

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRINHA  
COM O AUXÍLIO DE FOTOINTERPRETAÇÃO E TÉCNICAS  
CARTOGRAFICAS - (IRACEMAPOLIS - SP)

PETRONIO CAMPOS DE OLIVEIRA

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientador: Prof. Dr. VALDEMAR ANTONIO DEMÉTRIO

Dissertação apresentada a Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de  
Queiroz", para obtenção do título  
de Mestre em Agronomia, Área  
de Concentração: Irrigação e  
Drenagem.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da  
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

---

Oliveira, Petronio Campos de  
048c      Caracterização física da bacia do Ribeirão Cachoeiri  
          nha com o auxílio de fotointerpretação e técnicas carto  
          gráficas (Iracemápolis - SP). Piracicaba, 1991.  
          119p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ  
Bibliografia.

1. Bacia hidrográfica - Caracterização física 2. Ba  
cia do Ribeirão Cachoeirinha - Caracterização 3. Bacia  
do Ribeirão Cachoeirinha - Manejo 4. Cartografia digital  
5. Fotointerpretação 6. Recurso hídrico - Planejamento  
7. Solo - Conservação I. Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz", Piracicaba

CDD 551.483

D E D I C O

Aos meus pais,

HILDRETE e MARIA ARMINDA

e minha tia

MICHOL,

pela consciência do que representam

em minha vida.

À

ROSANGELA MARQUES DUARTE

pelos momentos de ternura,

estímulo e companherismo.

OFEREÇO

## A G R A D E C I M E N T O S

Ao Professor Dr. Valdemar Antonio Demétrio pela orientação, amizade e estímulo nas fases decisivas deste trabalho;

Ao Professor Dr. Antonio Fernando Lordelo Olitta pela coordenação do curso e apoio logístico;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Programa Nacional de Irrigação (PRONI) pela concessão da bolsa de estudos;

À Usina Iracema (Iracemópolis-SP) pela receptividade na pessoa do Engo. Agro. Lourival Monaco e fornecimento de boletins pluviométricos;

Ao DAEE, nas pessoas do Engo. Civil Luis R. Moretti e Engo. Agro. Sebastião Boschilla, pela introdução com os agentes locais e acompanhamento de campo;

À Prefeitura de Iracemópolis (SP) na pessoa do Engo. Civil Paulo Demarchi, pela receptividade e financiamento da publicação dos exemplares da dissertação;

À CUTRALE, pela liberação do Engo. Agro. Renato Tadeu Rovarotto para os serviços de restituição aerofotogramétrica, sem os quais não seria possível a composição dos mapas finais;

À BASE na pessoa do Sr. Irineu Idoeta pela realização dos serviços de reprodução gráfica dos mapas;

Ao Professor Dr. Nilson Augusto Villa Nova, pelas sugestões, apoio técnico e seu exemplar espírito de doação;

Aos Engenheiros Agrônomo Edson Carraro, do Departamento de Extensão Rural, da coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Campinas (SP) e Pedro Luiz Donzelli, da Seção de Fotointerpretação do IAC, Campinas, respectivamente pela intermediação e empréstimo das séries fotográficas;

Ao Engenheiro Helio do Prado, pela colaboração na área de pedologia;

À Roberta Helena Fiorotto Rodrigues, pela mão amiga nos serviços de digitação e edição do texto da dissertação;

Às bibliotecárias, Katia Maria de Andrade Ferraz e Eliana M. G. Sabino pela orientação nos trabalhos de normatização das informações bibliográficas;

Ao Técnico Jesuíno Ferrari, pelos desenhos;

Aos colegas e funcionários do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação;

Ao Prof. Dr. Joelito de Oliveira Rezende, da Escola de Agronomia da UFBA, Cruz das Almas- BA, pelo seu exemplo de profissional ao longo de minha vida acadêmica.

"CAMINHEM SEM MEDO NA DIREÇÃO  
DAQUILO QUE A PROVIDÊNCIA LHES RESERVA,  
COM CORAÇÃO ABERTO A TODAS AS  
GRANDES ASPIRAÇÕES.

A INSEGURANÇA DO PRESENTE E  
A INQUIETAÇÃO COM RELAÇÃO AO FUTURO,  
NÃO DEVEM PARALIZAR EM VOCÊS  
A CORAGEM E O ENTUSIASMO"

(JOÃO XXIII)

## SUMARIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS . . . . .	xii
LISTA DE TABELAS . . . . .	xiii
LISTA DE QUADROS . . . . .	xiv
RESUMO . . . . .	xv
SUMMARY . . . . .	xvii
1. INTRODUÇÃO . . . . .	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .	4
2.1. Geomorfologia . . . . .	4
2.2. Hidrologia . . . . .	6
2.2.1. Processos básicos . . . . .	6
2.2.2. Hidrogeologia . . . . .	10
2.2.3. Hidrologia florestal . . . . .	12
2.3. Planejamento de recursos hídricos . . . . .	15
2.3.1. Manejo de bacias . . . . .	15
2.3.1.1. Fatores erosivos . . . . .	25
2.3.1.2. Controles conservacionistas . . . . .	30
2.4. Fotointerpretação e técnicas cartográficas . . . . .	37



3. MATERIAL E MÉTODOS . . . . .	44
3.1. Material . . . . .	44
3.1.1. Descrição da área da bacia . . . . .	44
3.1.1.1. Localização da área . . . . .	44
3.1.1.2. Relevo . . . . .	46
3.1.1.3. Vegetação . . . . .	46
3.1.1.4. Geologia . . . . .	48
3.1.1.5. Clima . . . . .	48
3.1.1.6. Vazão . . . . .	49
3.1.1.7. Solos . . . . .	50
3.1.2. Fotografias aéreas . . . . .	58
3.1.3. Cartas . . . . .	58
3.1.4. Instrumentos de interpretação, dese- nho e medição . . . . .	59
3.1.5. Instrumentos de registro dos dados obtidos pela fointerpretação . . . . .	59
3.2. Métodos . . . . .	60
3.2.1. Escolha da área de estudo . . . . .	60
3.2.2. Utilização de cartas . . . . .	60
3.2.3. Interpretação aerofotográfica e ma- peamento . . . . .	61
3.2.4. Obtenção da carta clinográfica . . . . .	62
3.2.5. Método estatístico . . . . .	63
3.2.6. Metodologia de regionalização de vazões para o Estado de São Paulo (DAEE) . . . . .	63

3.2.7. Equação universal de perdas do solo	64
3.2.7.1. Estimativa de erosividade da chuva (R) . . . . .	64
3.2.7.2. Estimativa da erodibilidade do solo (K) . . . . .	65
3.2.7.3. Estimativa do fator topográfico (LS) . . . . .	65
3.2.7.4. Estimativa do fator uso e manejo (C) . . . . .	66
3.2.7.5. Estimativa do fator práticas conservacionistas (P) . . . . .	67
3.2.7.6. Estimativa das perdas de solo . . . . .	67
 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	 68
4.1. Fotointerpretação e digitação gráfica . . . . .	68
4.1.1. Da fotointerpretação . . . . .	68
4.1.2. Da digitação gráfica . . . . .	73
4.1.2.1. Cálculo das glebas homogêneas por classes de declividade . . . . .	73
4.1.2.2. Caracterização dos alvos . . . . .	73
4.2. Caracterização do regime pluviométrico . . . . .	76
4.2.1. Análise estatística . . . . .	77
4.3. Aplicação da metodologia de regionalização de vazões . . . . .	80
4.4. Avaliação do potencial hídrico subterrâneo . . . . .	86

4.5. Equação universal de perdas de solo . . . . .	89
4.5.1. Avaliação dos fatores determinantes	89
4.5.2. Avaliação de áreas críticas da bacia	101
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES . . . . .	104
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA . . . . .	106

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Composição de áreas da Bacia Ribeirão Cachoeira conforme PROCHNOW (1990), em destaque a bacia Ribeirão Cachoeirinha. .	45
Figura 2 - Mapa com divisão geomorfológica do Estado de São Paulo em regiões fisiográficas e com localização do município de Iracemápolis - SP . . . . .	47
Figura 3 - Área de cana terraceada . . . . .	71
Figura 4 - Vista parcial da bacia, em destaque barragem 3 . . . . .	71
Figura 5 - Barragem de abastecimento municipal (1) .	72
Figura 6 - Detalhe da recomposição da mata ciliar no entorno da barragem 1 . . . . .	72
Figura 7 - Gráfico de regressão linear . . . . .	79
Figura 8 - Regiões hidrológicas semelhantes do Estado de São Paulo, DAEE - SP, 1988 . . . . .	83
Figura 9 - Regiões hidrológicas semelhantes quanto ao parâmetro C, segundo a metodologia para regionalização de vazões do DAEE-SP, 1988	84

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Parâmetros regionais - valores de a e b da reta de regressão das 21 regiões hidro-lógicas semelhantes identificadas no Estado de São Paulo pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE, 1988). . . . .	85
Tabela 2 - Fator LS da segunda época (1972) e valores dos seus subfatores determinantes da classe D . . . . .	92
Tabela 3 - Fator LS da quarta época (1988) e valores dos seus subfatores determinantes da Classe D . . . . .	93
Tabela 4 - Valor anual do fator uso e manejo (C) na cultura da cana . . . . .	96
Tabela 5 - Avaliação das perdas de solo das glebas de classe D (12,5%) de declividade para a 2a. época (1972) . . . . .	99
Tabela 6 - Avaliação das perdas de solo das glebas de classe D (12,5%) de declividade para a 4a. época (1988) . . . . .	100

## LISTA DE QUADROS

Página

Quadro 1 - Classes taxonômicas: áreas estimadas .	51
Quadro 2 - Legenda de identificação das unidades de mapeamento e classificação da bacia Ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis - SP	57
Quadro 3 - Glebas homogêneas por classes de declive	73
Quadro 4 - Quadro evolutivo de alterações na cobertura vegetal e formas construídas . . . .	75
Quadro 5 - Cobertura vegetal e fator C . . . . .	97
Quadro 6 - Limites de tolerância de perdas por erosão . . . . .	101

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRINHA  
COM O AUXÍLIO DE FOTOINTERPRETAÇÃO E TÉCNICAS  
CARTOGRAFICAS (IRACEMAPOLIS - SP)

Autor: PETRONIO CAMPOS DE OLIVEIRA

Orientador: PROF. DR. VALDEMAR ANTONIO DEMÉTRIO

**RESUMO**

O presente trabalho traz uma abordagem da caracterização física de uma bacia hidrográfica, localizada em Iracemópolis (SP) latitude  $22^{\circ} 36' S$ ; longitude  $47^{\circ} 33' W$ -Gr; altitude 640 m, não instrumentada, correspondente à uma área de aproximadamente 1500 ha através de fotografias aéreas, períodos de 1962, 1972, 1978 e 1988, cobrindo 26 anos; nas quais foi possível avaliar o comportamento evolutivo da cobertura vegetal, com predomínio crescente da cultura da cana, para fins de manejo de solo e água.

A fotointerpretação conjugada com os dados físicos permitiu, a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo, detectar pontos críticos na bacia, correlacionados a cada época.

As informações cartográficas e as obtidas por fotointerpretação foram arquivadas através de mesa

digitadora utilizando-se do aplicativo interativo computacional Maxicad.

As estimativas de perdas de solo nas diversas áreas foram obtidas com a aplicação da Equação Universal de Perdas, salientando-se a importância do fator erosividade da chuva (R), a partir de dados de precipitação média para um período de 35 anos.

O banco de dados criado permitiu o estudo e detecção de pontos críticos no manejo do solo e água nas diferentes épocas através de comparação analítica e visual das áreas com o uso de recursos computacionais.

O conjunto de informações levantadas permitiu indicar práticas úteis ao planejamento global da bacia, à preservação dos mananciais, proteção dos reservatórios contra o assoreamento e sugerir alternativas de seu controle.



PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE WATERSHED CACHOEIRINHA  
CREEK WITH THE PHOTOINTERPRETATION AND  
CARTOGRAPHIC AID -(IRACEMAPOLIS - SP)

Author: PETRONIO CAMPOS DE OLIVEIRA

Adviser: Prof. Dr. VALDEMAR ANTONIO DEMÉTRIO

SUMMARY

This work brings an explanation about physical characterization of a watershed located in Iracemapolis (SP) county, latitude  $22^{\circ}36'$ ; longitude  $42^{\circ}33'$ ; altitude 640m not equipaded with hidrometric instruments, corresponding aproximately to 1500 ha of area using the aerial photographs, related to four (4) periods, 1962, 1972, 1988, covering 26 years; in which was possible to estimate evolutive behavior of the vegetal cover, with the crescent supremacy of the sugarcane plant, objectiving the soil and water management improvement.

The photointerpretation linkage with physical data, allowed the application of the universal soil loss equation and detect critical points in the watershed, related to each period.

The soil loss estimates in the various

areas were obtained with the application of the universal loss equation, emphasizing the importance of the erosivity factor (R), by means the local precipitation data for a 35 years period.

The data bank created made possible the study and detection of the critic points in the soil and water management so as well different periods through visual and analytic comparison in the with computer resources use.

Such studies provided important information to indicate useful practices to global planning of the watershed, springs preservation, protection against reservoir sedimentation and to suggest alternatives of control.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das demandas hídricas urbanas, agroindustriais e agrícolas e os déficits sazonais, mesmo em regiões situadas em zonas úmidas de regime pluviométrico anual considerado satisfatório, vem provocando constantes desequilíbrios no balanço hídrico estacional e escassez temporal com problemas freqüentes de desabastecimento.

O disciplinamento do uso das águas impõe-se cada vez mais, com o incremento populacional e elevação do padrão de vida e concomitante às práticas conservacionistas de caráter geral, base do planejamento de uso integrado das terras, não só para o desenvolvimento da agricultura, especialmente a irrigada, silvicultura e urbanismo, mas, principalmente, para a recepção e derivação de uma água limpa livre de poluentes (PEREIRA, 1973).

A unidade de planejamento considerada é a bacia hidrográfica que por si só encerra o sistema hidrológico básico, formando uma área de drenagem convergente compartimentalizada em um sistema fluvial de dimensão variada.

O estudo de bacias hidrográficas vem sendo examinado em diversos níveis, tais como, hidrologia, conservação do solo, preservação ambiental e a nível de gestão integrada do recurso, privilegiando principalmente as bacias de grande porte, instrumentalizadas e/ou de grande expressão sócio-econômica.

De maneira geral, as pequenas bacias são carentes de pesquisa em função da sua expressão de efeitos, aparentemente localizados, quando na prática negligencia-se o fato de que estas constituem o grosso de grande parte do sistema hidrográfico, responsável pelo suprimento hídrico em seus aspectos múltiplos de uso regional e que mais necessitam de rápido monitoramento com relação à ocorrência de cheias, estiagens e processos erosivos (PINTO et alii, 1976).

Na bacia em estudo vem se desenvolvendo um projeto dentro do programa nacional de microbacias hidrográficas para preservação e recomposição de sua mata ciliar e conta com a participação de vários órgãos como IAC, CATI, UNICAMP, USP, DAEE e CETESB.

A escolha da bacia Ribeirão Cachoeirinha, em Iracemápolis - SP, para a realização deste trabalho, deveu-se entre outros fatores: à representatividade com relação às características sócio-econômicas e fisionômicas regionais; a pré-existência de projeto-piloto na área de recomposição florística da bacia e séries aerofotográficas; a necessidade de definir critérios ou recomendações de

ordem prática para manutenção de níveis adequados ao suprimento da demanda hídrica do município.

O presente trabalho tem por objetivo, estudar características físicas de uma bacia não instrumentada através de técnicas aerofotogramétricas e cartográficas.

Os elementos fotointerpretados transferidos a um mapa básico regional, através de métodos computacionais pressupõe detectar pontos críticos no manejo de solo e água.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Geomorfologia

Segundo OLIVEIRA (1972), as regiões da superfície do globo distinguem-se uma das outras pelas seguintes características físicas: (a) modelado topográfico; (b) cobertura vegetal; (c) solos; (d) regime climático; (e) altitude; (f) idade das superfícies. Apesar de cada elemento poder ser estudado por si, é o conjunto dos seus efeitos conjugados que dará lugar a diferentes paisagens naturais.

O solo, se não é o elemento mais evidente da paisagem, é o mais típico, refletindo geralmente de maneira bastante fiel, a interação de todos os fatores pré-citados, e não somente atuais, mais de épocas remotas (OLIVEIRA, 1972).

Segundo OLLIER (1976) e DEMATTÊ (1978) o conceito zonal de solos, enuncia o clima como fator dominante de formação de solos. Do mesmo modo acredita-se que o processo de formação das vertentes, seja climaticamente controlado, existindo uma associação regular

numa grande faixa de solos e declives de acordo com diferentes climas. Essa associação é designada como catena ou topossequência.

Normalmente levantamentos de solos trazem informações sobre a relação solo-declive e sua variação catenária e diferentes situações geológicas oferecem variadas possibilidades de investigação.

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo. As formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Sintetizando em si a gênese da paisagem e sua evolução temporal, a geomorfologia, vem sendo descrita através de ampla bibliografia especializada, relacionada aos processos erosivos naturais e antrópicos (CHRISTOFOLETTI, 1980; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985; SÃO PAULO, DAEE, 1989; DANIELS, 1990), clima e topossequência (COLLIER, 1976; DEMATTE, 1978; BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985) e a gênese fluvial (BIGARELLA & SUGUIO, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Conforme DEMATTE (1978) o relevo diz respeito às formas do terreno que compõem uma paisagem. Sua ação se reflete principalmente sobre a dinâmica da água, quer no sentido vertical (infiltração), quer no sentido lateral (deflúvio).

## 2.2. Hidrologia

### 2.2.1. Processos básicos

PINTO et alii (1976) conceituam a hidrologia como a ciência que estuda a água na natureza, suas propriedades, fenômenos e distribuição na atmosfera, na superfície e subsolo do globo terrestre, ao que LINSLEY & FRANZINI (1978) acrescentam a análise quantitativa da variabilidade temporal e espacial da disponibilidade do recurso.

A maior dificuldade dos estudos hidrológicos reside na grande interdependência dos fenômenos hidrometeorológicos com as características fluvio-morfológicas das bacias, UEHARA (1984).

A proporção da chuva que segue diferentes caminhos do ciclo é função dos fatores geográficos como clima, solo, topografia e vegetação. O clima, no qual os fatores dominantes são, o manancial hídrico e a energia para evaporação, está fora do nosso controle, embora seus efeitos possam ser minimizados pela irrigação, sombreamento e proteção do solo, PEREIRA (1973).

O escoamento superficial, resultante de precipitações nas condições de solo saturado ou impermeável, (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985) se processa, obedecendo as linhas de maior declive, as quais definem as trajetórias preferenciais de fluxo (águas livres), e tendem



a formar os cursos d'água que tomam denominações apropriadas de acordo com o volume de contribuição da água superficial do lençol subterrâneo e condição fisiográfica, tais como: córregos, rios e lagos, PINTO et alii, (1976). Eventualmente pode causar mudanças abruptas no regime dos cursos de água, porém essa contribuição é proporcional a chuva, cessando após o término desta, PINTO et alii (1976); RAMOS et alii (1989).

PINTO et alii (1976) sintetizam a hidrologia no estudo quantitativo de precipitação, evaporação e vazão dos rios, a análise desses dados, o seu interrelacionamento e o conhecimento do grau de influência de cada fator, em cada situação-problema relativo a projetos hidráulicos. CRUCIANI (1987) ressalta o escoamento na avaliação hidrológica e afirma que, devido a variação natural desses eventos no decurso do tempo, eles devem ser estudados em termos de probabilidade para um período mínimo de recorrência de 10 anos de dados hidrológicos.

CRUCIANI (1987) informa a densidade de postos fundamentais hidrométricos no país: 1 para 400 e 500 km<sup>2</sup>. Considerada satisfatória com relação a países como Estados Unidos de 1:300 km<sup>2</sup>, na França 1:200 km<sup>2</sup>; Inglaterra 1:50 km<sup>2</sup> e Itália 1:80 km<sup>2</sup>.

Conforme LINSLEY & FRANZINI (1978), as águas pluviais, excluindo a parte retida como recarga da bacia, podem alcançar os cursos de água por três vias distintas: escoamento superficial, escoamento

subsuperficial e escoamento subterrâneo.

Em regiões úmidas, o valor da vazão dos cursos de água antes da chuva reflete bem as condições precedentes, e freqüentemente pode ser utilizado como um bom parâmetro, LINSLEY & FRANZINI (1978).

O regime de um rio é composto de suas características hidrológicas e é determinado estudando-se o volume dos caudais que possam ter seus leitos, nos diferentes períodos.

Segundo UEHARA (1964), enquanto os grandes cursos d'água possuem postos pluviométricos, para medidas linimétricas e vazões de descarga, fornecendo dados suficientes para a análise estatística, os rios menores são pouco estudados a não ser próximo aos grandes centros. Seus dados em geral são insuficientes para tratamentos estatísticos.

Esta é a razão porque os hidrólogos, no Brasil encontram grandes dificuldades para o estudo das vazões mínimas e máximas de "pequenas" bacias.

UEHARA (1964) em seu trabalho, define pequena bacia, como aquela onde, 2 leituras diárias são insuficientes para definir seus hidrogramas, o que é uma regra para bacias menores que  $1.000 \text{ km}^2$ .

UEHARA (1964), na caracterização física de uma bacia, considerou como dados básicos fundamentais para o estudo de vazões os seguintes elementos: topografia, pluviometria; geologia; solos e vegetação; clima e

evapotranspiração e características fluvio-morfológicas (ou areais).

A existência de registros fluviométricos, torna possível, pela seleção de diversos períodos de seca, a caracterização do regime de um rio. PINTO et alii (1976).

PINTO et alii (1976) afirmam que obras hidráulicas em pequenos rios ou córregos levam em consideração, geralmente, a probabilidade de ocorrência das vazões de dimensionamento. Todavia, este estudo da frequência contrapõe-se à carência quase total de dados hidrológicos em pequenas áreas de drenagem. Dos 388 postos fluviométricos existentes entre os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apenas seis correspondem a áreas de drenagem inferiores a 50 km<sup>2</sup>.

A instalação de uma estação hidrométrica compreende essencialmente, dispositivos de medição de nível das águas, régua linimétrica ou linígrafos, devidamente referidos a uma cota conhecida; as facilidades para medição, tais como botes, cabos aéreos ou pontes; e as estruturas artificiais para controle, em alguns casos. PINTO et alii (1976); LINSLEY (1978).

CRUCIANI (1987), quanto às condições de medições pluviométricas, salienta redes fundamentais para uso geral e redes de postos regionais cuja função básica é a coleta de dados para estudo em bacias hidrográficas.

PINTO et alii (1976) citam como fatores determinantes do afluxo aos cursos d'água: área da bacia de

contribuição; conformação topográfica de bacia; condições de revestimento do solo e constituição geológica do subsolo; obras de controle e utilização da água montante da seção.

RAMOS et alii (1989) preconizam o uso de pluviógrafos para pequenas bacias e bacias urbanas, que necessitam de dados hidrológicos mais precisos, que grandes bacias. Estas exigem tão somente dados de alturas pluviométricas diárias para fins de projeto.

### 2.2.2. Hidrogeologia

PINTO et alii (1976) explicam que a distribuição das águas subterrâneas, seu deslocamento e eventual ressurgimento na superfície resulta de um complexo de fatores que envolvem questões geológicas, topografia e hidráulica dos meios porosos, constituindo um campo de estudo especializado de amplas exigências quanto ao "background" técnico exigido. Sua importância como fonte de reserva hídrica, dezenas de vezes superiores ao volume de água doce superficial, reside além disso, em estar estreitamente vinculado como uma fonte de suprimento.

A água subterrânea no Brasil, como em outras partes do globo é um recurso imprescindível para o abastecimento de água. mesmo em locais de clima e geologia

favoráveis ao acúmulo de água superficial, como nas regiões sul e sudeste do país; a importância da água subterrânea emerge em períodos críticos de seca, quando esses recursos superficiais não são suficientes, parcial ou integralmente para cobrir a demanda. No Brasil, os aquíferos do tipo arenito, basaltos fraturados e calcários formados por dissolução e com fraturas são considerados de boa vazão. Em alguns casos aquíferos de rocha cristalina fraturada, como granitos, podem ser perfurados, mas fornecem baixa vazão, RAMOS et alii (1989).

BARROW (1987) enfatiza que variações no incremento das vazões em bacias dependem de seus diferentes perfis geomorfológicos, assim como, o regime do curso d'água, depende do equilíbrio entre os componentes do escoamento superficial e subterrâneo; se há um predomínio do primeiro é provável que haja formação de fluxo errático, maiores riscos de enchentes e leitos secos.

LIMA (1986) sustenta que as rochas sedimentares (arenitos e calcários) são via de regra, as mais favoráveis para a permanência do deflúvio durante os períodos secos; todavia rochas ígneas fraturadas podem produzir bons fluxos.

O artigo "ÁGUA subterrânea reserva estratégica" (1988) afirma que os recursos hídricos subterrâneos, pelo menos em dois terços do Estado de São Paulo, o potencial explorável pode ser considerado muito bom e mesmo nas áreas hidrologicamente menos favoráveis, o

atendimento às pequenas comunidades, indústrias e propriedades rurais é bastante interessante, quando possível com pequenas vazões. Conclui ainda que, estudos disponíveis garantem que 70% dos núcleos urbanos do Estado podem ser supridos inteiramente por águas subterrâneas.

### 2.2.3. Hidrologia florestal

LIMA (1971) enfatiza em seu trabalho uma visão conceitual bastante atual do manejo de recursos naturais associados à conservação, quando pressupõe exploração dos recursos mais pelo critério da adequação que pela restrição de uso, relativo às mudanças de atividades compatíveis com a capacidade de uso. Nesse trabalho, desenvolveu um estudo em duas pequenas bacias contíguas (Clover Watersheds) de 19 e 11,5 ha respectivamente, situadas em Parsons, com o objetivo de determinar a partir da recomposição da mata nativa, o nível de correlação entre as alterações da sucessão vegetal e a relação precipitação/deflúvio para um período de treze anos (1957-1971) como fonte complementar de avaliação, utilizou-se de fotografias aéreas tomadas nos anos de 1945, 1956 e 1968.

HEWLETT & HIBBERT (1967) explicam os processos ligados à geração do escoamento superficial em

bacias hidrográficas primárias florestadas, através do conceito de área variável de influência. Este conceito parece especialmente válido onde as terras úmidas ribeirinhas dominam o processo hidrológico da bacia hidrográfica.

HEWLETT (1982) registra que a área ativamente produtora de escoamento superficial pode variar em relação á superfície total da bacia de menos de 1% durante chuvas pequenas, e até 50% durante eventos chuvosos extremamente prolongados. Essa variação da influência da área conforme a característica da carga, segundo o autor, é de grande relevância para compreensão dos processos integrantes do ciclo hidrológico, como escoamento superficial, transporte de sedimentos, nutrientes e poluentes.

Em seu trabalho, LIMA & RANZINI (1986) concordam que a caracterização da área variável de influência para as bacias hidrográficas estudadas possibilitará aos técnicos tomarem decisões mais aceitáveis, quanto ao manejo das áreas marginais ao longo das bacias, quer incorporando-as ao processo produtivo, quer preservando-as para assegurar a manutenção do equilíbrio ambiental.

Para o levantamento hidrológico da bacia de Passa Cinco, LIMA & RANZINI (1986) adotaram como procedimentos iniciais: delimitação, montagem planialtimétrica, confecção de mapas pedológicos,

geológicos, de vegetação e uso atual. Compatibilização com: dados de campo análise de água; zoneamento para definição de áreas críticas de manejo de caráter vegetativo. Preconizam o repovoamento das matas ciliares por espécies de porte mais baixo, de raizame consolidado. Eles explicam, que os povoamentos de porte elevado próximos dos rios tem uma ação destruidora das margens, que são minadas pelas águas. Na conclusão do trabalho, a partir da caracterização geral por zona, os autores defendem um programa mínimo de manejo específico, adotando medidas de conservação segundo a capacidade de uso e priorizando a preservação de mananciais por mata protetora.

Na África do Sul, o plantio de florestas não é permitido dentro de 20 metros das margens, devendo permanecer ocupado por vegetação natural, PEREIRA (1973).

Segundo PEREIRA (1973) as vantagens diferenciais da pesquisa em bacias hidrográficas, em ambientes tropicais, resumem-se nas seguintes:

- (a) estações úmida e seca fortemente contrastantes, dando uma definição clara das mudanças na umidade do solo e nas curvas de recessão do escoamento;
- (b) altas taxas de evaporação e baixas velocidades de vento;
- (c) crescimento de vegetação muito rápido; diversas espécies de eucaliptos crescem acima de 15m de altura em 4 anos, espécie de pinus atingem 9m em sete anos;
- (d) solos profundos, bem drenados e livres de pedras, de



- estrutura e porosidade uniformes, com amostragem fácil, tanto por tensiômetro como por sonda de neutrons;
- (e) ausência de neve e solos congelados e portanto livre de incertezas com as quais estes produzem;
- (f) grandes áreas de formação geológica uniforme, tanto que vales com diversos km<sup>2</sup> podem ser encontrados com o mesmo tipo principal de solo;

## 2.3. Planejamento de recursos hídricos

### 2.3.1. Manejo de bacias

BARROW (1987) elaborou um interessante estudo sobre bacias hidrográficas, relacionando fatores ambientais, tais como características de chuvas, solos, vegetação natural e práticas usuais para diferentes ecossistemas tropicais: úmidos, subúmidos e semi-áridos, associando-os por fator às características gerais e recomendações de manejo de solo e água. Entre as práticas recomendadas, especialmente para trópicos subúmidos evidencia-se a importância do controle do escoamento superficial, através de práticas culturais, manejo florestal, estímulo à programas de conservação do solo em áreas de alta densidade populacional e uso intensivo de solo. É particularmente referida a necessidade de se

refrear o escoamento em terrenos argilosos sob declive.

Diversos autores relatam a estreita relação entre clima e orientação e seus efeitos na morfogênese das bacias hidrográficas, variações no seu potencial hidrológico e vegetal. PEREIRA (1973) afirma que o uso do parâmetro orientação é um refinamento só aplicável em condições de bacias instrumentadas, KENNEDY (1976) e OLLIER (1976) concordam com a importância do microclima na formação de vales assimétricos, LIMA (1986) atribui à orientação da bacia papel determinante na relação precipitação/deflúvio, LOPES (1986) associa diferenças na produção de massa verde e matéria seca às variações nas faces de exposição em bacias hidrográficas.

BARROW (1987) sugere alguns procedimentos básicos adequados à ambientes tropicais: a área de contorno das nascentes é desaconselhável ao cultivo, a intermediária exige práticas de conservação de solo e controle de escoamento e os trechos de desembocadura de afluentes e margens do rio principal, podem ser cultivadas sem a exigência de práticas excepcionais de controle de erosão. Saliencia que o manejo utilitário das terras de uma bacia é especialmente importante em suas porções superior e média, onde usualmente ocorrem as condições de fluxo superficial e erosão, mais drásticas.

BENINCASA (1971), a partir de dados pluviométricos e fisiográficos, de 51 postos pluviométricos da região de Jaboticabal, aplicando método de correlação de

séries, homogeneização e estimativa de deflúvio, estabeleceu correlação positiva entre bacias instrumentadas e não instrumentadas.

SCHULZ (1973) preconiza o uso de diversos métodos para mensuração de bacias hidrográficas quais sejam: (a) estimativa; (b) planimetria; (c) grade de pontos; (d) subdivisão de faixas; (e) subdivisão geométrica; (f) técnicas computacionais (digitalização).

ORTEGA (1980) trabalhando em 5 grandes bacias de uma região do Peru, estabeleceu uma concepção de manejo de integrado dos recursos, de solo, vegetação, água, considerando a diversidade de sistemas ecológicos e seu uso agroeconômico racional, prevendo a transposição do recurso água de bacias com volume excedente para bacias deficitárias (receptoras).

BEASLEY et alii (1980) desenvolveram um modelo hidrológico de simulação para o planejamento da bacia agrícola de Black Creek, em Indiana, e avaliação dos efeitos das várias combinações de usos das terras, esquemas de manejo, práticas de conservação e suas respectivas respostas hidrológicas e impactos erosivos.

CADIER & DUBREUIL (1986) propuseram uma técnica de simulação matemática para bacias de tamanho variável, de 0,098 km<sup>2</sup>; 1,562 km<sup>2</sup>; 25km<sup>2</sup> e 400 Km<sup>2</sup> de áreas do Nordeste brasileiro, objetivando determinar o volume ótimo de escoamento por superfície e conseqüentemente, dimensionamento ideal de barragens para otimização do

sistema de armazenamento hídrico.

TARDIEU & PLUS (1990) estabeleceram um planejamento de recursos hídricos para manejo integral de água, em regime de escassez na região de Garonne (França) a partir do controle automatizado dos níveis de consumo para otimização de uso das fontes de suprimento.

LANNA (1983) descreve província hidrológica como uma região homogênea do ponto de vista hidrológico e bacia representativa como uma bacia instrumentada com aparelhos de observação de fenômenos hidrológicos, que representaria o conjunto de bacias integradas de uma província.

A instrumentação de bacias hidrológicas, faz parte do trabalho de regionalização de dados hidrométricos, típicos de uma dada província hidrológica, para fins de classificação de bacias e planejamento de uso de seus recursos naturais.

BORDAS et alii (1983) relatam que a bacia hidrográfica de Forquetinha, representativa de vasta região do Rio Grande do Sul, apresenta como característica hidrológica o predomínio do recurso hídrico superficial sobre o subterrâneo, em razão das características do substrato rochoso da sua pedologia, declividade e índice de cobertura vegetal. O regime do Rio Forquetinha bastante irregular, segundo o autor, foi subdividido em sub-bacias com áreas contribuintes de aproximadamente  $1 \text{ km}^2$ , segundo critério do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS

(IPH) para avaliação do regime hidro-sedimentológico. Os conhecimentos e as ferramentas disponíveis para avaliação do impacto ambiental pelas alterações de uso dos recursos naturais da bacia e controle de sedimentos, baseou-se em algumas fórmulas empíricas como as que compõem a equação universal de perdas de solo e algumas técnicas de simulação para converter em vazões, registros pluviométricos de uma bacia. Tais fórmulas, valiosas na orientação de práticas conservacionistas a nível de lavoura, mostraram-se precárias para prever problemas de drenagem, riscos de escoamento de cursos fluviais e barragens.

BRANCO (1983) em sua pesquisa aplicada para inventariar o potencial hídrico de bacias não instrumentadas da região da Serra do Mar (SP), objetivando a construção de usinas hidrelétricas reversíveis, desenvolveu uma metodologia que permitiu estimar as vazões médias anuais nos locais de reservatórios. Estes reservatórios, que interceptam pequenos cursos de água, tiveram suas vazões determinadas a partir de correlações efetuadas entre os dados fluviométricos, pluviométricos e das características geomorfológicas existentes na região, definindo-se áreas com características hídricas homogêneas.

VIEIRA et alii (1983) informam que desde 1964 foram instalados 10 conjuntos de bacias representativas e uma bacia experimental no Nordeste. Essa rede de bacias ficou sob a responsabilidade parcial da SUDENE, com o objetivo de melhorar o conhecimento dos

recursos hídricos das pequenas bacias regionais. Os autores constataram que a grande maioria das bacias do semi-árido, encontram-se assentadas predominantemente em áreas pobres em aquíferos. Consequentemente, as águas de superfície são a principal e as vezes, a única fonte de água explorável.

Da síntese dos trabalhos com bacias representativas e experimental, diversos autores chegaram inicialmente a conclusões que evidenciam a necessidade de se instalar bacias menores e mais homogêneas, para uma melhor caracterização físico-climática. Isso facilitaria a extrapolação dos resultados para outras bacias, objetivo primordial dos estudos de bacias hidrográficas representativas, VIEIRA et alii (1983), com que concorda CADIER (1984).

CADIER (1984) propôs um método de avaliação rápida dos escoamentos para pequenas bacias do semi-árido, com áreas inferiores a  $400 \text{ km}^2$  e precipitação média inferior a 1.000mm. Dentro da caracterização da bacia avaliada o item crucial é a classificação hidrológica da bacia, que envolve a interação dos elementos fisiográficos associados à pedologia (permeabilidade) e topossequência.

CADIER (1984) emite conceitos interessantes de bacias, quanto ao seu grau de heterogeneidade relacionado às condições de escoamento dentro da bacia e fator de risco de cheia. O autor resume o papel das heterogeneidades no comportamento hidrológico de uma bacia; quanto à regularização dos escoamentos. A presença

de formações impermeáveis, paradoxalmente constitui um fator de regularização da bacia. Enquanto, a ocorrência de formações muito permeáveis, especialmente em casos deficitários, constituirá um fator de irregularidades, quando situadas na parte baixa das bacias.

O artigo "REGIONALIZAÇÃO hidrológica no Estado de São Paulo" (1988) descreve uma metodologia desenvolvida pelo DAEE a partir de 1980, para estimativa de disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, tendo como objetivos principais o planejamento e a gestão de seus recursos hídricos.

A metodologia baseia-se na aplicação de modelos probabilísticos e determinísticos a partir de dados hidrológicos regionais, analisados e coletados pelo Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH).

O estudo baseou-se nos totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos, o que permitiu a elaboração da carta de isoietas médias anuais, as séries de descargas mensais observadas em 219 estações fluviométricas e as séries históricas de vazões diárias de 88 postos fluviométricos.

A análise conjunta dos parâmetros estudados para obtenção dessas variáveis hidrológicas, possibilitou identificar 21 regiões hidrológicamente semelhantes no Estado de São Paulo.

SÃO PAULO (1990) e PROCHNOW (1990) realizaram amplo trabalho de levantamento dos aspectos

físicos e sócio-econômicos com relação à bacia do rio Piracicaba. Enquanto o primeiro autor relaciona aspectos qualitativos e quantitativos de recurso hídrico da bacia quanto às relações de oferta e demanda, com projeções futuras e uso da modelagem (chuva/vazão), o segundo com uso de cartografia e imagens de satélite, trabalha os recursos naturais da bacia dentro de uma abordagem sistêmica quanto aos seus elementos físicos, enfatizando o manejo de solo e água.

#### 2.3.1.1. Fatores erosivos

São três as formas sob as quais as gotas de chuva, exercem seu papel erosivo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985):

- a) desprendimento de partículas de solo no local que sofre o impacto;
- b) transporte por salpicamento das partículas desprendidas;
- c) ação turbulenta sobre a água superficial;

Segundo WISCHMEIER & SMITH (1958), quando todos os fatores, integrantes do processo erosivo com exceção da chuva, são mantidos constantes, a perda de solo por unidade de área de um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva: energia cinética por sua



intensidade máxima em trinta minutos. LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980), ratificaram essa premissa para expressar o potencial erosivo da chuva.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) concordam que a intensidade é o fator mais importante na erosividade da chuva. Duração, intensidade e o intervalo de frequência, combinados são os fatores determinantes da capacidade erosiva da chuva.

Sobre uma grande parte dos trópicos a precipitação varia de estação à estação e de ano a ano. As dificuldades causadas pela variação temporal são ampliadas por outras características das chuvas. Em particular, a intensidade da chuva, tende a ser alta nos trópicos, e uma considerável proporção da chuva fica concentrada em um número consideravelmente pequeno de tormentas de elevado potencial erosivo, BARROW (1987).

LAL (1984) afirma que a erosão é mais severa em regiões com variações estacionais marcadas quanto à distribuição de chuvas. Áreas sob regimes tropicais tipo úmido-seco sofrem erosões mais severas que naquelas de clima equatorial com menos variabilidade em seu regime hidrotermal. Especialmente, mais graves situações ocorrem em locais com estação seca superior a 4 meses em que o déficit na cobertura vegetal se evidencia e o terreno fica mais susceptível à eventuais chuvas erosivas, no período.

BERTONI et alii (1986), em pesquisa de campo no Instituto Agronômico, nos principais tipos de uso

de solo: mata, pastagem, cafezal e algodoal, obtiveram as seguintes perdas médias de solo, respectivamente, 0,004t/ha; 0,4t/ha; 0,9t/ha e 26,6t/ha e perdas de água, 0,7%; 0,7%; 1,1% e 7,2% da chuva caída anualmente. Esses resultados experimentais permitem salientar a necessidade de se adotar um planejamento de uso das terras como forma de recuperar os solos já afetados por erosão. Os autores concordam que a erosão não é a mesma em todos os solos. As propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo, exercem diferentes influências na erosão.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), apresentam trabalho sobre o efeito do tipo do solo com relação as perdas por erosão. Considerou-se três tipos de solo: arenoso, argiloso e terra roxa, respectivamente podzolizado de Lins e Marília, podzólico vermelho amarelo orto e latossolo roxo. Tais solos apresentaram, respectivamente uma razão de perda de solo de: 21,1t/ha; 16,6t/ha; 9,5t/ha e de água escoada: 5,7%; 9,6% e 3,3% da chuva caída por ano. Para o período de um ano o tipo terra roxa foi o que menos solo perdeu, mas, por unidade de volume de enxurrada escoada, foi o argiloso o de menor perda de solo. Citam como fatores negativos da erosão de solos agrícolas:

(a) sedimentação e deposição de material erodido nas baixadas de solos férteis e conseqüente redução de sua produtividade;

- (b) exigência no preparo do solo à nível mais profundo no perfil do solo, dificultando a implantação da sementeira e resultando via de regra, baixa germinação e queda da produção;
- (c) necessidade adicional na força de tração dos equipamentos agrícolas, em razão da estrutura do subsolo e maior custo operacional;

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), explicam que a classificação usual omite a erosão por salpicamento ou impacto da gota de chuva, que é, no entendimento atual, o primeiro e mais importante estágio do processo de erosão. Alguns solos erosionam mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam as mesmas. Essa diferença, devido às propriedades do próprio solo, é denominada erodibilidade do solo. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são: (a) as que afetam a velocidade de infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; (b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão às forças de transporte da chuva e enxurrada.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) realizaram outro estudo para o Estado de São Paulo, sobre padrões de tolerância de perdas de solo a partir de 75 perfis de solo. O critério adotado, de fundo subjetivo, baseou-se na profundidade do solo mais favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e na relação textural dos horizontes

superficiais. Este estudo permitiu estabelecer os limites de tolerância de perdas por erosão para algumas unidades pedológicas. Os valores de tolerância médias de perdas de solo variaram de 4,5 a 13,4 t/ha/ano e de 9,6 a 15 t/ha/ano, respectivamente, para solos com B textural e com B latossólico.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) relatam que em 1954, no Runoff and Soil Loss Data Center, do Agricultural Research Service, com sede na Universidade de Purdue, foi desenvolvida a atual equação de perdas de solo, cujo aperfeiçoamento resultou da reunião e interpretação analítica dos dados básicos de perdas de solo e de água disponíveis em vários locais dos Estados Unidos, a partir de 1950. Essas análises determinaram várias melhorias de importância e que foram incluídas na equação, tais como: (a) um índice de erosão de chuva; (b) um método de avaliação dos efeitos do manejo de uma cultura para condições climáticas específicas; (c) um fator quantitativo de erodibilidade do solo; (d) um método que leva em conta os efeitos e as interrelações entre variáveis, como nível de produtividade, seqüência de culturas e manejo de resíduos. Em consequência dessas modificações, a equação superou as restrições de natureza climáticas e geográficas, devido a sua aplicação generalizada, modelo aperfeiçoado passou a ser denominado de EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO. A equação foi desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH em 1965, foi revisada e atualizada em 1978 e atualmente

é expressa na forma:

$$A = R.K.L.S.C.P$$

onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área, t/ha;

R = fator chuva: índice de erosão pela chuva, t/ha.mm/h;

K = fator erodibilidade do solo: intensidade por unidade de erosão, para um solo específico continuamente desnudo, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25m, t.m./ha.mm/h;

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

S = fator grau de declive: relação de perdas do 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 a um terreno mantido 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 de plantio morro abaixo.

Essa equação é um guia básico para o

planejamento conservacionista das terras.

A velocidade de infiltração é também afetada pela variação na textura do perfil; se um solo é arenoso e está sobreposto a um material pouco argiloso, pode-se esperar mudança apreciável na capacidade de infiltração, com redução da taxa em tempo relativamente curto. O comprimento de rampa é tão importante quanto o declive; em princípio, quanto maior o lançante, mais enxurrada se acumula e maior a energia resultante se traduz por uma maior erosão. Um dos aspectos a mencionar na topografia do terreno é a forma do declive: este pode ser convexo ou concavo, homogêneo ou deformado. Entretanto, seus efeitos quanto às perdas por erosão, não estão ainda bem avaliados, por isso é um fator desconsiderado.

LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1980) estabeleceram os valores de índices erosivos ( $E_{10}$ ) para 115 locais previamente escolhidos do Estado de São Paulo. A partir desses dados, foi traçado o mapa de isoerodentes do Estado de São Paulo, linhas essa que apresentam os valores médios anuais de erosividade da chuva, e também o fator chuva na equação de perdas do solo, os valores entre as linhas podem ser interpolados, linearmente. Os autores salientam que no cálculo do valor do fator uso-manejo da equação de perdas, (C), a informação de distribuição esperada do potencial de erosão durante o ano é combinada com a mudança da susceptibilidade do solo à erosão, durante os estágios de desenvolvimento da cultura, (BERTONI &

LOMBARDI NETO, 1985).

LAL (1984) encontrou uma relação linear significativa, entre os parâmetros quantidade e intensidade de chuva, para predição de perdas de solo por erosão, com coeficiente de correlação estimado,  $r=0,84$ . Uma condição particularmente útil para os trópicos, que geralmente não possuem parâmetros de energia cinética e intensidade de chuva para o cálculo do fator R da equação universal.

O fator de erodibilidade dos solos (K), segundo a FAO (1967), reflete o fato de que solos de tipos diferentes se erosionam com velocidades distintas ainda que os demais fatores que intervêm na erosão permaneçam constantes. Entre as propriedades do solo de maior expressão estão: a textura, a magnitude e a estabilidade dos agregados e tipo de argila, a permeabilidade e infiltração (velocidade), o conteúdo de matéria orgânica e espessura.

WISCHMEIER & SMITH (1965) destacam o fator uso e manejo (C) com a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. O nível de perdas de uma área e seu grau de proteção depende de diversos fatores, tais como; combinação de cobertura vegetal; seqüência de culturas; práticas de manejo; estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura durante o período das chuvas.

Segundo RESENDE & ALMEIDA (1985) os dois

métodos de previsão de erosão de maior interesse são o da equação universal desenvolvido por Wischmeier (USA) e o método chamado SLEMSA desenvolvido por Stocking & Elwell (Zimbábue)

#### 2.3.1.2. Controles conservacionistas

SILVA (1978) em seu trabalho de pesquisa para controle de sedimentação em uma pequena bacia hidrográfica, de 48,54 ha, dotada de reservatório com bacia hidráulica de 54.790m<sup>3</sup> e situada na Fazenda Sertãozinho - ESALQ em Piracicaba, a partir de mapas planialtimétricos, de solo, vegetação e capacidade de uso e aplicação da equação universal de perdas de solo, chegou as seguintes conclusões:

- Que o nível de sedimentação, mesmo a longo prazo, nas condições de uso e conservação vigentes não apresentava risco potencial à capacidade de acumulação do reservatório, por estar bem abaixo do nível permissível de perdas (2,47 t/ha/ano) para os solos da bacia.

Com a simples substituição da cobertura vegetal, por coníferas na meia encosta e no topo das elevações e grama batatais em pontos críticos das margens dos reservatório é possível, reduzir ainda em 98% as perdas médias anuais do solo.



ANDRADE & EMERICH (1979) comunicam que pesquisas sobre manejo de bacias hidrográficas na região do Vale do Paraíba, conduzidas pelo Instituto Florestal de São Paulo, em convênio com o DAEE e a Japan International Cooperation Agency (JICA), revelaram as pináceas tropicais como boa opção de reflorestamento protetor dos recursos de solo e água. A metodologia empregada consistiu no estabelecimento de parcelas experimentais (plot test) e de bacias experimentais. O uso do terraceamento foi a prática conservacionista que maior resposta conferiu ao sistema quanto a redução de perdas de solo (80% em relação à áreas não terraceadas), evidenciando a importância do fator topográfico na conservação do solo. Evidenciou-se ainda no estudo a necessidade de levantamentos detalhados para adoção de práticas de controle de erosão hídrica a nível específico de glebas e a deficiência de dados de tolerância de perdas de solo e água como elementos de planejamento.

ALONSO JARA (1982) para avaliar o comportamento hídrico dos solos, utilizou métodos de cálculo da capacidade de armazenamento de água no perfil do solo (CAD) e de cálculo de balanço hídrico, para solos representativos da bacia Acaray.

No estudo da Bacia de Acaray, ALONSO JARA (1982) efetuou interpretações individualizadas por sub-bacias representativas quanto à natureza e uso dos solos, através de levantamento semi-detalhado, objetivando

definir práticas de manejo diferenciadas. Na correlação entre os elementos pedogenéticos, o autor encontrou o nível mais alto entre materiais geológicos e natureza dos solos; em segundo lugar, entre as formas de relevo e solo e, em terceiro lugar, o clima e vegetação, justificando o enquadramento dos solos em unidades geomorfológicas.

Em sua pesquisa ALONSO JARA (1982) utilizou a equação universal de perdas de solo, para quantificar o nível perdas de solo por hectare e por ano, segundo a natureza de solo em cada setor da bacia, avaliando assim as condições de manejo de área em estudo e níveis de erosão.

ZAMBELLO JUNIOR et alii (1983) comentam o uso de leguminosas via rotação da cultura, em seu papel conservacionista e econômico pela otimização do uso de terras e máquinas e destacam o emprego das mesmas como adubação verde. Salientam ainda que o papel de consorciação de outras culturas com cana-de-açúcar, do ponto de vista conservacionista, reside na proteção do solo, enquanto não ocorre o "fechamento" das entrelinhas da cana-planta.

Na cultura da cana-de-açúcar, a sulcação em nível constitui prática de conservação da maior importância, pois é através dessa operação, combinada com outras medidas protetoras, que está alicerçada toda conservação de uma área de plantio.

Os autores recomendam para a

cana-de-açúcar dois tipos de tratamento com terraços, tendo em vista a minimização de perda de área de cultivo: em calha e embutido. A escolha baseia-se nos tipos de solo e características de manejo. GRAZIANO NETO (1989) refere-se aos embutidos, como os de menor perda de área útil em função de suas características construtivas.

Os canais escoadouros são estruturas associadas aos terraços em gradiente, como meio de recepção e drenagem dos excedentes hídricos vegetados e construídos com formas e declives diferenciados, ZAMBELLO et alii (1983).

SOJKA et alii (1984) elaboraram uma ampla revisão bibliográfica com relação às técnicas vegetativas adotadas especialmente em áreas de cultivo do Sudeste dos USA, com objetivo de redução da erosão hídrica. Nesse trabalho os autores enfatizaram as especificidades das práticas a serem preconizadas conforme as unidades fisiográficas da bacia em estudo, enfatizando, a importância do fator "c" - uso e manejo - na avaliação das práticas de manejo (equação universal). No trabalho, ressaltaram ainda, o imperativo de pesquisa em técnicas vegetativas para controle de erosão, concomitante, à pesquisa em implementos agrícolas, germoplasma, doenças, entomologia e efeitos alelopáticos.

LAL (1984) relata pesquisa com cana-de-açúcar em Trinidad, em que o plantio antecipado atua como prática conservacionista, promovendo a cobertura

do solo em períodos de chuvas intensas. O autor informa ainda, que naquele país, com cana-de-açúcar, apresentaram níveis erosivos mais significativos em parcelas experimentais pequenas (1, 2 e 4m) do que em parcelas maiores, quanto ao comprimento (6 a 8m).

BERTONI et alii (1986) em suas "CONCLUSÕES GERAIS DAS PESQUISAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO", destacam que há considerável diferença entre as perdas por erosão verificadas nos vários tipos de cultura, enquadrando-se a cana-de-açúcar no grupo das culturas de mais alto índice de proteção do solo. Cordões vegetados por cana controlam 90% das perdas de terra e 75% das perdas de água.

Muitas áreas de plantio de cana-de-açúcar têm usado as mesmas terras para o seu desenvolvimento por muitos anos sucessivamente sem qualquer efeito significativo observado, BLACKBURN (1984) salienta no capítulo sobre práticas de cultivo da cana: "como a cana é uma gramínea perene a qual possui características arquitetônicas de grande valor no controle da erosão, tal situação pode ser esperada". O autor cita ainda experiência comparativa feita em área sob plantio de cana por noventa anos com outra área adjacente não cultivada, em que afora alguma compactação e redução da porosidade entre ruas da cultura, as características físico-químicas apresentaram alto grau de similaridade.

Segundo BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985) o Estado do Paraná deu início em 1974 com a incorporação da

área piloto da Bacia do Ribeirão do Rato, através da Superintendência de Controle da Erosão do Paraná (SUCEPAR) e da Assistência Rural do Paraná, a trabalhos e estudos com o intuito de avaliar e redefinir as variáveis para montagem do uso potencial urbano e rural. Nesta bacia além das avaliações dos níveis erosivos, condições de substrato geológico, declividade de vertente, pedologia da área, tipo de cobertura vegetal e topossequência, pode-se dispor de uma série de fotos aéreas, referentes aos anos de 1952, 1963, 1970, 1974 e 1980 que permitiram avaliar o avanço da ocupação do terreno, o uso da terra e o desenvolvimento dos fenômenos erosivos.

Os autores ressaltam a necessidade de dispor de mapas planialtimétricos em escala conveniente, bem como fotografias aéreas que facilitam sobremaneira os trabalhos de interpretação do terreno, locação de estradas e carreadores, instalação de moto-bombas e redes de irrigação e drenagem, eletrificação rural, construção de barragens ou açúdes.

Quando se efetua o terraceamento, além dos cuidados quanto às especificações técnicas relativas ao espaçamento, tipo de solo, grau de declive e detalhes construtivos, deve-se atentar que este sozinho não soluciona os problemas erosivos de uma área, devendo associar-se a outras práticas conservacionistas dentro de um modelo de manejo integrado. Aí se incluem: modificações no sistema de preparo do solo, cobertura da superfície do

solo, rotação de culturas em faixas, adubação verde, manejo de restingas e eliminação de queimadas (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985); BARROW, (1987).

GRAZIANO NETO (1987) concorda que o terraceamento é a técnica mecânica mais comum associada à conservação do solo. Sob o ponto de vista funcional os terraços são classificados em dois tipos: terraços em nível e terraços em desnível. O terraço em nível, mais usual, interceptando a água e forçando sua absorção pelo solo é aplicável a solos de boa permeabilidade e de horizontes pouco diferenciados, como os latossolos. O terraço em desnível ou de drenagem é recomendado para terrenos pouco permeáveis, formados por podzólicos, que exercem o papel de interceptor e de drenos, conduzindo os excessos de água até canais escoadouros.

AMANCIO (1986) estudou através de fotografias aéreas a evolução do uso da terra, a partir de três épocas, cobrindo um período de 23 anos, onde foram analisadas as práticas conservacionistas e níveis de perdas de solo a partir da equação universal de perdas de solo na cultura do milho. Constatou-se em relação ao fator de uso e manejo, que dentro dos estágios do ciclo do milho, a fase de preparo do solo foi o item mais significativo para o controle de perdas de solo, o que recomenda reduções do nível de atividades da fase e emprego de técnicas no plantio direto.

GRAZIANO NETO (1987) afirma que o sucesso

em implementação de técnicas conservacionistas, depende da avaliação correta de certas características edáficas, como estrutura, porosidade, atividade microbiológica, enfim das interações bioquímicas e físicas que influenciam na infiltração e retenção da água.

Entre as técnicas conservacionistas, GRAZIANO NETO (1987) cita: a adequação à capacidade de uso do solo (classes de declive e erodibilidade); técnicas biológicas e, técnicas mecânicas.

Em terrenos de declividade inferior a 10%, GRAZIANO NETO (1987) recomenda o uso de faixas de retenção, que consistem na divisão do declive por meio de faixas de vegetação permanente, utilizando-se para isso, plantas de grande densidade foliar e radicular, exemplificadas pela cana-de-açúcar e gramíneas de uma maneira geral.

#### **2.4. Fotointerpretação e técnicas cartográficas**

Atualmente, é indiscutível a importância do uso da fotografia aérea nos levantamentos de solos. RABBEN et alii (1960) atribuem a utilidade da fotografia a três fatores:

(a) área expressiva abrangida por uma fotografia aérea, ou seja, 33 km<sup>2</sup> na escala aproximada de 1:25.000;

(b) visão tridimensional da superfície, através de observação dos pares estereoscópicos;

(c) as imagens dos objetos registrados nas fotos são permanentes e não tendenciosas, o que permite investigação detalhada e cuidadosa da área no momento que o intérprete achar de conveniência;

AB'SABER (1960) salienta que a sensibilidade fotográfica para o registro dos detalhes do terreno, está em conformidade com as condições climáticas de uma dada região, onde é feita a cobertura aerofotográfica. Nas regiões de clima seco, o número de informações é maior que as conseguidas em clima úmido.

AVERY (1968) relaciona, dentre os fatores empregados na identificação dos aspectos de fotografia aérea, forma, tamanho, tonalidade, padrão, sombra, posição topográfica e textura, mas BOMBERGER & DILL (1960), consideram estes aspectos como características qualitativas.

BOMBERGER & DILL (1960), BURINGH (1960) e FRANÇA (1968), reconhecem que a fotografia aérea não substitui completamente o trabalho de campo, embora aumente a exatidão e o rendimento dos mapeamentos de solos, sendo a fotointerpretação mais útil em levantamentos de reconhecimento do que em levantamentos detalhados.

ANDERSON (1982) afirma que o contraste de detalhes, a densidade de drenagem, as condições atmosféricas do dia e a época do ano da tomada da fotografia são fatores de importância na qualidade da imagem fotográfica.

Em todas as disciplinas servidas pela



fotointerpretação, geralmente são contemplados os seguintes estágios: detecção, reconhecimento e identificação, análise ou delimitação, dedução, classificação e identificação.

ANDERSON (1982) preconiza que mesmo as imagens orbitais obtidas através de satélites, não superam a fotografia convencional, quanto ao grau de resolução e escala permissível para fins de planejamento regional.

CARVER (1985) esclarece que a extração de dados físicos constitui a base de todo o planejamento a partir de material fotográfico, tais como seleção de um local para barragens ou mesmo uma fazenda como um todo; porém, seja qual for o propósito, devem estar incluídos no estudo, o padrão de drenagem; divisores de água e definição de áreas não aráveis.

CARVER (1985) afirma que a fotografia aérea é uma "janela" para identificar pontos críticos, riscos de erosão e os defeitos nas obras conservacionistas pré-existentes, de grande utilidade no levantamento das características da área da bacia hidrográfica, possibilitando a determinação do escoamento e promoção de estudo sobre o material a ser usado na construção de represas. Solos, geologia, vegetação, declividade e condições gerais da bacia hidrográfica, podem ser avaliados e confirmados com economia de horas de trabalho, convertendo-se em subsídios básicos para cálculo do volume de água que pode ser fornecido pela bacia.

AMARAL & AUDI (1972) adotaram "critérios

de fotointerpretação" para solos, em que congregam os três métodos mais conhecidos em fotointerpretação, quais sejam: Método de Análise de Padrão (Frost), Método de Análise dos Elementos (Buringh) e Método da Análise Fisiográfica (Goosen).

Os critérios em ordem decrescente em importância são: a) relevo; b) drenagem; c) cabeceiras de erosão; d) vegetação natural e e) uso atual.

BURINGH (1960) classifica os elementos em que o peso de cada um deles varia conforme as especificidades de cada zona:

- elementos com relação direta com os solos;
- elementos relativos à morfologia: padrão de forma do terreno; relevo e formas de pendentes, padrão de drenagem;
- elementos relacionados à aspectos estratigráficos, grau erosivo e cor;
- elementos relacionados com revestimento vegetal: vegetação natural e uso da terra;
- elementos relacionados com aspectos humanos: valetas, canais e diques, etc.
- elementos deduzidos por "convergência de evidências".

Quanto mais elementos definem uma linha divisória entre unidades pedológicas mais exatidão terá o processo de dedução. ANDERSON (1982) concorda que essa etapa, fundamentada na convergência de evidências é a mais complexa do processo fotointerpretativo.

KOFFLER et alii (1983) explicam que tanto a fotografia aérea como imagens de satélite, representam contribuição efetiva na melhoria de qualidade das informações, principalmente quanto ao dimensionamento das áreas concretamente ocupadas por culturas e a determinação da sua distribuição geográfica.

KOFFLER et alii (1983) baseados em diversos autores, advertem sobre algumas variáveis que afetam a interpretação dos estágios vegetativos e do grau de diferenciação de diferentes coberturas vegetais, quais sejam : (a) campos idênticos fotografados em diferentes datas e sob diferentes condições atmosféricas podem apresentar diferentes características de cor; (b) diferentes causas de stress podem interferir na interpretação como doenças das folhas e deficiências nutricionais, além de problemas de drenagem. Alertam ainda que, quanto a análise dos níveis de densidade, apresentados pelas imagens, deve considerar-se o efeito de diversos fatores, sobre a tonalidade fotográfica, tais como: fatores do terreno; fatores técnicos e climatológicos.

KOFFLER et alii (1983) definiram em seu trabalho de fotointerpretação padrões de textura, porte e tonalidade e aspectos associados a três fases do ciclo fenológico da cana, a seguir:

1 - CANA ADULTA: em estágio avançado de desenvolvimento, a ser cortada à época da cobertura aerofotográfica.

- Textura: aveludada grosseira (cana de ano e meio)  
aveludada fina (cana de ano e cana soca)
- Porte: baixo, visível ao estereoscópio.
- Tonalidade: cinza claro ( cana de ano e meio e cana soca)  
cinza médio (cana de ano)
- Aspectos associados: telhado homogêneo com ondulações acompanhando o terreno.

2. CANA CORTADA: áreas colhidas durante a safra em andamento na época do aerolevanteamento.

- Textura: fina e descontínua (aspecto penteado)
- Porte: ausente ou rasteiro, não perceptível ao estereoscópio;
- Tonalidade: cinza claro ou esbranquiçado (devido à ausência da vegetação).
- Aspectos associados: presença de alinhamentos paralelos das leiras de palhadas que acompanham o sentido do corte.

Geralmente as leiras são dispostas a cada cinco linhas de plantio, ou seja, um espaçamento de aproximadamente sete metros, o que proporciona um aspecto penteado ao padrão fotográfico.

3. CANA NOVA: cana de ano e meio, em início de desenvolvimento, que não será cortada na safra em curso, à época das tomadas aéreas.

- Textura: fina e contínua.
- Porte: rasteiro, sem destaque ao estereoscópio.
- Tonalidade: variável, conforme a idade e o tipo de solo. em geral, cinza médio em áreas de solo argilosos e branco ou cinza claro em solos arenosos. A variedade plantada pode influir.
- Aspectos associados: ausência de leiras de palhadas.

ALVES (1990) explica que sistemas de informação geográfica (SIG) são sistemas destinadas ao tratamento de dados referenciado espacialmente. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

O monitoramento ambiental, planejamento urbano e regional, estudo de recursos terrestres, controle de redes de transporte, de distribuição de energia, etc. são exemplos de áreas que vêm se servindo dos SIG.

O tratamento das informações nos SIG exige uma série de cuidados quanto a certas características dos mapas. Tem particular importância as operações baseados na sobreposição de dados de diferentes fontes, que implicam na necessidade de compatibilizar parâmetros de escala e projeção.

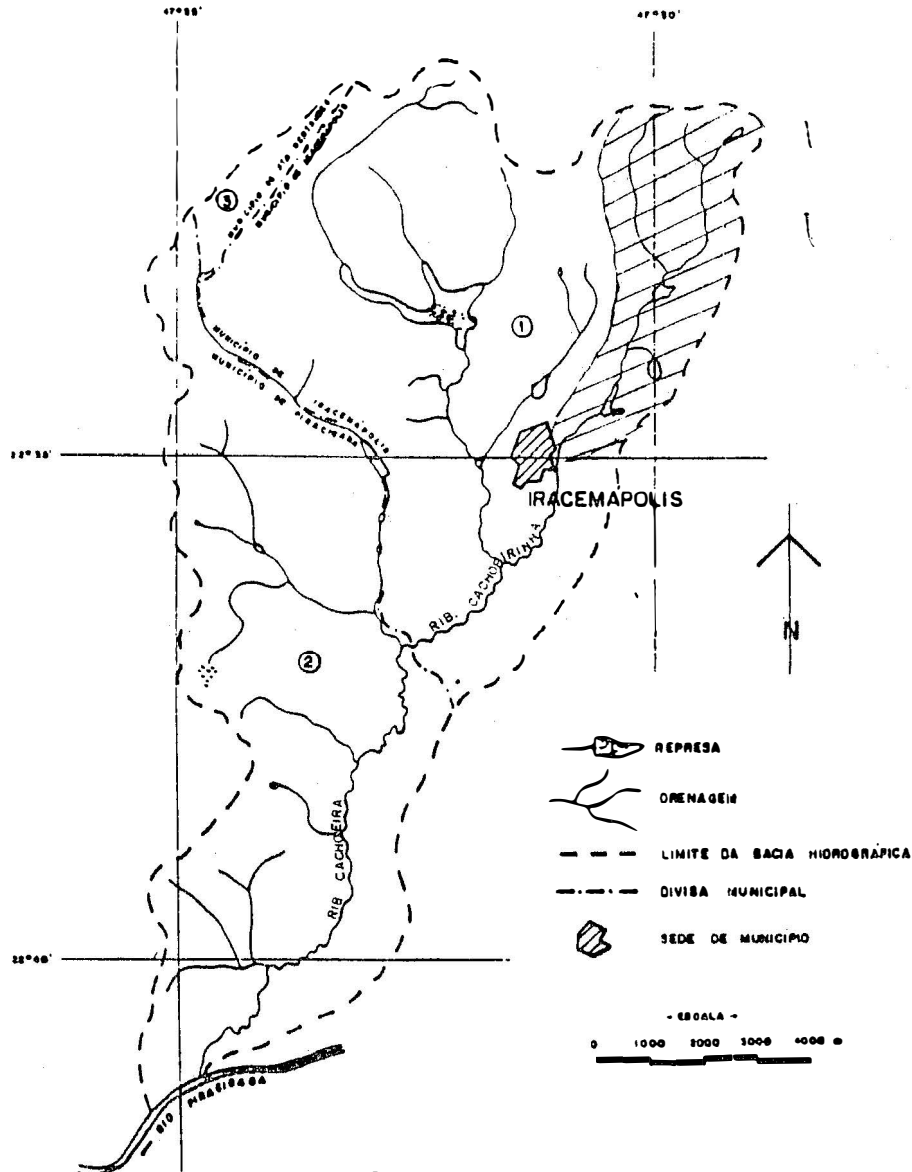
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Descrição da área da bacia

###### 3.1.1.1. Localização e área

A área em estudo, correspondente ao trecho à montante e braço leste da sub-bacia do Ribeirão Cachoeira, afluente da bacia do Piracicaba, situa-se no município de Iracemápolis-SP, a 10 km de Limeira, circunscrita as coordenadas geográficas de 22°36' S e 47°33' W-Gr, a altitude média de 640m. Sua área de contribuição aproximada de 1500 ha, numa extensão de 20 km do Ribeirão Cachoeirinha, perfaz 17% do município (91 km<sup>2</sup>) e 13% da sub-bacia do ribeirão Cachoeira, que por sua vez está distribuído por três municípios paulistas: Iracemápolis, Piracicaba e Santa Gertrudes, com discriminação de áreas conforme a Figura 1.



COMPOSIÇÃO DE ÁREAS

CODIGO	MUNICIPIO	ÁREA TOTAL DO MUNICIPIO (km <sup>2</sup> )	ÁREA NA BACIA (km <sup>2</sup> )	% DA ÁREA DO MUNICIPIO CONTEIDA NA BACIA	% DA ÁREA DA BACIA CONTEIDA NO MUNICIPIO
1	IRACEMÁPOLIS	91	67,42	74,09	57,18
2	PIRACICABA	1426	40,46	3,38	40,84
3	SANTA GERTRUDES	92	2,34	2,54	1,98
TOTAL		-	117,92	-	100,0

Fonte: Carta Topográfica, 1986, Escala 1:50.000

Figura 1 -- Composição de áreas da bacia Ribeirão Cachoeira conforme PROCHNOW (1990), em destaque a bacia Ribeirão Cachoeirinha.

Estes municípios localizam-se na província geomorfológica da Depressão Periférica e zona fisiográfica denominada médio Tietê, conforme ilustração na Figura 2.

A área planimetrada da barragem de abastecimento municipal (1) sob a responsabilidade técnica do engenheiro Paulo Demarchi possui as seguintes especificações, quanto a sua bacia hidráulica:

- área de captação: 21,25 ha
- altura média: 3,30m
- nível máximo da crista: 8,70
- capacidade de armazenamento: 700.000 m<sup>3</sup>;

#### **3.1.1.2. Relevo**

A área objeto de estudo, apresenta relevo ondulado com declives suaves, com predominância de declives inferiores a 16%.

#### **3.1.1.3. Vegetação**

A vegetação original praticamente inexistente na bacia, tendo sido substituída em torno de 90% da área pela cultura da cana-de-açúcar. A vegetação remanescente pertence a mata subperenifólia, encontrando-se em pequenas





faixas esparsas, nas nascentes e bolsões mais expressivos à margem de barragem intermediária ao longo do Ribeirão Cachoeirinha.

#### 3.1.1.4. Geologia

A região de Iracemópolis (SP), geologicamente é representada por unidades litoestratigráficas da grande bacia do Paraná, formadas pelo grupamento São Bento, que inclui formação Botucatu-Pirambóia, constituída por arenitos finos a médios e folhelhos, rochas intrusivas básicas como as diabásicas e rochas do grupo Tubarão, representadas por arenitos finos, siltitos e argilitos (IPT, 1981). O grupo Passa Dois, constituído de lamitos, siltitos, folhelhos e calcários, encontra-se interposto entre a formação Botucatu e o grupo Tubarão.

#### 3.1.1.5. Clima

Pela classificação Köppen, o clima do município de Iracemópolis (SP), é o do tipo Cwa, ou seja, mesotérmico de inverno seco, onde a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente

ultrapassa 32°C.

Os dados do posto meteorológico do IAC de Limeira, indicam ventos de velocidades médias inferiores a 2,2 m/s, consideradas de reflexos insignificantes sobre a exploração agrícola.

A sucessão dos períodos chuvosos faz-se claramente, marcando com nitidez duas estações: uma seca de inverno, que se estende de abril a setembro, e outra chuvosa de verão, que se estende de novembro a março.

O município de Iracemópolis (SP) encontra-se entre as isoietas de 1.200 a 1.300 mm, segundo carta de pluviometria de médias anuais para o Estado de São Paulo (1941-1970).

Dados do posto meteorológico do IAC de Limeira, distante 10km de Iracemópolis, fornecem o seguinte balanço hídrico, prefeitura de IRACEMÁPOLIS (1987):

- Precipitação: 1384 mm
- Evapotranspiração: 968 mm
- Excedente: 425 mm
- Deficiência: 27 mm

#### 3.1.1.6. Vazão

Não há medidas sistemáticas. No mês de julho de 1987, com menor precipitação, a vazão medida foi de 60l/s, segundo a prefeitura de IRACEMÁPOLIS (1987).

### 3.1.1.7. Solos

Na área em estudo foram identificados 5 unidades de solos: Latossolo Roxo eutrófico; Latossolo Roxo distrófico; Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico; Terra Roxa Estruturada e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto.

A identificação dessas classes taxonômicas foi feita segundo a prefeitura de IRACEMÁPOLIS (1987), com base nos levantamentos pedológicos do IAC, referente a quadricula de Campinas e Piracicaba, cuja estimativa de áreas e percentuais é apresentada no Quadro 1.

#### A) Latossolos

Ocorrem usualmente nas regiões tropicais e subtropicais úmidas, em relevos suaves ondulados e topos de colinas, aplainados ou não e mecanizáveis sem restrição.

O relevo pouco movimentado e as características internas do perfil conferem grande capacidade de infiltração e permeabilidade de água a esses solos especialmente os de textura argilosa ou muito argilosa.

São solos em geral bastante espessos ( $\geq 2m$ ), altamente intemperizados, com baixo valor de capacidade de troca de cátions (CTC) e perfil com alto grau

Quadro 1 - Classes taxonômicas : áreas estimadas.

S O L O S				
Grande	Grupo	Unidades	Area (*)	
			Ha	%
Latossolo Roxo	distrófico (LRd)	Barão Geraldo	610	41
Latossolo Roxo	eutrófico (LRe)	Ribeirão Preto	421	28
Terra Roxa Es-	truturada (TE) +	Estruturada	382	25
Litossolos (Li)				
Podzólico Ver-	melho Amarelo	Alva	52	3,5
abrupto (PV-1)				
Latossolo Ver-	melho Amarelo	Camarguinho	15	1,0
Húmico (LH)				

\* Área: 1480 ha - solos da bacia

\*\* 15 ha - represas (03)

5 ha - rios e áreas ribeirinhas

1500 ha

\*\* represa 1: mapa da prefeitura: 8,48 alq. = 21,25 ha

de homogeneidade, com B latossólico no mínimo com 30cm de espessura.

#### Latossolos Roxos:

São originários de materiais do intemperismo de rochas básicas tais como basalto e diabásio.

Considerando a grande homogeneidade quanto às características morfológicas e analíticas, tais como granulometria (argilosa) e capacidade de troca de cátions (baixa). É muito difícil a diferenciação no campo das ocorrências e fogem do interesse do nosso trabalho.

**Latossolo Roxo distrófico (LRd) - Unidade Barão Geraldo**

- a) **Localização:** margem esquerda do Ribeirão Cachoeirinha e das três represas até a estrada municipal no espigão, à jusante da área do lado esquerdo.
- b) **descrição da paisagem:** ocorrem em relevos suave ondulados, constituído por colinas de vertentes longas, de topo ligeiramente abaulado e declividades inferiores a 5%. A altitude varia de 600 a 650m. O material de origem resulta do retrabalhamento dos produtos do intemperismo do diabásio.
- c) **potencial agrícola:** regular a elevado
- d) **erodibilidade:** baixa a média, por apresentar padrões de textura média ou argilosa.
- e) **uso:** o LRd está sendo utilizado com cana, à exceção de área com mata nativa (21ha).

**Latossolo Roxo eutrófico (LRe) - Unidade Ribeirão Preto**

- a) **Localização:** margem direita do córrego Cachoeirinha e das represas até o espigão divisor de água e na chapada

logo após a escarpa.

b) **descrição da paisagem:** ocorre em relevo suave ondulado, em condições idênticas ao distrófico à altitudes médias de 650m.

c) **potencial agrícola:** elevado

d) **erodibilidade:** idem, distrófico.

e) **uso:** cana terraceada, predominantemente.

#### **Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LH) -Unidade Camarguinho**

a) **localização:** ao fundo da área e no alto da chapada, próximo à estrada municipal.

b) **descrição da paisagem:** surge em superfícies planas a suave onduladas, em geral, no limite com superfícies mais dissecadas. Com altitudes em torno de 800m. O material de origem resulta do retrabalhamento dos produtos do intemperismo de rochas do grupo Tubarão.

c) **potencial agrícola:** baixo

d) **erodibilidade:** baixa em consequência de sua topografia e textura.

e) **uso:** o solo encontra-se totalmente ocupado por cana, em nível e terraceada.

#### **B) Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos**

São solos com profundidade variável, normalmente ocorrendo em áreas de relevo ondulado e forte

ondulado. Ao contrário dos latossolos, apresentam acentuada diferenciação entre horizontes, destacando-se o horizonte B textural, enriquecido de argila iluviada.

Mudanças abruptas, do teor de argila entre os horizontes A e Bt, como os que ocorrem na unidade Alva - 3 para 24% - expressam variações importantes na velocidade de infiltração da água e conseqüentemente, acentuam a erodibilidade desses solos.

A diferença textural, a presença de cerosidade e a estrutura em blocos são três importantes características morfológicas empregadas na identificação desses solos.

#### **Solo Podzólico Vermelho-Amarelo Abrupto (PV-1) - Unidade Alva**

a) **localização:** na chapada, ao fundo da área, do lado esquerdo, margeando a estrada municipal.

b) **descrição da paisagem:** relevo em geral ondulado a forte ondulado, com declividades de 8 a 15% e altitudes de 750 a 770m. O material de origem é representado por arenitos finos do grupo Tubarão.

c) **potencial agrícola:** baixo

d) **erodibilidade:** muito elevada por apresentarem: horizonte A, arenoso e solto, assentado em B textural argiloso sob relevo ondulado.



e) uso: cana terraceada, predominantemente.

### C) Terra Roxa Estruturada (TE)

São solos afins ao Podzólico Vermelho - Amarelo, principalmente no que tange à presença de B textural. Contudo são enquadrados em classes diferentes, principalmente por não possuírem subhorizonte A e terem pequeno gradiente textural. À semelhança dos podzólicos desenvolvem-se a partir de rochas básicas.

Geralmente ocorrem em áreas de relevo movimentado, ocupando o terço médio ou inferior das encostas, onde o declive se torna ligeiramente mais íngreme, raramente ultrapassam faixas de 500m do terreno, à declividade entre 7 e 10% são solos espessos, argilosos, de estrutura prismática que se rompe em blocos subangulares moderada ou forte. Apresentam, muitas vezes, cerosidade abundante.

### Terra Roxa Estrutura (TE) - Unidade Estruturada

a) localização: escarpa e vizinhanças no terço inferior da encosta.

b) descrição da paisagem: ocorrem em relevos movimentados

com declividades superiores à 15% e altitudes entre 650 e 780m. O material original resulta do intemperismo do basalto.

c) potencial agrícola: médio a elevado

d) erodibilidade: apesar de sua topografia movimentada em declives além de 15% apresentam erodibilidade baixa ou média em razão de seu alto teor de argila.

e) uso: cana, pastagem, eucalipto.

#### D) Inclusões

Além das inclusões referidas pelo levantamento semi-detalhado do IAC, tais como de latossolo em meio a Roxa Estruturada, Latossolo Vermelho-Amarelo em suas fases arenosa no Latossolo Roxo distrófico, Litossolos em meio a Terra Roxa, constatou-se a partir de transeito a presença de LVA argiloso no Latossolo Roxo e diferenciações no embasamento ao longo da área das nascentes, o que pode indicar a necessidade de estudo mais detalhados em certos trechos da bacia, quanto à pedologia e geologia. Margeando os cursos d'água em áreas restritas são encontrados os solos hidromórficos. O quadro 2, sintetiza as características das principais ocorrências pedológicas relatadas.

Quadro 2 - Legenda de identificação das unidades de mapeamento e classificação da bacia Ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis - SP.

Símbolo no mapa	Unidade	Classificação
LRe	Ribeirão Preto	Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura muito argilosa ou argilosa.
LRd	Barão Geraldo	Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura muito argilosa ou argilosa.
LH	Camarguinho	Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico, álico textura indiscriminada.
PV-1	Alva	Podzólico Vermelho-Amarelo, argila de atividade baixa abrupto, distrófico ou álico, A moderado espesso, textura arenosa/média.
TE	Estruturada	Terra Roxa Estruturada, eutrófica ou distrófica, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.
Inclusões: (Li, LVA (campi- ninha), Hi).	Diversas	(Litossolos (Li) Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) fase arenosa no LR Hi- dromórfico (Hi) áreas ribeirinhas).

FONTE: OLIVEIRA, J.B et alii (1982).

### 3.1.2. Fotografias aéreas

Foram utilizadas fotografias aéreas obtidas em quatro vôos, a saber:

Data	1962	1972	1978	1988
Escala Aproximada	1:25000	1:25000	1:35000	1:40000
Patrocinador	IAC/Sec. Agricultura	IBC / GERGA	—	CUTRALE
Executor	PROSPEC/ GEOFOTO	VASP	TERRAFOTO S. A.	TERRAFOTO

### 3.1.3. Cartas

Foram utilizadas as cartas a seguir enumeradas:

- a) Planialtimétricas: do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979) na escala 1:10000.
- b) Geológica: elaborado pelo IPT (1981), na escala 1:500000
- c) Solos: em cartas pedológicas do IAC (1979 e 1989) na escala de 1.100.000.

#### **3.1.4. Instrumentos de interpretação, desenho e medição**

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

As áreas necessárias aos cálculos, foram obtidas analiticamente pelos recursos computacionais e demais medidas tomadas com a régua de precisão. A planimetria foi utilizada como recurso adicional em glebas indeterminadas.

#### **3.1.5. Instrumento de registro dos dados obtidos pela fotointerpretação**

Mesa digitadora acoplada a um computador modelo IBM/AT e utilizando-se do aplicativo denominado Maxicad, que é um Sistema Gráfico Interativo de uso geral e com funções específicas para serviços cartográficos, pois registra e arquiva os elementos em "camadas" (layers).

### 3.2. Métodos

O método principal de estudo consistiu preliminarmente na determinação por interpretação aerofotográfica de parâmetros em 4 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 NETO & BERTONI, 1985).

#### 3.2.1. Escolha da área de estudo

Escolheu-se a área da subbacia do Ribeirão Cachoeirinha, no trecho à montante da sede do município de Iracemópolis - SP, pois faz parte do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas e conta com diversas cartas e quatro coberturas aerofotogramétricas 1962, 1972, 1978, 1988 e dados gerais obtidos por PROCHNOW (1990).

#### 3.2.2. Utilização das cartas

Foram utilizadas como base do estudo, folhas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979),

referentes às quadriculas, Paraguassú, Iracemópolis I, Limeira II e Fazenda Ibicaba, na escala 1:10.000, para a composição do mapa-base da sub-bacia do Ribeirão Cachoeirinha, no trecho à montante da sede do município de Iracemópolis (SP).

Para estudo das classes de solo, empregou-se a carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo em suas quadriculas de Piracicaba (1989) e de Campinas (1979), na escala 1:100.000 de autoria do IAC e para estudo hidrogeológico da área, baseou-se no mapa geológico do Estado de São Paulo (1981), na escala de 1:500.000 sob a responsabilidade do IPT.

Além desses mapas que foram úteis tanto em serviços de campo como foram a base dos trabalhos de gabinete e laboratório fotográfico e cartográfico, apoiou-se em fotos aéreas de quatro períodos diferenciados, 1962, 1972, 1978 e 1988 cobrindo um período de 26 anos de avaliação do comportamento da bacia e evolução das ocorrências em seu ambiente.

### 3.2.3. 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 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 digitados em mesa digitadora obtendo-se assim as cartas de uso da terra, correspondentes às respectivas épocas. (Anexos)

#### **3.2.4. Obtenção da carta clinográfica**

Para a confecção de carta clinográfica, utilizou-se a técnica do ábaco ou diapasão de declividades.

A definição das classes utilizadas para a confecção do diapasão para posterior mapeamento baseou-se em leis nacionais e internacionais relativas ao uso racional do solo urbano ou agrícola, bem como trabalhos desenvolvidos e consagrados no âmbito acadêmico, como descreve HERZ & DE BIASI (1989). Esta carta foi também digitada ocupando mais um banco de dados. (Anexos)



### 3.2.5. Método estatístico

A partir de dados de chuva, da Usina Iracema (Iracemópolis-SP), referentes a médias mensais, para um período de 35 anos (1955-1990), foram tabuladas freqüências acumuladas e calculadas regressões lineares, mês a mês para verificação de seus respectivos níveis de correlação linear.

### 3.2.6. Metodologia de regionalização de vazões para o Estado de São Paulo (DAEE).

Por ser a bacia do Ribeirão Cachoeirinha, não instrumentada, desprovida portanto, de dados fluviométricos, utilizou-se da metodologia desenvolvida pelo DAEE, a partir de 1980, para estimativa de disponibilidades hídricas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo (REGIONALIZAÇÃO hidrológica no Estado de São Paulo, 1988).

A técnica consiste em um sistema de transferência de informações de bacias instrumentadas para outras onde não existem séries históricas de vazões ou estas são insuficientes. Através dessa técnica, tornou-se possível estimar as seguintes variáveis: vazão média de longo período, vazão mínima de duração variável de um a

seis meses associada à probabilidade de ocorrência; curva de permanência de vazões: volume de armazenamento intra-anual; vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência.

Para o objetivo deste trabalho, avaliaram-se apenas os parâmetros vazão de longo período e vazão mínima de sete dias, suficientes para uma estimativa inicial da relação oferta/demanda hídrica para a localidade.

### 3.2.7. Equação universal de perdas do solo

Esta equação foi empregada para a estimativa das perdas anuais provocadas pela erosão laminar e em sulcos que ocorrem na bacia hidrográfica.

#### 3.2.7.1. Estimativa da erosividade da chuva

(R)

A partir de valores médios de chuva de 35 anos, obteve-se o índice de erosão médio anual, R, aplicando-se a equação: (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1980).

$$EI = 6,886 (r^2/p)^{0,83}$$

onde,

EI = média mensal do índice de erosão;

r = precipitação média mensal, mm;

p = precipitação média anual, mm;

### 3.2.7.2. 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 & Bertoni (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

### 3.2.7.3. 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):

$$LS = 0,00984 L^{0,62} S^{1,18}$$

onde,

LS = fator topográfico;

L = comprimento de declive em metros;

S = declividade em porcentagem.

Considerou-se como declividade média para o cálculo do fator LS, o valor médio dentro do intervalo da classe de declividade. (LEPSCH, 1983) 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%

#### 3.2.7.4. 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, calculados com base na metodologia desenvolvida no IAC/Campinas (SP), e apresentada por BERTONI e LOMBARDI NETO (1985).

### 3.2.7.5. Estimativa do fator práticas conservacionistas (P).

O terraceamento e o cultivo em nível constituem as práticas usuais adotadas na área da bacia do Ribeirão Cachoeirinha e superfícies a montante.

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

### 3.2.7.6. 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 & SMITH, 1960), cuja 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 calculada através da somatória das perdas de todas as parcelas na classe mais crítica relativa aos anos de 1972 e 1988 em que se teve a cobertura aerofotogramétrica. Os resultados foram comparados com os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Fotointerpretação e digitação gráfica

#### 4.1.1. Da fotointerpretação

As imagens fotográficas referentes a quatro períodos diferenciados, 1962, 1972, 1978 e 1988 sendo que as três primeiras épocas referem-se as tomadas em períodos seco (junho, julho e agosto), enquanto a última época é do início das chuvas (setembro) que cobrem a área mais representativa da bacia do Ribeirão Cachoeirinha, desde as nascentes, na zona de cumeada, até trechos à montante da cidade de Iracemápolis e constituíram a base de execução das cartas de uso dos solos para caracterização dos processos físicos associados à evolução da cobertura vegetal, com o avanço das práticas tecnificadas de cultivo da lavoura canavieira.

Verifica-se pelas imagens de 1962, a predominância da lavoura de cana-de-açúcar, plantada em talhões e em curvas de nível. Na área existem três barragens, uma principal de abastecimento público e outras

duas secundárias de acumulação respectivamente nomeadas de 1(um), 2(dois) e 3(três) por ordem de proximidade ao núcleo Municipal.

Na barragem 1, em todo seu entorno a área é coberta por cana. Na barragem 2, a área encontra-se circundada por talhões de laranja (em vários estágios), com presença de vegetação ripária (taboa). A barragem 3, circundada em 3/4 do perímetro por laranja com tênues sinais de sedimentação, também apresenta vegetação ripária. Notam-se vestígios de mata nativa nas nascentes e bloco remanescente significativo junto à barragem 2.

Nas fotografias de 1972, a área em estudo apresenta redução da mata protetora das nascentes e ao longo do curso do ribeirão, com expansão da cana nas áreas da laranja (1962). Em volta das barragens 2 e 3, a mata remanescente de 1962 foi substituída, com exceção de bolsão mais significativo à margem da barragem 2, pela cultura da cana utilizando-se práticas mecânicas de terraceamento. Há indícios de assoreamento no entorno da barragem 3.

Nas imagens de 1978 é notável a redução da cobertura de mata ciliar e é processada a erradicação dos laranjais (1972) e ocupação maior da cultura da cana terraceada.

Nas imagens de 1988, evidencia-se a monocultura da cana. Evidenciando-se também, a diferenciação de cobertura vegetal na bordadura das três

barragens: cana, na 3; pasto na 2 e recomposição <sup>1</sup> da mata nativa na barragem 1.

As figuras 3, 4, 5, e 6 são tomadas representativas da bacia em estudo.

De modo geral as barragens e bordaduras apresentam padrões diferenciados quanto à cor, tonalidade e textura que podem ser interpretadas como diferentes graus de umidade, profundidade do reservatório, ângulo de incidência a partir da tomada fotográfica e presença de sedimentos ou sinais de assoreamento. Na área da bacia não é possível detectar com clareza pela análise fotointerpretativa pelo menos dois parâmetros importantes; erosão laminar ( e por sulcos) e padrão de drenagem, devendo-se a isso, a escala das fotos (1:25000 a 1:40.000) ser incompatível para avaliação da erosão de tal natureza e serem áreas trabalhadas agricolamente à época das tomadas aéreas (de 1962 a 1988). A escala compatível para avaliação visual de índices de erosão laminar seria de 1:5000 a 1:8000.

---

<sup>1</sup> Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH).





Figura 3 - Área de cana terraceada.



Figura 4 - Vista parcial da bacia, em destaque barragem 3.



Figura 5 - Barragem de abastecimento municipal (1) - Iracemópolis - SP.



Figura 6 - Detalhe da recomposição da mata ciliar no entorno da barragem 1.

#### 4.1.2. Da digitação gráfica

##### 4.1.2.1. Cálculo das glebas homogêneas por classes de declividade:

A partir da carta clinográfica, a utilização da computação gráfica permitiu o cálculo das áreas nas classes A, B, C, D e percentuais relativos à área em estudo, conforme quadro 3.

Quadro 3 - Glebas homogêneas por classe de declividade.

GLEBAS HOMOGÊNEAS			
Sub-totais por classe de declive			
Símbolos	Classe (%)	Área (ha)	(%)
A	0 - 2	88,3758	(6,08)
B	2 - 5	407,1800	(28,02)
C	5 - 10	472,3162	(32,50)
D	10 - 15	473,8489	(32,61)
Total Parcial		1.441,7209	
Bacia Hidráulica		11,3952	(0,791)
Área Total		1.453,1161	(100)

##### 4.1.2.2. Caracterização dos alvos

Os mapas de 1972 e 1988 (Anexos), produzidos por restituição fotogramétrica e digitados, apresentam a cobertura vegetal com as respectivas áreas.

Os alvos anotados como água incluem também áreas alagadas e vegetação ripária que apresentam variação em suas superfícies não só em função da reestruturação das barragens, como dificuldades notáveis em função dos níveis de definição dos objetos fotointerpretados. O fenômeno da área variável da bacia hidráulica, preliminarmente estudado por HEWLETT & HIBBERT (1967) e registrado por HEWLETT (1982), assim como executados LINSLEY & FRANZINI (1978), LIMA & RANZINI (1986); BARROW (1987); CADIER (1984) concluem pela importância das relações do escoamento com os elementos fisiográficos e seus reflexos quanto ao transporte de sedimento e assoreamento de corpos d'água.

A partir dos aspectos físicos fotointerpretados, os alvos foram discriminados conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Quadro evolutivo de alterações na cobertura vegetal e formas construídas (\*)

FORMAÇÕES	VEGETAIS (ha)			BENFEITORIAS (ha)		ÁGUA* (ha)	
	1972	1988		1972	1988	1972	1988
TIPO	1972	1988		1972	1988	1972	1988
Cana	929,44	1148,97	Sede	1,36	1,65	R1 15,83	8,72
Capoeira	129,70	135,13	Colonia	1,34	4,26	R2 7,58	0,71
Mata	98,23	102,79	C. Futeb.	0,79	0,74	R3 7,58	2,41
Pasto <sup>2</sup>	171,47	21,78	Casas	0,85			
Laranja <sup>3</sup>	108,10	0,13					
Refloramento (Eucalipto)	-	6,66					
	1.436,94	1.415,46		4,34	6,65	30,99	11,84

(1) R1 = Represa 1; R2 = Represa 2; R3 = Represa 3

Area Total = 1453,1161

(2) PASTO = Pasto + Pasto Sujo

(3) LARANJA = Laranja + Pomar

(\*) Os valores obtidos por digitação grafica foram simplificados.

Nesta base de dados a cana correspondeu a 79% da feição vegetada para o período de 1988, enquanto em 1972 a cultura ocupava 64%. A área de mata teve um acréscimo de 5% em função de reprodução natural em alguns trechos e reflorestamentos.

Nota-se que a área em 1972 possui uma maior diversificação de culturas enquanto em 1988 a área já caracteriza como monocultura da cana, com redução de 16,28% da cobertura permanente.

As falhas ocorridas no processo de digitação gráfica provieram da restituição manual, quanto à definição de pontos em comum nos períodos estudados e problemas de "fechamento" de área das glebas que deverá ser feita através de segmentos de reta até o ajuste nos momentos da edição de suas respectivas figuras pela função polinomial (spline).

#### **4.2. Caracterização do regime pluviométrico**

De maneira geral, o regime de um determinado local é caracterizado pela maior ou menor quantidade de precipitação ocorrida em determinados meses do ano; (AZEVEDO, 1974). Para estabelecer a análise

quantitativa dos dados que o compõem, foram consideradas as relações, entre as médias mensais e a média anual, para um período considerado, representativo para avaliação hidrológica da bacia.

A pluviometria anual, segundo dados registrados da Usina Iracema, Iracemápolis (SP), para um período de 35 anos (1955-1990) indica uma média anual de 1340 mm.

As precipitações médias mensais para o período analisado, foram as seguintes em mm:

janeiro	-	238	maio	-	70	setembro	-	71
fevereiro	-	179	junho	-	49	outubro	-	131
março	-	136	julho	-	31	novembro	-	142
abril	-	62	agosto	-	34	dezembro	-	198

Para o estudo, considerou-se importante a contribuição do semestre chuvoso (outubro/março) e o mês mais chuvoso do ano (janeiro) para avaliação dos reflexos da chuva sobre o comportamento da bacia, que representam respectivamente 76,4% e 17,8% do volume precipitado anual.

#### 4.2.1. Análise estatística

Da população amostrada, os dados de dezembro, janeiro, fevereiro, março e novembro,

apresentaram os melhores ajustes de seus dados às curvas de regressão, respectivamente apresentaram coeficientes de correlação ( $r^2$ ) de; 0,99; 0,97; 0,95; e 0,91. Exemplo de gráfico de regressão obtido é mostrado na Figura 7.

No geral, os dados mostram-se ajustados à relação linear sempre com valores de correlação ( $r^2$ ) superiores à 0,80 - com exceção do mês de maio que apresentou  $r^2 = 0,73$ .

A estação seca entre abril e setembro, apresentou precipitação zero para os meses de abril, maio, junho, julho e agosto, representando aproximadamente 20% das frequências com relação às populações amostradas do mês de junho, julho e 16,6% em agosto.

Para a bacia Ribeirão Cachoeirinha, a partir de dados do posto pluviométrico da Usina Iracema, podemos estimar a nível de 80,55% de probabilidade com relação aos meses do ano, a ocorrência de valores menores ou iguais à:

JANEIRO	- 343,3 mm	JULHO	- 65,4 mm
FEVEREIRO	- 279,5 mm	AGOSTO	- 57,5 mm
MARÇO	- 189,9 mm	SETEMBRO	- 110,0 mm
ABRIL	- 102,0 mm	OUTUBRO	- 185,9 mm
MAIO	- 101,1 mm	NOVEMBRO	- 193 mm
JUNHO	84,3 mm	DEZEMBRO	- 271,4 mm

Os meses de maior pluviometria média (outubro-março) foram os que apresentaram menor dispersão



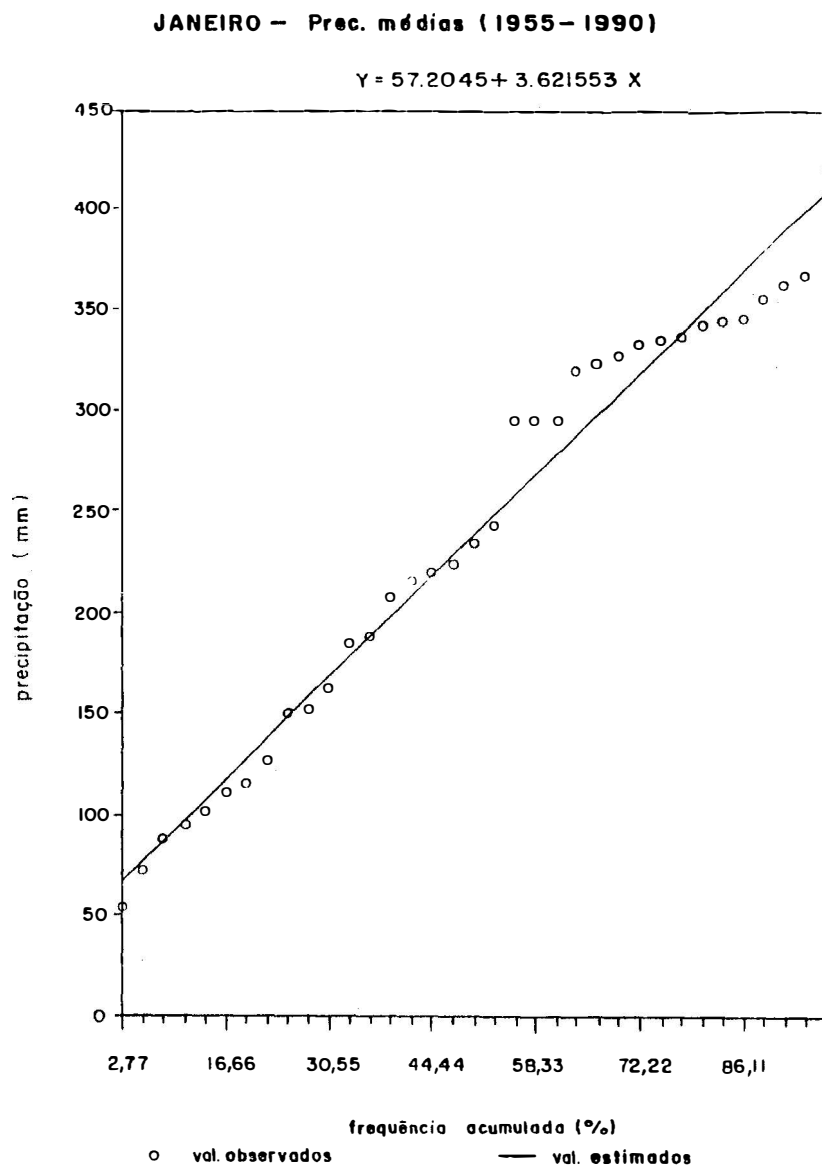


Figura 7 - Gráfico de regressão linear.

com relação aos valores estimados pela reta de regressão linear o que valida estatisticamente o estudo comportamental da variação dos índices pluviométricos, ao longo do tempo.

#### 4.3. Aplicação da metodologia de regionalização de vazões

Para aplicação do método foram utilizados gráficos e tabela elaborados por técnicos do DAEE em 1983 e representados nas Figuras 8 e 9 e Tabela 3 (REGIONALIZAÇÃO hidrológica do Estado de São Paulo, 1988).

Para estudo das relações entre oferta à nível de fio d'água e demanda hídrica municipal, adotou-se o cálculo de estimativa para as variáveis, vazão média de longo período ou plurianual e vazão mínima de sete dias consecutivos para dez anos.

a) Cálculo da vazão média plurianual ( $\bar{Q}$ ):

$$\bar{Q} = [ a + b \cdot P \text{ (mm/ano)} ] \cdot \text{Área (km}^2\text{)} \quad (1)$$

Para o cálculo da vazão média da fase montante do ribeirão Cachoeirinha, situada na região G da Figura 8, representativa das regiões hidrológicas semelhantes, considerou-se os seguintes termos da equação

(1):

- área:  $15 \text{ km}^2$

- precipitação média anual: 1340 mm;

Sendo,

$Q$  = vazão média plurianual, l/s ou  $\text{m}^3/\text{s}$

$a$  e  $b$  = parâmetros da reta de regressão (constantes da Tabela 1)

$\bar{P}$  = precipitação média anual (mm/ano)

Área = superfície de contribuição ( $\text{km}^2$ )

Aplicando-se os valores referidos na equação (1) conforme o discriminado, obtém-se:

$$\bar{Q} = [ - 26,23 + 0,0278 \cdot 1340 ] \cdot 15$$

$$\bar{Q} = 165,33 \text{ l/s ou } 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Cálculo da vazão mínima anual para sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos ( $Q_{7.10}$ ).

$$Q_{7.10} = C \cdot X_{10} (A + B) \bar{Q} \quad (2)$$

Para o seu cálculo utiliza-se o valor  $C$ , constante da Figura 9, para o enquadramento da área em questão, ou seja, região Y e os valores  $X_{10}$ , A e B retificados na Tabela 3, sendo os termos assim discriminados:

$Q_{7.10}$  = vazão mínima anual para sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos,  $m^3/s$ ;

C = relação entre a média das mínimas anuais de sete dias consecutivos e a média das mínimas anuais de um mês ( $\bar{Q}_M$ ). ( $C = \bar{Q}_7 / \bar{Q}_M$ ), (Figura 9).

$X_{10}$  = variável derivada da padronização das vazões mensais para um período de retorno de 10 anos (tab.1);

Aplicando-se os valores à equação (2), obtém-se:

$$Q_{7.10} = 0,8 \cdot 0,632 (0,4089 + 0,0332) \cdot 0,165 = 0,03688 m^3/s$$

ou 36,881/s

A utilização da vazão mínima para sete dias deveu-se à sua praticidade e validade para avaliação de disponibilidades hídricas naturais em estudo de demandas hídricas para fins de irrigação, abastecimento urbano e industrial.

Para cálculo da vazão média observa-se que pela metodologia empregada, obtém-se um valor 2,5 vezes maior que a média proposta para o valor do mês de julho (de menor precipitação) igual a 601/s (IRACEMÁPOLIS, 1987).

Para a análise dos parâmetros obtidos considerou-se os seguintes dados elementares relativos ao recurso hídrico superficial disponível para o consumo doméstico da cidade de Iracemápolis (SP).

- consumo "per capita": 250l/dia (São Paulo, 1990)
- capacidade volumétrica da represa de abastecimento (1): 700.000m<sup>3</sup> (IRACEMÁPOLIS, 1987).

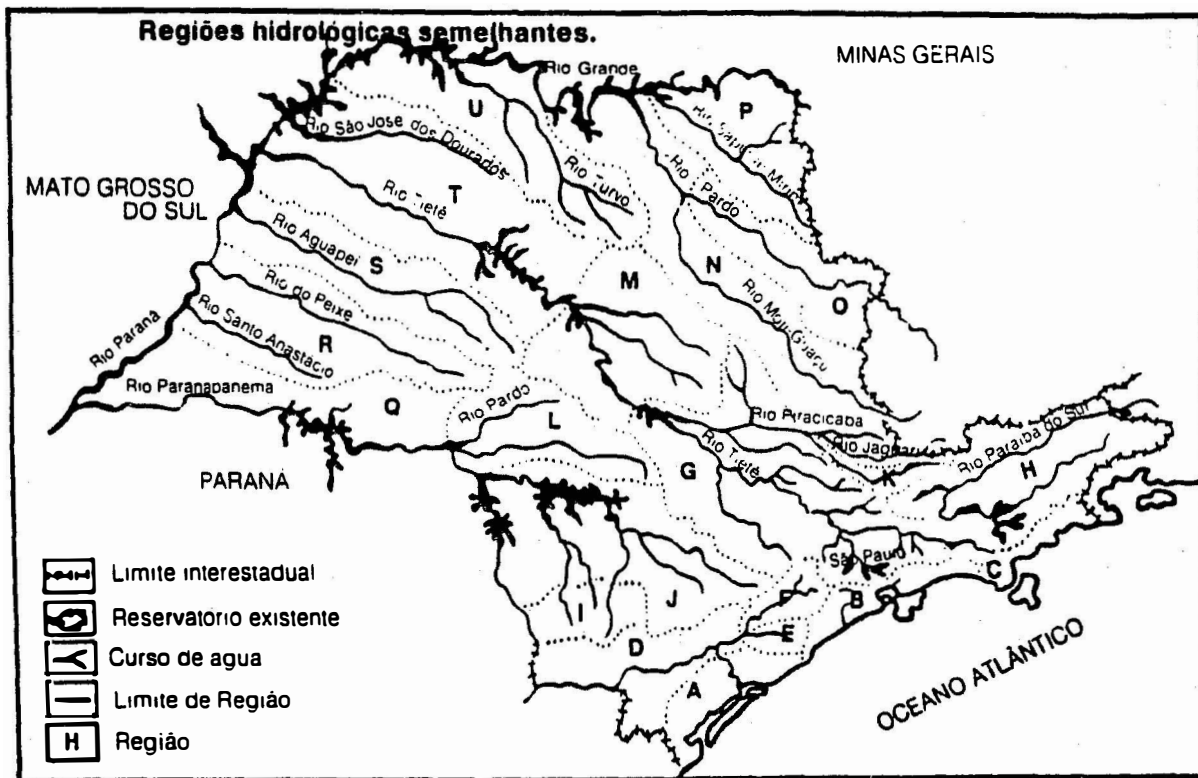


Figura 8 - Regiões hidrológicas semelhantes do Estado de São Paulo, DAEE, SP, 1988.

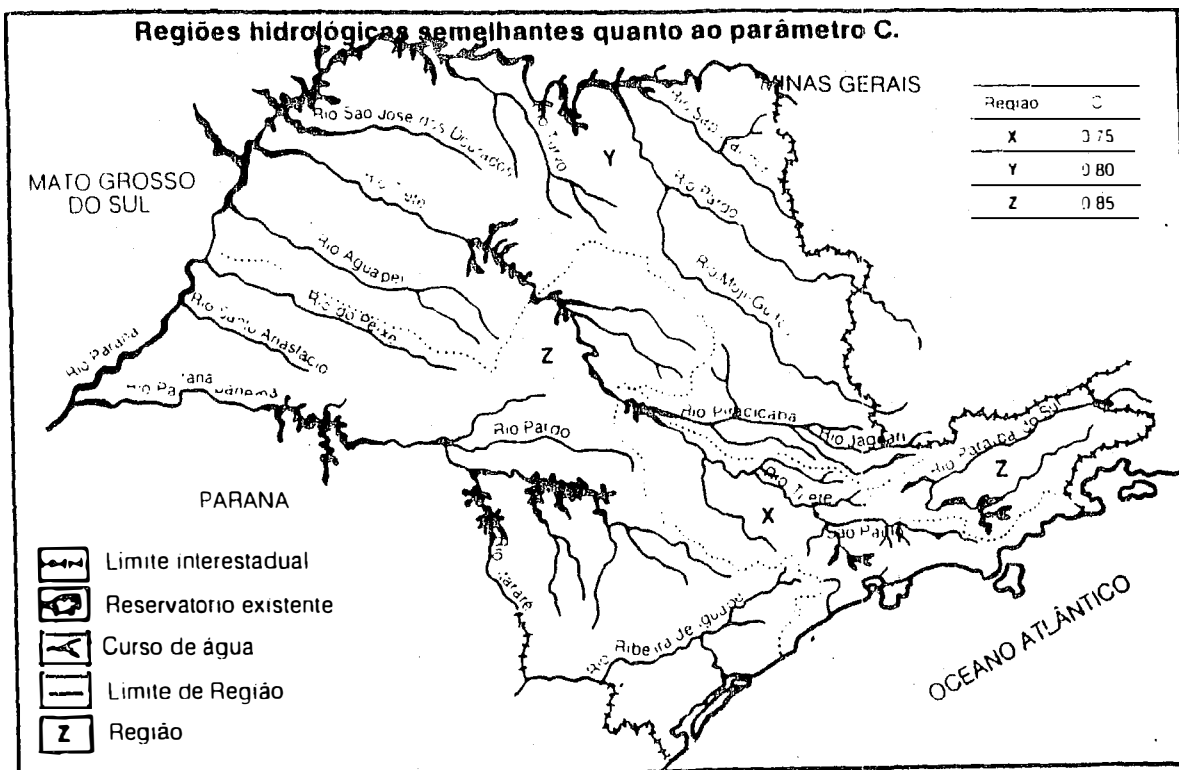


Figura 9 - Regiões hidrologicas semelhantes quanto ao parâmetro C, segundo a metodologia para regionalização de vazões do DAEE, SP, 1988.

Tabela 1 - Parâmetros regionais - valores de a e b da reta de regressão das 21 regiões hidrológicas semelhantes, identificadas no Estado de São Paulo pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE, 1988).

Região	Média Plu. ( $\bar{Q}$ )		Valores de $X_T$						Valores de A e B	
	a	b	Período de Retorno T						A	B
			10	15	20	25	50	100		
A	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398
B	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426
C	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426
D	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329
E	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330
F	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6434	0,0252
G	-26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332
H	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279
I	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283
J	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342
K	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279
L	-26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267
M	- 4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257
N	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295
O	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312
P	-26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,492	0,459	0,3599	0,0312
Q	- 4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267
R	- 4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257
S	- 4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284
T	- 4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295
U	- 4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295

#### Vazão Média de Longo Período

$$Q(1/s) = [a + b \cdot \bar{P} \text{ (mm/ano)}] \cdot \text{Área (km}^2\text{)}$$

#### Vazão Mínima de Duração de Período de Retorno T

$$Q_{\sigma T} = X_T \cdot \bar{Q} (A + B \cdot d)$$

- população de IRACEMÁPOLIS (SP); 13.500 habitantes (estimativa, 1990).

Portanto, prevê-se um consumo diário doméstico de  $3.375 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Considerando-se o destino para uso estritamente doméstico, acresce-se como margem de segurança 20%, o que corresponde a  $4050 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Considerando-se uma oferta estática de  $700.000 \text{ m}^3$ , pressupõe-se uma capacidade de dotação de água, garantida para aproximadamente 6 meses.

Considerando uma vazão média de longo período de  $0,165 \text{ m}^3/\text{s}$  equivalente a  $56.160 \text{ m}^3/\text{dia}$  isso corresponde a uma folga substancial de água disponível, 14 vezes maior que a demanda diária local.

Quanto a vazão mínima para um período de sete dias com um período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ) equivalente à uma vazão de  $0,0368 \text{ m}^3/\text{s}$  ou  $3.186 \text{ m}^3/\text{dia}$ , isto significa que existe um risco ao nível de 10% de ocorrer vazões menores ou igual ao valor obtido.

#### 4.4. Avaliação do potencial hídrico subterrâneo

A bacia do Piracicaba como um todo caracteriza-se como uma área pobre em termos de disponibilidades hídricas subterrâneas (ÁGUA subterrânea reserva estratégica, 1983).



Considerando, o sistema de rochas intrusivas básicas, em especial o diabásio, como a formação predominante da área (IPT, 1981), que se manifesta em aquíferos livres ou semi-confinados, com espessura máxima de 150m e vazões entre 5 e 30 m<sup>3</sup>/h, a bacia se expressa em termos quantitativos com baixo potencial aquífero. Quanto à qualidade das águas, apresenta casos de restrição ao consumo doméstico pelos altos teores de cloreto, sulfato, bicarbonato e resíduo seco. Outras formações como a de Tubarão e Serra Geral (basalto) estão presentes na área ambos a partir de extensão regional, sob a forma de aquífero livre a semi-confinado. O Tubarão se expressa basicamente em faixas de exploração entre 200 e 300 metros e vazões de 10 a 20m<sup>3</sup>/h, em águas adequadas ao abastecimento público e uso em geral, com restrições de uso apenas em alguns casos de teores elevados de flúor. A formação Serra Geral, em vazões por áreas entre 5 a 100 m<sup>3</sup>/h, se expressa basicamente por afloramentos e apresenta água de qualidade boa com rara presença de flúor e/ou nitrato.

O aquífero Botucatu, considerado o mais produtivo do Estado, predominantemente de ocorrência confinante (90%) apresenta reduzida representatividade na área da bacia do Ribeirão Cachoeirinha em trechos próximos à cabeceira. Poços livres fornecem vazões de 10 a 200 m<sup>3</sup>/h e confinados de 50 a 800 m<sup>3</sup>/h e suas águas são boas para abastecimento público e uso geral sem restrição. O

aquitardo Passa-Dois, que exerce regionalmente papel passivo quanto à circulação da água subterrânea (ÁGUA subterrânea reserva estratégica, 1983), encontra-se minoritariamente como superfície aflorante na bacia (5% a 10%), porém, pode trazer problemas no aproveitamento do manancial como um todo por estar interposto entre as formações Botucatu e Tubarão, considerando-se que os poços que atravessam, entram em contato com águas impróprias ao consumo com teores excessivos de sulfatos, fluoretos e carbonatos.

Em síntese a área em estudo apresenta características gerais de escassez do recurso hídrico subterrâneo, com restrições de uso pela presença eventual e excessiva de sais, sulfato, fluoreto e carbonato. Todavia, mesmo considerando-se o baixo potencial hidrogeológico da área, a água subterrânea pode ser uma alternativa, como fonte complementar, desde quando trata-se de solucionar problemas ocasionais de abastecimento público de uma pequena comunidade urbana, bastando para isso uma prospecção mais detalhada da área em questão para selecionar alguns poços de produtividade aceitável e isentos de toxidez.

#### 4.5. Equação universal de perdas de solo

##### 4.5.1. Avaliação dos fatores determinantes

###### A. Erosividade da chuva (R)

O fator  $R = 664$ , foi obtido a partir da equação para o cálculo dos índices erosivos mensais,  $E_1 = 6,886 (r^2/p)^{0,85}$ , que segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) pressupõe dados de chuvas para um período mínimo de 20 anos para sua adoção, com relação à médias mensais.

Considerando a disponibilidade de série de dados mensais para 35 anos a aplicação foi validada, correspondendo o valor para Iracemópolis (SP) a uma ordem de grandeza equivalente aos valores obtidos para Campinas (SP) de  $R = 686$  (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1986) e Piracicaba (SP),  $R = 552,7$  (SILVA, 1978), município situado em uma região climática e fisiograficamente homogênea.

Considerando que a distribuição da erosividade ao longo de um período, indica tendência linear na correlação de chuvas mais erosivas e meses de maior pluviosidade (LAL, 1984; RESENDE & ALMEIDA, 1985), obteve-se 87% do potencial em erosividade para o semestre outubro/março e 28,74% desse potencial para o mês de janeiro.

## B. Erodibilidade do solo (K)

Considerando amplo levantamento realizado por Lombardi e Bertoni (1975), segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), determinando o coeficiente K dos principais solos do Estado de São Paulo, utilizamos para as unidades enquadradas nesta relação, os valores a saber:

- (a) Latossolo Roxo,  $K = 0,12$ ;
- (b) Terra Roxa Estruturada,  $K = 0,18$ ;
- (c) Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto,  $K = 0,42$ ;
- (d) Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico,  $K = 0,11$ .

Deve-se observar que há ocorrência de inclusões dispersas em algumas unidades, que podem vir na prática a afetar o fator K, de forma importante (como Litossolo na Terra Roxa). Por esse fato, adotou-se o parâmetro relativo a litossolos, substrato folhelho argilito (detectado na área) com  $K = 0,240$  (REZENDE & ALMEIDA, 1985), como fator de correção arbitrando peso de 30% na ponderação do fator para unidade Terra Roxa Estruturada, o que configura um  $K_{\text{corrigido}} = 0,20$ .

Por outro lado, a variação Laras na antiga classificação para o Solo Podzólico Vermelho-Amarelo passa a denominar-se tipo abrupto, na nova classificação (OLIVEIRA, 1987).

### C. Fator topográfico

Para cálculo do fator LS, através da equação  $LS = 0,00984 L^{0,69} \cdot S^{1,18}$ , adotou-se o valor médio de cada classe de declive e consideraram-se duas situações diferenciadas para definição do subfator comprimento do declive (L). Em áreas de capoeira e mata, tomou-se o subfator L como uma medida direta na carta clinográfica. Tratando-se da cultura da cana-de-açúcar, pelo fato da mesma estar predominantemente terraceada, consideraram-se os trabalhos de SILVA (1978); REZENDE & ALMEIDA (1985); AMANCIO (1987) que empregam o valor do espaçamento do terraço como equivalente do comprimento da rampa em áreas sem manejo. Para definição do subfator comprimento consideraram-se tabelas descritas por IRACEMÁPOLIS (1987), em observância às técnicas de construção de terraços preconizadas pelo IAC. Neste caso, elegeu-se padrão de espaçamento horizontal, compatível com os níveis de exigência do sistema de preparo do solo e manejo cultural adotado na área em estudo. Portanto, para terraços em nível, conforme as variações de declividade, observaram-se as seguintes dimensões: 1%, espaçamento (L) = 42m; 3,5%, L = 26m; 7,5%, L = 18m; 12,5%, L = 15m.

O fator LS constitui um parâmetro de difícil avaliação, em função de sua interligação estreita com as variações de caráter fisiográfico, que envolve, cobertura vegetal, padrão de forma do declive, nível de

regularidade do mesmo e práticas de manejo (WISCHMEIER & SMITH, 1965; FAO (1979); SILVA (1978).

Para definição dos valores de LS considerou-se as variações do fator comprimento de declive nas fases fotointerpretadas de 1972 e 1988. As tabelas 2 e 3 permitem a avaliação desse parâmetro para a classe D (10-15%) de declividade, escolhida para análise.

Tabela 2 - Fator LS da segunda época (1972) e valores dos seus subfatores determinantes da Classe D.

GLEBA	COMPRIMENTO MÉDIO DO DECLIVE (m)			FATOR LS	COBERTURA VEGETAL
	SEM TERRAÇO	COM TERRAÇO	VALOR PONDERADO		
D1	-	20		1,2794	CANA
D2	90/110	-	100	3,5265	PASTO
D3. 1	220/350	-	285	6,8218	MATA
D3. 2	150/450	-	300	7,0459	CAPOEIRA
D3. 3.	190/310	-	250	6,2813	MATA
D3. 4.	180/250	-	215	5,7120	PASTO
D3. 5	90	-	-	3,3001	LARANJA
D3. 6.	-	20	-	1,2794	CANA
D3. 7	-	20	-	1,2794	CANA
D3. 8	-	20	-	1,2794	CANA
D4	35	-	-	1,8202	MATA
D5	60	-	-	2,5561	MATA
D6	-	20	-	1,2794	CANA
D7	90	-	-	3,3001	CAPOEIRA

Tabela 3 - Fator LS da quarta época (1988) e valores dos seus subfatores determinantes da Classe D.

GLEBA CLASSE D	COMPRIMENTO MÉDIO DO DECLIVE (m)			FATOR LS	COBERTURA VEGETAL
	SEM TERRAÇO	COM TERRAÇO	VALOR PONDERADO		
D <sub>1</sub>	-	20		1,2794	CANA
D <sub>2</sub>	-	20	-	1,2794	CANA
D <sub>3.1</sub>	-	20	-	1,2794	CANA
D <sub>3.2</sub>	190/310	-	250	6,2813	MATA
D <sub>3.3</sub>	150/450	-	300	7,0459	CAPOEIRA
D <sub>3.4</sub>	180/250	-	215	5,7120	PASTO
D <sub>4</sub>	30	-	-	1,6517	MATA
D <sub>5</sub>	80	-	-	3,0640	MATA
D <sub>6.1</sub>	100	-	-	3,5265	CAPOEIRA
D <sub>6.2</sub>	-	25	-	1,4725	CANA
D <sub>7.1</sub>	-	20	-	1,2794	CAPOEIRA*
D <sub>7.2</sub>	-	20	-	1,2794	CANA

\* Represa 1

#### D. Fator uso e manejo (C)

O fator C é o mais susceptível de alterações antrópicas, no entanto, parâmetro mais complexo quanto à avaliação por depender da cultura, do aspecto vegetativo, densidade de plantas, fase vegetativa (e padrão de cobertura) e sistema de manejo adotado.

Além disso é dos fatores da equação

universal aquele que possui maior amplitude de variação de valores indo de 1,000 (solo desnudo) a 0,0001 (floresta densa ou cultura sob cobertura morta densa permanente).

Para a avaliação do fator C da cana, cultura predominante da área, ocupando aproximadamente 90% da cobertura vegetal da bacia, adotou-se a metodologia preconizada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985). Dividiu-se o ano agrícola em cinco períodos do ciclo vegetativo, procurando-se uniformizar os efeitos de cobertura e manejo para cada estágio cultural a saber: (a) preparo do solo; (b) plantio; (c) estabelecimento; (d) crescimento e maturação; (e) resíduo (da colheita ao preparo subsequente).

Para obtenção do valor C, inicialmente, calculou-se os percentuais mensais do índice de erosão anual para a localidade de Iracemápolis (SP), quais sejam:

1o./07	0%	1o./11	14%	1o./03	82%
1o./08	1%	1o./12	24%	1o./04	92%
1o./09	2%	1o./01	42%	1o./05	95%
1o./10	5%	1o./02	67%	1o./06	98%
1o./07	100%				

Consideraram-se dados preliminares de parcelas experimentais determinadas pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas (SP), para o cultivo contínuo da cana de açúcar explorado sob sistema convencional e com produtividade média (BERTONI



& LOMBARDI NETO , 1985), relativo à fase de estabelecimento da cultura, que expressa razões de perdas de solo de 15 a 0,15% respectivamente, para 1º e 2º ano de cultivo.

Para cálculo da fase do plantio escolheu-se um valor a partir de correlação de perdas com a cultura da soja e avaliação do padrão evolutivo de perdas ao longo do seu ciclo vegetativo, cuja variação de valores indica um aumento de 2 a 4 vezes no valor de C do período de preparo de solo até a colheita (BERTONI et alii, 1986; RESENDE & ALMEIDA, 1985). Como valor conservador, atribuiu-se a cana, na fase de plantio um valor para C, 4 vezes menor que o valor de C para a fase de estabelecimento. Finalmente, considerando uma renovação anual do canavial de 33%, utilizou-se esse fator para redutor do C estimado, portanto C corrigido seria 0,0071, para aquele estágio.

Na área em estudo processa-se o plantio de cana de dois tipos: cana de ano (12 meses de ciclo) e cana de ano e meio (18 meses) que por apresentarem respostas diferentes às variações dos índices erosivos foram analisados separadamente, na Tabela 4.

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

PERIODO	FASES DA CULTURA	VALOR DO INDICE DE EROSAO	RAZAO DE PERDAS DE SOLO (%)	VALOR DO FATOR C
<u>Cana de ano</u>				
AGOSTO	0 - preparo do solo	1	-	-
OUTUBRO	1 - plantio	4	(5,86)	0,0071
DEZEMBRO	2 - estabelecimento	19	15	0,0285
JANEIRO	3 - crescimento e maturação	18	-	-
SETEMBRO	4 - resíduo*	60	0,15	0,0090
				0,0446
<u>Cana de ano e meio</u>				
AGOSTO	0 - preparo do solo	1	-	-
JANEIRO	1 - plantio	41	5,86	0,0240
MARÇO	2 - estabelecimento	40	15	0,0600
ABRIL	3 - crescimento e maturação	10	-	-
MAIO	4 - resíduo	3	(0,15)	-
				0,0840

\* resíduo, vai da colheita a primeira soca.

As diferenças marcantes dos valores de C, dos cultivos de cana de ano e ano e meio indicam a importância da variação estacional, em função dos percentuais mensais de erosividade da chuva e seus reflexos na determinação desse índice.

Os valores obtidos para cana-de-açúcar enquadram-se perfeitamente na faixa de valores para cultura de cobertura com plantio precoce e desenvolvimento rápido no primeiro ano, com C variando de 0,01 a 0,10 (RESENDE & ALMEIDA, 1985).

Para avaliação dos outros tipos de cobertura vegetal, utilizaram-se valores adaptados de tabelas de diversos autores citados em RESENDE (1985). Para determinação do valor C para área florestadas, considerou-se três condições do stand: densa; média e ruim, respectivamente para índices mínimos de cobertura de 75%, 40% e 20% da área, neste último caso correspondente à terra de cultura ou pastagem.

Quadro 5 - Cobertura vegetal e fator C.

COBERTURA VEGETAL	VALOR ANUAL DE C
SOLO DESNUDO	1,00
POMAR	0,100
CAPOEIRA	0,010
<b>FLORESTA</b>	
DENSA	0,001
MÉDIA	0,003
RALA	0,005

**E. Fator práticas conservacionistas  
(P)**

Como para todas as glebas estudadas e sob cultivo da cana, utilizaram-se plantio em contorno e terraceamento, para cálculo do P, adotou-se valor igual a 0,5 recomendado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985).

**F. Aplicação da equação universal de perdas  
de solo**

Para estimativa de perdas de solo da área da bacia do Ribeirão Cachoeirinha em Iracemópolis - SP consideramos como referencial a classe de maior declividade, a classe D, que acha-se na faixa de 10 a 15%. E aplicou-se os parâmetros convencionais da equação universal de perdas de solo conforme combinações específicas que figuras nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Avaliação das perdas do solo das glebas de classe D (12,5%) de declividade para 2a. época (1972).

Glebas	Solo	Terraço	R. K. P. LS	Cobertura vegetal	C	Área (ha)	PERDAS DE SOLO	
							ton/ha ano	Total (t)
D <sub>1</sub>	LR	Sim	50,9713	Cana de Ano	0,0446	9,3375	2,27	21,33
D <sub>2</sub>	PV-1	Não	983,4817	Pasto	0,005	4,8823	4,92	24,00
D <sub>3.1</sub>	TE+LI	Não	905,9350	Mata	0,001	30,5420	0,91	27,69
D <sub>3.2</sub>	TE+LI	Não	935,6955	Capo.	0,010	82,6874	9,36	773,71
D <sub>3.3</sub>	TE+LI	Não	834,1566	Mata	0,001	22,8330	0,83	19,05
D <sub>3.4</sub>	TE+LI	Não	758,5536	Pasto	0,005	94,6057	3,79	358,82
D <sub>3.5</sub>	LR	Não	131,4760	Lar. <sup>2</sup>	0,100	9,0000 <sup>1</sup>	13,15	118,33
D <sub>3.6</sub>	TE+LI	Sim	84,9522	Cana de Ano e Meio	0,084	24,5036	7,14	174,86
D <sub>3.7</sub>	LR	Sim	50,9713	Cana de Ano e Meio	0,084	4,85	4,28	20,77
D <sub>3.8</sub>	TE+LI	Sim	84,9522	Cana de Ano	0,0446	129,52	3,79	490,74
D <sub>4</sub>	LR	Não	72,5168	Mata	0,003	3,854	0,22	0,84
D <sub>5</sub>	LR	Não	203,6700	Mata	0,003	9,5487	0,61	5,83
D <sub>6</sub>	LR	Sim	50,9713	Cana de Ano	0,0446	21,8688	0,23	4,97
D <sub>7</sub>	LR	Não	262,9520	Capo.	0,010	11,5957	2,63	30,49

R = 664

LR = Latossolo roxo, K=0,12

TE+LI = Terra Roxa + Litossolo, K = 0,20

PV1 = Podzólico vermelho amarelo, abrupto, K=0,42

1 = Valor planimetrado

2 = curvas de nível, P = 0,5 (Laranja)

Tabela 6 - Avaliação das perdas de solo das glebas de classe D (12,5%) de declividade para 4a. época (1988).

Glebas	Solo	Terraço	R.K.P. LS	Cobertura vegetal	C	PERDAS DE SOLO		
						Área (ha)	ton/ha ano	Total (t)
D <sub>1</sub>	LR	Sim	50,9713	Cana do Ano	0,0446	9,3375	2,27	21,33
D <sub>2</sub>	PV-1	Sim	178,3995	Cana de Ano e Meio	0,084	4,8823	14,99	73,16
D <sub>3.1</sub>	TE+LI	Sim	84,9522	Cana de Ano	0,0446	291,8172	3,79	1105,66
D <sub>3.2</sub>	TE+LI	Não	834,1566	Mata.	0,0010	31,1695	0,84	26,00
D <sub>3.3</sub>	TE+LI	Não	935,6955	Capo.	0,0100	62,0049	9,36	580,18
D <sub>3.4</sub>	TE+LI	Não	758,5536	Pasto Sujo	0,0050	19,7700	3,79	74,98
D <sub>4</sub>	LR	Não	131,6075	Mata	0,0030	3,8543	0,39	1,52
D <sub>5</sub>	LR	Não	244,1953	Mata	0,0010	9,5487	0,24	2,33
D <sub>6.1</sub>	LR	Não	280,9915	Capo.	0,010	4,1000	2,81	11,52
D <sub>6.2</sub>	LR	Sim	117,3288	Cana de Ano	0,0446	17,7688	5,24	92,98
D <sub>7.1</sub>	LR	Sim	50,9713	Capo.	0,0100	7,600	0,51	3,87
D <sub>7.2</sub>	LR	Sim	50,9713	Cana de Ano e Meio	0,0840	3,9957	4,28	17,11

R = 664

LR = Latossolo roxo, K=0,12

TE+LI = Terra Roxa + Litossolo, K = 0,20

PV1 = Podzólico vermelho amarelo, abrupto, K=0,42

\* Incluindo "Mato"

#### 4.5.2. Avaliação de áreas críticas na bacia

Considerando a classe mais preocupante em termos de seu potencial erosivo, a classe D de mais declividade da bacia (12,5%) no caso da área em estudo é a que corresponde aos solos com mais elevada erodibilidade e representa 33% da bacia hidrográfica. Os dados das tabelas e 7 refletem dados aproximados de perda de solos e tendência erosiva de 16 anos de exploração agrícola na área.

Para comparação do nível de perdas tomaram-se valores constantes da tabela de BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) para solos do Estado de São Paulo, transcritos na nova nomenclatura.

Quadro 6 - Limites de tolerância de perdas por erosão.

SOLOS	TOLERÂNCIA DE PERDAS DE SOLO	
	AMPLITUDES OBSERVADAS t/ha/ano	MÉDIA PONDERADA t/ha/ano
<b>Com B Textural:</b>		
Solo Podzólico Vermelho-Amarelo		
abrupto (PV-1)	6,9 a 13,4	9,1
Terra Roxa Estruturada (TE)	11,6 a 13,6	13,4
<b>Com B latossólico</b>		
Latossolo Roxo (LR)	10,9 a 12,5	12,0
<b>Solos pouco desenvolvidos</b>		
Litossolo	1,9 a 7,3	4,2

Por coerência com o valor arbitrado para a associação TE + LI, consideramos a mesma ponderação para o valor de tolerância de umidade em estudo, o que daria uma tolerância de 11,8 ton/ha.

Verifica-se pelos valores da tabela 5 e 6, um nível erosivo acima do tolerável na gleba Dz, em que se faz uso da cana de ano e meio em área de podzólico, isto em razão das condições de exposição do solo em períodos mais erosivos, o que contraindica a cana de 18 meses para essa gleba. A área do podzólico dado as suas características de alta erodibilidade deve ser mantida com cobertura permanente principalmente tratando-se de uma área de cabeceira de nascentes.

No geral as glebas sob aspecto qualitativo mostraram-se com perdas dentro de níveis toleráveis considerando uma situação ideal de manejo arbitrado neste estudo.

As áreas de reservatórios em especial apresentam um bom nível de proteção principalmente o de abastecimento municipal.

No aspecto quantitativo o controle por terraceamento mostrou eficácia no caso da cana como medida de controle erosivo, observando-se os valores de espaçamento pré-estabelecidos. Observando-se uma redução de perdas de 2% na classe D em 1988 concomitante à, redução de 16% da área de cobertura permanente, com relação à 1972.

Deve-se salientar que a situação de estudo



pela aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo, considerou uma condição de manejo no nível mais adequado quanto a escolha do espaçamento do terraço para cana.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Áreas de Solo Podzólico Vermelho-Amarelo, em classe D, devem manter-se protegidas por vegetação permanente em razão do seu alto potencial de erodibilidade;

- A unidade Terra Roxa Estruturada deve ser detalhada para verificar o nível de ocorrência das inclusões como litossolos, classe pedológica de elevada erodibilidade;

- Para uma avaliação apurada mais precisa das perdas de solo torna-se necessário um levantamento detalhado das condições de campo quanto ao sistema de cultivo. A instalação de parcelas experimentais para medidas de sedimentação na bacia e uso de coletores para medição da qualidade de água. Em relação à avaliação hidrológica da bacia, urge a instalação de equipamentos hidrométricos junto ao reservatório e serviços de batimetria para verificar o nível de assoreamento, a médio prazo;

- O uso de cartografia digital mostra-se uma técnica relevante, como auxiliar no monitoramento de bacias, por permitir a criação de um banco de dados a comparação dos mesmos para o estudo das ocorrências. identificar áreas potencialmente susceptíveis à erosão laminar e determinar as áreas críticas quanto ao impacto da erosão nos recursos hídricos;

- O estudo dos recursos hídricos a partir de diversidade de fontes em seus aspectos pluviométricos, água superficial e água subterrânea, consolida uma linha metodológica capaz de indicar soluções para problemas de uso e suprimento de água, a partir das alternativas possíveis;

- O estudo do meio físico de forma sistemática, mostrou-se uma boa ferramenta metodológica para planejamento dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.M. Sensibilidade das fotografias aéreas em zonas tropicais úmidas para efeito de fotointerpretação. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, 3 (6): 67-72, ago. 1960.
- ALVES, D.S. Sistema de informação geográfica. In: Rodrigues, M. coord. *Geoprocessamento*. São Paulo. EPUSP. 1990. p.66-7.
- ÁGUA subterrânea reserva estratégica. *Águas e Energia Elétrica*, São Paulo, 5(13): 14-24, 1988.
- ALONSO JARA, P. Levantamento de solo para o planejamento agrícola de bacia Acaray. Piracicaba, 1982. 283p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- AMANCIO, A.V. Fotointerpretação e avaliação conservacionista do uso da terra em três decênios, da Fazenda Milho Híbrido, "Ataliba Leonel", Manduri, SP. Piracicaba, 1986. 64p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- AMARAL, A.L. & AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C., coord. *Elementos de pedologia*. São Paulo, EDUSP, 1972. p.429-42.
- ANDERSON, P.S., ed. *Fundamentos para fotointerpretação*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 136p. (Fotointerpretação: Teoria e Métodos, 1).

- ANDRADE, N.J. & EMERICH, W. Manejo de bacias hidrográficas na região do Vale do Paraíba. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 2. São Paulo, 1979. Anais. São Paulo, AEASP, 1979. p.279-89.
- AVERY, T.C. Interpretation of aerial photographs. Minneapolis, Burgess, 1968. 319p.
- AZEVEDO, D.C. Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais. Brasília, 1974. 520p. (Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- BARROW, C. Water resources and agricultural development in the tropics. Harlow, Longman, 1987. 356p.
- BEASLEY, D.B.; HUGGINS, L.F.; MONKE, E.J. Answers a model for watershed planning. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 23(4): 934-44, July/Aug, 1980.
- BENINCASA, M. Estudo hidrológico da região de Jaboticabal. Jaboticabal, 1971. 82p. (Mestrado - Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia / UNESP).
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, IAC, 1986. 57p. (IAC. Circular, 20).
- BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, I. Visão integrada da problemática da erosão. Maringá, ABGE; ADEA, 1985. 329p.
- BIGARELLA, J.J. & SUGUIO, H. Ambiente fluvial. Curitiba, Ed. da Universidade Federal do Paraná, 1979. 179p.
- BLACKBURN, F. Sugar-cane. New York, Longman, 1984. 414p.

- BOMBERGER, E.H. & DILL JUNIOR, H.W. Photointerpretation in agriculture. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRY. **Manual of photographic interpretation.** Washington, 1960. cap.11, p.561-632.
- BORDAS, M.P.; SEMMELMANN, F.R.; SILVEIRA, R.L.; DAMICO, J.J. Sub-bacias e bacia representativa do Rio Forquetinha, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. **Anais 1.** Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. v.1, p.171-94.
- BRANCO, F.S. Avaliação de vazões em curso d'água não instrumentados na região da Serra do Mar - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. **Anais 1.** Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. v.1, p.583-4.
- BURINGH, P. The application of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRY. **Manual of photographic interpretation.** Washington, 1960. cap. 11, ap.a, p.633-66.
- CADIER, E. **Método de avaliação dos escoamentos nas pequenas bacias do semi-árido.** Recife, SUDENE, 1984. 75p. (Hidrologia, 21).
- CADIER, E. & DUBREUIL, P. Influence de la taille et du nombre de retenue sur le régime hydrologique de petis bassins du Nordeste du Brésil. In: JOURNÉES DE L'HIDRAULIQUE, 19., Paris, 1986. Paris, Societe Hydrotechnique de France, 1986. p.I.11.1-5.
- CARVER, A.J. **Fotografia aérea para planejadores de uso da terra.** Brasília, Ministério da Agricultura/ Sec. Nac. Agropec., 1945. 77p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1980. 188p.
- CRUCIANI, D.E. **Drenagem na agricultura.** 4.ed. São Paulo, Nobel, 1987. 337p.

- DANIELS, R.B. & HAMMER, R.D. Soil geomorphology. s.n.t. 146p.
- DEMATTE, J.L.I. Curso de gênese e classificação dos solos. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.irreg.
- FAO. La ecuacion para predecir las perdidas de suelo. In: ————. La erosion del suelo por el agua; algunas medidas para combartila en las tierras de cultivo. Rome, 1967. cap.6, p.160-78 (FAO. Cuadernos de Fomento Agropecuário, 81).
- FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP)
- GRAZIANO NETO, F. Conservação de solo em microbacias. Boletim Técnico. Cia Agrícola Imobiliária e Colonizadora, São Paulo, 1(1): 1-41, mar. 1987.
- GREGORY, K.J. Drainage networks and climate. In: DERBSHIRE, E., ed.. Geomorphology and climate. London, John Willey, 1976. cap. 10, p.289-315.
- HEWLETT, J.D. Principles of forest hydrology. Athens, University of Georgia, 1982. 183p.
- HEWLETT, J.D. & HIBBERT, A.R. Factor affecting the response of small watersheds precipitation in humid areas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HIDROLOGY, University Park, 1965. Oxford, Pergamon, 1967. p.275-90.
- HERZ, R. & DE BIASI, M. Critérios e legendas para macrozoneamento costeiro. Brasília, Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, 1989. p.irreg.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo, 1981. v.1, p.125. (IPT Monografias, 6).

- IRACEMÁPOLIS. Prefeitura. Plano diretor de uso e manejo do Ribeirão Cachoeirinha, no município de Iracemápolis - SP. Iracemápolis, 1987. 94p.
- KENNEDY, B.H. Valley-side slopes and climate. In: DERBSHIRE, E., ed. Geomorphology and climate. London, John Willey, 1976. cap.6, p.171-20.
- KOFFLER, N.F.; FRANÇA, G.V.; CAMPOS, H. de; LAVORENTI, N.A. Identificação da cultura de cana-de-açúcar através de fotografias aéreas e dados do satélite LANDSAT. Piracicaba, Planalsucar, 1983. 68p. (Publicação Especial, 1).
- LAL, R. Soil erosion from tropical arable lands and its control. *Advances in Agronomy*, New York, 37: 183-248, 1984.
- LEPSCH, I. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso; 4a. aprox. Campinas, Soc. Bras. de Ciência do Solo, 1989. 175p.
- LANNA, A.E. Províncias hidrológicas e bacias representativas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. Anais 1. Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. v.1, p.3-24.
- LIMA, W.P. Hidrologic behavior of two small watersheds in west Virginia undergoing natural reforestation. Columbus, 1971. 144p. (M.S. - Ohio State University).
- LIMA, W.P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, USP, 1986. 242p.
- LIMA, W.P. & RANZINI, M. Levantamento hidrológico da bacia hidrográfica do Passo Cinco, Epeúna, SP. In: KAGEYAMA, P.Y., coord. Estudo para implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passo Cinco visando a utilização para abastecimento público. Piracicaba, FEALQ, 1986. p.2-33. (FEALQ. Relatório de Pesquisa).



- LINSLEY, R.K. & FRANZINI, V.B. **Engenharia de recursos hídricos.** Trad. de L.A. Pastorino. São Paulo, EDUSP; McGraw Hill do Brasil, 1978. 798p.
- LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva, sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos. Recife, UFRPE, 1980. p.13.
- LOPES, L.R. Efeitos da topografia sobre a variação da radiação solar incidente, temperatura do solo e produção de *Synodon dactylon* (L) Pers Cv. *Coasteross* I., Jaboticabal, 1986. 103p. (Livre docência - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / UNESP).
- OLIVEIRA, J.B. Fatores de formação. In: MONIZ, A.C., coord. **Elementos de pedologia.** São Paulo, EDUSP, 1972. p.275-87.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semi-detalhado dos solos do Estado de São Paulo:** quadrícula Campinas. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 169p.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; BARBIEIRI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo:** quadrícula Araras. Campinas, IAC, 1982. (IAC. Boletim Técnico, 71).
- OLLIER, C.D. Catenas in different climates. In: DERBSHIRE, E., ed. **Geomorphology and climate.** London, John Willey, 1976. cap.5. p.137-69.
- ORTEGA, A.M. Manejo integral de cuencas. In: ————. **Manejo integral de cuencas transferencia de tecnologia agropecuaria.** Lima, IICA, 1980. p.28-50. (Informe y Reuniones, 210).
- PEREIRA, H.C. **Land use and water resources.** London, Cambridge University Press, 1973. 246p.

- PINTO, N.L.S. ; HOLTZ, A.C.T. ; MARTINS, J.A. ; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica.** São Paulo, Edgar Blücher, 1976. 278p.
- PROCHNOW, M.C.R. **Análise ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo.** Rio Claro, 1990. 330p. (Doutorado - Instituto de Geociência e Ciências Exatas/UNESP).
- RAMOS, F; OCCHIPINT, A.G. ; VILLA NOVA, N.A. ; REICHARDT, K. ; MAGALHÃES, P.C. ; CLEARY, R. **Engenharia hidrológica.** Rio de Janeiro, ABRH, 1989. 404p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos,2).
- REGIONALIZAÇÃO hidrológica no Estado de São Paulo. **Águas e Energia Elétrica,** São Paulo, 5(14):4-10, 1988.
- RESENDE, M. & ALMEIDA, J.R. **Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo.** **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, 11(128): 38-54, ago. 1985.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano global de recursos hídricos da bacia do Rio Piracicaba; 1a. etapa.** São Paulo, 1984. v.4: Disponibilidades Hídricas, 133p.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de erosão, bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas.** São Paulo, 1989. 92p.
- SCHULZ, E.F. **Units and conversion unit.** In: ————. **Problems applied hidrology.** Fort Collins, Water Resources, 1973. p.5-29.
- SCHUMM, S.A. **The fluvial systems.** London, John Willey, 1977. 338p.

- SILVA, J.R.C. Perdas de solos e produção de sedimentos estimativas em uma pequena bacia hidrográfica localizada em Piracicaba, SP. Piracicaba, 1978. 62p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SILVA, J.T. & NOVO, V.L.T. Contribuição para o conhecimento das vazões mínimas na bacia hidrográfica do Rio Capivari. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Florianópolis, 1988. Anais. São Paulo, ABID, 1988. p.1069-84.
- SOJKA, R.E.; LANGDALE, G.W.; KARLEN, D.L. Vegetative techniques for reducing water erosion of cropland in the southeastern United States. *Advances in Agronomy*, New York, 37: 155-81, 1984.
- TARDIEU, H. & PLUS, B. Après secheresse des années 1984-1987 dans le bassin de la Garonne, France. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON IRRIGATION AND DRAINAGE, 14., Rio de Janeiro, 1990. s.l., ICID/CIID, 1990. v.1-C, p.209-19.
- TRUDGILL, S.T. Rock weathering and climate: quantitative and experimental aspects. In: DEBBSHIRE, E., ed. *Geomorphology and climate*. London, John Willey, 1976. cap.3, p.59-99.
- UEHARA, K.H. Contribuição para o estudo das vazões mínimas médias e máximas de pequenas bacias hidrográficas. São Paulo, 1964. 74p. (Livre docência - Escola Politécnica/USP).
- VIEIRA, H.J.P.; CADIER, E.; LINS, M.J.A.; ASSUNÇÃO, M.S. Descrição da rede de bacias representativas e experimentais do nordeste brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. Anais 1. Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. v.1., p.39-66.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Washington, USDA, 1965. 47p. (USDA. Handbook, 282).

ZAMBELLO JUNIOR, E; ORLANDO FILHO, I; MACEDO, N.  
Conservação de solos em cana-de-açúcar. **Boletim Técnico**  
**PLANALSUCAR**, Piracicaba, 5(2):1-24, fev. 1983.

**BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA**

AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Determinants of soil loss tolerance.** Madison, 1982. 159p. (ASA. Special Publication, 45).

AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Soil erosion and conservation in the tropics.** Madison, 1982. 149p. (ASA. Special Publication, 43).

BALANÇO hídrico do Estado de São Paulo. **Águas e Energia Elétrica,** São Paulo, 4(12): 18-27, 1987.

BARROS, Z.X.; PIEDADE, G.C.R.; CURI, P.R.; CARDOSO, L.G. Variáveis da ocupação do solo e análise multivariada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 17., Sorocaba, 1988. **Anais 2.** Sorocaba, CENEA: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1988. p.643-51.

BASSINELLO, A.I.; MARTINS, S.; VIEIRA, M.A.S.; MASUDA, Y.; MATSUOKA, S.; ARIZONO, H. Cana-de-ano alternativa para aumento de produção e melhoramento. **Alcool & Açúcar,** São Paulo, 10(55): 10-5, set/out. 1990.

BECERRA DE LA FLOR, J.C. & MOTA, J.F.C. **Resultados de projetos desenvolvidos de irrigação em cana-de-açúcar no norte fluminense.** Campos, COOPERPLAD, 1981, 182p. (Publicações Miscelâneas, 287).

BINGRU, Y.E. Some mathematical problems in optimized planning of a water-resources system. **Journal of Hidrology,** Amsterdam, 68: 431-42, 1984.

- BOONSTRA, J. Method and models in surface water hidrology. In: WIERSMA-ROCHE, M.F.L., ed. **Land reclamation and water management**. Wageningem, ILRI, 1980. p.85-97.
- BOULTON, A.G. Hidrological surveys, hidrometric schemes, methods of conservation. In: THORN, R.B., ed. **River engineering and water conservations works**. London, Butterworth, 1966. Cap.5, p.52-62.
- BRAKENSIEK, D.L.; ENGLEMAN, R.L.; RAWLS, W.J. Variation within textures classes of soil water parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 24(2): 335-9, Mar./Apr. 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa nacional de microbacias hidrográficas**. Brasília, MA, 1987. 60p. (Manual Operativo).
- BRASIL. Ministério do Exército. **Normas gerais para operações geodésicas, astronômicas, topográficas, fotogramétricas e cartográficas**. 2.ed. Brasília, 1982. p.irreg. (Manual Técnico, T 34-201).
- CAMPOS, J.N.B. Proposta para controle do uso da água em reservatórios de pequeno e médio porte. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., São Paulo, 1980. **Anais**. São Paulo, ABID, 1980. v.1, p.132-50.
- CHOTISASITORN, M. & WARD, R.C. Water management strategies for small irrigation reservoirs in northeast Thailand. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 19(13): 524-8, May/June 1976.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRANEAS, 2., Salvador, 1982. **Anais**. Salvador, ABAS, 1982. 546p.
- COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. São Paulo, COOPERSUCAR, 1987. 334p.
- CROW, F.R.; REE, W.O.; LOESCH, S.B.; PAINE, M.D. Evaluating components of the USDAHL hydrology model applied to grassland watersheds. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 20(4): 692-6, July/Aug. 1977.

- CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO. Salvador, 1987. **Hidrologia superficial de pequenas cuencas.** Brasília, PRONI; Madrid, IRYDA, 1987. 44p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. 3 ed. **Design of small dams.** Washington, 1965. 611p.
- FAO. Forestry Department. **Guidelines for watershed management.** Rome, 1977. 260p. (FAO Conservation Guide, 1).
- FENDRICH, R.; BIZZONI, O.; NAGASHIMA, E.S. Bacia hidrográfica experimental do Rio Passaúna - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. **Anais 1.** Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1983. v.1, p.151-70.
- FISHER, G.T.; AYARS, J.E.; HOLTAN, H.N.; NELSON, D.L. USDAHL -74 model as a planning tool. **Transactions of the ASAE, St. Joseph, 22(6): 1347-51, 1979.**
- FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A., ed. **Soil erosion and cropproductivity.** Madison, American Society of Agronomy, 1985. 533p.
- FRANÇA, G.V. **Interpretação de levantamentos de solos; classificações técnicas e interpretativas.** Botucatu, UNESP, 1983. 28p.
- GENEVICIUS, A. aplicação de metodologia para determinação de estiagens na Bacia do rio Corumbataí. Piracicaba, 1990. 87p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz").
- GREGORY, J.M. Time of concentration determination for small watersheds. **Transactions of the ASAE, St. Josephs, 25(3): 686-8, 1982.**
- INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte, v.11, n.128, 1985. 92p.

- INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte, v.13, n.147, 1987. 92p.
- LANDON, J.R., ed. **Booker tropical soils manual**. London, Booker Agriculture International, 1984. 450p.
- LEPSCH, I.F. Sugestões para padronização de memórias descritivas de planejamentos conservacionistas. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1., São Paulo, 1966. **Anais**. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1966. p.693-705.
- LOPES CADENAS DE LIANO, F. **Corrección de torrentes y estabilización de cauces**. Rome, FAO, 1988. 182p. (Colección FAO: Fomento de Tierras y Aguas, 9).
- MEYER, D.L. & KRAMER, L.A. Erosion equations predict slope development. **Agricultural Engineering**, St.Paul, 50: 522-3, 1969.
- OLIVEIRA, A.R.B. Determinação das características físicas do reservatório a partir de cartas, fotografias aéreas ou imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., Blumenau, 1983. **Anais 1**. Fortaleza, Assoc. Bras. de Hidrologia e Rec. Hídricos, 1983. v.1, p.269-77.
- PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil; relação entre precipitação, duração e pesquisa de chuvas em 98 postos com pluviógrafos**. Rio de Janeiro, DNOS, 1957. 419p.
- ROGOWSKI, A.S.; WEINRICH, B.E.; KHANBILVARDI, R.M. A non parametric approach to potential erosion on mined and, reclaimed areas. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 45: 408-12, May/June 1990.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano global de recursos hídricos da bacia do Rio Piracicaba, 1a. etapa**. São Paulo, 1984b. v.4 : Disponibilidades Hídricas, 133p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Área de proteção ambiental; APA de Corumbataí - Botucatu, Tejuπά perimetro de Corumbataí**. s.n.t. 53p.



SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica Plano estadual de recursos hídricos, primeiro plano do Estado de São Paulo; síntese. São Paulo, 1990. 120p.

UDAWATTAGE, U.D.S. The development of microcatchment in Sri Lanka. *Journal of Hidrology*, Amsterdam, 80: 351-9, 1985.

WALTERS, R.C.S. Conservation of water by impounding reservoirs and pumped storage reservoirs. In: THORN, R.E. *River engineering and water conservation works*. London, Butterworth, 1966. cap. 25, p.393-421.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses a gride planning . Washington, USDA, 1978. 58p. (USDA. Handbook, 337).

WISCHMEIER, W.H.R. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophysical Un.*, Washington, 31(2): 285-91, 1985.