**FOTOINTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO CONSERVACIONISTA
DO USO DA TERRA EM TRÊS DECÊNIOS, DA FAZENDA
MILHO HÍBRIDO “ATALIBA LEONEL” - MANDURI, SP**

ARMANDO VALLER AMANCIO

Engenheiro - Agrônomo

Orientador : Prof. Dr. VALDEMAR ANTONIO DEMÉTRIO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1986

Aos meus pais,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Dr. Valdemar Antonio Demétrio, pela orientação, amizade e estímulo, colaborando de forma decisiva na elaboração deste trabalho.
- Ao Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, por permitir a realização desta Dissertação.
- Ao Engenheiro-Agrônomo Edson Carraro, do Departamento de Extensão Rural, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Campinas, SP.
- Ao Engenheiro-Agrônomo Pedro Luiz Donzeli, da Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico, Campinas.
- Ao Professor Dr. Otávio Freire, da ESALQ/USP.
- Ao Professor Dr. Geraldo Victorino de França, da ESALQ/USP.
- Ao Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, pela disponibilidade dos equipamentos e pessoal.

Í N D I C E

	Pág.
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 - Imagens Aerofotográficas na Interpretação e Mapeamento do Uso do Solo.....	4
2.2 - Equação Universal de Perdas de Solo	11
2.2.1 - Estimativas de perdas de solo	12
2.2.2 Fatores que influem nas perdas de solo	15
3. MATERIAL E MÉTODO	24
3.1 - Material.....	24
3.1.1 - Área de estudo.....	24
3.1.2 - Fotografias aéreas	29
3.1.3 - Cartas	29
3.1.4 - Instrumentos de interpretação, desenho e medição	30
3.2 - Método	31
3.2.1 - Escolha da área de estudo.....	31
3.2.2 - Interpretação aerofotográfica e mapeamento	32
3.2.3 - Equação universal de perdas de solo	32

3.2.3.1 - Estimativa da erosividade da chuva (R)	33
3.2.3.2 - Estimativa da erodibilidade do solo (K)	33
3.2.3.3 - Estimativa do fator topográfico (LS)	33
3.2.3.4 - Estimativa do fator uso e manejo (C)	34
3.2.3.5 - Estimativa do fator práticas conservacionistas (P)	35
3.2.3.6 - Estimativa das perdas de solo	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 - Interpretação Aerofotográfica e Mapeamento da Área de Estudo	37
4.2 - Equação Universal de Perdas de Solo, Valor dos Fatores que Influem e Estimativa de Perdas de Solo	38
4.2.1 - Erosividade da chuva (R)	38
4.2.2 - Erodibilidade do solo (K)	39
4.2.3 - Fator topográfico (LS)	39
4.2.4 - Fator uso e manejo (C)	49
4.2.5 - Fator práticas conservacionistas (P)	51
4.2.6 - Estimativas das perdas de solo ...	51

	Pág
5. CONCLUSÕES.....	57
5.1 - Conclusões parciais.....	57
5.2 - Conclusão principal.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

FOTOINTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO CONSERVACIONISTA DO USO DA
TERRA EM TRÊS DECÊNIOS, DA FAZENDA MILHO HÍBRIDO " ATALIBA
LEONEL " - MANDURI, SP

Candidato: Armando Valler Amancio

Orientador: Prof. Dr. Valdemar Antonio Demétrio

R E S U M O

O estudo do uso da terra através de fotointerpretação, verificando o aspecto evolutivo bem como a avaliação de perdas de solo em culturas anuais, foi realizado em área da Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel", localizada em Manduri, SP, (latitude - $23^{\circ}04'S$; longitude - $49^{\circ}21'W$; altitude 600 m).

A fotointerpretação foi baseada em fotos aéreas verticais pancromáticas obtidas em 1949, 1962, e 1972. Foram elaboradas também cartas do uso do solo para cada um dos anos estudados.

A estimativa de perdas de solo foi realizada para a cultura do milho, pela aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo, tendo se estimado também seus fatores determinantes para as condições locais.

Os valores médios estimados para as perdas de solo estão dentro dos limites aceitos de tolerância, embora algumas glebas ultrapassa tais limites em 1949 e 1972.

PHOTOINTERPRETATION AND CONSERVATIONIST EVALUATION OF THE
LAND UTILIZATION IN THREE DECADES, OF THE FAZENDA MILHO HÍ
BRIDO "ATALIBA LEONEL", MANDURI COUNTY, SP

Candidate: Armando Valler Amancio

Adviser: Prof. Dr. Valdemar Antonio Demétrio

S U M M A R Y

The study of land utilization through photointerpretation was undertaken objecting the evolutive aspect as well as the soil loss evaluation in annual crops in area of the Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel", in Mandury county, SP (latitude - $23^{\circ}04'S$; longitude - $49^{\circ}21'W$; altitude - 600m).

The photointerpretation was based unpon vertical aerial panchromatic photographs obtained, respectively in 1949, 1962 and 1972. Charts of the land use were also made for each year studied.

For maize crops the estimation of the soil losses was made by application of the Universal Soil Loss Equation being its determinant factors also estimated for the

local conditions.

The mean estimated values of the soil loss are within the accepted tolerance limits although some lots exceeded such limits , in 1949 and 1972.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se preservar os recursos naturais de caráter renovável é atualmente um fato que está sensibilizando cada vez mais a população humana. O solo, as florestas e a fauna silvestre, são alguns destes recursos naturais que não vêm sendo suficientemente respeitados pelo avanço da exploração econômica, fato este que como consequência, vem causando desequilíbrios ambientais em muitas regiões do mundo.

A agricultura realizada de maneira desordenada, sem preocupação com as limitações e capacidade de sustentação de determinados solos, é um elemento de esgotamento de recursos naturais, mormente o solo, que é aquele que suporta toda a cobertura vegetal da terra, sem a qual

os seres vivos não poderiam existir.

O controle do uso da terra pelo reconhecimento e acompanhamento periódico, pode alertar para os problemas que surgem no tocante à conservação do solo. Com este propósito, ou seja, o de observar as variações do uso da terra, as técnicas de sensoriamento remoto, entre elas as fotografias aéreas verticais, são de grande valia e, segundo COELHO (1972), traduzem o esforço humano no sentido de obter informações melhores, mais extensivas, em prazos mais curtos, com repetibilidade e grande economia.

Para a realização de um tipo de agricultura que possibilite uma satisfatória produção de alimentos com um mínimo de desgaste para o solo, o planejamento conservacionista é indiscutivelmente necessário. Neste sentido, a utilização da Equação Universal de Perdas de Solo é considerada hoje de grande valor para tais fins, objetivando uma avaliação potencial das perdas de solo.

Este trabalho tem como objetivo determinar, através de fotointerpretação, o uso da terra em três anos distintos (1949, 1962 e 1972) da Fazenda de Milho Híbrido "Ataliba Leonel", Manduri, SP, de propriedade da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Visa também avaliar, pela Equação Universal de Perdas de Solo, as perdas ocorridas por glebas, com a cultura de milho, pa-

ra cada um dos três anos citados, verificando se os resultados estão dentro dos padrões de tolerância de erosão para solos, tidos como aceitáveis dentro do atual conhecimento ciêntífico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Imagens Aerofotográficas na Interpretação e Mapeamento do Uso da Terra

O estudo do uso da terra vem se tornando de grande importância na medida em que se notam os graves desequilíbrios no ambiente causados pelo seu uso desordenado. Com este propósito, ou seja, o de registrar e acompanhar as alterações causadas pela ação do homem, a utilização de imagens aerofotográficas tem se mostrado de grande valia.

Segundo RABBEN (1960), a grande utilização da fotografia aérea é devida a três motivos principais:

- a) a grande superfície terrestre que é representada em cada fotografia;
- b) as imagens tridimensionais da superfície terrestre e dos objetos nela localizados, proporcionada pelos pares estereoscópicos;
- c) o caráter permanente das imagens dos objetos, a possibilidade de medições destes objetos e as condições favoráveis de trabalho.

RABBEN (1960) comenta que, para a identificação de objetos nunca vistos anteriormente ou para o entendimento do significado de objetos já identificados, o intérprete utiliza o "princípio da convergência de evidências" desenvolvido por Colwell: podem existir vários indícios sobre a identidade de um objeto desconhecido; nenhum destes indícios é infalível, mas se todos, ou a maioria deles apontar para a mesma conclusão, esta será provavelmente correta.

Concordando com a importância na fotointerpretação de se combinar uma visão geral com estudo intensivo, RABBEN (1960) acredita que fotointerpretação é uma arte de probabilidades e refere-se ao termo "chave da interpretação" como auxiliar do intérprete, no sentido de organizar as informações presentes nas imagens fotográficas,

orientando-o para a correta identificação dos objetos desconhecidos.

RABBEN (1960), RAY (1963) e RICCI e PETRI (1965) sugerem que a fotointerpretação deve constar de duas etapas: a primeira é objetiva e nela é feita observação, coleta de dados, medição e identificação dos objetos registrados nas fotografias aéreas; a segunda envolve estudo e dedução de informações, que são aplicadas na solução de um problema.

Segundo SANTOS *et alii* (1980), as características mais importantes na interpretação de vegetação e áreas agrícolas em imagens fotográficas são: tonalidade, textura, padrão, forma, dimensão, sombra, cor, sítio topográfico e relações de aspecto.

Com relação à tonalidade, SANTOS *et alii* (1980) afirmam que diferenças de tons podem aparecer em um mesmo tipo de cultura, pois o aspecto da cobertura vegetal varia bastante de acordo com a época do ano, e o padrão térmico-pluvial é bastante oscilante em certas áreas tropicais. Citam também que os sistemas de cultivo resultam em configurações mal definidas para os terrenos cultivados e que o aspecto das culturas causam grandes modificações no tom fotográfico.

Segundo SANTOS *et alii* (1980), toda a vegetação de porte baixo, como pastagens, campos e áreas gramadas, e também culturas como o milho início de seu desenvolvimento, aparecem com tonalidade clara, quando não se encontram em áreas extremamente úmidas. O milho quando totalmente desenvolvido, aparece nas fotografias aéreas com tonalidade escura. Cobertura vegetal densa, como áreas reflorestadas formadas e floresta natural, aparecem com tonalidade escura, enquanto que áreas recém-reflorestadas e áreas com vegetação natural em início de regeneração aparecem com tonalidade clara.

KOFFLER *et alii* (1979) desenvolveram uma chave de interpretação definida a partir de fotografias aéreas em preto-e-branco, na escala 1:35.000, em que cultura temporária, pastagem, reflorestamento, mata e capoeira apresentam as seguintes descrições:

Cultura temporária: baixa ocorrência de carreadores, baixa subdivisão em glebas quando as áreas cultivadas são extensas, ausência de diferentes estágios de desenvolvimento simultâneos, curvas de nível mais frequentes e evidentes dentro das glebas.

a) Cultura estabelecida (de inverno)

Textura:	fina e contínua
Porte:	rasteiro e baixo
Tonalidade:	cinza claro ou médio

b) Restos culturais (características diferenciais)

Tonalidade: cinza claro

Aspectos associados: restos enleirados, bandeiras (áreas de amontoamento da colheita)

Pastagem:

Textura: fina, homogênea, ligeiramente aveludada

Porte: rasteiro, não perceptível ao estereoscópio

Tonalidade: cinza claro e médio

Aspectos associados: aguadas, bebedouros, cercas, currais e trilhas

Reflorestamento: formações arbóreas homogêneas, instaladas pelo homem.

Textura: fina e média

Porte: médio e alto

Tonalidade: cinza médio a escuro intenso

Aspectos associados: telhado uniforme, em geral limites regulares e carregadores definidos

Mata:

Textura: média e grossa

Porte: alto

Tonalidade: cinza médio a escuro

Aspectos associados: telhado desuniforme, geralmente limites irregulares e ausência de carreadores

Capoeira:

Textura: fina e/ou média

Porte: médio

Tonalidade: cinza médio

Aspectos associados: telhado uniforme ou desuniforme

MARCHETTI e GARCIA (1978) dão a seguinte descrição, como chave de interpretação, para culturas anuais e cafezal:

Culturas anuais: formas regulares; ausência de sombras, textura aveludada; muitas vezes marchetada; tonalidade de clara e intermediária (preto-e-branco).

Cafezal: formas regulares; talhões pequenos; espaçamento característico; ausência de sombras; porte baixo; textura imperceptível das árvores; tonalidade intermediária (preto-e-branco).

Para MYERS (1975), o sensoriamento remoto, pela rapidez e repetitividade de informações, oferece uma oportunidade de acompanhamento e avaliações, rápidas e frequentes, de áreas agrícolas.

Segundo COELHO (1971), o fator básico, o solo naturalmente adequado à agricultura, não vem sendo ecologicamente utilizado em certas áreas, carecendo de estudos e conhecimentos mais detalhados, os quais poderão ser altamente facilitados através do uso das fotografias.

GARCIA (1975) comparou fotografias aéreas pancromáticas, coloridas e no infravermelho, na escala 1:15.000, para identificar diferentes tipos de cobertura vegetal, tais como: mata alta, cerrado baixo, campo limpo, campo sujo, etc. Elaborou uma chave de interpretação e concluiu, considerando apenas a vegetação natural, que a eficiência dos três tipos de fotografias foi a mesma, embora a fotografia no infravermelho tenha fornecido 14,2% de informações a mais que as fotografias pancromáticas.

Segundo THORLEY (1975), as fotografias aéreas em preto-e-branco podem ser usadas para classificar áreas florestais, desde que se considere a qualidade do material (escala 1:20.000 é recomendável), época de tomada da foto e, principalmente, a combinação filme/filtro.

COELHO (1974) analisou a evolução do uso do solo, em uma área de 1.586 km², abrangendo 5 municípios da região sudeste do Estado de São Paulo, através de interpretação de fotografias aéreas pancromáticas tomadas em duas épocas (1962 e 1972).

BATISTA (1982) estudou a evolução da vegetação de cerrado através de imagens fotográficas tomadas em três épocas (1962, 1972 e 1978), verificando, através da tonalidade e textura, um adensamento da vegetação no período de 1972 a 1978.

CHARINI *et alii* (1976), estudando o uso geral das terras do Estado de São Paulo, KOFFLER *et alii* (1979), realizando fotointerpretações em áreas canavieiras, e IBC/GERCA (1968), levantando áreas cafeeiras do Estado de São Paulo, são alguns dos autores que utilizaram fotografias aéreas com a finalidade de estudos do uso do solo.

2.2 - Equação Universal de Perdas de Solo

A avaliação de perdas do recurso natural do solo por erosão vem sendo alvo de estudo, nas últimas décadas, por pesquisadores da área interessados na conservação do solo. Dentro desta linha de ação, desenvolveu-se a Equ

ção Universal de Perdas de Solo que integra, com relativa precisão, os fatores que influenciam a erosão do solo.

2.2.1 - Estimativas de perdas do solo

Segundo WISCHMEIER e SMITH (1965), foi em 1940, na região do "Corn Belt" (Estados Unidos da América) que se iniciaram estudos no sentido de desenvolver uma equação de avaliação de perdas de solo em áreas cultivadas.

ZINGG (1940) desenvolveu uma equação que relaciona intensidade de perdas de solo com o comprimento e com o grau de declive do terreno.

A partir da equação de Zingg, vários autores adicionaram contribuições com o objetivo de aperfeiçoar esta equação. SMITH (1941) acrescentou os fatores práticas culturais e conservacionistas, e MUSGRAVE (1947) observa a importância do fator chuva para a melhoria da equação.

WISCHMEIER e SMITH (1980) desenvolveram a equação na forma como ela é hoje empregada. Para isso analisaram dados disponíveis de experimentos de perdas de solo de diversas regiões dos Estados Unidos da América, e incluíram algumas características importantes na equação até então desenvolvida por diversos autores, que permitiram a sua aplicação generalizada para qualquer condição de clima

ou de local, daí vindo a denominação de Equação Universal de Perdas de Solo.

As principais inovações introduzidas por WISCHMEIER e SMITH (1960) são: um índice de erosão de chuva, um método de avaliar os efeitos de manejo de uma cultura sob condições climáticas locais, um fator quantitativo de erodibilidade do solo e um método que estuda o interrelacionamento de variáveis como produtividade, sequência de cultura e manejo dos resíduos.

Para BERTONI e LOMBARDI (1985), que endossam a opinião de WISCHMEIER e SMITH (1965), a Equação Universal de Perdas de Solo servirá como guia para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas de conservação do solo mais apropriadas a uma determinada área.

Segundo a FAO (1967), a Equação Universal de Perdas do Solo reflete a influência dos principais fatores que afetam realmente a erosão do solo pela chuva, não alterando os conceitos fundamentais das equações anteriores.

A Equação Universal de Perdas do Solo é expressa da seguinte forma:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P ,$$

onde:

- A = perda média de solo anual em t/ha;
- R = fator erosividade da chuva, representado por um índice numérico de erosão produzida pela chuva em tm/ha.mm/h;
- K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por uma unidade do fator R, para um determinado solo, mantido sem cobertura e sofrendo as operações de cultura normais, em um declive de 9% e 25 m de comprimento de declive;
- L = fator comprimento do declive: representado pela relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de declive de 25 m para o mesmo solo e grau de declive;
- S = fator grau de declive: representado pela relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de declive;
- C = fator uso e manejo: representado pela relação de perdas de solo entre um solo cultivado em determinadas condições e num solo mantido constantemente sem cobertura, isto é, nas condições de avaliação do fator K;
- P = fator prática conservacionista: representado pela relação de perdas de solo entre um terreno

cultivado com determinada prática e um terreno sob plantio denominado morro abaixo.

O fator comprimento de declive (L), combinado com o fator grau de declive (S), resulta no fator LS, denominado fator topográfico.

Em nível regional, BELINAZZI *et alii* (1981) realizam uma estimativa global de perdas de solo para o Estado de São Paulo, avaliando uma perda de cerca de 194 milhões de tonelada de terra por ano, em consequência da erosão dos solos, evidenciando a importância do problema para o Estado. Estimam também as perdas médias de terra por hectare e por ano para as principais culturas agrícolas, entre elas para o milho em 12 t/ha/ano, o algodão em 24,8 t/ha/ano e a soja em 20,1 t/ha/ano.

2.2.2 - Fatores que influem nas perdas de solo

A chuva é um fator climático de grande importância na erosão dos solos, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. O seu efeito depende das suas características de intensidade, duração e frequência. Segundo BERTONI e LOMBARDI (1985), a intensidade de chuva é a característica pluviométrica mais importante na erosão.

WISCHMEIER e SMITH (1958) desenvolveram o índice EI 30 para avaliar o fator erosividade da chuva (R), em que as perdas de solo por unidade de área é proporcional ao produto da energia cinética total e intensidade máxima de chuva em 30 minutos.

HUDSON (1971), trabalhando em condições de clima subtropical, desenvolveu o índice $KE > 25$ para avaliação do fator erosividade da chuva, em que relaciona perdas de solo com energia cinética de chuva de intensidade superior a 25,4 mm/h.

No Brasil, SILVA e FREIRE (1978), na região de Piracicaba, SP, CHAGURI e FREIRE (1981), na Fazenda Ipanema, em Iperó, SP, e GIANOTTI (1983), em Piracicaba, SP, foram alguns dos autores que utilizaram o índice $KE > 25$ para calcular o fator erosividade da chuva (R).

LOMBARDI *et alii* (1980) calcularam o índice EI 30 de maneira simplificada, através da equação desenvolvida por LOMBARDI e MOLDENHAUER (1980), para 115 locais do Estado de São Paulo. BERTONI e LOMBARDI (1985), utilizando estes valores, publicam mapa do Estado de São Paulo com linhas de iguais potenciais de erosão (ver Figura 1), denominadas de isoerodentes, bem como mapa dividido em catorze áreas em que a distribuição do potencial de erosão anual era uniforme, dentro do Estado de São Paulo, que está apresentada na Figura 2.

Figura 1 - Mapa com divisão do Estado de São Paulo em áreas com distribuição do potencial de erosão das chuvas uniforme.
Fonte: BERTONI e LOMBARDI (1985).

Figura 2 - Mapa de isoerodentes, com valores médios anuais do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo.
 Fonte: BERTONI e LOMBARDI (1985).

GIANOTTI (1983) compara estatisticamente o valor dos índices $KE > 25$ e $EI > 30$ em Piracicaba, SP, e conclui que os resultados não diferem estatisticamente.

A erodibilidade do solo, fator (K), é devida a características próprias do solo que influenciam a erodibilidade pela água e, segundo WISCHMEIER e MANNERING (1969), são: a) aquelas que afetam a velocidade de infiltração da água do solo; b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva.

Em face às dificuldades das medições diretas deste fator, diversos autores desenvolveram métodos indiretos através de características físicas do solo que podem ser determinadas em laboratório para a avaliação da erodibilidade do solo.

MIDDLETON (1939) criou um índice de erodibilidade baseado em três propriedades físicas: a relação de dispersão, relação argila total para equivalente de umidade e relação de erosão.

WISCHMEIER *et alii* (1971) desenvolveram o método denominado nomográfico para o cálculo da erodibilidade do solo baseado em cinco parâmetros de solo: porcentagem de silte mais porcentagem de areia muito fina; porcentagem de areia maior que 0,1 mm, porcentagem de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade.

No Brasil, LOMBARDI e BERTONI (1975) estudaram 66 perfis de solos descritos no Estado de São Paulo e, analisando-os de acordo com o método de MIDDLETON (1930), determinaram relações de erosão que, segundo os autores, podem ser consideradas como estimativa do fator de erodibilidade do solo.

FREIRE e PESSOTI (1974) calcularam o valor de K pelo método nomográfico de WISCHMEIER et alii (1971), para os grandes grupos de solos do Estado de São Paulo. Considerando os valores médios da erodibilidade do horizonte superficial dos perfis de solo estudados encontraram, para as unidades LR e LVA os seguintes resultados:

LR - erodibilidade muito baixo: $K < 0,10$

LVA - erodibilidade baixo: K entre 0,10 e 0,25

Utilizando o método nomográfico, outros autores como FREIRE e PESSOTI (1976) e SILVA (1978), desenvolveram, em nível regional, estudos para a avaliação do valor da erodibilidade do solo.

O fator topográfico (LS), representando conjuntamente o comprimento e grau de declive do terreno, é de grande importância no processo de erosão dos solos.

WISCHMEIER e SMITH (1965) afirmam que a interpretação das condições locais na avaliação do fator LS é frequentemente difícil, em vista da complexidade da topografia local.

A FAO (1967) apresenta uma equação para o cálculo do fator topográfico, adequada para pequenas áreas de relevo uniforme. Esta equação é expressa da seguinte maneira:

$$SL = \frac{\sqrt{L}}{100} (1,36 + 0,97s + 0,1384s^2) ,$$

onde:

SL = fator topográfico;

L = comprimento médio do declive;

S = declividade média em porcentagem.

BERTONI e LOMBARDI (1985) apresentam uma equação para o cálculo da fator topográfico (LS), baseado no estudo desenvolvido por BERTONI (1959), em que este autor, utilizando dados de observações em talhões como os principais tipos de solos do Estado de São Paulo, numa média de dez anos, desenvolve uma equação relacionando perdas médias de solo com variados graus de declive e comprimentos de declive. A equação apresentada por BERTONI e LOMBARDI (1985) é a seguinte:

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

onde:

LS = fator topográfico;

C = comprimento de declive em metros;

D = grau de declive em porcentagem.

SILVA (1978) desenvolve um método de avaliação do fator topográfico, estudando detalhadamente o grau e o comprimento de declive.

O fator uso e manejo (C), segundo WISCHMEIER e SMITH (1960) reflete a combinação dos efeitos dos seguintes fatores: cobertura vegetal, sequência de cultivo, níveis de produtividade, ciclo da planta, práticas culturais, manejo dos restos culturais e distribuição das chuvas.

WISCHMEIER e SMITH (1965) propuseram a divisão do ciclo das culturas em cinco períodos, em que os efeitos de cobertura e manejo possam ser considerados aproximadamente uniformes, tendo em vista que as perdas de solo não eram regulares durante o ciclo das culturas.

BERTONI e LOMBARDI (1985) publicam resultados de experimentos realizados pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, em que se permitiu avaliar os efeitos de sistemas de uso e manejo nas perdas de solo para cada estágio da cultura. Os resultados foram publicados em porcentagem da razão de perdas de solo por período de estágio das culturas, considerando-se a produtividade, cobertura, sequência e manejo.

Segundo a FAO (1967), a utilização de práticas conservacionistas (cultivo em nível, em faixas e terraceamento) proporcionam uma comprovada redução nas perdas de

solo nas áreas cultivadas.

No Brasil, MARQUES *et alii* (1961) apresentam alguns valores do fator práticas conservacionistas (P) relacionados com diferentes práticas de conservação do solo.

Dentro dos estudos de avaliação das perdas de solo por erosão, cabe observar sobre as características de tolerância de perda específica de cada solo, definida por LOMBARDI e BERTONI (1975) como a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, mantendo ainda o solo com elevado nível de produtividade por longo período de tempo. Os mesmos autores calcularam as tolerâncias de perdas para os principais tipos de solo do Estado de São Paulo, levando em consideração a profundidade e algumas propriedades físicas dos solos, concluindo que estes valores variam entre 4,5 e 15,0 toneladas/hectare/ano, de acordo com as suas características.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Material

3.1.1 - Área de estudo

A área de estudo deste trabalho está localizada na Fazenda do Milho Híbrido - "Ataliba Leonel", Municípios de Manduri e Piraju, do Estado de São Paulo, situando-se no primeiro a sua maior extensão.

Estes municípios localizam-se nas regiões fisiográficas limítrofes denominadas Planalto Ocidental e Depressão Periférica Paulista, sendo a sede da Fazenda localizada nas proximidades do paralelo $23^{\circ}04'S$ de latitude e do meridiano $49^{\circ}21' WG$ de longitude, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Mapa com divisão do Estado de São Paulo em regiões fisiográficas e com a localização da Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel".

A área de estudo está apresentada na Figura 4, como área "A", e é onde vem se desenvolvendo as diversas atividades agrícolas, principalmente ligadas à produção de sementes de milho, atualmente sob orientação do Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes, órgão integrante da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. A área "B", indicada também na Figura 4, está atualmente cedida ao Instituto Florestal da mesma Secretaria e a área "C" vem sendo mantida em quase toda a sua extensão como reserva florestal.

O clima da região, segundo o sistema Koppen, é o tipo Cwa, temperado quente com estiagem no inverno. Segundo dados do D.A.E.E. (1972), de posto meteorológico próximo, localizado na Usina Jurumirim em Piraju, a média de precipitação anual, em 10 anos de observação (1960 a 1970), é de 1.115 mm.

Os tipos de solos da área de estudo foram levantados em trabalho realizado por técnicos da D.O.T., Seção de Conservação de Solo e Água, a nível de grandes grupos, e está apresentado na Figura 5, na qual verifica-se a predominância de duas unidades: Latossol Roxo e Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa. Estes solos foram descritos pela Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas (1960), sendo o Latossol Roxo como muito profundo,

Figura 4 - Mapa com a localização da área de estudo dentro da Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel".

Figura 5 - Carta de solos a nível de grande grupo, baseada em levantamento efetuado pela Divisão de Conservação do Solo e da Água - DCF - Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

bastante poroso, de coloração vermelho-arroxeadada, tendo como material de origem rochas eruptivas básicas, podendo a fertilidade natural ser alta ou baixa; o Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa é descrito como profundo, textura média a arenosa, tendo como material de origem arenitos, e muito pobre em nutrientes.

3.1.2 - Fotografias aéreas

Foram utilizadas fotografias aéreas de três vôos, a saber:

Data	1949	1962	1972
Escala aproximada	1:20.000	1:25.000	1:25.000
Patrocinador	CNP	IAC	IBC-GERCA
Executor	Cruzeiro do Sul	Vasp	Terra-Foto

3.1.3 - Cartas

Para identificação dos solos e classes de declive, foram utilizadas as cartas da DOT/Seção de Conservação do Solo e Água, não publicados até então.

3.1.4 - Instrumentos de interpretação, desenho e medição

Para interpretação das fotos aéreas, utilizou-se de estereoscópio de espelho com lentes de aumento de 3 vezes, e também, quando necessário, do interpretoscópio.

Para registrar as diversas imagens das fotos aéreas, utilizaram-se de folhas transparentes de poliéster estável, bem como do "Aerosketchmaster" para o acerto das escalas das diversas fotos com o mapa base.

Utilizou-se de planímetro polar na medição das áreas, e de régua de precisão nas demais medidas realizadas.

3.2 - Método

O método de estudo consistiu na determinação por interpretação aerofotográfica de parâmetros em 3 épocas distintas, os quais aplicados na Equação Universal de Perdas de Solo permitiu a avaliação das perdas de solo naquelas épocas. Esses resultados foram comparados com as perdas aceitáveis para os solos da área (LOMBARDI e PERTONNI, 1975) para avaliar se o uso e o manejo em cada uma das épocas era ou não adequado.

3.2.1 - Escolha da área de estudo

Escolheu-se a área da Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel", pertencente à Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, nos Municípios de Manduri e Piraju (SP), por apresentar recobrimentos aerofotogramétricos de três épocas diferentes (1949, 1962, 1972), que possibilitam um estudo do aspecto evolutivo e conservacio-

nista do uso do solo. Além disso é uma área de interesse público na qual vários levantamentos foram executados, sem, porém, serem divulgados.

3.2.2 - Interpretação aerofotográfica e mapeamento

Por meio de exame estereoscópico dos pares de fotografias aéreas foram traçados, sobre folhas transparentes de poliéster estável, o uso da terra nas respectivas épocas (1949, 1962, 1972), de acordo com os critérios de fotointerpretação sugeridos pelos diversos autores mencionados na revisão bibliográfica: tonalidade, forma, textura, sítio topográfico, padrão/relação de aspectos e outros.

Os elementos restituídos das fotografias aéreas foram passados para a carta de classes de declividade e solos, na escala aproximada 1:20.000 com o auxílio do "Aerosketchmaster", obtendo-se portanto três cartas de uso da terra, correspondentes às respectivas épocas.

3.2.3 - Equação universal de perdas de solo

Esta equação foi empregada para a estimativa das perdas anuais provocadas pela erosão laminar e em solos que ocorrem nas diversas glebas de culturas temporá-

rias, mapeada por fotointerpretação, como descreveu-se no item anterior.

3.2.3.1 - Estimativa da erosividade da chuva (R)

O valor de R foi obtido por interpolação gráfica do mapa de isoerodentes (Figura 1).

3.2.3.2 - Estimativa da erodibilidade do solo (K)

O valor de K utilizado foi o mesmo avaliado para os dois agrupamentos predominantes de solo, segundo trabalho de LOMBARDI e BERTONI (1975).

3.2.3.3 - Estimativa do fator topográfico (LS)

Para a avaliação deste fator utilizou-se a carta de classes de declividade já existente e aplicou-se a equação desenvolvida por BERTONI (1959):

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

onde,

LS = fator topográfico;

C = comprimento de declive em metros;

D = declividade em porcentagem.

Primeiramente, determinou-se a porcentagem correspondente à área de cada classe de declividade dentro das glebas homogêneas. Posteriormente, calculou-se o comprimento médio de rampa ($\bar{C}$) da gleba, através de medição realizada diretamente nas fotos aéreas e com os respectivos ajustes, observando-se as diferenças de escalas.

Para o cálculo do ($\bar{LS}$) da gleba, considerou-se a média geométrica em função da área, entre os diversos (LS) de cada classe de declividade que compõem a gleba. Considerou-se como declividade média para o cálculo do fator LS , o valor médio dentro do intervalo da classe de declividade, onde:

Classe de declividade A (0-2%), valor médio = 1%

Classe de declividade B (2-5%), valor médio = 3,5%

Classe de declividade C (5-10%), valor médio = 7,5%

Classe de declividade D (10-15%), valor médio = 12,5%

3.2.3.4 - Estimativa do fator uso e manejo (C)

O valor do fator (C) foi obtido pela combinação dos dados experimentais de razão de perdas por estágio da cultura, com dados de distribuição do índice de erosão das chuvas para a região, desenvolvidos pela Seção de

Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas (SP), e apresentados por BERTONI e LOMBARDI (1985).

3.2.3.5 - Estimativa do fator práticas con- servacionistas (P)

O terraceamento e o cultivo em nível consti-
tuem as práticas usuais adotadas na maioria das glebas da
Fazenda do Milho Híbrido "Ataliba Leonel", nas diversas épocas.

Os valores do fator (P) adotados foram os
sugeridos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto A-
gronômico de Campinas (SP).

3.2.3.6 - Estimativa das perdas de solo

As previsões das perdas de solo que ocorrem
anualmente nas diversas glebas foram avaliadas através da
Equação Universal de Perdas (WISCHMEIER e SMITH, 1960), cu-
ja expressão é a seguinte:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P ,$$

sendo A = (t/ha/ano).

A perda média anual de solo (t/ha) foi cal-
culada através da somatória das perdas de todas as parce-
las dentro de cada época em que se teve a cobertura aerofo-
togramétrica.

Os resultados foram comparados com os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos por LOMBARDI e BERTONI (1975).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Interpretação Aerofotográfica e Mapeamento da Área de Estudo

Através das fotografias aéreas verticais dos anos 1949, 1962, 1972, foram executadas as cartas de uso do solo, mostrando, sob o aspecto evolutivo da mesma, o desenvolvimento das atividades agropecuárias, principalmente as relacionadas à cultura do milho que, por ser esgotante, requer a utilização racional de práticas conservacionistas.

Percebe-se na carta de 1949 (Figura 6), que a área era usada basicamente com pastagens naturais, cafezal em quadras e matas naturais, com indícios de culturas temporárias sem, porém, apresentarem maiores cuidados com a utilização de práticas conservacionistas.

Na carta de 1962 (Figura 7), percebe-se um aumento expressivo em relação à carta anterior, da área destinada à produção de milho com intensivas práticas conservacionistas, em substituição ao cafezal e parte das pastagens naturais. As edificações rurais e partes viárias em grande número foram implantadas segundo planejamento de Engenharia Rural, ocupando áreas adequadas.

Na carta de 1972 (Figura 8), percebe-se ainda um aumento em relação à carta anterior, da área destinada à produção do milho, com menor preocupação em se manterem os terraços das diversas glebas. Neste período, em determinadas glebas não terraceadas, principalmente nas de números 2, 3 e 18 (mostradas na Figura 11), percebe-se nas fotografias aéreas indícios de erosão laminar e em sulcos.

4.2 - Equação Universal de Perdas de Solo, Valor dos Fatores que Influem e Estimativa de Perdas de Solo

4.2.1 - Erosividade da chuva (R)

O valor médio anual R igual a 625 foi resultado da interpolação gráfica do mapa de isoerodentes (Figura 1).

4.2.2 - Erodibilidade do solo (K)

De acordo com LOMBARDI e BERTONI (1975), o valor do fator K para o Latossol Roxo foi avaliado em 0,12 e para o Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa, avaliado em 0,13.

4.2.3 - Fator topográfico (LS)

Os valores obtidos foram apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, correspondentes às cartas das três épocas estudadas.

As glebas referenciadas estão apresentadas nas Figuras 9, 10 e 11, também correspondentes às três épocas.

Como este fator representa a relação de perdas que ocorrem num solo com uma declividade (S) e um comprimento de declive (L) e as perdas que ocorrem nessa mesma área com grau e comprimento de declive padronizados (FAC, 1967), verifica-se a importância da utilização de práticas conservacionistas que diminuam o comprimento de declive, como o terraço, para a redução deste fator. No presente estudo, analisando-se os dados da Tabela 3, referentes à 3ª época estudada, verifica-se que as glebas terraceadas apresentaram um LS médio igual a 0,728 e as glebas não terraceadas

Fig. 6 - Carta de Uso do Solo da Fazenda do Milho Híbrido - Ataliba
Leonel. - Interpretação de Fotografias Aéreas vôo 1949.

LEGENDA

F FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL
 Cp CAPOEIRA VEGETAÇÃO INTERMITENTEMENTE NUNDA
 Vi PASTO SUJO OU COBERTURA RESIDUAL
 Ps PASTO

Caf CAFEZAL
 Po POMAR
 Can CULTURA ANUAL

Ba TERRENO BALDIO
 Bre BREJOS E TERRENO ALAGADICOS

CONVENÇÕES

— ESTRADAS VICINAIS
 — ESTRADAS DE FERRO
 — RIOS
 — DIVISAS

0 1000

CARTA DE USO DO SOLO DA FAZENDA
 DO MILHO HÍBRIDO - ATALIBA LEONEL

INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS
 V.º 1949

ELABORADO POR: ARMANDO VALLER AMANCIO

Fig.7 - Carta de Uso do Solo da Fazenda de Milho Híbrido - Ataliba
Leonel. - Interpretação de Fotografias Aéreas vôo 1962.

LEGENDA

F	FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL
Cp	CAPOEIRA
Vi	VEGETAÇÃO INTERMITENTEMENTE INUNDADA
Ps	PASTO SAÍDO OU COBERTURA RESIDUAL
P	PASTO
Fre	REFLORESTAMENTO COM EUCALIPTO
Cont	CAFEZAL
Bo	BOIA
Bap	BANDEIRA
Bre	BREJO
Can	CANAL
Con	CULTURA ANUAL
Con1	CULTURA ANUAL TERRACEADA
Ter	TERRAS EM POLSIO
Ter1	TERRA BALDO
Ter2	TERRA BALDO ALAGADO

CONVENÇÕES

—	ESTRADAS VICINAIS
—	ESTRADAS DE FERRO
—	RIOS
—	DIVISAS

CARTA DE USO DO SOLO DA FAZENDA
DO MILHO HÍBRIDO - ATALIBA LEONEL

INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS
VÃO 1962

ELABORADO POR : ARMANDO VALLER AMANCIO

Fig.8 - Carta de Uso do Solo da Fazenda do Milho Híbrido - Ataliba Leonel. - Interpretação de Fotografias Aéreas vôo 1972.

LEGENDA

F	FLORESTA LATIFOLIADA	TROPICAL
Cp	CAPOEIRA	
Vi	VEGETAÇÃO INTERMITENTEMENTE INUNDADA	
Ps	PASTO SUJO OU COBERTURA RESIDUAL	
P	PASTO	
Fre	REFLORESTAMENTO COM EUCALIPTO	
Irpi	REFLORESTAMENTO COM PINUS	
Po	PODIUM	
Can	CULTURA ANUAL	
Con	CULTURA ANUAL TERRACEADA	
Eap	TERRAS EM POUQUO	
Ec	TERRAÇO BALDIO	
Ere	BRULADO E TERREIROS ALAGADOS	

CONVENÇÕES

—	ESTRADAS VICINAIS
—	ESTRADAS PAVIMENTADAS
—	RIOS
—	DIVISAS
—	REDE DE ALTA TENSÃO

0 1000

CARTA DE USO DO SOLO DA FAZENDA DO MILHO BRIDO - ATALIBA LEONEL

INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS VÔO 1972

ELABORADO POR: ARMANDO VALLER AMANCIO

Fig. 9 - Carta de Localização das Glebas com Culturas Temporárias tendo como base, Fotografias de 1949, com suas respectivas Classes de Declive.

CLASSE DE DECLIVE	
DECLIVIDADE A	0 - 1%
DECLIVIDADE B	2 - 5%
DECLIVIDADE C	5 - 10%
DECLIVIDADE D	10 - 15%

----- DIVISÃO DE CLASSE DE DECLIVIDADE

FAZENDA DO MILHO - HÍBRIDO - ATALIBA LEONEL

CARTA DE LOCALIZAÇÃO DAS GLIEIS COM CULTURAS TEMPORÁRIAS TENDO COMO BASE, FOTOGRAFIAS DE 1982 COM SUAS RESPECTIVAS CLASSES DE DECLIVE

ELABORADO POR: ARMANDO VALLER AMANCIO

Fig. 10 - Carta de Localização das Glebas com Culturas Temporárias tendo como base, Fotografias de 1962, com suas respectivas Classes de Declive.

CLASSE DE DECLIVIDADE	
DECLIVIDADE A	0 - 2%
DECLIVIDADE B	2 - 5%
DECLIVIDADE C	5 - 10%
DECLIVIDADE D	10 - 15%

----- DIVISÃO DE CLASSE DE DECLIVIDADE

FAZENDA DO MILHO HÍBRIDO - ATALIBA LEONEL

CARTA DE LOCALIZAÇÃO DAS GLEBAS COM CULTURAS TEMPORÁRIAS TENDO COMO BASE, FOTOGRAFIAS DE 196 COM SUAS RESPECTIVAS CLASSES DE DECLIVIDADE

ELABORADO POR: ARMANDO VALLER AMANCIO

Fig. 11 - Carta de Localização das Glebas com Culturas Temporárias tendo como base, Fotografias de 1972, com suas respectivas Classes de Declive.

CLASSE DE DECLIVE	
DECLIVIDADE A	0 - 2%
DECLIVIDADE B	2 - 5%
DECLIVIDADE C	5 - 10%
DECLIVIDADE D	10 - 15%

--- DIVISÃO DE CLASSE DE DECLIVIDADE

FAZENDA DO MILHO HÍBRIDO - ATALIBA LEONEL

CARTA DE LOCALIZAÇÃO DAS GLEBAS COM CULTIVARES TEMPORÁRIAS TENDO COMO BASE, FOTOGRAFIAS DE 1:72 COM SUAS RESPECTIVAS CLASSES DE DECLIVE

ELABORADO POR: ARMANDO VALLER AMANCO

Tabela 1 - Fator LS das glebas da 1ª época (1949) e valores dos seus fatores determinantes.

GLEBA	Área da classe de declividade (%)				Comprimento médio de declive (m) (sem terrço)	Fator topográfico LS por classe de declividade				Fator LS da gleba (média geo métrica)
	A	B	C	D		A	B	C	D	
1	-	3,7	85,1	11,2	235	-	1,35	3,30	6,04	3,53
2	-	-	26,2	73,8	203	-	-	3,01	5,51	4,86
3	14,3	21,5	57,1	7,1	309	0,36	1,60	3,93	7,18	3,15
4	-	22,4	66,4	11,2	203	-	1,23	3,01	5,51	2,89
5	10,0	-	90,0	-	149	0,23	-	2,48	-	2,26
6	-	33,3	66,7	-	107	-	0,82	2,01	-	1,61
7	-	-	26,3	73,7	245	-	-	3,39	6,20	5,46
8	-	26,1	56,5	30,4	181	-	1,14	2,80	5,12	3,44
9	3,3	-	13,3	83,4	132	0,21	-	2,30	4,20	3,82
10	55,6	-	44,4	-	149	0,23	-	2,48	-	1,23
11	-	-	100,0	-	64	-	-	1,46	-	1,46
12	16,1	-	61,3	22,6	107	0,19	-	2,01	3,68	2,09
13	-	40,0	60,0	-	85	-	0,71	1,74	-	1,33
14	-	-	27,8	72,2	107	-	-	2,01	3,78	3,22

Valor médio de declividade por classe: A = 1%; B = 3,5%; C = 7,5% e D = 12,5%.

Tabela 2 - Fator LS das glebas da 2ª época (1962) e valores dos seus fatores determinantes.

GLEBA	Área da classe de declividade (%)				Comprimento médio de declive (m)					Fator topográfico IS por classe de declividade				Fator LS da gleba (média geométrica)
					Sem terração	Com terraço por classe de declividade								
	A	B	C	D		A	B	C	D	A	B	C	D	
1	-	-	75,1	24,9	-	-	-	16	14	-	-	0,61	1,02	0,71
2	0,4	11,3	76,0	12,3	-	41	41	17	17	0,10	0,45	0,63	1,16	0,67
3	11,1	14,2	55,6	19,1	-	101	57	29	29	0,18	0,55	0,89	1,62	0,90
4	11,9	16,8	62,9	8,4	-	31	31	31	31	0,09	0,38	0,92	1,69	0,80
5	-	22,6	35,5	41,9	127	-	-	-	-	-	0,91	2,24	4,10	2,72
6	18,3	56,7	22,5	2,5	-	65	33	22	22	0,14	0,39	0,74	1,36	0,45
7	56,5	-	43,5	-	123	-	-	-	-	0,20	-	2,20	-	1,07
8	-	37,5	62,5	-	-	-	27	17	-	-	0,34	0,63	-	0,52
9	26,6	56,2	27,6	2,0	-	73	39	25	25	0,15	0,43	0,81	1,47	0,53
10	17,8	60,9	21,3	-	-	57	30	24	-	0,13	0,37	0,79	-	0,42
11	16,0	68,0	16,0	-	-	57	22	20	-	0,13	0,30	0,70	-	0,34
12	-	42,6	57,4	-	-	-	27	27	-	-	0,34	0,85	-	0,63

Valor médio de declividade por classe: A = 1,0%; B = 3,5%; C = 7,5% e D = 12,5%.

Tabela 3 - Fator IS das glebas da 3ª época (1972) e valores dos seus fatores determinantes.

GLEBA	Área da classe de declividade (%)				Comprimento médio de declive (m)				Fator topográfico IS por classe de declividade				Fator IS da gleba (média geométrica)	
	A B C D				Sem traço	Com terraço por classe de declividade			A B C D					
						A	B	C						D
1	-	-	61,7	38,3	-	-	-	33	31	-	-	0,96	1,69	1,24
2	-	-	3,2	96,8	254	-	-	-	-	-	-	3,47	6,34	6,25
3	-	-	25,3	74,7	275	-	-	-	-	-	-	3,65	6,67	5,91
4	0,5	10,2	77,1	12,2	-	70	70	40	40	0,14	0,63	1,08	1,98	1,14
5	-	5,7	94,3	-	377	-	-	-	-	-	1,81	4,45	-	4,30
6	9,0	15,5	67,8	7,7	133	-	-	-	-	0,21	0,94	2,31	4,22	2,06
7	-	44,0	56,0	-	-	-	30	30	-	-	0,37	0,90	-	0,67
8	-	83,3	16,7	-	63	-	-	-	-	-	0,59	1,44	-	0,73
9	-	28,3	37,7	37,0	108	-	-	-	-	-	0,82	2,03	3,70	2,37
10	-	19,1	47,6	33,3	201	-	-	-	-	-	1,22	3,00	5,47	3,48
11	-	72,7	27,3	-	88	-	-	-	-	-	0,72	1,78	-	1,01
12	15,8	60,4	18,0	5,8	-	65	33	22	22	0,14	0,39	0,74	1,36	0,47
13	-	-	81,8	18,2	151	-	-	-	-	-	-	2,50	4,57	2,88
14	-	70,0	30,0	-	171	-	-	-	-	-	1,10	2,71	-	1,58
15	41,0	51,8	7,2	-	-	63	28	22	-	0,13	0,35	0,74	-	0,29
16	17,3	23,1	57,2	2,4	-	101	57	29	29	0,18	0,55	0,89	1,62	0,71
17	16,1	57,7	28,2	-	-	57	30	24	-	0,13	0,37	0,79	-	0,46
18	-	14,3	85,7	-	104	-	-	-	-	-	0,81	1,98	-	1,81
19	-	-	78,9	21,1	128	-	-	-	-	-	-	2,25	4,12	2,65
20	-	-	93,0	7,0	153	-	-	-	-	-	-	2,52	4,61	2,67
21	-	62,5	37,5	-	204	-	-	-	-	-	1,23	3,02	-	1,90
22	16,0	68,0	16,0	-	-	57	22	21	-	0,13	0,30	0,72	-	0,34
23	-	-	82,1	17,9	115	-	-	-	-	-	-	2,11	3,85	2,42

Valor médio de declividade por classe: A = 1,0%; B = 3,5%; C = 7,5% e D = 12,5%.

das um LS médio igual a 3,859, calculados ponderadamente com relação à área; portanto, resulta com esta prática, uma redução de cerca de 81% no valor deste fator, quando se comparam as áreas não terraceadas às terraceadas.

4.2.4 - Fator uso e manejo (C)

Os valores do fator C, bem como os seus fatores determinantes, estão apresentados na Tabela 4, resultando como valor anual 0,0928 para o tipo de manejo, milho contínuo e palha enterrada.

Observa-se na Tabela 4 que, dos dados relativos aos diversos estádios da cultura, a fase de preparo do solo (D) é aquela em que o valor do fator C é maior. Essa evidência demonstra a importância, para a redução das perdas de solo, quando se estabelece um manejo para a cultura, que diminua as atividades nesta fase, como é o caso do plantio direto.

Utilizando-se dos dados do Instituto Agrônômico, apresentados por BERTONI e LOMBARDI (1985) para o sistema de cultivo de milho em rotação com plantio direto, calculados conforme a distribuição do índice de erosão para a região, da mesma forma que na Tabela 4, resulta um valor do fator C = 0,0297; portanto, seria reduzido em cerca de 68% com relação ao valor obtido.

Tabela 4 - Valor anual do fator uso e manejo (C) na cultura do milho.

PERÍODO	Fases da Cultura	Valor do índice de erosão (%) *	Razão de perdas de solo (%) **	Valor do fator C
Outubro	0 - Preparo do solo	13	23	0,0299
Novembro	1 - Plantio	8	19	0,0152
Dezembro	2 - Estabelecimento	15	17	0,0255
Janeiro a abril	3 - Crescimento e maturação	47	4	0,0188
Maió a setembro	4 - Resíduo	17	2	0,0034
TOTAL ANUAL		100	100	0,0928

* Dados para a região, extraídos da tabela apresentada por BERTONI e LOMBARDI (1985), p. 270, área de nº 10.

** Dados para o tipo de manejo milho contínuo e palha enterrada, extraídos da tabela apresentada por BERTONI e LOMBARDI (1985), p. 277.

4.2.5 - Fator práticas conservacionistas (P)

Considerou-se, para todas as glebas, a prática do plantio em contorno como fator (P), cujo valor é estimado em 0,5 por MARQUES *et alii* (1961). Para as áreas terraceadas considerou-se o mesmo valor, uma vez que o efeito do terraceamento, na redução das perdas de solo já foi computado na estimativa do fator topográfico (LS), com a redução do comprimento do declive.

- 4.2.6 - Estimativas das perdas de solo

Com base nos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo, calcularam-se as perdas médias de solo por gleba homogênea nas três distintas épocas estudadas, e os resultados estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Verifica-se, analisando a perda total média das glebas da área, que apenas os resultados da 1ª época, ou seja, de 1949, de 12,1 t/ha para o solo Latossol Roxo se aproxima dos limites toleráveis de 11,5 a 13,3 t/ha/ano, estabelecidos por LOMBARDI e BERTONI (1975) para este tipo de solo. Nesta mesma época, a perda de 8,2 t/ha para a área de solo Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa, está aquém dos limites de 13,6 a 15,3 t/ha/ano estabelecido pelos mesmos autores para este solo.

Tabela 5 - Avaliação das perdas de solo das glebas da 1ª época (1949).

GLEBA	Solo	Terrço	Fatores da Equação		Área (ha)	Perdas anuais de solo	
			RxKxCxP	IS		t/ha	Total (t)
1	LR	não	3,48	3,53	90,4	12,28	1.110,11
2	LR	não	3,48	4,86	25,7	16,91	434,59
3	LR	não	3,48	3,15	41,2	10,96	451,55
4	LR	não	3,48	2,89	35,8	10,06	360,15
5	LR	não	3,48	2,26	8,4	7,87	66,11
6	LR	não	3,48	1,61	3,8	5,60	21,28
7	LR	não	3,48	5,46	8,0	19,00	152,00
8	LR	não	3,48	3,44	9,7	11,97	116,11
9	LR	não	3,48	3,82	12,6	13,29	167,45
10	LR	não	3,48	1,23	3,8	4,28	16,26
11	LVA	não	3,77	1,46	4,6	5,50	25,30
12	LVA	não	3,77	2,09	13,0	7,88	102,44
13	LVA	não	3,77	1,33	4,2	5,01	21,04
14	LVA	não	3,77	3,22	7,6	12,14	92,26
TOTAL					268,8	11,67	3.136,65

LR: Latossol Roxo.

LVA: Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Tabela 6 - Avaliação das perdas de solo das glebas da 2ª época (1962).

GLEBA	Solo	Terrço	Fatores da Equação		Área (ha)	Perdas anuais de solo	
			RdXxCP	LS		t/ha	Total (t)
1	LR	sim	3,48	0,71	81,2	2,47	200,56
2	LR	sim	3,48	0,67	209,0	2,33	486,97
3	LR	sim	3,48	0,90	68,1	3,13	213,15
4	LR	sim	3,48	0,80	60,1	2,78	167,08
5	LR	não	3,48	2,72	13,0	9,47	123,11
6	LR	sim	3,48	0,45	50,5	1,57	79,29
7	LR	não	3,48	1,07	9,7	3,72	36,08
8	LR	sim	3,48	0,52	10,1	1,81	18,28
9	LR	sim	3,48	0,53	83,7	1,84	154,01
10	LVA	sim	3,77	0,42	229,6	1,58	362,77
11	LVA	sim	3,77	0,34	10,5	1,28	13,44
12	LVA	sim	3,77	0,63	25,7	2,38	61,17
Glebas com terraços						2,12	1.756,72
Glebas sem terraços						7,01	159,19
Total						2,25	1.915,91

LR: Latossol Roxo.

LVA: Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Tabela 7 - Avaliação das perdas de solo das glebas da 3ª época (1972).

GLEBA	Solo	Terrço	Fatores da Equação		Área (ha)	Perdas anuais de solo	
			RxKxCxP	IS		t/ha	Total (t)
1	LR	sim	3,48	1,24	61,4	4,32	265,25
2	LR	não	3,48	6,25	51,3	21,75	1.115,78
3	LR	não	3,48	5,91	71,5	20,57	1.470,76
4	LR	sim	3,48	1,14	175,4	3,97	696,34
5	LR	não	3,48	4,30	11,1	14,96	166,06
6	LR	não	3,48	2,06	65,2	7,17	467,48
7	LR	sim	3,48	0,67	10,5	2,33	24,47
8	LR	não	3,48	0,73	2,5	2,54	6,35
9	LR	não	3,48	2,37	19,4	8,25	160,05
10	LR	não	3,48	3,48	17,7	12,11	214,35
11	LR	não	3,48	1,01	4,6	3,51	16,15
12	LR	sim	3,48	0,47	58,5	1,64	95,94
13	LR	não	3,48	2,88	4,6	10,02	46,09
14	LR	não	3,48	1,58	8,4	5,50	46,20
15	LR	sim	3,48	0,29	34,9	1,01	35,25
16	LR	sim	3,48	0,71	43,7	2,47	107,94
17	LVA	sim	3,77	0,46	253,2	1,73	438,04
18	LVA	não	3,77	1,81	17,7	6,82	120,71
19	LVA	não	3,77	2,65	8,0	9,99	79,92
20	LVA	não	3,77	2,67	5,9	10,07	59,41
21	LVA	não	3,77	1,90	3,4	7,16	24,34
22	LVA	sim	3,77	0,34	10,5	1,28	13,44
23	LVA	não	3,77	2,42	11,8	9,12	107,62
Glebas com terraços							1.676,67
Glebas sem terraços							4.101,27
Total							5.777,94

LR: Latossol Roxo.

LVA: Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Nas demais épocas, 1962 e 1972, a perda total média das glebas está aquém dos limites toleráveis, ficando respectivamente em 2,53 e 7,7 t/ha para o Latossol Roxo e em 1,65 e 2,72 t/ha para o Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa, porém tendo algumas glebas, na avaliação de 1972, ultrapassado estes limites, evidenciando a necessidade de cuidados especiais para estes locais. O terraceamento, nestes casos, seria suficiente na redução das perdas de solo para limites aceitáveis, através da redução do comprimento de declive e, conseqüentemente, do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perdas.

As perdas médias das áreas terraceadas e não terraceadas, na 3ª época do estudo, são respectivamente de 2,59 t/ha e 13,53 t/ha, ocasionando portanto uma redução de cerca de 81% nas perdas, com esta prática.

Comparando a perda global de solos de cada uma das três épocas citadas (11,67 t/ha para 1949, 2,25 t/ha para 1962 e 6,07 t/ha para 1972) com o trabalho de BELLINAZZI *et alii* (1981) que a perda média para o Estado de São Paulo para a cultura do milho é estimada em 12,0 t/ha/ano, verifica-se que, com exceção da primeira época, em que o valor da perda se aproxima deste, nas duas outras épocas, que inclusive representam áreas bem mais ex

pressivas, estão bem aquém deste valor, constatando-se o reflexo das práticas conservacionistas adotadas, principalmente o terraceamento e o cultivo em contorno.

5. CONCLUSÕES

5.1 - Conclusões parciais

A utilização das fotografias aéreas permitiu avaliar a evolução do uso da terra na área durante um período de 23 anos, correspondente às três épocas analisadas, bem como possibilitou obter as cartas, com escalas convenientemente corrigidas, com as quais delimitaram-se as diversas glebas com cultura temporária, onde foram estimadas as perdas de solo.

Comparando-se as três épocas levantadas, com relação às perdas estimadas através da Equação Universal de Perdas de Solo para a cultura do milho, conclui-se que a 2ª época (1962) representa a de menor valor, com cerca de 2,25 t/ha, seguida da 3ª época (1972) com cerca de 6,07 t/ha e por último a 1ª época (1949) com cerca de 11,67 t/ha.

O fator topográfico (LS) foi o de maior importância para as avaliações realizadas, entre os fatores que influem nas perdas de solo. Em seu cálculo, as áreas terraceadas sofreram expressiva redução de seu valor comparando-as com áreas não terraceadas, em consequência da redução do comprimento médio de declive por esta prática conservacionista-

5.2. - Conclusão Principal

Os valores médios estimados para as perdas de solo por época estão dentro dos padrões de tolerâncias estabelecidos por LOMBARDI e BERTONI (1975) para os principais tipos de solo do Estado de São Paulo; porém, para algumas glebas isoladas na 1ª e na 3ª épocas de estudo, os valores das perdas de solo obtidos ultrapassam os limites de tolerância.

6. LITERATURA CITADA

- BATISTA, E.A., 1982. Levantamentos Fitossociológicos Aplicados à Vegetação de Cerrado, Utilizando-se de Fotografias Verticais. Piracicaba, ESALQ/USP. [Dissertação de Mestrado].
- BELLINAZZI Jr., R.; D. BERTOLINI e F. LOMBARDI NETO, 1981. A Ocorrência de Erosão Rural no Estado de São Paulo. In: 2º Simpósio Sobre o Controle da Erosão. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p. 117-137.
- BERTONI, J., 1959. O Espaçamento dos Terraços em Culturas Anuais, Determinado em Função das Perdas por Erosão. Instituto Agrônomo. Brágentia, Campinas, 18: 113-140.
- BERTONI, J. e F. LOMBARDI NETO, 1985. Conservação do Solo. Piracicaba, Livroceres, 392 p.

- CHAGURI NETO L. e O. FREIRE, 1981. Erosividade da Chuva na Região da Fazenda Ipanema, Município de Iperó (SP). In: Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Brasília, Distrito Federal (S. ed.).
- CHIARINI, J.V.; F.P. NOGUEIRA; P.L. DONZELI; J.L. BARBIERI; A.G.S. COELHO; C.A.M. IVANCKO e I. BITTENCOURT, 1976. Uso Atual das Terras do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 36 p. (Bol. Técnico nº 37).
- COELHO, A.G.S., 1971. Fotografias Aéreas Verticais na Classificação de Terras Agricultáveis. Aerofotogeografia, São Paulo, USP, 13 p.
- COELHO, A.G.S., 1972. Uso Potencial de Sensores Remotos na Agricultura. Aerofotogeografia, São Paulo, USP, 18 p.
- COELHO, A.G.S., 1974. Variação Decenal do Uso Agrícola das Terras. Campinas, Instituto Agrônômico, 32 p. (Bol. Técnico nº 11).
- COMISSÃO DE SOLOS DO SERV. NAC. DE PESQ. AGRONÔMICAS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 634 p. (Boletim 12).
- FAO, 1967. La Erosion del Suelo por el Agua: Algunas Medidas para Combatirla en las Tierras de Cultivo. Roma, Organización de las Naciones Unidas. 207 p.

- FREIRE, O. e J.E.S. PESSOTI, 1974. Erodibilidade dos Solos do Estado de São Paulo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 31: 333-350.
- FREIRE, O. e J.E.S. PESSOTTI, 1976. Erodibilidade dos Solos de Piracicaba. Revista de Agricultura, Piracicaba, 51: 195-202.
- GARCIA, G.J., 1975. Fotointerpretação Comparativa de Fotografias Pancromáticas, Coloridas e Infravermelho Coloridas (Falsa-cor). Piracicaba, ESALQ/USP. [Tese de Doutorado].
- GIANOTTI, H.H.P., 1983. Índices de Erosividade da Chuva: Distribuição e Relações com a Precipitação em Piracicaba (SP). Piracicaba, ESALQ/USP. 70 p. [Dissertação de Mestrado].
- HUDSON, N.H., 1971. Soil Conservation. Ithaca, New York. Cornell University Press, 320 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ/GERCA, 1968. Inventário Cafeeiro - Pesquisa com Fotografias Aéreas nas Regiões Cafeicultoras do Estado de São Paulo a Este de 48°W. Rio de Janeiro, IBC, 67 p.
- KOFLER, N.F.; A.C. CAVALLI; J.V. CHIARINI e F.P. NOGUEIRA, 1979. Inventário Canavieiro com Auxílio de Fotografias Aéreas. PLANALSUCAR, Piracicaba, 38 p.
- LOMBARDI NETO, F. e J. BERTONI, 1975. Erodibilidade dos Solos Paulistas. Campinas, Instituto Agrônomo, 12 p. (Boletim Técnico nº 27).

- LOMBARDI NETO, F. e J. BERTONI, 1975. Tolerância de Perdas de Terra para Alguns Solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, 12 p. (Boletim Técnico nº 28).
- LOMBARDI NETO, F.; I.R. SILVA e O.M. CASTRO, 1980. Potencial de Erosão das Chuvas do Estado de São Paulo. In: Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Recife. fl. 13-A.
- LOMBARDI NETO, F. e W.C.MOLDENHAUER, 1980. Erosividade da Chuva: Sua Distribuição e Relação com Perdas de Solo em Campinas, SP. In: Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Recife. fl. 13.
- MARCHETTI, D.A.B. e G.J. GARCIA, 1978. Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação. São Paulo, Editora Nobel.
- MARQUES, J.Q.A.; J. BERTONI e G.B. BARRETO, 1961. Perdas por Erosão no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico. Bragantia, 20: 1143-1181.
- MIDDLETON, H.E., 1930. Properties of Soil Wich Influence Soil Erosion. Washington, D.C. U.S.D.A. 16 p. (Technical Bulletin, 178).
- MUSGRAVE, C.W., 1947. The Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion: A First Approximation. Journal of Soil Water Conservation. Ankey, Iowa. 2: 133-138.
- MYERS, V.I., 1975. Crops and soils. In: American Society of Photogrammetry. Manual of Remote Sensing. Falls Church, Virginia, V. 2, p. 1715-1805.

- RABBEN, E.L., 1960. Fundamentals of Photointerpretation. In: American Society of Photogrammetry. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 3, p. 99-186.
- RAY, R.G., 1963. Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológico. Tradução de Jesuíno Felicíssimo Jr. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 163 p.
- RICCI, M. e S. PETRI, 1965. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Editora Nacional, 226 p.
- SANTOS, A.P. dos; M. NIERO e M.A. LOMBARDO, 1980. Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto no Uso da Terra. In: Curso de Treinamento: Introdução às Técnicas de Sensoriamento Remoto e Aplicação. Manual. São José dos Campos, INPE, 318 p.
- SILVA, J.R.C., 1978. Perdas de Solo e Produção de Sedimentos - Estimativas em Uma Pequena Bacia Hidrográfica Localizada em Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 62 p. [Dissertação de Mestrado].
- SILVA, J.R.C. e O. FREIRE, 1978. Fator Chuva para Aplicação na Equação Universal de Perdas de Solo, em Piracicaba. Revista da Agricultura. Piracicaba, LIII(4): 229-232.
- SILVA, D.D., 1941. Interpretation of Soil Conservation Data for Field Use. Agriculture Engineering. St. Joseph, Michigan, 22: 173-175.

- THORLEY, G.A., 1975. Forest land: Inventory and Assessment. In: American Society of Photogrammetry. Manual of Remote Sensing. Falls Church, Virginia, V. 2, p. 1353-1426.
- WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1958. Rainfall Energy and Its Relationships to Soil Loss. Washington, D.C. Trans. Amer. Geophys. Un. 39: 285-291.
- WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1960. A Universal Soil-Loss Equation to Guide Conservation Farm Planning. In: 7th Congress of Soil Science. Madison, Wisconsin. p. 418-423.
- WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for Selection of Practices for Soil Water Conservation. Washington, D.C. U.S.D.A. 47 p. (Agriculture Handbook, 282).
- WISCHMEIER, W.H. e J.V. MANNERING, 1959. Relation of Soil Properties to Its Erodibility. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, Wisconsin, 33: 131-137.
- WISCHMEIER, W.H.; C.B. JOHNSON e B.V. CROSS, 1971. A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites. Journal of Soil Water Conservation. Ankey, Iowa. 26: 189-193.
- ZINGG, A.W., 1940. Degree and Length of Land Slope as It Effects Soil Loss in Runoff. Agriculture Engineering. St. Joseph, Michigan, 21: 59-64.