)-0,00037756(P19)$$

- equação (3), de DENARDIN para o conjunto de solos do Brasil e EUA

$$K2=0,00000748(X25)+0,00448059(X29)-0,06311750(X27)+0,01039567(X32);$$

- equação (4), de CAVALIERI para os solos da região centro sul do Brasil

$$K3=0,004029+0,002828(P38)+0,000296(P7)+0,002336(P57)+0,000430(P11);$$

- equação (6), de ROLOFF & DENARDIN para as classes Podzólicos e Terra Estruturada

$$K4 = 0,0917\sqrt{Mn - 0,0526Fs + 0,0176Af} ;$$

onde:

K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

A obtenção destes valores de fator de erodibilidade, necessitou do cálculo das variáveis encontradas nas equações 2 a 6 e que são descritas em 3.4. Este procedimento foi conduzido com base nos dados das análises granulométricas, de cátions trocáveis, ataque sulfúrico e codificação da permeabilidade segundo WISCHMEIER *et al.* (1971).

4.3.6. Geração de arquivos no “Autocad”

Foram utilizadas cartas topográficas, de levantamento de solos e de cobertura vegetal da Estação Experimental de Pindorama (IAC), cedidas pela seção de fotointerpretação do Instituto Agrônomo de Campinas, na escala de 1:5.000.

Com utilização de um aparelho “scanner” as cartas topográfica e de solos foram transformadas em arquivos HRF (“Hitachi Raster Format”) sendo então utilizadas no programa “Autocad” para a vetorização das entidades curvas de nível e unidades de solo. Este procedimento necessitou da utilização de um “software” denominado “Tracer” que auxilia na vetorização e que pode ser utilizado dentro do espaço de trabalho do “Autocad”. Desta forma foram gerados arquivos de extensão “dxf” contendo as informações destes parâmetros.

A carta de levantamento da cobertura vegetal serviu como base para o caminhar durante o levantamento de campo do uso atual, que foi

conduzido nos meses de janeiro e fevereiro de 1996, com a utilização de um sistema de posicionamento global, o qual permitiu georreferenciar o atual uso das terras da área de estudo, percorrendo a mesma e obtendo as coordenadas da locação de cada uso, para gerar um mapa digital. Durante este levantamento foram percorridos os limites da área estudada e de todas as culturas e matas ali presentes.

O levantamento realizado com o “GPS” gerou arquivos para serem trabalhados em um “software” denominado “Pfinder”, que interpretou os dados coletados pelo “GPS”, permitindo a montagem de planos de informações com polígonos representando a distribuição das diferentes unidades de utilização da terra em termos de culturas e matas. Estes planos de informação foram exportados do “Pfinder com extensão de arquivo “dxf”, necessário para sua utilização no “software” “Autocad”.

No “Autocad”, os planos de informação de cobertura vegetal necessitaram sofrer um trabalho de fechamento dos polígonos, uma vez que os mesmos vieram do “Pfinder” sem um perfeito fechamento. Procedeu-se a duplicação das divisas de cada área de uso e cobertura vegetal (polígonos) para sua individualização. Gerou-se então um arquivo com as informações de cobertura vegetal e uso do solo.

Após esta etapa de confecção dos arquivos “dxf” para topografia, solos e cobertura vegetal, houve a necessidade de georreferenciá-los. Isto foi feito no “Autocad”, usando-se como base de orientação o arquivo de cobertura vegetal, e tomando-se como verdadeira sua georreferenciação, já que esta fôra obtida através do sistema “GPS”.

4.3.7. Entrada de dados no SIG e cálculo de áreas

Os arquivos “dxr” da documentação cartográfica e uso do solo (ou cobertura vegetal) passaram por uma conversão aos arquivos de imagem do SIG, para permitir a geração dos planos de informação (PIs), representantes dos diferentes fatores da EUPS, que foram integrados para possibilitar a avaliação da estimativa de perda de solo na área de estudo.

Utilizando-se as imagens criadas de solo e cobertura vegetal, calculou-se inicialmente a extensão de área de cada unidade, através de um aplicativo do “software Idrisi” denominado “Area”.

4.3.8. Geração de planos de informação dos fatores da EUPS

No SIG, os valores para o fator K, calculados como descrito em 4.3.5., foram devidamente atribuídos às unidades de solos através de reclassificação da imagem de solos, gerando as imagens dos fatores K1, K2, K3 e K4.

O arquivo com informações de curvas de nível foi utilizado para gerar um modelo digital de elevação. Este serviu de base para seguir a metodologia proposta por ROCHA *et al.* (1995) e, com os recursos do SIG, gerar imagens com informações de declividade em graus e em percentagem, além da direção e do comprimento de rampas.

Calculou-se então o fator LS segundo a equação proposta por BERTONI. & LOMBARDI NETO (1990):

$$LS = 0,00984.L^{0,63}.S^{1,18} \dots\dots\dots(7)$$

onde L é o comprimento de rampa em metros e S a declividade em graus.

O valor de LS para esta equação foi obtido pela integração das imagens de comprimento de rampas e de declividades em graus, através da aplicação no SIG das operações matemáticas envolvidas na equação (7).

Um segundo valor de L foi gerado para formar um de plano de informação denominado EH (espaçamento horizontal), devido a necessidade de se considerar o espaçamento horizontal entre os terraços como um comprimento L, e calcular desta forma um valor de LS para áreas terraceadas. Este procedimento se justificou devido a existência de terraços, em grande extensão da área em estudo, e a falta de informação sobre o espaçamento horizontal dos mesmos. O espaçamento entre terraços foi calculado com base nas proposições de LOMBARDI NETO *et al.*(1989) e pelas seguintes equações:

$$EV = 0,4518.K.D^{058}.\frac{(u+m)}{2} \dots\dots\dots(8),$$

$$EH = \frac{100.EV}{D} \dots\dots\dots(9)$$

onde:

EV = espaçamento vertical entre terraços expresso em metros;

EH = espaçamento horizontal entre terraços expresso em metros;

K = índice variável para cada tipo de solo (tabelado)

D = declividade do terreno expressa em porcentagem;

u = fator de uso do solo;

m = fator de manejo do solo.

Os valores calculados de $(u + m)$ para cada tipo de cultivo foram utilizados em uma reclassificação da imagem de cobertura vegetal, gerando uma imagem com informações dos parâmetros $(u+m)$. Os valores de K , obtidos de tabelas (LOMBARDI NETO et al., 1989), foram da mesma forma utilizados em uma reclassificação da imagem de solos, criando uma imagem com as informações do parâmetro K . Estas imagens, juntamente com a imagem de declividade em porcentagem obtida do modelo digital de elevação, foram submetidas as operações matemáticas envolvidas nas equações (8) e (9), o que foi realizado através do SIG. Desta forma gerou-se uma imagem de distância horizontal entre terraços, representando suas variações em função da cultura e do tipo de solo.

Portanto foram obtidos dois planos de informação contendo valores para o fator LS . O primeiro fazia a suposição da área como totalmente terraceada, enquanto o segundo utilizava os valores de comprimento de rampa originados a partir do modelo digital de terreno.

Como fator R foi utilizado o valor definido por SOSA (1987) para a erosividade média anual de Pindorama (6143 MJ. mm/ha h. ano). Foi criada uma imagem com o mesmo valor, que representou portanto o PI correspondente ao fator erosividade da chuva (PI - fator R).

As informações levantadas no campo sobre a localização e manejo das culturas permitiram definir os valores da distribuição espacial dos fatores C e P , constituindo os respectivos planos de informação. O cálculo do fator C para cada cultura em questão foi realizado de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1978), segundo a equação:

$$C = \sum RPSi \cdot \frac{Ri}{R} \dots\dots\dots(10)$$

onde:

i = fase da cultura;

RPSi = razão de perdas de solo na fase i;

Ri = é a erosividade na fase i;

R = é a erosividade anual.

Os valores de RPSi foram fornecidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônômico de Campinas¹. Os valores de Ri e R foram extraídos de SOSA (1987), enquanto que as fases de desenvolvimento das culturas foram delimitadas com base em datas aproximadas de plantio e colheita de cada cultura na estação experimental.

Ainda com base nos dados mensais de erosividade da chuva, foram calculados valores de erosividade decendial, dividindo-se por três os valores mensais de erosividade , tendo antes transformados os últimos para a forma de porcentagem. Estes valores foram utilizados para o cálculo de Ri.

O fator P utilizado seguiu sugestões apresentadas por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), sendo utilizado o valor de P=0,5 para o plantio em contorno. Este valor foi utilizado para toda a área de estudo devido ao fato de ser praticamente toda terraceada e com seus cultivos realizados em nível.

¹ De Maria I. C. Comunicação pessoal. 1996. (Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP, Brasil)

Foram gerados, portanto, Pls contendo os fatores R, C, P, além de dois Pls de informação para o fator LS e quatro para o fator K, ou seja K1, K2, K3, K4.

4.3.9. Determinação das expectativas de erosão

Os planos de informação relacionados ao fator K foram multiplicados pelos demais Pls de R, LS, C e P. Desta forma, foram geradas imagens com informações para a estimativa de erosão pela utilização das várias equações de erodibilidade em estudo e também pela utilização dos dois métodos de geração de comprimento de rampa.

As imagens com valores de estimativas de perda de solo foram reclassificadas em 4 classes de perdas estimadas, tomando-se como base para a reclassificação os valores propostos por BERTONI & LOMBARDI NETO (1975), para tolerância de perdas de solo, apresentados na tabela 2.

Os valores utilizados para a reclassificação foram aqueles referentes a tolerância média ponderada em relação a profundidade, sendo a classe número quatro destinada aos valores acima da média 9,1 t/ha/ano. A reclassificação em quatro classes foi realizada sobre os valores de estimativas de perdas de solo, sem no entanto relacioná-la com a distribuição espacial das unidades de solo. Portanto, para avaliar se as perdas estimadas em uma determinada área estão acima do tolerável para a sua correspondente unidade de solo, torna-se necessário

confrontar a imagem de perdas de solo reclassificada e a imagem de unidades de solos.

Tabela 2. Classes da imagem de estimativa de perdas de solo e tolerâncias de perdas de solo.

Classes	Unidades de solo de referência	Tolerância de perdas de solo*	
		Amplitudes observadas	Média ponderada em relação a profundidade
1	Podzolizado Lins Marília var. Lins	3.8 - 5.5	4.5
2	Podzolizado Lins Marília var. Marília	3.0 - 8.0	6.0
3	Podzólico Verm.-amarelo var. Laras	6.9 - 13.4	9.1
4			Valores > 9.1

* Tolerâncias de perdas de solo extraídas de BERTONI & LOMBARDI NETO (1975).

As imagens apresentando informações sobre as classes de perdas de solo, estimadas pela utilização dos diferentes fatores K, foram confrontadas duas a duas através da utilização de um aplicativo do SIG denominado “errmat”. Este aplicativo permitiu analisar a concordância entre duas imagens através da geração de uma matriz de erros e do índice Kappa.

Os valores da diagonal principal da matriz representaram, neste caso, o número de “pixels” que recebeu a mesma classificação, nas duas imagens. O somatório dos totais das colunas (ou das linhas) representou o número total de “pixels” analisados e a soma dos valores da diagonal principal dividida pelo total de “pixels” analisados, forneceu a porcentagem de “pixels” que foram classificados da mesma forma, ou seja a concordância entre as imagens.

O índice Kappa, por sua vez, levou em consideração não apenas os valores da diagonal principal da matriz de erros, mas também os valores fora desta para calcular a concordância entre a classificação dos “pixels” das imagens.

Para o objetivo de confrontar dados estimados com dados observados em talhões coletores, procedeu-se o cálculo das estimativas da erosão utilizando os valores do fator K obtidos das equações (2), (3), (4) e (6). O cálculo desta estimativas considerou, para os fatores R, LS, C e P, valores apropriados às condições em que se conduziram os experimentos nos talhões coletores de sedimentos da Estação Experimental de Pindorama.

Os valores de perdas de solo observados nos talhões coletores foram plotados em gráfico contra os valores das estimativas geradas pela utilização dos quatro valores do fator K. Assim, permitiram uma análise do comportamento de cada estimativa frente aos dados observados.

5. RESULTADOS

5.1. Planos de informação de cobertura vegetal e unidades de solo

No sistema de informação geográfica, as unidades de cobertura vegetal e de solos tiveram suas áreas calculadas como descrito na tabela 3. As imagens foram apresentadas nas figuras 1 e 2 respectivamente.

Tabela 3. Áreas calculadas no sistema de informação geográfica para as unidades de cobertura vegetal e de solos.

Unidade de cobertura vegetal		Área-ha	Unidade de cobertura vegetal		Área-ha	Unidade de solo		Área-ha
2	anuais	61.75	28	milho (anuais)	19.26	1	Estiva	11.39
4	bambu	1.53	30	pasto	94.59	2	Jacaíma	27.88
6	café	19.62	32	perenes	16.07	3	Hidromórfico	27.37
8	cana	19.93	34	pousio	32.66	4	Serrinha 4	33.68
10	carreador	1.41	36	pupunha	8.63	5	Pindorama	306.17
12	citrus	4.26	38	reflorestamento	37.49	6	Concreção	42.05
14	café+sering.	1.70	40	represa	5.59	7	Táboa	70.34
16	construções	13.68	42	rodovia	8.51	8	Serrinha2	2.75
20	estrada	8.37	44	seringueira	23.56	9	Serrinha1	8.14
22	pousio	1.14	46	urucum	3.34	10	Serrinha 3	5.44
26	mata	130.78	48	várzea	21.35			



Figura 1. Cobertura vegetal da Estação Experimental de Pindorama

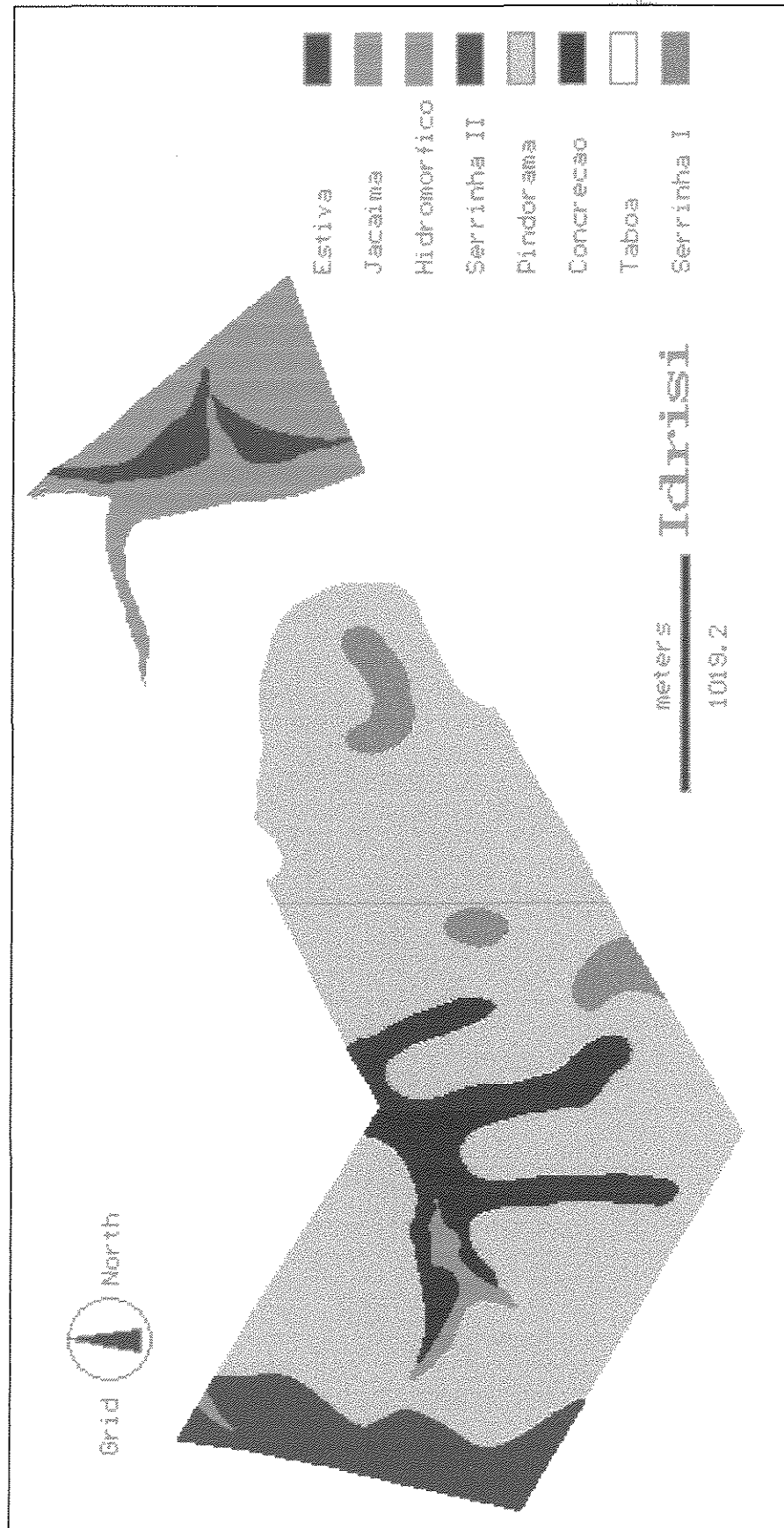


Figura 2. Mapa das unidades de solos da Estação Experimental de Pindorama

5.2. Erosividade da chuva e cobertura vegetal - fatores R e C

Como fator R da EUPS, utilizou-se o valor médio anual de erosividade da chuva no período de 1970 a 1985, determinado por SOSA (1987) como sendo 6143 MJ.mm/ha.h.ano, para a localidade de Pindorama. Este valor, e ainda os valores mensais e anuais de erosividade, foram apresentados na tabela 4. Este valor de R foi também utilizado no cálculo do fator C, que envolveu ainda a determinação dos valores da erosividade da chuva em cada fase das culturas (R_i) e também dos valores de razão de perdas de solo para as mesmas fases (RPS_i), equação (10).

A determinação dos valores de R_i , foi precedida do cálculo da erosividade decendial da chuva, realizada pela divisão dos índices médios mensais de erosividade (tabela 4), por três, obtendo-se assim, um valor médio para cada decêndio dos meses do ano (tabela 16 no apêndice, coluna de média). Os valores decendiais envolvidos no período correspondente a cada fase das culturas foram somados, e forneceram desta maneira os desejados valores de R_i , que foram apresentados na tabela 17 no apêndice.

As datas utilizadas para plantio e colheita na determinação das fases das culturas, foram datas aproximadas, já que as mesmas variaram ano a ano na estação experimental. Desta forma justificou-se o uso dos valores médios da distribuição decendial da erosividade na tabela 16 do apêndice, para o cálculo de R_i .

Tabela 4. Valores mensais e anuais do Índice de erosividade EI - 30 e fator erosividade de chuva (MJ.mm/ha.h.ano) de Pindorama - SP, durante o período de 1970 a 1985..

	ANO																
Mês	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Média
Jan.	1294	76	1176	583	686	869	1063	668	873	456	1167	818	1928	6824	766	1343	1287
Fev.	1319	360	1543	134	522	609	3382	88	926	579	819	1016	1057	2948	570	359	1014
Mar.	476	969	1170	1202	876	113	163	559	655	518	1425	1409	1109	288	320	222	717
Abr.	100	164	100	888	45	593	180	619	0	231	1224	149	180	912	80	390	366
Mai.	13	82	126	108	13	0	768	178	384	432	70	0	50	736	96	36	193
Jun.	108	249	0	13	38	91	123	321	61	0	315	410	22	22	0	0	111
Jul.	0	113	478	18	0	702	0	0	185	19	0	0	0	20	92	0	102
Ago.	446	0	30	27	0	0	436	47	0	17	0	0	155	0	199	0	85
Set.	80	35	76	28	61	115	314	702	234	795	206	0	111	393	122	0	205
Out.	383	107	1269	440	97	378	103	127	320	275	75	1093	734	1044	93	11	409
Nov.	391	138	489	194	123	1773	814	397	392	830	30	426	1585	580	1555	642	647
Dez.	26	478	171	1132	1599	1497	399	1826	3205	1090	978	1001	1881	1465	189	205	1008
Total	4636	2771	6628	4767	4060	6740	7745	5532	6235	5242	6309	6322	8812	15232	4082	3208	6143

Os valores de RPSi para cada fase das culturas, fornecidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, são também apresentados na tabela 17 no apêndice.

Em posse dos valores de Ri e RPSi foram calculados os valores para o fator C, que foram apresentados na tabela 5 (coluna de médias), e que foram atribuídos a imagem de cobertura vegetal, através de reclassificação da mesma, para a geração do plano de informação do fator C.

5.3. Geração dos planos de informação do fator de erodibilidade do solo

A tabela 6 apresenta os valores obtidos para as análises granulométricas, teores de matéria orgânica e cátions trocáveis e também dos teores de Fe, Al, Si e Ti originados do ataque sulfúrico. A partir destes dados foram calculadas as variáveis das equações de erodibilidade, tabela 7, e por fim os fatores K1, K2, K3 e K4, tabela 8, respectivamente. O valor destes fatores foram aplicados às unidades de solos, através de reclassificação da imagem de unidades de solo.

Desta forma foram gerados os planos de informação K1, K2, K3 e K4, contendo os valores do fator erodibilidade do solo para cada unidade de solo, obtidos respectivamente pelas equações 2, 3, 4 e 6.

Tabela 5. Fator C - Valores anuais e valor médio para o período de 1973 a 1985.

Cobertura vegetal	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1984	Médias*
Trigo/ Milho-sorgo	0,0928	0,0859	0,1466	0,1258	0,1147	0,1222	0,1365	0,0714	0,1309	0,1224	0,1013	0,1498	0,0951	0,1159
Trigo/ soja	0,1472	0,1569	0,1917	0,1682	0,1696	0,1878	0,1760	0,1301	0,1776	0,1811	0,1840	0,1863	0,1693	0,1722
Milho-sorgo/pousio	0,0815	0,1039	0,1030	0,0764	0,0873	0,1018	0,0842	0,0774	0,0772	0,1043	0,0937	0,1086	0,1107	0,1198
Mucuna/ pousio	0,1426	0,1838	0,1908	0,1137	0,1558	0,1963	0,1549	0,1064	0,1538	0,1890	0,1398	0,1829	0,1579	0,1506
Cana	0,0804	0,0999	0,0930	0,1053	0,0817	0,0966	0,0864	0,0868	0,0894	0,1001	0,1058	0,1019	0,1065	0,0956
Frutíferas/ Urucum	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767	0,0767
Café	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900	0,0900
Pupunha	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700
Seringueira**	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417
Pasto	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480

* A coluna de médias representa os valores do fator C calculado com base no valor médio anual de erosividade da chuva e com datas médias para as fases de desenvolvimento dos cultivos - ver tabela 15 no apêndice 1.

** O fator C utilizado para seringueira foi também utilizado para reflorestamento e para mata.

Tabela 6. Resultado das análises granulométrica, teor de matéria orgânica, cátions trocáveis e ataque sulfúrico.

	Amostras de solos						
	902 ^A	1081 ^B	1082 ^C	1083 ^D	1084 ^E	1085 ^F	1087 ^G
Análise granulométrica							
% areia muito grossa (2.0-1.0 mm)	0	0	0	0	0	0	0
% areia grossa (1.0-0.5 mm)	1	0	1	1	1	3	0
% areia média (0.5-0.25 mm)	28	15	18	26	24	33	22
% areia fina (0.25-0.1 mm)	40	52	44	50	53	34	50
% areia muito fina (0.10-0.05 mm)	7	13	12	5	8	6	6
% areia total (2.0-0.05 mm)	76	80	75	82	86	76	78
% silte (0.05-0.002 mm)	6	4	7	6	4	16	5
% argila (>0.002 mm)	18	16	18	12	10	8	17
novo silte (0.1-0.002 mm)***	13	17	19	11	12	22	11
nova areia (2.0-0.1 mm)***	69	67	63	77	78	70	72
Análise química							
teor de matéria orgânica (%)	1.8	1.4	2	1.7	1.4	1.6	1.5
teor de K (meq/100g)	0.35	0.24	0.1	0.14	0.16	0.38	0.17
T (meq/100g)	6.7	8.5	7.9	6.2	5.3	6.8	5.5
Ataque sulfúrico							
teor de Al ₂ O ₃ (%)	5.81	7.6	5.56	3.81	2.91	2.65	5.62
teor de Fe ₂ O ₃ (%)	0.82	1.39	0.61	0.58	0.5	0.3	0.65

Onde: ^A Unidade Pindorama, ^B Unidade Jacaíma, ^C Unidade Estiva, ^D Unidade Serrinha I, ^E Unidade Concreção, ^F Unidade Serrinha II, ^G Unidade Táboa.

Tabela 7. Valores das variáveis necessárias ao cálculo dos fatores K1 a K4.

Parâmetros	Amostras de solos Estação Experimental de Pindorama						
	902 ^A	1081 ^B	1082 ^C	1083 ^D	1084 ^E	1085 ^F	1087 ^G
P27	3.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0
P39 (%)	1.80	1.40	2.00	1.70	1.40	1.60	1.50
P52 (%)	5.81	7.60	5.56	3.81	2.91	2.65	5.62
P19 (%)	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	3.00	0.00
X25	1066	1428	1558	968	1080	2024	913
X29	3.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0
X27 (mm)	0.189	0.158	0.163	0.198	0.197	0.214	0.176
X32 (%)	0.026	0.021	0.032	0.022	0.018	0.023	0.021
P38 (%)	5.22	2.82	1.27	2.26	3.02	5.59	3.09
P7 (%)	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	3.0	0.0
P57	4.17	3.22	5.36	3.86	3.42	5.20	5.09
P11 (%)	13.0	17.0	19.0	11.0	12.0	22.0	11.0
Mn (g/g)	0.04860	0.03360	0.05670	0.05220	0.03560	0.14240	0.04150
Fs (g/g)	0.0082	0.0139	0.0061	0.0058	0.005	0.003	0.0065
Af (g/g)	0.075	0.08	0.074	0.081	0.085	0.073	0.078

Onde: ^A Unidade Pindorama; ^B Unidade Jacaíma; ^C Unidade Estiva; ^D Unidade Serrinha I; ^E Unidade Concreção; ^F Unidade Serrinha II; ^G Unidade Táboa.

Tabela 8. Valores estimados para K (erodibilidade do solo) segundo diferentes equações.

Equações	Amostras de solos Estação Experimental de Pindorama						
	902 ^A	1081 ^B	1082 ^C	1083 ^D	1084 ^E	1085 ^F	1087 ^G
K1 ¹	0.026	0.015	0.016	0.028	0.026	0.027	0.018
K2 ²	0.010	0.010	0.006	0.008	0.009	0.015	0.005
K3 ³	0.034	0.027	0.029	0.024	0.026	0.042	0.029
K4 ⁴	0.021	0.017	0.023	0.022	0.019	0.036	0.020

Onde: ^A Unidade Pindorama; ^B Unidade Jacaíma; ^C Unidade Estiva; ^D Unidade Serrinha I; ^E Unidade Concreção; ^F Unidade Serrinha II; ^G Unidade Táboa. ¹ DENARDIN (1990) para os solos do Brasil; ² DENARDIN (1990) para o conjunto de solos do Brasil e EUA; ³ CAVALIERI (1994) para os solos da região centro sul do Brasil e; ⁴ ROLOFF & DENARDIN (1994) para as classes Podzólicos e Terra Estruturada.

A tabela 9 apresenta os valores máximos, médios e mínimos das variáveis para determinação do fator erodibilidade do solo, encontradas para a região centro sul do Brasil, e os valores médios encontrados para as amostras de solos analisadas da estação experimental de Pindorama (médio amostral). Apresenta também o comportamento destas variáveis quando foram utilizados os valores médios amostrais multiplicados pelos coeficientes da equação.

5.4. Geração de planos de informação do fator LS

O modelo digital de elevação, figura 3, permitiu a geração da imagem de declividades em graus e da imagem de comprimento de rampas (segundo a metodologia proposta por ROCHA *et al.*, 1995), utilizadas na equação (7) para a geração do plano de informação do fator LS. O PI gerado por esta metodologia não considerou a presença de terraços.

Tabela 9. Comportamento das variáveis das equações de determinação do fator erodibilidade do solo e valores encontrados destas variáveis para os solos da região centro-sul do Brasil..

$k1=0,00608397(p27)+0,00834286(p39)-0,00116162(p52)-0,00037756(P19)$				
	p27 - 1 a 6	p39 - %	p52 - %	p19 - %
máximo*	4,00	5,54	23,50	22,70
médio*	2,30	2,68	12,30	8,03
mínimo*	1,00	1,29	2,90	0,30
médio amostral	2,43	1,63	4,85	1,00
coeficiente x médio amostral.	0,0148	0,0136	0,0056	0,0004

$k2=0,00000748(x25)+0,00448059(x29)-0,06311750(x27)+0,01039567(x32)$				
	x25	x29 - 1 a 6	x27 - mm	x32
máximo*	3015,0	4,00	0,318	1,602
médio*	1365,0	2,30	0,169	0,854
mínimo*	655,0	1,00	0,019	0,116
médio amostral	1291,0	2,43	0,185	0,023
coeficiente x médio amostral.	0,0097	0,0109	0,0117	0,0002

$k3=0,004029+0,002828(p38)+0,000296(p7)+0,002336(p57)+0,000430(p11)$				
	p38 - %	p7 - %	p57	p11 - %
máximo*	5,72	16,20	4,810	34,3
médio*	2,80	5,66	2,628	22,8
mínimo*	0,36	0,20	0,964	7,2
médio amostral	3,32	1,00	4,331	15,0
coeficiente x médio amostral.	0,0094	0,0003	0,0101	0,0065

Valores máximos médios e mínimos extraídos de DENARDIN (1990).

As tabelas 10 e 11 apresentaram os valores dos Índices u, m e K utilizados para o cálculo de espaçamento de terraços. Com base nestas tabelas foram determinados os valores das tabelas 12 e 13, utilizados na reclassificação das imagens de cobertura vegetal e de unidades de solos, para posterior aplicação das operações matemáticas contidas nas equações (8) e (9). Este procedimento permitiu a geração do PI contendo comprimentos de rampa (L) representados pelos espaçamentos entre terraços. Este PI de comprimentos de rampa foi utilizado nas operações matemáticas da equação (7) para gerar o segundo PI do fator LS.

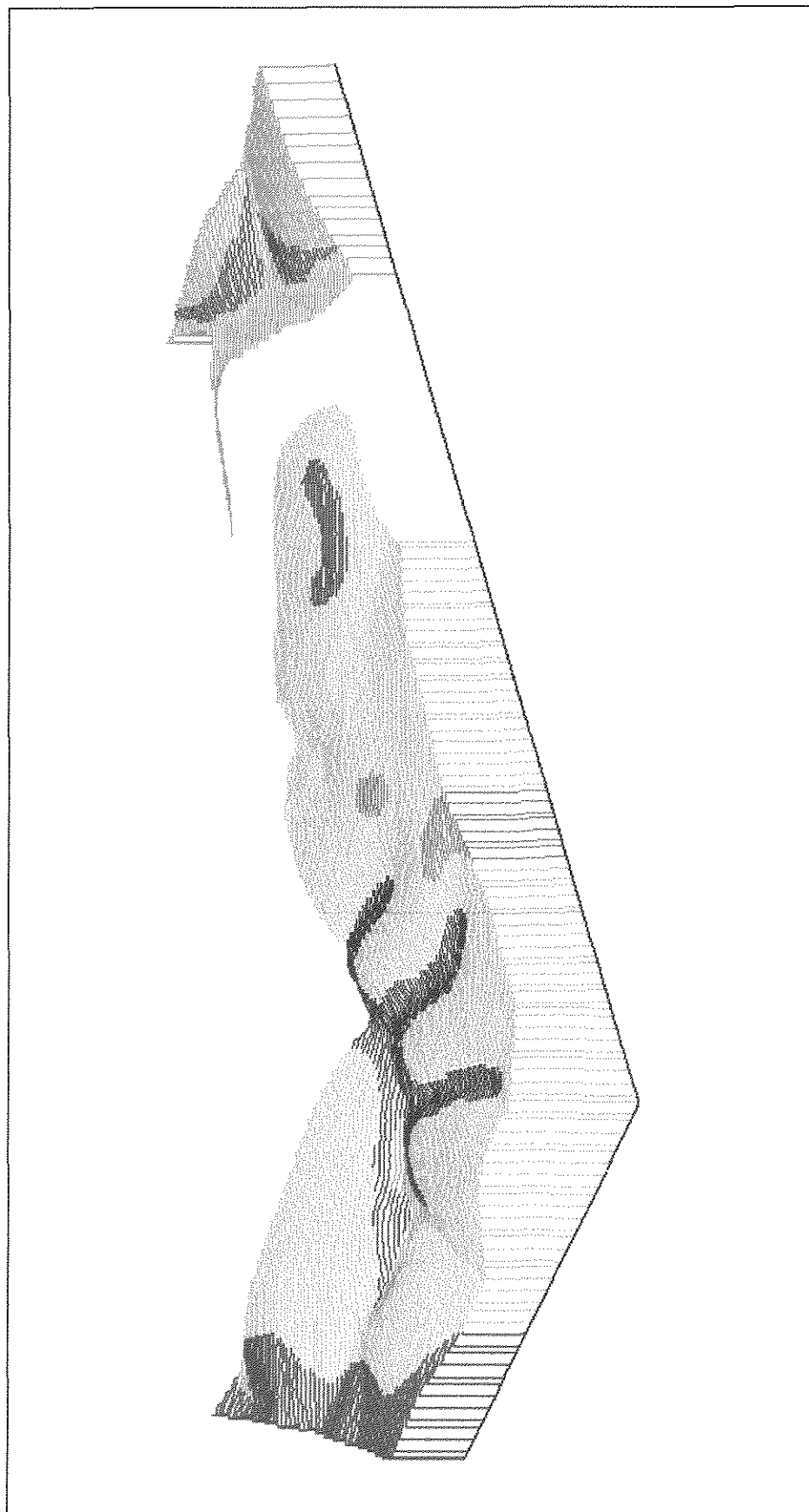


Figura 3. Modelo digital de elevação da Estação Experimental de Pindorama

Tabela 10. Índices u e k para cálculo de espaçamento de terraços.

Grupo de Culturas*	Índice (u)	Resistência do solo a Erosão	Índice (K)
1	0.50	Moderada (B)	1.1
2	0.75	Moderada (B)	1.1
3	1.00	Baixa (C)	0.9
4	1.25	Baixa (C)	0.9
5	1.50	Baixa (C)	0.9
6	1.75	Baixa (C)	0.9
7	2.00		

* Grupo de culturas: 1- feijão, mandioca e mamona 2- amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo 3- soja, batatinha, melancia, abóbora, melão e leguminosas para adubação verde 4- milho, sorgo, cana-de-açúcar, aveia, centeio, cevada, culturas de inverno e frutíferas de ciclo curto 5- banana, café, citrus e frutíferas permanentes 6- pastagens e ou capineiras 7- reflorestamento, cacau e seringueira.

Tabela 11. Índice m para cálculo de espaçamento de terraços.

Grupo	Preparo Primário	Preparo Secundário	Restos culturais	Índice-m
1	grade aradora (ou pesada), ou enxada rotativa	grade niveladora	Incorporados ou queimados	0.50
2	arado de disco ou aiveca	grade niveladora	Incorporados ou queimados	0.75
3	grade leve	grade niveladora	parcialmente incorporados, com ou sem rotação de culturas	1.00
4	arado escarificador	grade niveladora	parcialmente incorporados, com ou sem rotação de culturas	1.50
5	não tem	plantio sem revolvimento do solo, roçadeira, rolo- faca, herbicidas (plantio direto)	superfície do terreno	2.00

Extraído de LOMBARDI NETO *et al* (1989) com modificações.

Tabela 12. Valores de (u), (m) e [(u+m)/2] utilizados na reclassificação da imagem de cobertura vegetal, para cálculo do espaçamento entre terraços.

Unidade de cobertura vegetal	u	m	(u+m)/2	Unidade de cobertura vegetal	u	m	(u+m)/2
2 anuais	1.25	1.00	1.13	28 milho	1.25	1.00	1.13
4 bambu	2.00	2.00	2.00	30 pasto	1.75	2.00	1.88
6 café	1.50	2.00	1.75	32 perenes	1.50	2.00	1.75
8 cana	1.25	0.75	1.00	34 pousio	1.75	2.00	1.88
10 carreador	0.00	0.00	0.00	36 pupunha	1.50	2.00	1.75
12 citrus	1.50	2.00	1.75	38 reflorestamento	2.00	2.00	2.00
14 consórcio	1.50	2.00	1.75	40 represa	0.00	0.00	0.00
16 construções	0.00	0.00	0.00	42 rodovia	0.00	0.00	0.00
20 estrada	0.00	0.00	0.00	44 seringueira	2.00	2.00	2.00
22 gramado	1.75	2.00	1.88	46 urucum	1.50	2.00	1.75
26 mata	2.00	2.00	2.00	48 várzea	0.00	0.00	0.00

Tabela 13. Valores de (K) utilizados na reclassificação da imagem de unidades de solos, para cálculo do espaçamento entre terraços.

Unidade de Solo	Resistência a Erosão	Índice (K)*
Jacaíma	Moderada (B)	1.1
Táboa	Moderada (B)	1.1
Pindorama	Baixa (C)	0.9
Serrinha	Baixa (C)	0.9
Concreção	Baixa (C)	0.9
Estiva	Baixa (C)	0.9

5.5. Fator prática conservacionista - fator P

Um plano de informação representando o fator P foi obtido da reclassificação da imagem de cobertura vegetal, atribuindo a toda área o valor 0,5, devido a existência de cultivo em nível e terraceamento em toda a área.

5.6. Geração de imagens com estimativas de erosão

Os planos de informação obtidos para os fatores K1 a K4, LS da distância horizontal entre terraços, C e P foram integrados segundo a EUPS, gerando assim imagens da estimativa de perdas de solo, que foram apresentadas na figura 4. Tais estimativas, realizadas porém com os valores de LS oriundos do modelo digital de elevação, figura 5, não consideraram a existência de terraços e apresentaram valores de perdas de solo superiores. Isto ocorreu devido aos menores comprimentos de rampa gerados pela utilização das distâncias horizontais entre terraços como comprimento de rampa (L) com relação a metodologia proposta por ROCHA *et al.* (1995).

A comparação entre imagens realizada pelo índice Kappa, permitiu ter uma melhor idéia da concordância entre as classificações realizadas para o distinto uso dos fatores K1 a K4, como se observa na tabela 14. Os valores do índice Kappa representaram a percentagem de "pixels" que tiveram a mesma classificação, ou seja apresentaram o mesmo valor de perdas de solo, em duas imagens confrontadas.

A área ocupada por cada classe nas imagens das figuras 4 e 5 são apresentadas na tabela 15.

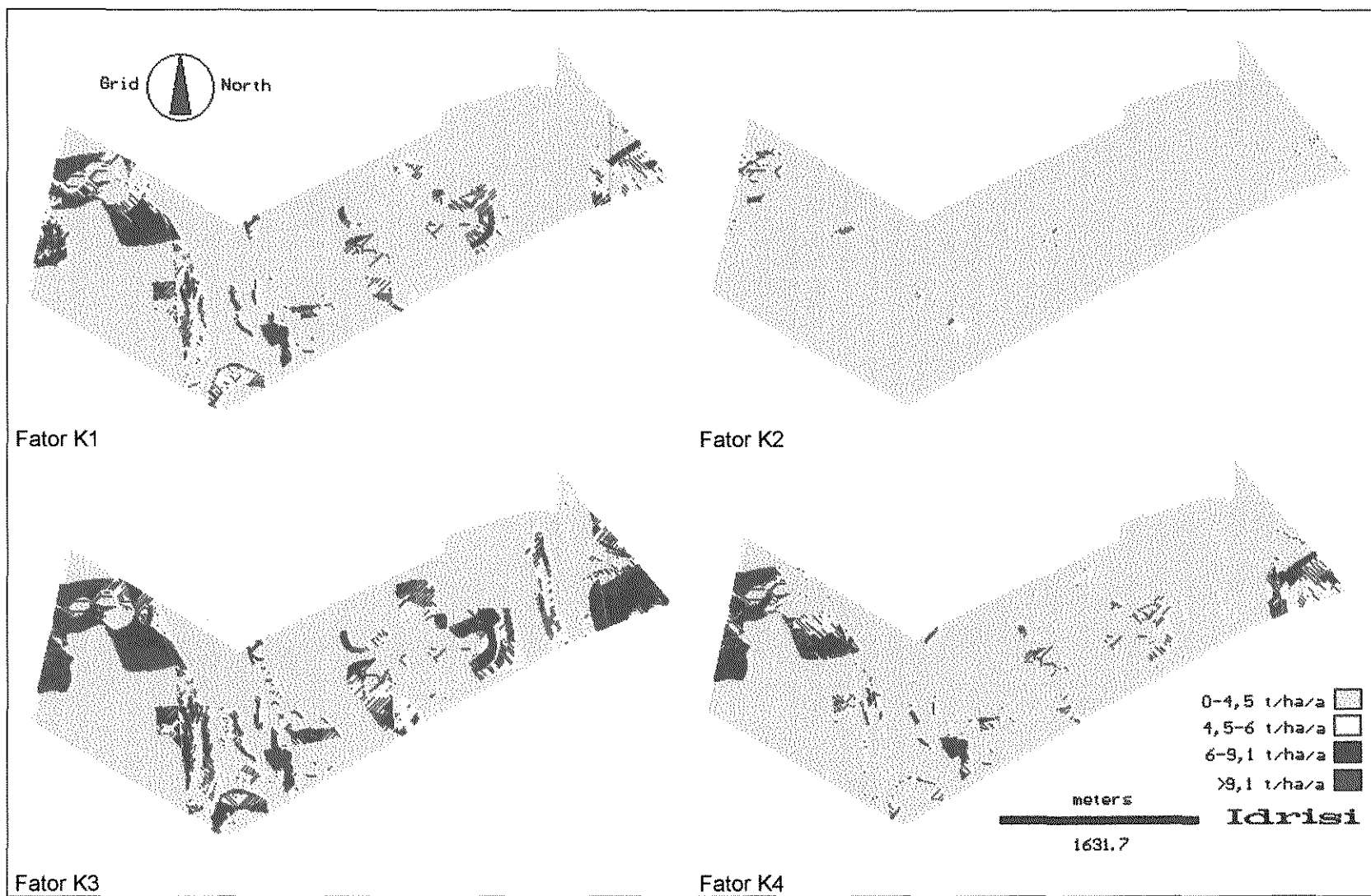


Figura 4. Estimativa de perdas de solo para os fatores K1 a K4 - distância horizontal de terraços como comprimento de rampa.

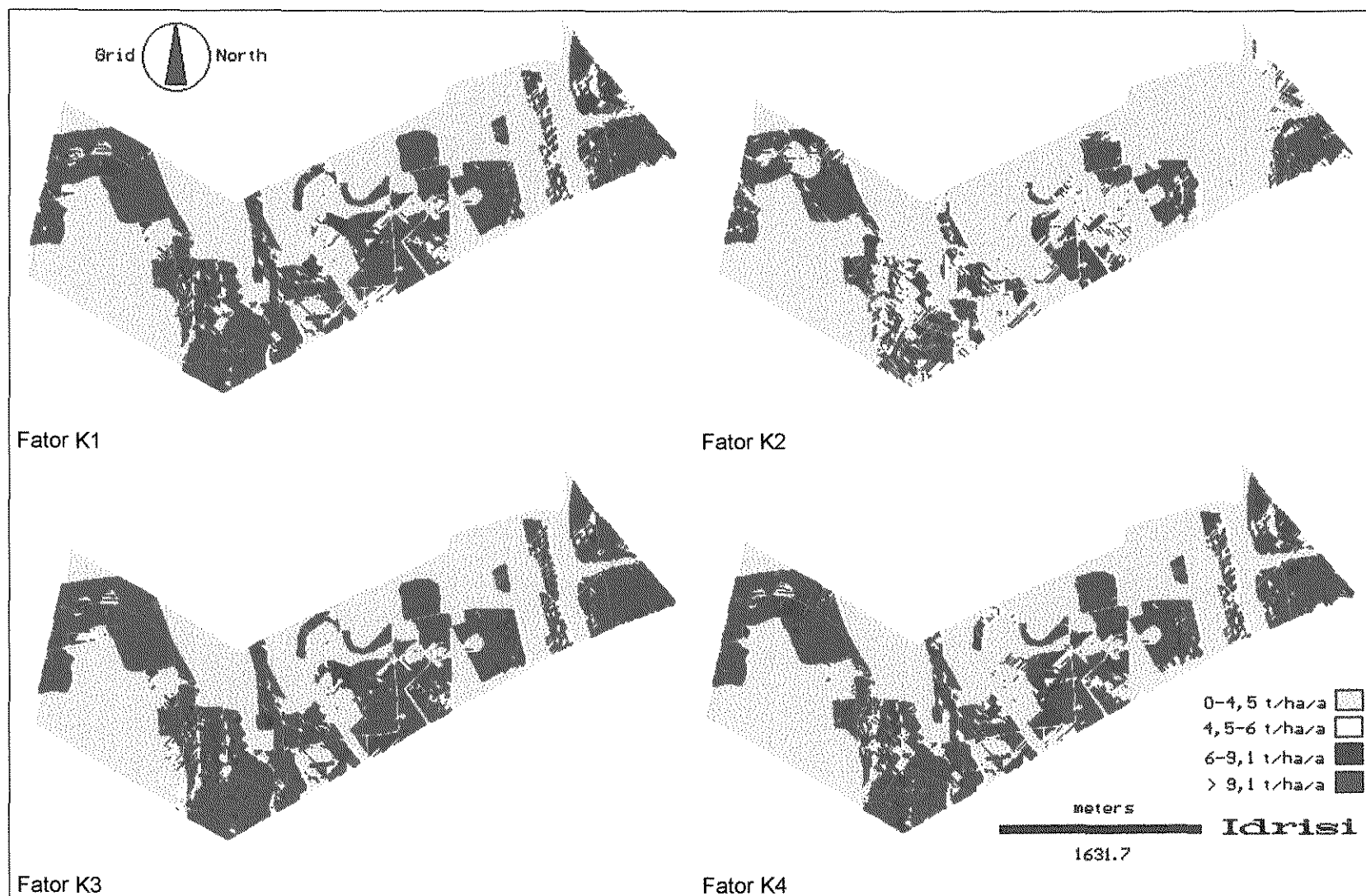


Figura 5. Estimativa de perdas de solo para os fatores K1 a K4 - comprimentos de rampas gerados do modelo digital de elevação.

Tabela 14. Índice Kappa da porcentagem de concordância entre classificação de "pixels" das imagens de estimativas de perdas.

Imagens	A2*	A3*	A4*	A2EEH**	A3EEH**	A4EEH**
A1*	48.21	78.88	83.98			
A2*		43.75	50.31			
A3*			74.07			
A1EEH**				6.75	43.25	51.69
A2EEH**					3.40	9.46
A3EEH**						30.35

* A1, A2, A3, A4 - Imagens de estimativas de perdas de solo utilizando, respectivamente, os fatores de K1 a K4 - fator LS calculado pelo modelo digital de elevação.

** A1EEH, A2EEH, A3EEH, A4EEH - Imagens de estimativas de perdas de solo utilizando, respectivamente, os fatores de K1 a K4 - fator LS calculado pelas distâncias horizontais entre terraços.

Tabela 15. Área (ha) das estimativas de perdas de solo por classes.

Imagens	Classe 1 0-4.5 t/ha/a	Classe 2 4.5-6 t/ha/a	Classe 3 6-9.1 t/ha/a	Classe 4 >9.1 t/ha/a
A1*	311.61	17.14	37.99	168.48
A2*	385.66	30.59	41.94	77.04
A3*	294.08	16.44	25.72	198.99
A4*	320.40	16.15	37.51	161.16
A1EH**	446.22	43.49	34.25	11.27
A2EH**	526.93	6.33	1.82	0.15
A3EH**	386.06	56.67	59.18	33.32
A4EH**	468.42	29.76	26.08	10.96

* A1, A2, A3, A4 - Imagens de estimativas de perdas de solo utilizando, respectivamente, os fatores de K1 a K4 - fator LS calculado pelo modelo digital de elevação.

** A1EEH, A2EEH, A3EEH, A4EEH - Imagens de estimativas de perdas de solo utilizando, respectivamente, os fatores de K1 a K4 - fator LS calculado pelas distâncias horizontais entre terraços.

5.7. Comparação de dados observados e estimados

As figuras 6 a 9 demonstram o comportamento dos dados observados de perdas de solos nos talhões coletores em relação aos dados estimados pela EUPS nas mesmas condições dos experimentos. Estes gráficos foram gerados com escalas diferentes para melhor visualização do comportamento dos dados estimados nas várias faixas de valores dos dados observados. As curvas A1 a A4 representaram as estimativas obtidas respectivamente pela utilização dos fatores K1 a K4.

As tabelas 18 a 20 no apêndice apresentaram as datas de condução dos experimentos realizados em coletores, as fases das culturas, os valores de erosividade (R_i) das respectivas datas, as razões de perdas de solo utilizadas e, por fim, os valores obtidos para o fator C e que foram utilizados para estimar as perdas de solo nas condições dos experimentos em coletores. A tabela 21 no apêndice apresenta os dados observados e estimados.

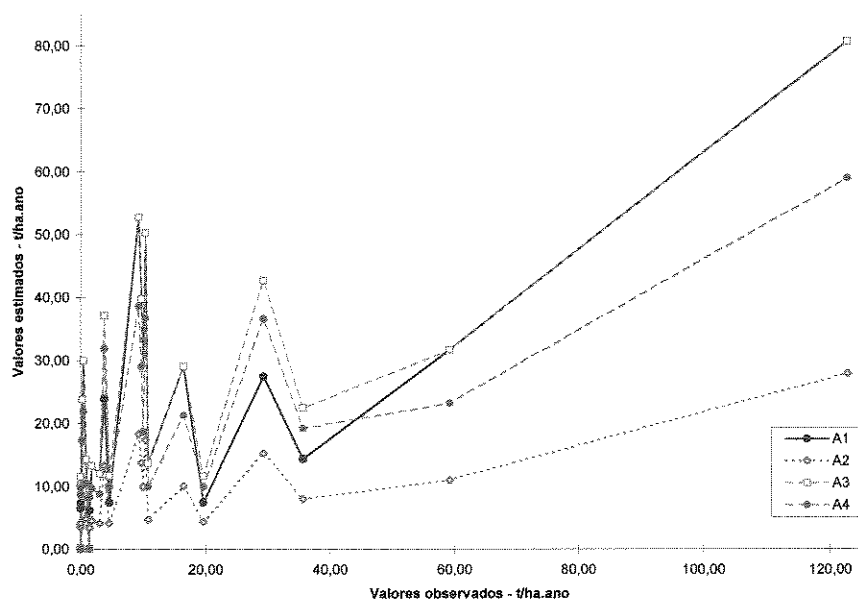


Figura 6. Valores observados de perdas de solo *versus* dados estimados pela EUPS.

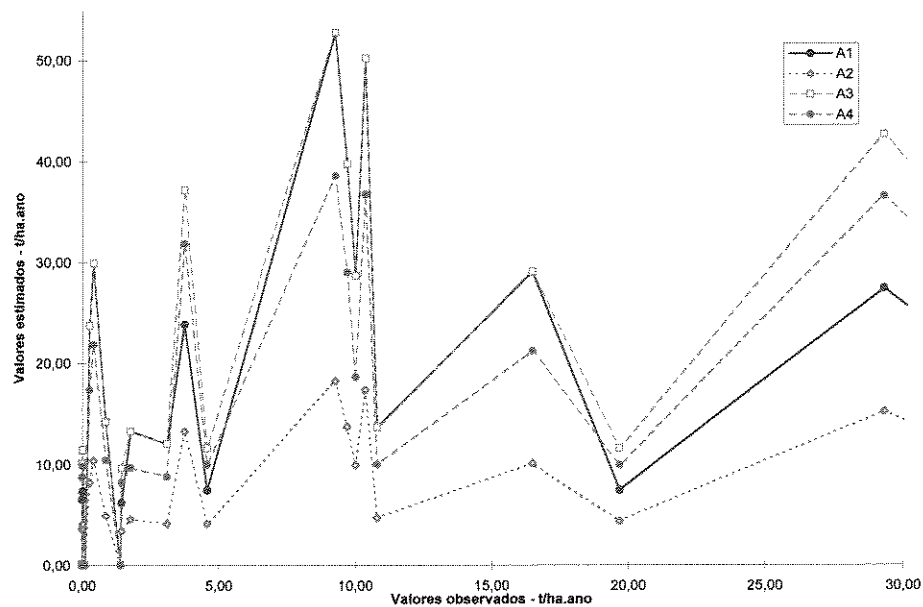


Figura 7. Valores observados de perdas de solo *versus* dados estimados pela EUPS.

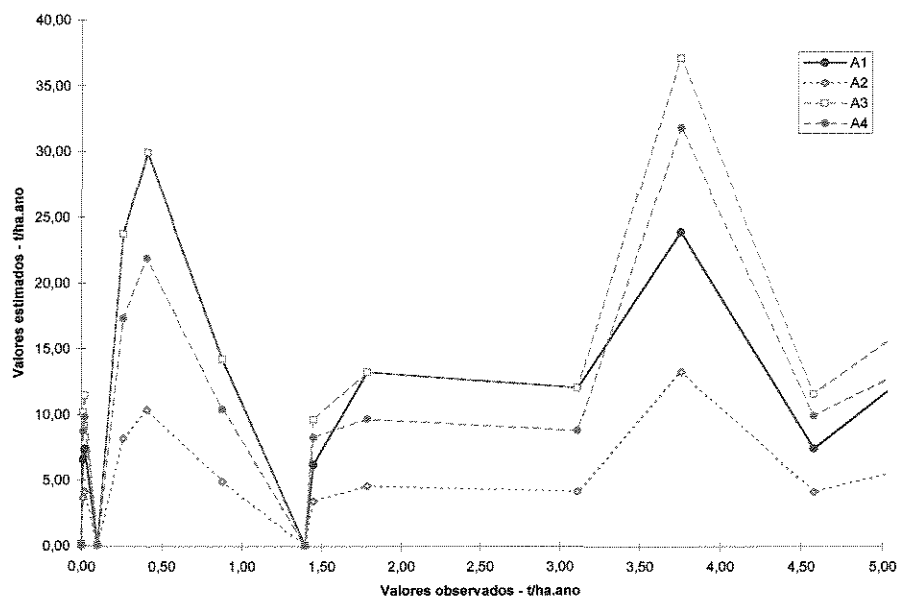


Figura 8. Valores observados de perdas de solo *versus* dados estimados pela EUPS.

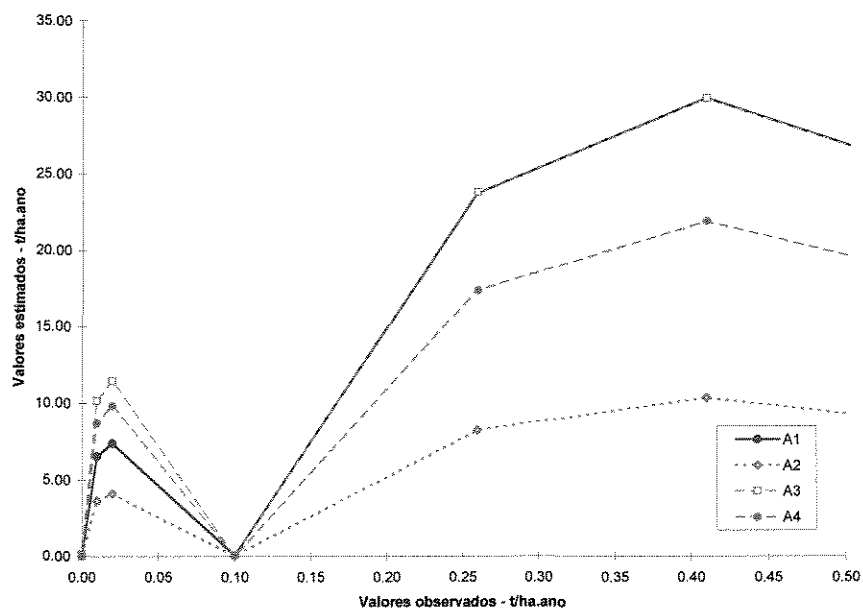


Figura 9. Valores observados de perdas de solo *versus* dados estimados pela EUPS.

6. DISCUSSÃO

6.1. Levantamento da cobertura vegetal através do sistema de posicionamento global (“GPS”)

O “GPS” se mostrou de grande utilidade no levantamento da cobertura vegetal realizado neste trabalho. Foi possível conduzir um levantamento detalhado da mesma cobertura (figura 1) em 535 ha de área no espaço de tempo de duas semanas. A redução do tempo de execução pôde ser avaliada tomando-se por base um levantamento topográfico realizado na mesma área e que durou aproximadamente um mês, empregando dois topógrafos (informação pessoal).

O confronto entre a imagem de cobertura vegetal, criada a partir do levantamento pelo “GPS”, e as cartas escaneadas de solos e topografia, no ambiente do Autocad, mostraram boa superposição, apesar dos possíveis erros na tomada de dados do “GPS” e do escaneamento das cartas.

A geração de um mapa georreferenciado de variada utilidade, e de fácil atualização apresentou-se como a grande vantagem demonstrada por esta

sistemática, em comparação com métodos tradicionais de levantamento de dados de campo e confecção manual de mapas.

6.2. Utilização do sistema de informação geográfica (SIG)

A utilização do sistema de informação geográfica, no presente trabalho foi de grande importância pela facilidade e grande gama de recursos na manipulação dos dados georreferenciados de cobertura vegetal obtidos através do "GPS", assim como no cruzamento de informações oriundas das cartas topográficas e de solos, possibilitando gerar estimativas de perdas de solo para a área de estudo.

Os resultados obtidos do sistema de informação geográfica passaram então a servir como uma base de dados georreferenciada e de fácil atualização, permitindo análises futuras das mais variadas, em menor espaço de tempo e com custo reduzido.

Uma dificuldade encontrada no trabalho com o SIG utilizado ("Idrisi 4.1"), foi a baixa qualidade do modelo digital de elevação obtido. Em algumas áreas o modelo digital de elevação levou a determinação intercalada de elevados e baixos comprimentos de rampa, formando na imagem um mosaico que pareceu não representar de forma satisfatória a topografia local. Desta forma, a determinação dos comprimentos de rampa para o cálculo do fator LS podem ter ficado prejudicadas. Portanto, conclui-se haver a necessidade de uma avaliação mais detalhada para

saber se a fonte de erros esteve nos dados de entrada ou no algoritmo utilizado pelo SIG para gerar o modelo digital de elevação.

6.3. Imagens de perdas de solos estimadas pelo SIG

As perdas de solo estimadas no SIG, observadas nas figuras 4 e 5, devem ser analisadas separando-se as estimativas obtidas pela utilização do comprimento de rampa gerado pelo modelo digital de elevação, daquelas obtidas pela utilização da distância horizontal entre terraços, quando da geração do PI-fator LS.

A utilização do modelo digital de elevação levou a classificar uma maior quantidade de área nas classes com maiores valores de estimativas de perdas de solo. Este fato foi explicado por terem sido gerados comprimentos de rampas muito maiores do que aqueles calculados pela distância horizontal entre terraços. Estes excessivos comprimentos de rampa podem ter levado a uma superestimação das perdas de solo.

A análise das imagens de estimativas de perdas de solo permitiu ainda observar que, quando da utilização dos valores de K3, para o plano de informação do fator erodibilidade do solo, uma maior quantidade de área foi classificada como apresentando uma estimativa de perdas de solo maior do que 9,1 t/ha.ano, a máxima dentro da classificação adotada. A utilização de K1 e K4 levou a

valores mais baixos que K3, porém acima de K2, este tendo gerado as menores estimativas.

A tabela 14 permitiu uma análise da concordância entre as imagens de estimativa de perdas de solo obtidas pela aplicação do índice Kappa. De maneira geral, a concordância entre as imagens geradas a partir de K1, K3 e K4 apresentou um índice próximo a 80% quando foi utilizado o modelo digital de elevação para obtenção dos comprimentos de rampa. Entretanto, pela utilização das distâncias horizontais entre terraços houve uma concordância variando de 30% a 51% em valores aproximados. Estes valores de concordância evidenciaram que a obtenção dos comprimentos de rampa a partir das distâncias horizontais entre terraços promoveu uma maior diferenciação entre os resultados obtidos pela utilização das equações K1 a K4. As imagens que obtiveram maior concordância em porcentagem de “pixels” classificados, foram aquelas geradas pela utilização de K1 e K4. A utilização do fator K2, por outro lado diferiu muito dos demais, ressaltando-se novamente que suas estimativas estiveram sempre com os mais baixos valores de estimativas de perdas.

Analisando-se as imagens de estimativas de perdas de solo através das figuras 4 e 5, a concordância existente entre as imagens obtidas pelo índice Kappa e as áreas ocupadas pelas classes de perdas de solo estimadas na tabela 15, puderam ser feitas as seguintes considerações:

1ª) a concordância entre as imagens se tornou maior quando foi utilizado o modelo digital de elevação para obter os comprimentos de rampa do fator LS, ou seja sem considerar a existência de terraços. Neste caso a maior quantidade das áreas

foram classificadas nas classes 1 e 4, ou seja, 0-4,5 t/ha.ano e >9,1 t/ha.ano. Além disto, para um grande volume de área foram estimadas perdas acima de 9,1 t/ha.ano, e

2ª) quando foi utilizada a distância horizontal entre terraços para obtenção dos comprimentos de rampa, as estimativas de perdas de solo levaram a uma maior concentração das áreas na classe 1, 0-4,5 t/ha.ano, ficando bastante restrita as estimativas de perdas acima de 9,1 t/ha.ano. Houve ainda maior diferenciação entre os resultados provenientes do uso dos diferentes fatores de erodibilidade do solo, K1 a K4.

As estimativas de perdas de solo se deram na área delimitada da estação experimental, devendo-se salientar que o ideal seria realizar uma análise para a microbacia dentro da qual a estação experimental se encontra situada. Entretanto, a falta de dados sobre a distribuição das unidades de solo fora dos limites da mesma estação impediu esta análise.

6.4. Estimativa de perdas e dados observados

A comparação entre dados observados e estimados deve ser feita com cautela. O emprego da EUPS permite uma estimativa de taxa anual de perda de solo para um longo período de tempo e não para eventos erosivos específicos. Dessa forma, WISCHMEIER (1984), ressaltou que sua utilização para

dizer que “X toneladas de solo foram perdidas em tal ano” ou “vão ser perdidas neste ano”, não seria legítima.

Analisando os gráficos das figuras 6 a 9, onde foram plotados os dados das perdas de solo observadas contra as perdas de solos estimadas, foi percebido o mesmo comportamento observado nas figuras 4 e 5, no que se refere aos fatores de K1 e K4 influenciando o resultado das estimativas, ou seja a estimativa de perdas de solos por estes dois fatores se aproximam muito. A curva A3, que representa os dados estimados pelo fator de erodibilidade K3, apresentou os valores mais altos com relação as demais, ficando a curva de K2 com os valores mais baixos e as curvas de K1 e K4 com os valores intermediários.

Com auxílio da tabela 21 no apêndice pode-se observar que os valores estimados superestimam em 75% os valores observados quando da utilização das equações K1e K4. Quando da utilização das equações K3 e K2 a superestimação foi da ordem de 78.6% e 60,7% respectivamente. Observa-se também que estes valores superestimados ocorrem para a faixa de valores observados compreendida entre zero e aproximadamente 20 t /ha.ano de perdas de solo, a partir de onde então as estimativas passam a subestimar os valores observados.

Os valores observados mais altos, e que foram subestimados, podem ter ocorrido devido a ocorrência de precipitações de grande intensidade associadas ao não estabelecimento das culturas ou ainda a problemas na condução das mesmas que não foram prestigiados quando da determinação dos fatores da EUPS para o cálculo das estimativas de perdas de solos.

Os valores estimados distanciaram-se bastante dos observados em um grande número de observações, chegando a apresentar uma diferença maior que o valor da tolerância de perdas em seu nível máximo que seria a média de 9,1 t./ha.ano. Estes valores podem não ter se aproximado dos observados por diversas causas, relatadas a seguir:

1) Origem dos dados das variáveis das equações de determinação do fator K. Deve-se observar aqui que os valores obtidos para o fator K distanciam-se bastante do valor 0,0044 encontrado por Carvalho(1992) para uma das unidades de solo da Estação Experimental de Pindorama;

2) Profundidade de coleta de amostras de solo para estudo da análise granulométrica, pois, amostragens mais profundas ou mais superficiais devem influenciar nos resultados das variáveis das equações utilizadas para gerar o fatores K1 a K4, já que todas as quatro equações levam em sua determinação fatores granulométricos, e,

3) Representatividade da metodologia utilizada para obtenção do fator C, pois seu cálculo envolve informações sobre as fases de desenvolvimento das culturas para serem relacionadas com a distribuição da erosividade da chuva, e, entretanto, a maneira como o desenvolvimento das culturas ocorre no campo pode sofrer variações que podem não ser bem apreciadas no cálculo do mesmo fator.

A obtenção da erosividade decendial, utilizada nos cálculos do fator C, foi feita pela divisão da erosividade mensal por três, representando as três dezenas de dias do mês. Entretanto, precipitações erosivas de grande intensidade, localizadas em determinadas, datas podem ter seus efeitos erosivos mascarados

pela utilização dos dados mensais de erosividade, gerando entretanto valores elevados de perdas observadas, que não foram representadas nas estimativas. Ressalta-se ainda que as datas utilizadas para o cálculo do fator C para uso no SIG foram aproximadas, pois estas são muito variáveis ano a ano na estação, devido a problemas técnicos de condução das culturas. Desta forma, os valores estimados, representados na forma gráfica e também nas imagens geradas, não devem ser utilizados como estimativa, sem a devida cautela de se apreciar estas considerações.

6.5. Equações de determinação do fator erodibilidade do solo

Como já foi abordado, as estimativas de perdas de solo estiveram de maneira geral acima dos dados observados, com exceção de alguns dados observados que apresentaram valores elevados e que foram subestimados nas estimativas.

Com auxílio da tabela 9 e dos gráficos nas figuras 6 a 9, puderam ser efetuadas as discussões seguintes sobre o comportamento das equações de determinação do fator K.

6.5.1. Equação K1

A equação que determinou K1 proporcionou valores de estimativas intermediários quando comparados aos estimados por K2 e K3, porém próximos a K4. Nota-se na equação de determinação de K1, que seus maiores coeficientes multiplicam as variáveis p27 e p39, que apresentaram valores médios e baixos, respectivamente, nas amostragens. As demais variáveis, p52 e p19, apresentaram valores bastante baixos. Logo, a variável que teve mais peso no comportamento da equação K1 foi a p27 para as condições do presente trabalho.

A variável p27 representou a permeabilidade codificada por WISCHMEIER *et al.* (1971), a qual apresenta-se com uma conotação subjetiva, sendo entretanto uma variável de forte peso na equação, devendo portanto ser estimada com bastante rigor e critério.

O teor de matéria orgânica, p39, foi outra variável que teve bastante peso nas determinações do fator K, apesar de seus valores baixos, pois foi multiplicada por um coeficiente alto, participando desta forma em grande parcela do resultado da equação.

6.5.2. Equação K2

A equação que apresentou os menores valores estimados para perdas de solo foi a equação que utilizou o K2. As variáveis x29 e x27 apresentaram

valores médios nas amostragens. Estas variáveis foram multiplicadas por coeficientes de sinal contrário e praticamente se anularam. Novamente é ressaltada a necessidade de uma boa avaliação da permeabilidade (x29), como no caso da equação K1. A variável x27, que representou o diâmetro médio ponderado das partículas menores que 2mm, apresentou valores médios devido a pouca expressão das classes granulométricas areia muito grossa e areia grossa. A variável X32, que representou o quociente da relação entre o teor de matéria orgânica e o teor de areia de 2,0 a 0,1 mm, apresentou valores baixíssimos, devido aos baixos teores de matéria orgânica das amostras de solo analisadas, contribuindo para os baixos valores obtidos pela equação K2.

6.5.3. Equação K3

A equação que determinou o K3 foi a que levou as estimativas de perdas de solo aos maiores valores. Uma possível causa disto esteja na utilização da variável P38 , fator de saturação de cátions dispersantes, relacionada com os níveis de potássio no solo.

As unidades de solo classificadas com maiores valores de K3 apresentaram teores bastante elevados de potássio, o que pode ter sido promovido pela atividade antrópica, através de constantes adubações. Por outro lado, em relação a amostra coletada na mata, tal efeito foi reduzido. Este fato pôde ser melhor observado verificando-se os valores dos níveis de potássio (tabela 6). A amostra 1082, coletada sob mata, apresentou o menor nível de potássio. Contudo, a amostra

1085, coletada em área de cultivos anuais, apresentou o maior nível, o que foi justificado pela intensa adubação. Entretanto, estes níveis mais baixos para a amostra 1082 vão refletir em menores valores da variável P38 e, conseqüentemente, de K3, sobretudo quando comparados a amostra 1085, como pode ser observado nas tabelas 7 e 8.

A variável p57 também foi multiplicada por um coeficiente de valor elevado da equação de determinação de K3. Portanto, apresentou altos valores nas amostras analisadas. Desta forma, contribuiu expressivamente para as elevadas estimativas de perdas de solo.

6.5.4. Equação K4

Uma análise comparativa entre os valores obtidos para as variáveis da equação K4, com relação aos valores observados para os solos da região centro sul do Brasil, ficou dificultada. Isso porque, as unidades utilizadas para as variáveis da equação K4 foram diferentes das utilizadas na literatura consultada. Deve-se ressaltar que esta equação foi desenvolvida a partir da equação K1, na tentativa de eliminar a variável P27, que representou a permeabilidade codificada por WISCHMEIER *et al.* (1971), devido a sua subjetividade. Entretanto, para as condições em que foi conduzido este trabalho, as estimativas obtidas pela utilização da equação K4 pouco diferiram daquelas estimativas obtidas pela equação K1. Este fato levou a conclusão de que sua utilização pode ser uma alternativa para aqueles

casos onde não se deseja utilizar a codificação da permeabilidade, ou não se dispõem de inferências sobre a mesma.

7. CONCLUSÕES

Das avaliações realizadas, concluiu-se que:

- O sistema de posicionamento global, e também o sistema de informação geográfica, foram de grande auxílio na obtenção de estimativas de perdas de solo para a Estação Experimental de Pindorama. Também, sobre a criação de uma base de dados digitais úteis para estudos relacionados ao planejamento conservacionista que necessitem da distribuição espacial da cobertura vegetal, unidades de solos e situação topográfica desta área.
- Os fatores de erodibilidade do solo (K1, K2, K3 e K4), obtidos de 4 diferentes equações apresentaram diferentes comportamentos, com relação ao seus efeitos nas estimativas de perdas de solo obtidas a partir da equação universal de perdas de solo, EUPS.
- As estimativas de perdas de solos nas condições avaliadas e os dados observados em talhões coletores, apresentaram-se bastante distantes, ocorrendo uma superestimação das perdas de solo, requerendo cautela na sua interpretação.

- Os maiores valores estimados foram obtidos pela utilização do fator K3 e os menores pela utilização do fator K2. Os fatores K1 e K4 permitiram a obtenção de valores intermediários.
- A utilização de um modelo digital de elevação, para obtenção do fator LS, conduziu a maiores valores de estimativas de perdas de solo do que a utilização das distâncias horizontais entre terraços.
- Houve maior proximidade entre as estimativas obtidas pela utilização dos fatores K1 e K4 e maior discrepância pela utilização dos fatores K2 e K3, segundo a comparação entre imagens de estimativas de perdas de solo realizada pela aplicação do índice Kappa.
- A concordância entre as imagens, geradas através do modelo digital de elevação, foram superiores a concordância das imagens geradas a partir das distâncias horizontais entre terraços.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSAD, E.D. & SANO, E.E., coords. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: _____. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF. : EMBRAPA -CPAC - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1993, p.89-106.

BACELLAR, A.A.A. **Estudo da erosão na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha - município de Iracemápolis utilizando um sistema de informações geográficas**. Campinas : Universidade Estadual de Campinas, 1994. 37p (Trabalho científico - estágio final de graduação em Engenharia Agrícola).

BARDDAL, S.M., COUTO, H.T.Z. do & SOLAK, L. Fábrica de papel do Paraná usa GPS. **Fator GIS**, 5:22-23, 1994.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Equação de perdas de solo**. Campinas : Instituto Agrônômico de Campinas, 1975, 25p. (Boletim Técnico, 21).

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ed. Ícone, 1990, 355p.

- BINGNER, R.L. Comparison of the components used in several sediment yield models. **Transactions of the ASAE**, 33(4):1229-1238, 1990.
- 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**, 5:183-186, 1981.
- CARVALHO, M.P. **Fator erosividade da chuva-enxurrada para chuvas individuais do estado de São Paulo**. Piracicaba : UNESP, 1992. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu, 1992.
- CARVALHO, M.P., LOMBARDI NETO, F., VASQUES FILHO, J. & CATANEO, A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico textura argilosa / muito argilosa de Mococa (SP): primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:237-242, 1989.
- CAVALIERI, A. **Erodibilidade do solo: avaliação por meio de propriedades físicas e químicas**. Campinas : FEAGRI - UNICAMP, 1994. 80p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, 1994.
- DE LIMA, E.R.V., KUX, H.J.H. & SAUSEN, T.M. Sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapa de riscos de erosão no sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 16:257-263, 1992.

DE MARIA, I.C. **Perdas de terra por erosão hídrica e razão de perdas de solo para sistemas de manejo da cultura do milho.** Piracicaba : ESALQ, 1995. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1995.

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos.** Piracicaba : ESALQ, 1990. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1990.

DIGGELEN, F. van. GPS for GIS - a comparative survey. **GIS World**, 7(10):34-40, 1994.

DONZELI, P.L., VALÉRIO FILHO, M., PINTO, S. dos A.F., NOGUEIRA, F. de P., ROTTA, C.L., & LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F. & CAMARGO, O. A. de, coords. **Microbacia do córrego São Joaquim (município de Pirassununga).** Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1992. p.91-119. (Documentos IAC, 29)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Comissão de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura - Serv. Nac. Pesq. Agron., 1960. 634p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979.

- FORMAGGIO, A.R., ALVES, D.S. & EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 16:249-256, 1992.
- GERNAZIAN, A. & SPERRY, S. The integration of remote sensing and GIS. Atlanta, **Advanced Imaging**, Erdas Inc., 1989, 3p.
- HESSION, W.C. & SHANHOLTZ, V.O. A geographic information system for targeting nonpoint source agricultural pollution. **Journal of Soil and Water Conservation**, 43(3):264-266, 1988.
- LEPSCH, I.F., & VALADARES, J. M. A. S. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Pindorama, SP. **Bragantia**, 35(2):14-40, 1976.
- LEPSCH, I.F. & OLIVEIRA, J. B. de **Explicações sumárias sobre a nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos de São Paulo**, Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1987, 36p. (Boletim Técnico, 117).
- LEPSCH, I.F., BELLINAZZI Jr., R., BERTOLINI, D. & SPINDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação, 2ª imp. rev., Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1991. 175p.
- LOMBARDI NETO, F., BELLINAZZI JÚNIOR, R., GALETI, P. A., BERTOLINI, D., LEPSCH, I.F., OLIVEIRA, J. B. de. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: LOMBARDI NETO, F. & BELLINAZZI JUNIOR, R., coords. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas, Fundação Cargill, 1989. p.99-135.

- LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, 5(2):189-196, 1992.
- MARGOLIS, E., SILVA, A.B. da & JACQUES, F. de O. Determinação dos fatores da equação universal das perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9(2):165-169, 1985.
- MEREGE FILHO, P. GPS - Ficou mais fácil se posicionar. **Fator GIS**, 1:23-24, 1993.
- PELLETIER, R.E. Evaluating nonpoint pollution using remotely sensed data in soil erosion models. **Journal of Soil and Water Conservation**, 40(5):332-335, 1985.
- PINTO, S.A.F., VALÉRIO FILHO, M. & GARCIA, G.J. Utilização de imagens TM/LANDSAT na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:101-110, 1989.
- RAIJ, B.van., QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- ROCHA, J. V. **The influence of ground survey size on accuracy of area estimates from satellite images**. Volume 1 de 2. Tese (Doutorado) Silsoe College, 1992. 109 pags.

- ROCHA, J.V., LOMBARDI NETO, F., BACELLAR, A.A.A. **Cálculo do fator comprimento de rampa (L): uma metodologia para uso em sistema de informação geográfica.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5.: 1995. Resumos expandidos. Baurú. ABGE/UNESP.
- ROLOFF, G. & DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, Florianópolis, SC, 1994. **Resumos....**Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. 428p.
- SCOPEL, I. **Avaliação da Erosão com Auxílio de Técnicas de Sensoriamento Remoto e da Equação Universal de Perdas de Solo a Nordeste de Cornélio Procópio.** Curitiba : UFPR, 1988. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1988.
- SOSA, D.A. **Erosividade da chuva. Distribuição e correlação com a perda de solo para Pindorama, São Paulo, Brasil.** Piracicaba : ESALQ, 1987. 105p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1987.
- VENTURA, S.J. & , CHRISMAN, N.R., coords. A land information system for soil erosion control planning. **Journal of Soil and Water Conservation**, 43(3):230-233, 1988.
- VETTORAZZI, C.A., ANGULO FILHO, R. & COUTO, H.T.Z. do. Sistema de posicionamento global - GPS. **Engenharia Rural**, 5(2):61-70, 1994.
- WALSH, S.J. Geographic information systems for natural resource management. **Journal of Soil and Water Conservation**, 40(2):202-205, 1985.

WISCHMEIER, W.H. The USLE: Some reflections. **Journal of Soil and Water Conservation**, 105-106, March-April, 1984.

WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, 26(5):189-193, 1971.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion - a guide to conservation planning**. Washington, USDA, U.S Government Printing Office, 1978. 58p. (Agriculture handbook, 537).

Apêndice

Tabela 16. Distribuição decendial da erosividade - % do total anual.

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Média*
10/jan	4,08	5,63	4,30	4,57	4,03	4,02	2,90	6,17	4,31	7,29	14,93	6,26	13,95	6,98
20/jan	4,08	5,63	4,30	4,57	4,03	4,02	2,90	6,17	4,31	7,29	14,93	6,26	13,95	6,98
30/jan	4,08	5,63	4,30	4,57	4,03	4,02	2,90	6,17	4,31	7,29	14,93	6,26	13,95	6,98
10/fev	0,94	4,29	3,01	14,56	0,53	4,27	3,68	4,33	5,36	4,00	6,45	4,65	3,73	5,50
20/fev	0,94	4,29	3,01	14,56	0,53	4,27	3,68	4,33	5,36	4,00	6,45	4,65	3,73	5,50
29/fev	0,94	4,29	3,01	14,56	0,53	4,27	3,68	4,33	5,36	4,00	6,45	4,65	3,73	5,50
10/mar	8,41	7,19	0,56	0,70	3,37	3,02	3,29	7,53	7,43	4,20	0,63	2,61	2,31	3,89
20/mar	8,41	7,19	0,56	0,70	3,37	3,02	3,29	7,53	7,43	4,20	0,63	2,61	2,31	3,89
30/mar	8,41	7,19	0,56	0,70	3,37	3,02	3,29	7,53	7,43	4,20	0,63	2,61	2,31	3,89
10/abr	6,21	0,37	2,93	0,77	3,73	0,00	1,47	6,47	0,79	0,68	2,00	0,65	4,05	1,99
20/abr	6,21	0,37	2,93	0,77	3,73	0,00	1,47	6,47	0,79	0,68	2,00	0,65	4,05	1,99
30/abr	6,21	0,37	2,93	0,77	3,73	0,00	1,47	6,47	0,79	0,68	2,00	0,65	4,05	1,99
10/mai	0,76	0,11	0,00	3,31	1,07	1,77	2,75	0,37	0,00	0,19	1,61	0,78	0,37	1,05
20/mai	0,76	0,11	0,00	3,31	1,07	1,77	2,75	0,37	0,00	0,19	1,61	0,78	0,37	1,05
30/mai	0,76	0,11	0,00	3,31	1,07	1,77	2,75	0,37	0,00	0,19	1,61	0,78	0,37	1,05
10/jun	0,09	0,31	0,45	0,53	1,93	0,28	0,00	1,66	2,16	0,08	0,05	0,00	0,00	0,60
20/jun	0,09	0,31	0,45	0,53	1,93	0,28	0,00	1,66	2,16	0,08	0,05	0,00	0,00	0,60
30/jun	0,09	0,31	0,45	0,53	1,93	0,28	0,00	1,66	2,16	0,08	0,05	0,00	0,00	0,60
10/jul	0,13	0,00	3,47	0,00	0,00	0,85	0,12	0,00	0,00	0,00	0,04	0,75	0,00	0,55
20/jul	0,13	0,00	3,47	0,00	0,00	0,85	0,12	0,00	0,00	0,00	0,04	0,75	0,00	0,55
30/jul	0,13	0,00	3,47	0,00	0,00	0,85	0,12	0,00	0,00	0,00	0,04	0,75	0,00	0,55
10/ago	0,19	0,00	0,00	1,88	0,28	0,00	0,11	0,00	0,00	0,59	0,00	1,63	0,00	0,46
20/ago	0,19	0,00	0,00	1,88	0,28	0,00	0,11	0,00	0,00	0,59	0,00	1,63	0,00	0,46
30/ago	0,19	0,00	0,00	1,88	0,28	0,00	0,11	0,00	0,00	0,59	0,00	1,63	0,00	0,47
10/set	0,20	0,50	0,57	1,35	4,23	1,08	5,06	1,09	0,00	0,42	0,86	1,00	0,00	1,11
20/set	0,20	0,50	0,57	1,35	4,23	1,08	5,06	1,09	0,00	0,42	0,86	1,00	0,00	1,11
30/set	0,20	0,50	0,57	1,35	4,23	1,08	5,06	1,09	0,00	0,42	0,86	1,00	0,00	1,11
10/out	3,08	0,80	1,87	0,44	0,77	1,47	1,75	0,40	5,76	2,78	2,28	0,76	0,11	2,22
20/out	3,08	0,80	1,87	0,44	0,77	1,47	1,75	0,40	5,76	2,78	2,28	0,76	0,11	2,22
30/out	3,08	0,80	1,87	0,44	0,77	1,47	1,75	0,40	5,76	2,78	2,28	0,76	0,11	2,22
10/nov	1,36	1,01	8,77	3,50	2,39	1,81	5,28	0,16	2,25	6,00	1,27	12,70	6,67	3,51
20/nov	1,36	1,01	8,77	3,50	2,39	1,81	5,28	0,16	2,25	6,00	1,27	12,70	6,67	3,51
30/nov	1,36	1,01	8,77	3,50	2,39	1,81	5,28	0,16	2,25	6,00	1,27	12,70	6,67	3,51
10/dez	7,92	13,13	7,40	1,72	11,00	14,77	6,93	5,17	5,28	7,12	3,21	1,54	2,13	5,47
20/dez	7,92	13,13	7,40	1,72	11,00	14,77	6,93	5,17	5,28	7,12	3,21	1,54	2,13	5,47
30/dez	7,92	13,13	7,40	1,72	11,00	14,77	6,93	5,17	5,28	7,12	3,21	1,54	2,13	5,47
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

* Valores obtidos da coluna de valores médios na tabela 4.

Tabela 17. Fator C calculado a partir da erosividade decendial média (tabela 16) e datas aproximadas de plantio.

Culturas / Fases anuais	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
Trigo/Milho-Sorgo						
Prep-30d apos Plant.	1/mai	10/jun	3,75	38	0.0001	0,01425
30-60 d.	10/jun	10/jul	1,75	30	0.0001	0,00525
60 d. - Colh.	10/jul	10/set	3,60	17	0.0001	0,00612
Colh. - Prep.	10/set	1/out	2,22	4	0.0001	0,000888
Prep. - Plant.	1/out	10/out	2,22	24	0.0001	0,005328
Plant. - 35 d.	10/out	15/nov	9,71	34	0.0001	0,032997
35-60 d.	15/nov	10/dez	10,74	14	0.0001	0,015029
60-80 d.	10/dez	1/jan	10,94	9	0.0001	0,009846
80 d. - Colh.	1/jan	10/mar	41,33	6	0.0001	0,024798
Colh. - Prep.	10/mar	1/mai	13,75	1	0.0001	0,001375
Total anual			100,00			0,115881
Trigo/Soja						
Prep-30d apos Plant.	1/mai	10/jun	3,75	38	0.0001	0,01425
30-60 d.	10/jun	10/jul	1,75	30	0.0001	0,00525
60 d. - Colh.	10/jul	10/set	3,60	17	0.0001	0,00612
Colh. - Prep.	10/set	1/out	2,22	4	0.0001	0,000888
Prep. - Plant.	1/out	10/out	2,22	35	0.0001	0,00777
Plant.-30 d.	10/out	10/nov	7,95	30	0.0001	0,02385
30-60 d.	10/nov	10/dez	12,49	20	0.0001	0,02498
60 d.-Colh.	10/dez	10/fev	37,38	20	0.0001	0,07476
Colh.-Prep.	10/fev	1/mai	28,64	5	0.0001	0,01432
Total anual			100,00			0,172188
Soja/Pousio						
Prep. - Plant.	1/out	10/out	2,22	35	0.0001	0,00777
Plant.-30 d.	10/out	10/nov	7,95	30	0.0001	0,02385
30-60 d.	10/nov	10/dez	12,49	20	0.0001	0,02498
60 d.-Colh.	10/dez	10/fev	37,38	20	0.0001	0,07476
Colh.-Prep.	10/fev	1/mai	28,64	5	0.0001	0,01432
Colh.-Prep.	1/mai	1/out	11,32	1	0.0001	0,001132
Total anual			100,00			0,146812
Milho-Sorgo/Pousio						
Prep.-Plant.	10/nov	20/nov	3,51	24	0.0001	0,008424
Plant.-35 d.	20/nov	25/dez	17,19	34	0.0001	0,058429
35-60 d.	25/dez	20/jan	16,70	14	0.0001	0,023373
60-80 d.	20/jan	10/fev	12,48	9	0.0001	0,011232
80 d.-Colh.	10/fev	20/abr	26,65	6	0.0001	0,01599
Colh.-Prep.	20/abr	10/nov	23,48	1	0.0001	0,002348
Total anual			100,00			0,119796
Mucuna/Pousio						
Prep.-Plant.	10/out	20/out	2,22	35	0.0001	0,00777
Plant.-30 d.	20/out	20/nov	9,24	28	0.0001	0,025872
30-60 d.	20/nov	20/dez	14,45	37	0.0001	0,053465
60-90 d.	20/dez	20/jan	19,43	17	0.0001	0,033031
90 d.-Colh.	20/jan	20/mar	31,26	9	0.0001	0,028134
Colh.-Prep.	20/mar	10/out	23,40	1	0.0001	0,00234
Total anual			100,00			0,150612

Tabela 17. Fator C calculado a partir da erosividade decendial média (tabela 16) e datas aproximadas de plantio (continuação).

Culturas / Fases anuais	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
Cana						
Prep.-Plant.	1/nov	10/nov	3,5	35	0.0001	0,012285
Plant.-60 d.	10/nov	10/jan	30,4	23	0.0001	0,069943
60-120 d.	10/jan	10/mar	34,4	37	0.0001	0,127095
120-360 d.(1º corte)	10/mar	10/mar	100,0	10	0.0001	0,1
360-720 d.(2º corte)	10/mar	10/mar	100,0	5	0.0001	0,05
720-1080 d.(3º corte)	10/mar	10/mar	100,0	1	0.0001	0,01
1080-1440 d.(4º corte)	10/mar	10/mar	100,0	1	0.0001	0,01
4º corte-Prep.	10/mar	1/nov	31,7	1	0.0001	0,003173
Total de 5 anos			500,0			0,382496
Total anual			100,0			0,095624
Citrus-Frutíferas-Urucum						
1º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
2º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
3º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
4º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
5º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
6º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
7º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
8º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
9º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
10º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
11º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
12º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
13º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
14º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
15º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
Total de 15 anos			1500			1,15
Total anual			100			0,0766667
Café						
1º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
2º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
3º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
4º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
5º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
6º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
7º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
8º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
9º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
10º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
11º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
12º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
13º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
14º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
15º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
Total de 15 anos			1500			1,35
Total anual			100			0,09

Tabela 17. Fator C calculado a partir da erosividade decennial média (tabela 16) e datas aproximadas de plantio (continuação).

Culturas / Fases anuais	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
Pupunha						
1º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
2º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
3º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
4º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
5º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
6º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
7º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
8º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
9º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
10º ano	10/out	10/out	100	5	0.0001	0,05
Total de 10 anos			1000			0,7
Total anual			100			0,07
Seringueira						
1º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
2º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
3º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
4º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
5º ano	10/out	10/out	100	15	0.0001	0,15
6º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
7º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
8º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
9º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
10º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
11º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
12º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
13º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
14º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
15º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
16º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
17º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
18º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
19º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
20º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
21º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
22º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
23º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
24º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
25º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
26º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
27º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
28º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
29º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
30º ano	10/out	10/out	100	2	0.0001	0,02
Total de 30 anos			3000			1,25
Total anual			100			0,04166667

Tabela 17. Fator C calculado a partir da erosividade decendial média (tabela 16) e datas aproximadas de plantio (continuação).

Culturas / Fases anuais	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
Pasto						
1º ano	10/out	10/out	100	40	0.0001	0,4
2º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
3º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
4º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
5º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
6º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
7º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
8º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
9º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
10º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
11º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
12º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
13º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
14º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
15º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
16º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
17º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
18º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
19º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
20º ano	10/out	10/out	100	4	0.0001	0,04
Total de 20 anos			2000			0,96
Total anual			100			0,048

Tabela 18. Cálculo do fator C para a cultura de Soja/pousio.

Ano	Soja/Pousio	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
73/74	Prep. - Plant.	10/out/73	15/out/73	1,54	35	0.0001	0,0054
	Plant.-30 d.	15/out/73	15/nov/73	6,65	30	0.0001	0,0199
	30-60 d.	15/nov/73	15/dez/73	13,91	20	0.0001	0,0278
	60 d.-Colh.	15/dez/73	01/abr/74	63,20	20	0.0001	0,1264
	Colh.-Prep.	01/abr/74	01/out/74	3,87	5	0.0001	0,0019
Total				89,17			0,1815
74/75	Prep. - Plant.	01/out/74	30/out/74	2,39	35	0.0001	0,0084
	Plant.-30 d.	30/out/74	30/nov/74	3,03	30	0.0001	0,0091
	30-60 d.	30/nov/74	30/dez/74	39,38	20	0.0001	0,0788
	60 d.-Colh.	30/dez/74	10/abr/75	26,54	20	0.0001	0,0531
	Colh.-Prep.	10/abr/75	30/set/75	19,34	5	0.0001	0,0097
Total				90,68			0,1590
75/76	Prep. - Plant.	30/set/75	10/nov/75	14,38	35	0.0001	0,0503
	Plant.-30 d.	10/nov/75	10/dez/75	24,94	30	0.0001	0,0748
	30-60 d.	10/dez/75	10/jan/76	19,38	20	0.0001	0,0388
	60 d.-Colh.	10/jan/76	20/abr/76	56,47	20	0.0001	0,1129
	Colh.-Prep.	20/abr/76	20/set/76	20,61	5	0.0001	0,0103
Total				135,78			0,2872
76/77	Prep. - Plant.	20/set/76	30/jan/77	28,70	35	0.0001	0,1005
	Plant.-30 d.	30/jan/77	30/fev/77	1,59	30	0.0001	0,0048
	30-60 d.	30/fev/77	30/mar/77	10,10	20	0.0001	0,0202
	60 d.-Colh.	30/mar/77	10/jun/77	16,34	20	0.0001	0,0327
	Colh.-Prep.	10/jun/77	01/set/77	4,72	5	0.0001	0,0024
Total				61,46			0,1605
77/78	Prep. - Plant.	01/set/77	20/dez/77	44,17	35	0.0001	0,1546
	Plant.-30 d.	20/dez/77	20/jan/78	19,05	30	0.0001	0,0571
	30-60 d.	20/jan/78	20/fev/78	12,55	20	0.0001	0,0251
	60 d.-Colh.	20/fev/78	25/abr/78	13,32	20	0.0001	0,0266
	Colh.-Prep.	25/abr/78	25/jul/78	8,28	5	0.0001	0,0041
Total				97,37			0,2676
78/79	Prep. - Plant.	25/jul/78	30/out/78	8,08	35	0.0001	0,0283
	Plant.-30 d.	30/out/78	30/nov/78	5,42	30	0.0001	0,0163
	30-60 d.	30/nov/78	30/dez/78	44,30	20	0.0001	0,0886
	60 d.-Colh.	30/dez/78	20/abr/79	32,56	20	0.0001	0,0651
	Colh.-Prep.	20/abr/79	20/ago/79	10,29	5	0.0001	0,0051
Total				100,65			0,2034
79/80	Prep. - Plant.	20/ago/79	15/out/79	17,90	35	0.0001	0,0626
	Plant.-30 d.	15/out/79	15/nov/79	10,54	30	0.0001	0,0316
	30-60 d.	15/nov/79	15/dez/79	18,31	20	0.0001	0,0366
	60 d.-Colh.	15/dez/79	20/mar/80	56,93	20	0.0001	0,1139
	Colh.-Prep.	20/mar/80	20/set/80	35,21	5	0.0001	0,0176
Total				138,89			0,2624
Total 7 anos				714,00			1,5215
Média 7 anos				102,00			0,2174

Tabela 19. Cálculo do fator C para a cultura de milho contínuo.

Ano	Milho contínuo	Data	Data	Ri - %	RPSi - %	Fator correção	Fator C
78/79	Prep. - Plant.	25/jul/78	25/out/78	7,35	24	0.0001	0,0176
	Plant. - 35 d.	25/out/78	30/nov/78	6,16	34	0.0001	0,0209
	35-60 d.	30/nov/78	25/dez/78	36,92	14	0.0001	0,0517
	60-80 d.	25/dez/78	15/jan/79	11,73	9	0.0001	0,0106
	80 d. - Colh.	15/jan/79	20/abr/79	28,21	6	0.0001	0,0169
	Colh. - Prep.	20/abr/79	20/ago/79	10,29	5	0.0001	0,0051
Total				100,65			0,1229
79/80	Prep. - Plant.	20/ago/79	15/out/79	17,90	24	0.0001	0,0430
	Plant. - 35 d.	15/out/79	20/nov/79	13,18	34	0.0001	0,0448
	35-60 d.	20/nov/79	15/dez/79	15,67	14	0.0001	0,0219
	60-80 d.	15/dez/79	05/jan/80	13,48	9	0.0001	0,0121
	80 d. - Colh.	05/jan/80	20/abr/80	63,92	6	0.0001	0,0383
	Colh. - Prep.	20/abr/80	20/set/80	14,75	5	0.0001	0,0074
Total				138,89			0,1676
80/81	Prep. - Plant.	20/set/80	15/out/80	1,68	24	0.0001	0,0040
	Plant. - 35 d.	15/out/80	20/nov/80	0,91	34	0.0001	0,0031
	35-60 d.	20/nov/80	15/dez/80	7,91	14	0.0001	0,0111
	60-80 d.	15/dez/80	05/jan/81	9,91	9	0.0001	0,0089
	80 d. - Colh.	05/jan/81	20/abr/81	50,71	6	0.0001	0,0304
	Colh. - Prep.	20/abr/81	05/out/81	10,15	5	0.0001	0,0051
Total				81,28			0,0626
81/82	Prep. - Plant.	05/out/81	30/out/81	14,41	24	0.0001	0,0346
	Plant. - 35 d.	30/out/81	05/dez/81	9,38	34	0.0001	0,0319
	35-60 d.	05/dez/81	30/dez/81	13,19	14	0.0001	0,0185
	60-80 d.	30/dez/81	20/jan/82	14,59	9	0.0001	0,0131
	80 d. - Colh.	20/jan/82	15/mai/82	34,20	6	0.0001	0,0205
	Colh. - Prep.	15/mai/82	10/out/82	6,33	5	0.0001	0,0032
Total				92,09			0,1217
82/83	Prep. - Plant.	10/out/82	20/out/82	2,78	24	0.0001	0,0067
	Plant. - 35 d.	20/out/82	25/nov/82	17,77	34	0.0001	0,0604
	35-60 d.	25/nov/82	20/dez/82	17,23	14	0.0001	0,0241
	60-80 d.	20/dez/82	10/jan/83	22,05	9	0.0001	0,0198
	80 d. - Colh.	10/jan/83	15/mai/83	59,52	6	0.0001	0,0357
	Colh. - Prep.	15/mai/83	05/out/83	6,41	5	0.0001	0,0032
Total				125,75			0,1499
83/84	Prep. - Plant.	05/out/83	25/nov/83	8,88	24	0.0001	0,0213
	Plant. - 35 d.	25/nov/83	30/dez/83	10,25	34	0.0001	0,0349
	35-60 d.	30/dez/83	25/jan/84	15,64	14	0.0001	0,0219
	60-80 d.	25/jan/84	15/fev/84	10,11	9	0.0001	0,0091
	80 d. - Colh.	15/fev/84	20/mai/84	18,35	6	0.0001	0,0110
	Colh. - Prep.	20/mai/84	15/nov/84	32,23	5	0.0001	0,0161
Total				95,46			0,1143
Total 6anos				634,12			0,7391
Média 6anos				105,69			0,1232

Tabela 21. Valores utilizados para cálculo das estimativas de perdas de solo (A1, A2, A3 e A4) e valores observados de perdas de solo na estação experimental de Pindorama..

Cobertura vegetal	Ano	Observ.	A1	A2	A3	A4	R	K1	K2	K3	K4	LS	C	P
Soja/ Pousio	73/74	1,79	13,27	4,59	13,27	9,69	4007	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1815	0,5
	74/75	0,88	14,24	4,93	14,24	10,41	4911	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1590	0,5
	75/76	9,27	52,79	18,27	52,79	38,57	10077	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,2872	0,5
	76/77	3,11	12,03	4,16	12,03	8,79	4110	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1605	0,5
	77/78	0,41	29,96	10,37	29,96	21,89	6136	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,2676	0,5
	78/79	0,26	23,76	8,22	23,76	17,36	6403	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,2034	0,5
	79/80	9,71	39,76	13,76	39,76	29,06	8308	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,2624	0,5
Café Recep.	73/74	35,64	14,40	8,00	22,40	19,20	4060	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,1500	0,5
	74/75	3,76	23,90	13,28	37,18	31,87	6740	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,1500	0,5
	75/76	29,33	27,47	15,26	42,72	36,62	7745	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,1500	0,5
	76/77	0,01	6,54	3,63	10,17	8,72	5532	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,0500	0,5
	77/78	0,02	7,37	4,09	11,46	9,83	6235	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,0500	0,5
	78/79	1,45	6,20	3,44	9,64	8,26	5242	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,0500	0,5
	79/80	19,28	7,46	4,14	11,60	9,94	6309	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,0500	0,5
Mata	80/81	4,58	7,47	4,15	11,62	9,96	6322	0,027	0,015	0,042	0,036	1,75	0,0500	0,5
	78/79	0,10	0,06	0,02	0,06	0,04	5242	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	79/80	1,40	0,07	0,02	0,07	0,05	6309	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	80/81	0,00	0,07	0,02	0,07	0,05	6322	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	81/82	0,00	0,10	0,03	0,10	0,07	8812	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	82/83	0,00	0,17	0,06	0,17	0,12	15232	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	83/84	0,00	0,04	0,02	0,04	0,03	4082	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
Milho Contínuo	84/85	0,00	0,04	0,01	0,04	0,03	3208	0,026	0,009	0,026	0,019	2,12	0,0010	0,2
	78/79	10,02	28,70	9,94	28,70	18,66	6403	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1229	1,0
	79/80	10,36	50,23	17,39	50,23	36,70	8216	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1676	1,0
	80/81	10,81	13,66	4,73	13,66	9,98	5978	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,0626	1,0
	81/82	59,31	31,68	10,97	31,68	23,15	7132	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1217	1,0
	82/83	122,88	80,74	27,95	80,74	59,00	14758	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1499	1,0
Total %1*	83/84	16,51	29,11	10,08	29,11	21,28	6982	0,026	0,009	0,026	0,019	1,40	0,1143	1,0
	Total %1*		75	60,7	78,6	75								
Total %2*	Total %2*		25	39,3	21,4	25								

* Total %1 = Total percentual de valores superestimados.

* Total %2 = Total percentual de valores subestimados.