

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS ÁGUAS DOS RIOS PARAIBUNA E PARAITINGA, REGIÃO DO ALTO PARAÍBA-SP*

Francisco Carlos Soriano ARCOVA**

Valdir de CICCIO**

Eliane Akiko HONDA**

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de dois anos do monitoramento mensal das concentrações de sedimentos em suspensão, turbidez, cor aparente, oxigênio dissolvido e da temperatura das águas dos rios Paraibuna e Paraitinga, no Estado de São Paulo. Os valores médios encontrados para os dois rios foram, respectivamente - concentração de sedimentos em suspensão: 13,0 mg.L⁻¹ e 35,9 mg.L⁻¹; turbidez: 20 FTU e 39 FTU; cor aparente: 95 UPC e 153 UPC; temperatura da água: 17,2°C e 19,6°C e oxigênio dissolvido: 9,3 mg.L⁻¹ e 8,6 mg.L⁻¹. Os maiores valores de sedimentos em suspensão, turbidez e cor na água do rio Paraitinga são indicadores de processos erosivos mais intensos nesta bacia hidrográfica. A diferença no uso e ocupação do solo é condição importante para estes resultados. A bacia hidrográfica do rio Paraitinga encontra-se ocupada majoritariamente por pastagens degradadas, enquanto a bacia do rio Paraibuna está melhor protegida por remanescentes de floresta natural. O clima mais quente, o maior tempo de residência da água na rede de canais da bacia e a ausência de matas ciliares contribuem para que as temperaturas da água sejam mais elevadas no rio Paraitinga. As maiores concentrações de oxigênio no rio Paraibuna são conseqüências das menores temperaturas da água e da maior capacidade de aeração, resultado de quedas d'água e corredeiras em grande quantidade ao longo do curso d'água.

Palavras-chave: monitoramento; características físicas da água; bacias hidrográficas; Alto Vale do Paraíba.

1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização de que os recursos naturais são limitados tem levado governantes e a sociedade a se mobilizarem no sentido de se alcançar um aproveitamento racional e planejado do meio ambiente, visando ao desenvolvimento sustentável.

A preservação dos recursos hídricos e dos mananciais ainda não alterados, bem como a necessidade de se recuperar as bacias hidrográficas

ABSTRACT

Two years results obtained from monthly observation for suspended sediments, turbidity, apparent color, dissolved oxygen and temperature are presented here. The samples were collected in the upper course of Paraitinga and Paraibuna river waters, located in São Paulo State (Brazil). Means values for these parameters for the Paraibuna and Paraitinga waters were respectively: suspended sediments - 13.0 mg.L⁻¹ and 35.9 mg.L⁻¹; turbidity - 20.0 FTU and 39.0 FTU; apparent color - 95.0 UPC and 153.0 UPC; water temperature - 17.2°C and 19.6°C and dissolved oxygen - 9.3 mg.L⁻¹ and 8.6 mg.L⁻¹. The larger mean values of suspended sediments, turbidity and apparent color found in the Paraitinga river waters indicate that in this watershed the erosion processes are more intense than in the Paraibuna watershed. This difference is attributed to the distinct soil occupation in each watershed. The higher mean water temperature observed in the Paraitinga river can be explained by the warmer climate, larger water residence time and lack of riparian forest in the watershed. Mean values of dissolved oxygen are higher in the Paraibuna river waters than in Paraitinga river. This is because these river waters have lower temperature and higher aeration capacity due to the large number of waterfalls and rapid water found in the course of Paraibuna river.

Key words: monitoring; water physical characteristics; watersheds; Paraíba river headwaters.

já degradadas têm ganhado relevância. Para subsidiar ações que venham a preservar os corpos d'água ainda hoje mantidos em condições naturais ou próximo a este estado, e para deter e reverter os processos de adulteração das águas de bacias hidrográficas já impactadas, são necessárias pesquisas visando conhecer o estado atual dos rios, bem como avaliar os impactos, os riscos, os custos e benefícios associados aos diversos usos do solo das bacias hidrográficas (Organização das Nações Unidas, 1993).

(*) Aceito para publicação em janeiro de 2002.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

Neste contexto, o estudo comparativo de bacias hidrográficas constitui-se num importante caminho e em uma poderosa ferramenta para a compreensão de processos que ocorrem nos ambientes como um todo (Souza & Tundisi, 2000).

O conhecimento das condições hidrológicas das bacias hidrográficas localizadas em regiões montanhosas de regime pluviométrico elevado é essencial, uma vez que estas áreas são produtoras de água. No Estado de São Paulo, grande parte das áreas montanhosas concentra-se no extremo leste, na região denominada Alto Vale do Paraíba, delimitada pelas Serra da Mantiqueira ao sul e Serra do Mar ao norte. Pesquisas realizadas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, no município de Cunha, têm mostrado que as bacias hidrográficas com cobertura vegetal natural apresentam elevada produção hídrica e que seus rios apresentam um regime de descarga regular durante o ano, caracterizando a região como manancial de água para o Vale do Paraíba e litoral norte paulista (Arcova, 1996).

Estudos têm mostrado que os rios de cabeceiras das bacias hidrográficas do Alto Vale do Paraíba apresentam características de qualidade da água pouco alteradas (Takino *et al.*, 1984; Arcova & Cicco, 1999) quando comparados com cursos d'água de regiões mais severamente degradadas (Honda & Ochiai, 1997; Cruz, 2000).

Os rios Paraíba e Paraitinga, objetos do presente trabalho, apresentam notável importância para essa região, sendo os principais formadores do Reservatório de Paraíba, das Centrais Elétricas de São Paulo - CESP, além de dar origem ao rio Paraíba do Sul, que abastece inúmeras cidades do território paulista e também do Rio de Janeiro. Segundo Furian (1987) essas bacias possuem um papel fundamental como áreas produtoras de água para o vale. Diagnóstico efetuado para o macrozoneamento do Vale do Paraíba enfatiza que os dois cursos d'água devem ser preservados, para que no futuro sejam utilizados para o abastecimento humano (Kurkdjian *et al.*, 1992).

Não obstante a importância dos dois rios, existem informações de que as águas do rio Paraitinga apresentam considerável degradação por partículas sólidas em suspensão, contribuindo para o assoreamento do reservatório de Paraíba (Ávila *et al.*, 1982), e que níveis de turbidez elevados próximo às nascentes do rio Paraíba já são registrados (Arcova & Cicco, 1998).

O presente artigo discute os resultados de dois anos do monitoramento mensal das concentrações de sedimentos em suspensão e de oxigênio dissolvido, turbidez, cor aparente e temperatura das águas dos rios Paraíba e Paraitinga.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudos

As bacias hidrográficas dos rios Paraíba e Paraitinga estão localizadas na região leste do Estado de São Paulo. Juntas abrangem uma superfície aproximada de 4.400 km² (Ávila *et al.*, 1982). O trecho do rio Paraíba estudado (terço superior) está contido no município de Cunha. O rio Paraitinga, por sua vez, tem as nascentes situadas na municipalidade de Areias, segue entre as divisas de Silveiras e Cunha, cortando ainda parte do segundo município, alcançando a cidade de Lagoinha à jusante do ponto de coletas, também no terzo superior de seu curso (FIGURA 1).

As bacias fazem parte da província geomorfológica do Planalto Atlântico e ocupam a quase totalidade da zona geomorfológica do Planalto do Paraitinga e pequena porção da zona do Planalto da Bocaina (Prandini *et al.*, 1982). No Planalto do Paraitinga predominam formas de relevo muito dissecadas cujo modelado constitui-se basicamente por morros altos e alongados com topos convexos. As altitudes concentram-se numa faixa de 700 a 1.000 metros, e as declividades predominantes são de 20% a 30%, chegando com frequência a valores acima de 40%. No Planalto da Bocaina predominam altitudes entre 1.000 e 2.000 metros e as declividades mais frequentes são superiores a 30% para as porções das superfícies altas, enquanto nas bordas prevalecem declividades próximas à 60%. A litologia da região é basicamente de gnaisses, migmatitos e granitos (Ross & Moroz, 1997).

Os solos das bacias são predominantemente do tipo Cambissolo Háplico, presentes em terrenos montanhosos com relevo forte ondulado, e estão associados à Latossolos Vermelho Amarelo (Oliveira *et al.*, 1999).

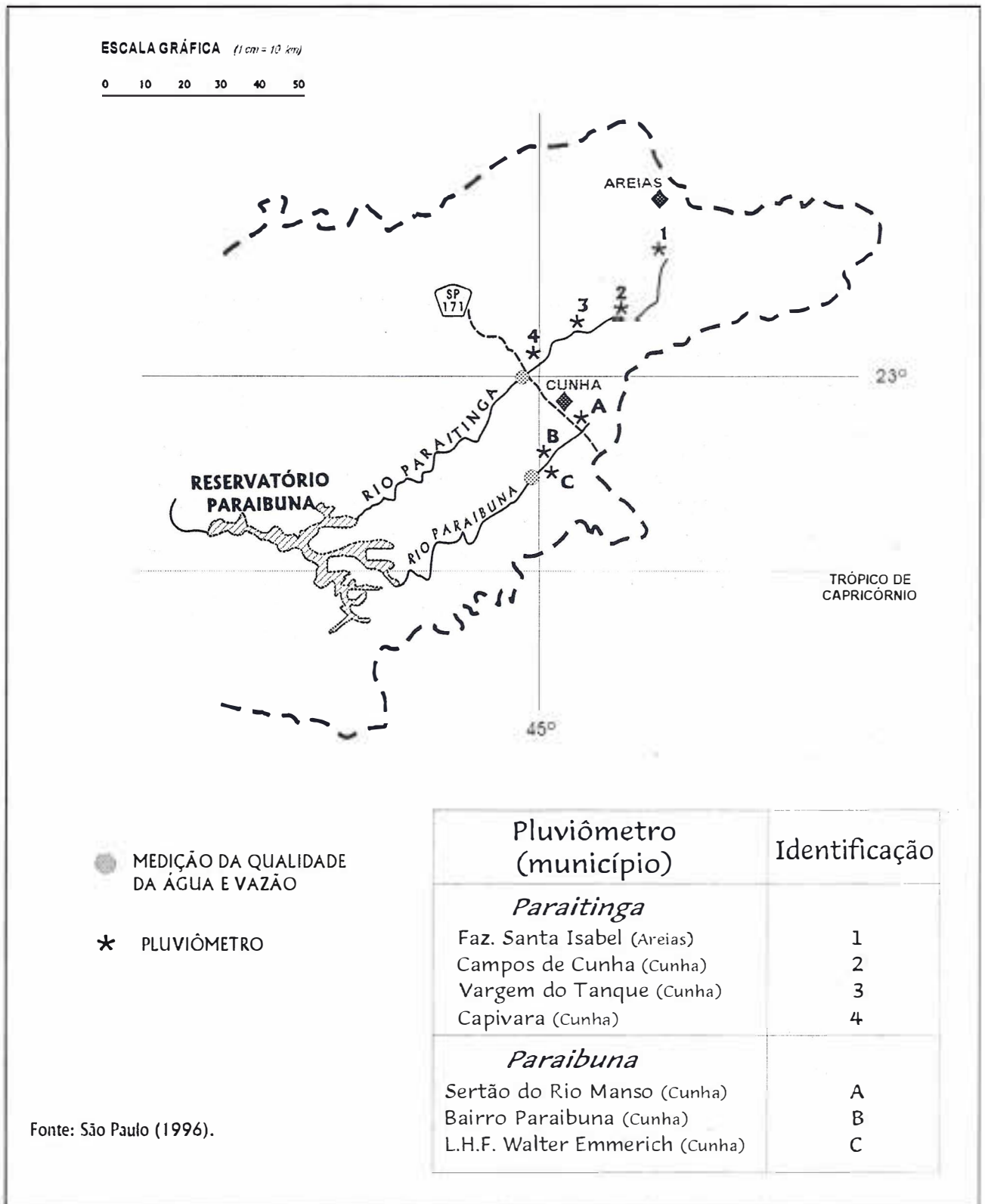


FIGURA 1 - Localização da área dos estudos, dos pontos de coletas e da rede pluviométrica utilizada.

Conforme o mapa de erosão do Estado de São Paulo (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT & Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1995), a área tem os solos variando de grau médio a alto de suscetibilidade à erosão. A bacia do rio Paraibuna está totalmente inserida na segunda categoria, enquanto a bacia do rio Paraitinga apresenta a maior porção de sua superfície com potencial médio de erosão dos solos.

A bacia do rio Paraibuna caracteriza-se por apresentar uso do solo onde terrenos próximos à nascente estão ocupados por culturas agrícolas anuais, criação de animais, pastagens para gado leiteiro, além de fragmentos de floresta secundária de Mata Atlântica. A floresta estende-se à jusante, cobrindo morros e acompanhando a maior extensão do rio. Ainda neste trecho encontram-se, em menor proporção que a floresta, áreas agrícolas, pastagens e criação de animais. Um pequeno aglomerado de casas forma o bairro rural de Paraibuna. Próximo ao limite do Parque Estadual da Serra do Mar, onde os solos são ocupados majoritariamente por Mata Atlântica, pequenas áreas de reflorestamentos com *Eucalyptus* associam-se à floresta natural. Estradas de terra cortam o rio em diferentes trechos.

A bacia do rio Paraitinga é caracterizada, predominantemente, por morros ocupados com pastagens muito utilizadas e pisoteadas pelo gado, associadas à presença de pequenos fragmentos de mata natural secundária. Grandes extensões das margens do rio Paraitinga e de seus afluentes encontram-se desprovidas de vegetação florestal. Várias estradas de terra acompanham e cortam a rede de drenagem da bacia hidrográfica.

O clima predominante na bacia do rio Paraitinga, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cwb - temperado, de inverno seco, com total de chuvas no mês mais seco inferior a 30 mm, temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C, temperatura do mês mais frio acima de 18°C. Nas cabeceiras desta bacia o clima é semelhante ao da bacia do rio Paraibuna, isto é, do tipo Cfb - temperado, sem estação seca, com total de 30 mm de chuvas no mês mais seco, temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C (Setzer, 1966).

2.2 Métodos

Efetuuou-se mensalmente no terço superior dos rios, a uma profundidade aproximada de trinta centímetros da lâmina da água, e no centro do canal,

medições das concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), e da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), num período que se estendeu de agosto de 1998 a agosto de 1999 para a primeira característica e até julho de 2000 para a segunda. A temperatura do ar foi obtida em local próximo das medições. Foram realizadas coletas de duas amostras de água em garrafas de polietileno com capacidade de 500 mL e 1000 mL para análise em laboratório da turbidez (FTU), cor aparente (UPC) e sedimentos em suspensão (mg.L^{-1}).

Na determinação das temperaturas da água e do ar utilizou-se um termômetro digital. As concentrações de oxigênio dissolvido foram medidas através de equipamento portátil, com eletrodos de membrana.

A turbidez e a cor aparente foram determinadas por colorimetria, através de espectrofotômetro, no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich (L.H.F.W.E.), instalado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha.

Pelo método gravimétrico, obteve-se as concentrações de sedimentos em suspensão, por intermédio de análises efetuadas no Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Para o estabelecimento de correlações com as características físicas da água, obteve-se as descargas instantâneas dos rios no momento das coletas. Para o rio Paraitinga foram realizadas leituras de escalas fluviométricas instaladas no canal e mantidas pela Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais - CPRM. A relação cota-descarga desenvolvida pela empresa naquele ponto do rio foi empregada para conversão dos valores de cota fluviométrica em vazão, equação 1:

$$Q = 6,03726(h + 0,35)^{1,5241} \dots\dots\dots (1)$$

onde:

Q = descarga ou vazão (m^3/s), e
h = cota fluviométrica (m).

As descargas do rio Paraibuna foram determinadas pelo método "área-velocidade" (Departamento Nacional de Água e Energia - DNAEE, 1970), conforme equação 2:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2)$$

onde:

Q = descarga ou vazão (m^3/s);
A = área da seção molhada do rio (m^2), e
V = velocidade média da água (m/s).

A área da seção molhada do rio Paraibuna para cada medição da vazão foi obtida pela determinação da largura da superfície da água no canal, sendo então subdividida em seções, em cada uma das quais se determinou a profundidade. A integração das áreas das subseções forneceu a área total da seção transversal molhada do canal.

A velocidade da água nas subseções foi medida por intermédio de molinete tipo *Price*, sendo feita às profundidades de 20% e 80% da seção, a partir da superfície. A velocidade média em cada subseção foi calculada pela média aritmética das velocidades da água nas duas profundidades. O produto da área de cada subseção pela velocidade média da água na mesma forneceu a descarga naquela seção do rio. A descarga total do curso d'água foi conseguida pela somatória das descargas.

Informações das precipitações pluviométricas para subsidiar o estudo foram obtidas a partir do CD-ROM "Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo - atualizados até 1997" (Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, 1998), e pelos registros do posto meteorológico do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se ter uma noção do regime de chuvas em diferentes setores das bacias hidrográficas, calculou-se a precipitação média anual nos pluviômetros indicados na FIGURA 1, a partir da série histórica compreendida entre 1983 e 1992 (FIGURA 2).

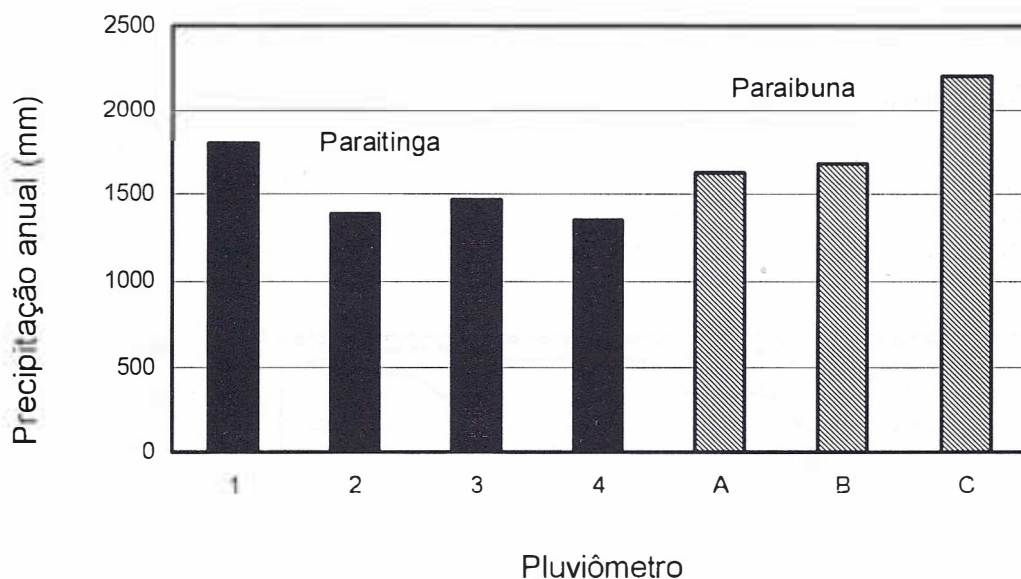


FIGURA 2 - Médias anuais de precipitação nas bacias dos rios Paraibuna e Paraitinga.

Junto às cabeceiras do rio Paraitinga a precipitação é superior às porções inferiores da bacia. Um montante da ordem de 1800 mm anuais alcançam os terrenos próximos às nascentes, enquanto à jusante os valores estão em torno de 1400 mm. Na bacia do rio Paraibuna, por sua vez, a precipitação pluviométrica nos terrenos de maior cota é menor que à jusante, com valores médios de 1650 mm contra 2200 mm rio abaixo.

A bacia do rio Paraibuna apresenta aproximadamente 300 mm anuais de precipitação a mais que a bacia do rio Paraitinga.

Os montantes de precipitação da FIGURA 2 são consistentes com os totais anuais apresentados por Setzer (1966), isto é, entre 1500 mm e 2000 mm próximo das nascentes do rio Paraitinga, entre 1300 mm e 1500 mm à jusante, e na bacia do rio Paraibuna superiores a 2000 mm.

A distribuição das descargas dos cursos d'água no momento das coletas é apresentada na FIGURA 3. Mesmo com precipitação superior, as descargas da bacia do rio Paraíba são em média quatro vezes menores que a do rio Paraitinga, refletindo a maior área da segunda bacia.

As vazões mais pronunciadas ocorrem entre novembro e abril, e influenciam diretamente as características de qualidade da água vinculadas com material particulado em suspensão, conforme FIGURAS 4, 5 e 6.

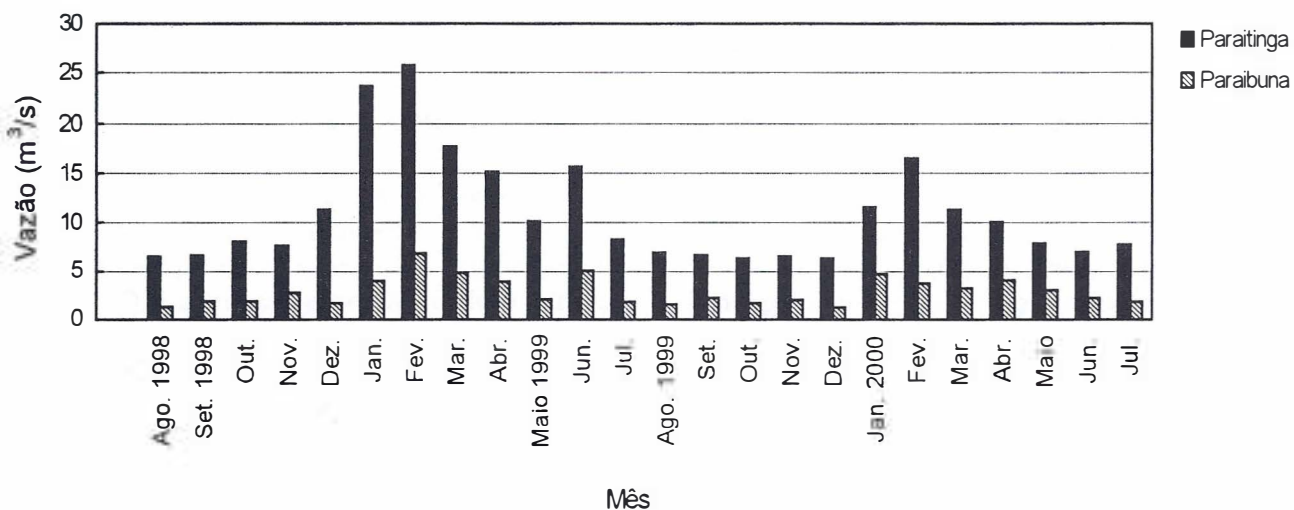


FIGURA 3 - Variação da vazão instantânea dos rios Paraíba e Paraitinga.

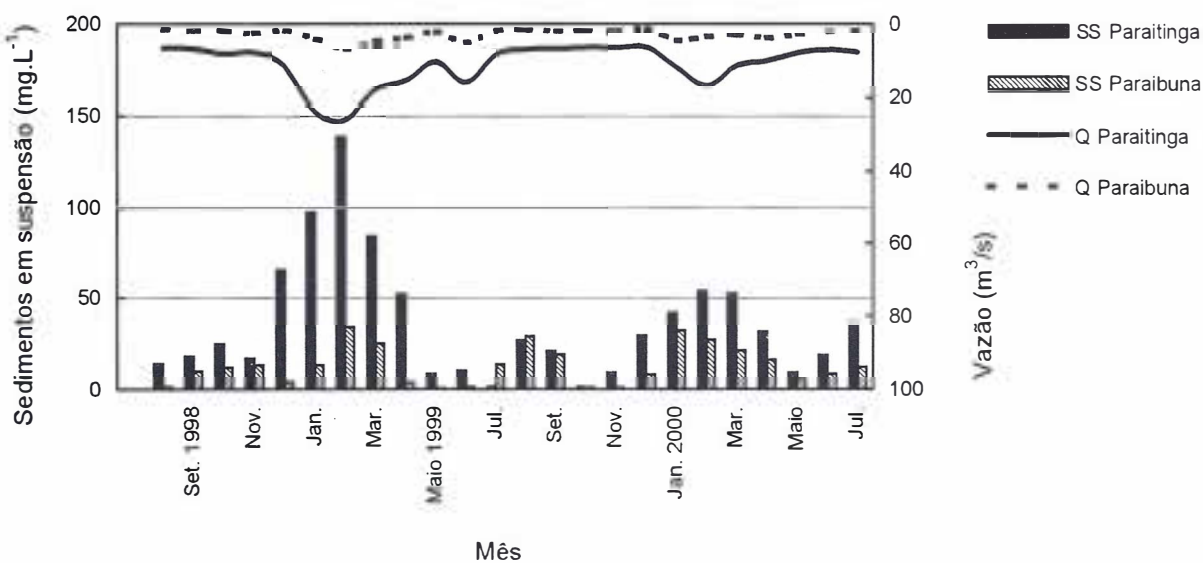


FIGURA 4 - Variação da concentração de sedimentos em suspensão (SS) e da vazão instantânea (Q) dos rios Paraíba e Paraitinga.

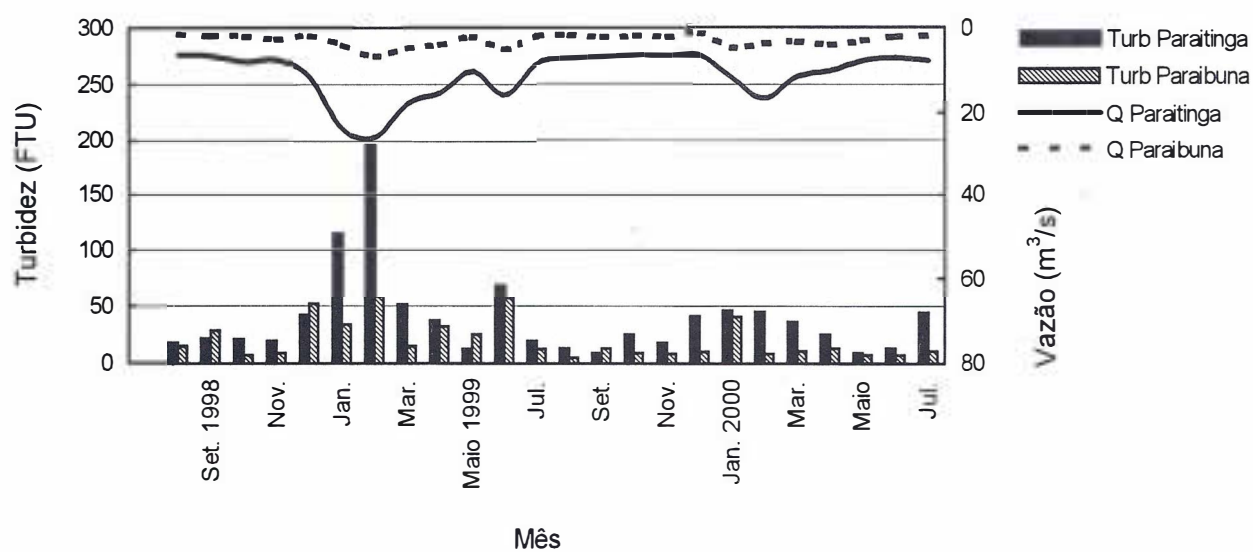


FIGURA 5 - Variação da turbidez (Turb) e da vazão instantânea (Q) dos rios Paraíba e Paraitinga.

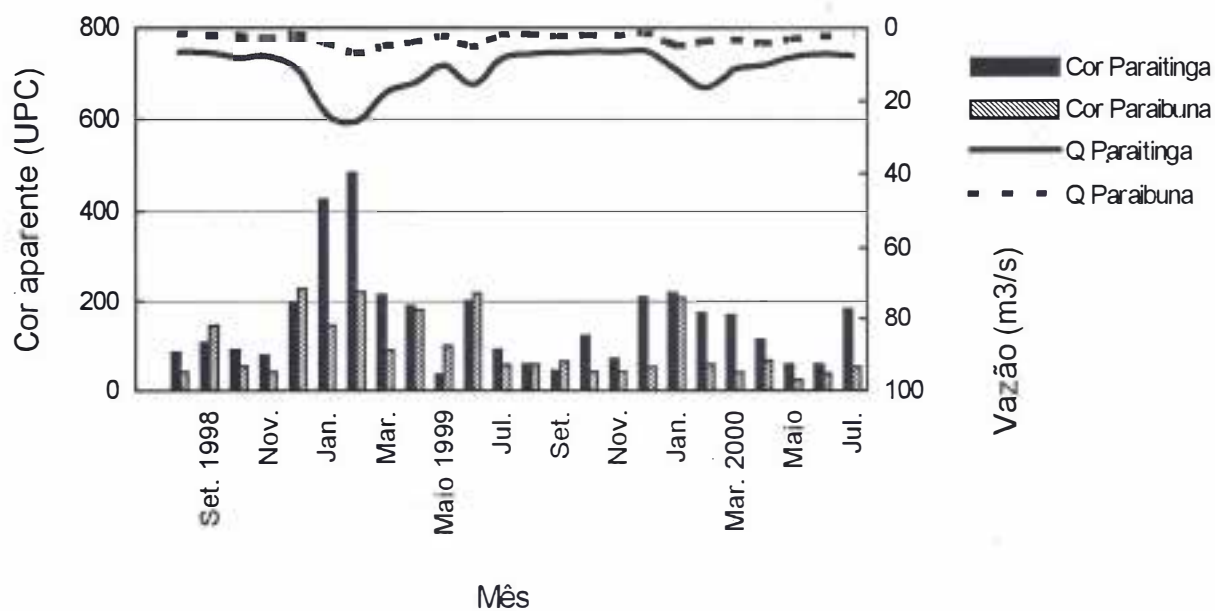


FIGURA 6 - Variação da cor aparente (Cor) e da vazão instantânea (Q) dos rios Paraíba e Paraitinga.

Os rios apresentam concentrações de sedimentos em suspensão, turbidez e cor aparente diferentes, sendo geralmente superiores para o rio Paraitinga.

O aporte de sedimentos para os dois cursos d'água depende do material particulado que alcança o canal, proveniente das drenagens das bacias. Esse material pode resultar da erosão do solo mineral dos terrenos mais elevados das bacias ou das margens dos rios, dos escorregamentos de solo ou movimentos de massa, e em menor proporção, da matéria orgânica onde os solos são protegidos por uma vegetação mais densa.

As condições diferenciadas de uso e ocupação dos solos das duas bacias estão entre os principais fatores que conduzem ao comportamento observado para as três características. Mesmo com solos menos susceptíveis à erosão e com índice pluviométrico menor, o uso e a ocupação inadequados da bacia do rio Paraitinga influenciam negativamente a concentração de sedimentos em suspensão, a turbidez e a cor. Predominam na bacia do Paraitinga, pastagens desprovidas de práticas de conservação do solo e intensamente pisoteadas, que provocam o surgimento de extensas áreas desnudas, susceptíveis à severa erosão laminar, conforme salientado por Ávila *et al.* (1982). Esse tipo de erosão ocorre de forma contínua e disseminada por toda a bacia. Essas áreas estão sujeitas também a pequenos escorregamentos de solo ou movimentos de massa por indução do pisoteio do gado, que ao caminhar sempre nas mesmas trilhas, desestrutura a parte superficial do solo, desestabilizando-o com as chuvas, processo considerado por Ross & Moroz (1997) gerador de erosão por movimentos de massa na região.

Por sua vez o rio Paraibuna, que drena uma bacia com solos mais susceptíveis à erosão, mantém melhor qualidade da água devido à proteção do solo mais eficaz exercida pela floresta natural remanescente e às áreas mais restritas com pastagens pouco utilizadas. Estes terrenos, segundo Ávila *et al.* (1982), tendem a apresentar baixo fornecimento de material sólido para a rede de drenagem.

O fato da bacia do rio Paraibuna estar submetida a maior índice pluviométrico e possuir solos de alta erosividade, deveria contribuir à uma maior sedimentação das águas que no rio Paraitinga. Não obstante, é preciso considerar a influência da distribuição espacial das chuvas e do uso do solo sobre a erosão na bacia.

Junto às cabeceiras do rio Paraibuna e no bairro de mesmo nome - proximidades dos pluviômetros A e B - estão as áreas com uso do solo mais intensivo e, portanto, mais sujeitas aos efeitos erosivos das chuvas. Nestas áreas observa-se formação de sulcos e ravinas, que fornecem sedimentos para a rede de drenagem. No entanto, as precipitações nesses locais não são as maiores da bacia. As maiores chuvas ocorrem onde a floresta natural é o uso do solo predominante, isto é, no Parque Estadual da Serra do Mar e áreas vizinhas - proximidades do pluviômetro C - fator que contribui para que a erosão superficial seja minimizada pela ação protetora da vegetação e da serapilheira. Conforme Furian (1987) onde há floresta natural na bacia do rio Paraibuna, os solos são susceptíveis apenas à escorregamentos, que são provocados por episódios de picos de alta intensidade e frequência de chuvas, decorrentes das características morfológicas/estruturais do solo que propiciam os processos de infiltração, favorecendo o escoamento subsuperficial e subterrâneo, em detrimento do escoamento superficial. No entanto, estes escorregamentos com movimento de massa são localizados e se restringem a eventos isolados, podendo ser considerados pontuais. Devido à elevada capacidade de regeneração da vegetação local, os solos são recobertos e protegidos da ação das chuvas num período não muito longo. Conseqüentemente, estes terrenos tendem a contribuir para a sedimentação do curso d'água somente enquanto as cicatrizes dos escorregamentos estiverem expostas.

A presença de estradas de terra localizadas nas proximidades dos dois rios é um fator que contribui para a sedimentação da água. Vários estudos identificam a malha viária como sendo grande fonte de sedimentos para os cursos d'água, tanto em bacias com florestas como em áreas com agricultura (Packer, 1967; Kochendefter, 1970; Douglas & Swank, 1975; Food and Agriculture Organization - FAO, 1989; Binkley & Brown, 1993 e Bragagnolo *et al.*, 1997). Diversos trechos dessas estradas ocupam a zona ripária das bacias hidrográficas, área considerada crítica do ponto de vista de manutenção da qualidade da água, na qual se deve sempre evitar modificações das condições naturais (Zakia, 1998).

O máximo valor de turbidez (60 FTU) e cor aparente (250 UPC) obtidos nas águas do rio Paraibuna são considerados baixos. São menores, por exemplo, que os registrados por Takino *et al.* (1984) em estudo desenvolvido no rio Casquilho, cuja bacia se encontra preservada pelo Parque Estadual de Campos do Jordão, onde os valores máximos foram de 230 FTU e 420 UPC. Estes se aproximam dos registrados para o rio Paraitinga, isto é, 200 FTU e 500 UPC.

As concentrações de sedimentos nas águas das duas bacias foram em geral baixas. O máximo valor

determinado para o rio Paraitinga não excedeu 150 mg.L^{-1} . Na região oeste do Estado de São Paulo, Honda & Ochiai (1997) e Cruz (2000) registraram, respectivamente, concentrações de 6.300 mg.L^{-1} e 1.314 mg.L^{-1} na bacia Água da Cachoeira, que é uma área caracterizada por severa degradação, com ocorrência de várias formas de erosão.

As temperaturas das águas e do ar são apresentadas na FIGURA 7, com o rio Paraitinga suplantando os valores do rio Paraibuna em todo o período estudado.

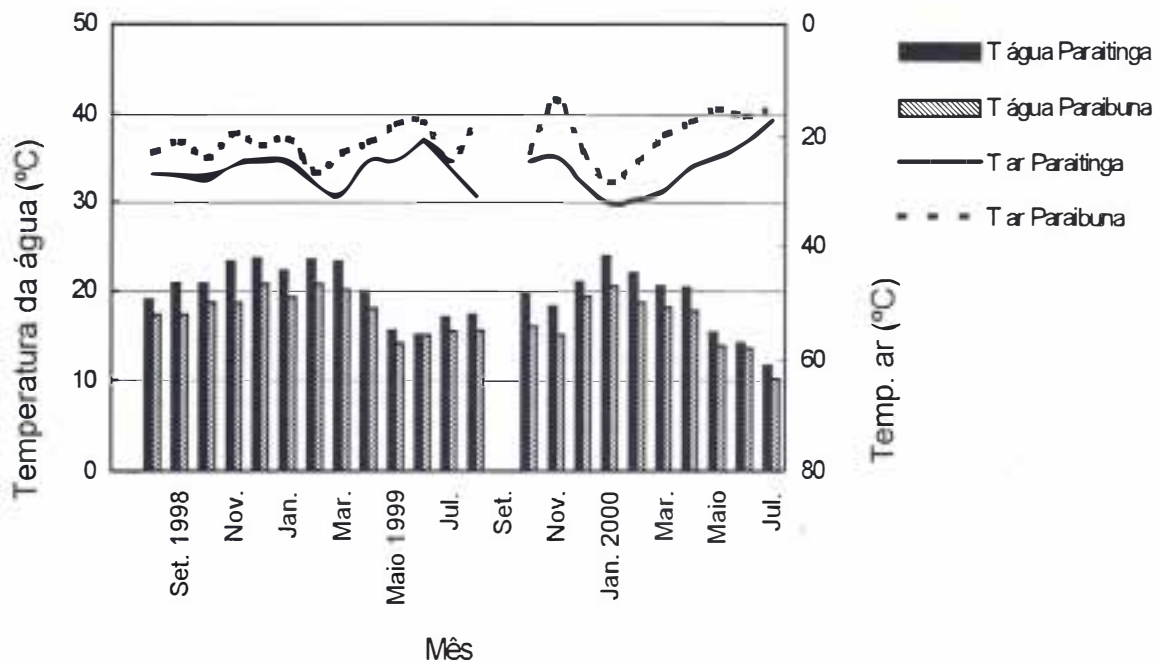


FIGURA 7 - Variação das temperaturas das águas (T água) e do ar (T ar) dos rios Paraibuna e Paraitinga.

As maiores temperaturas do ar junto ao rio Paraitinga resultam de um clima mais quente que na bacia do rio Paraibuna, fato que explica, parcialmente, as maiores temperaturas da água no primeiro rio, visto que esta característica das águas superficiais varia com as condições climáticas (Branco & Rocha, 1977).

Além das condições climáticas, fatores ambientais, como a presença de vegetação sombreando o canal, as dimensões do canal, o tempo de residência da água na rede de canais à montante e a descarga influenciam a temperatura das águas de um rio (Walling, 1980).

Apesar da existência de trechos onde a zona ripária se encontra desprovida de vegetação arbórea, sobretudo próximos às cabeceiras, a maior extensão do rio Paraibuna e seus afluentes está protegida por densa vegetação florestal. Por outro lado, o rio Paraitinga e seus formadores apresentam reduzido grau de proteção, uma vez que a vegetação ciliar está quase que totalmente ausente, além do que, por ser um rio mais largo que o Paraibuna, a eficiência de sombreamento de seu canal proporcionado pelas copas das árvores remanescentes tende a ser menor, estando o rio sujeito à maior incidência direta de radiação solar.

Com uma área maior, o tempo de residência da água na rede de canais da bacia hidrográfica do rio Paraitinga é superior ao da bacia do rio Paraibuna. Assim, a possibilidade de exposição da água à radiação solar nesta bacia é maior, fato que pode contribuir para as temperaturas mais elevadas.

Por outro lado, a descarga do rio Paraitinga, em média, quatro vezes maior que a descarga do rio Paraibuna, é um fator atenuante no aquecimento da água, devido ao maior volume de água envolvido nas trocas de calor do rio.

Os níveis de temperatura da água do rio Paraibuna - mínimo: 10,2°C; máximo: 20,8°C;

médio: 17,2°C superam ligeiramente os valores registrados em alguns de seus tributários que drenam bacias totalmente recobertas por floresta natural - mínimo: 11,3°C; máximo: 19,3°C; médio: 16,3°C, e são pouco menores que os valores medidos para tributários de bacias com uso do solo diversificado - mínimo: 12,1°C; máximo: 21,6°C; médio: 17,8°C (Arcova & Cicco, 1999).

As diferenças entre as concentrações de oxigênio dissolvido na água dos rios Paraibuna e Paraitinga (FIGURA 8) devem-se, principalmente, às condições distintas de turbulência e de temperatura da água dos rios.

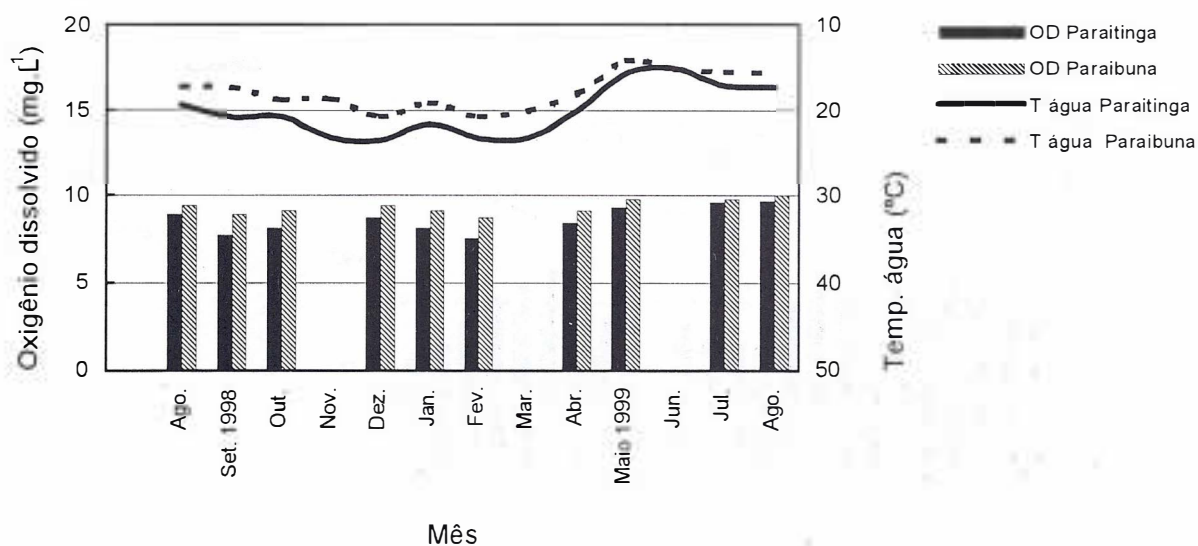


FIGURA 8 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido (OD) e da temperatura da água (T água) dos rios Paraibuna e Paraitinga.

Como resultado da presença de cachoeiras e corredeiras em diversos trechos do percurso, conforme relatado por Furian (1987), o rio Paraibuna apresenta grande turbulência. Nesta situação ocorre o máximo contato da água com a camada de ar localizada imediatamente acima do canal, com a conseqüente dissolução do oxigênio atmosférico na água (Walling, 1980). O rio Paraitinga, ao contrário, tem o leito menos irregular, com águas pouco turbulentas, sendo o processo de dissolução do oxigênio menos intenso.

Como as temperaturas da água no rio Paraibuna são menores que as do rio Paraitinga, a solubilidade do oxigênio tende a ser maior no primeiro curso d'água, uma vez que existe uma relação inversa entre estas duas características (Walling, 1980; Brown, 1988).

As concentrações de oxigênio dissolvido na água de ambos os rios mantiveram-se numa faixa considerada normal para águas superficiais naturais, entre 7,5 mg.L⁻¹ e 10,0 mg.L⁻¹ e estão próximas às concentrações de riachos tributários do rio Paraibuna, entre 6,0 mg.L⁻¹ a 11,8 mg.L⁻¹ (Arcova *et al.*, 1998).

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente trabalho, observou-se que os rios Paraitinga e Paraibuna, localizados na região do Alto Vale do Paraíba, apresentam características físicas de suas águas diferentes. Pode-se atribuir tal comportamento às variações climáticas e da vegetação das áreas de estudo e, principalmente, ao mau uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Paraitinga.

5 AGRADECIMENTOS

Aos senhores João Amaro Batista e Ivail R. de Toledo, funcionários do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, pela realização de análises da água e pelo auxílio na determinação das vazões do rio Paraíba. À Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, pela cessão da curva-chave do rio Paraitinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVA, F. C. S. **Balço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** 1996. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- _____; CICCIO, V. de. Pesquisas em microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha-SP: qualidade da água e geoquímica. In: **FÓRUM DE GEOBIO-HIDROLOGIA**, 1., 1998, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 1998. p. 201-210.
- _____; CESAR, S. F.; CICCIO, V. de. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 185-196, 1998.
- _____; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 125-134, 1999.
- ÁVILA, I. G. *et al.* Uso e ocupação do solo no Alto Paraíba (II): influência nos processos de escorregamento, erosão e assoreamento. In: **CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS**, 1982, Campos do Jordão. Anais... São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 1936-1942. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 3, Edição especial).
- BINKLEY, D.; BROWN, T. C. **Management impacts on water quality of forests and rangelands.** Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1993. 115 p. (General Technical Report RM, 239).
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. **Solo: uma experiência em manejo e conservação.** Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 102 p.
- BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 185 p.
- BROWN, G. W. **Forestry and water quality.** 2. ed. Corvallis: O.S.U. Book Stores, 1988. 142 p.
- CRUZ, S. F. **Monitoramento hidrológico da microbacia Água da Cachoeira em Paraguaçu Paulista - SP como um dos parâmetros para avaliação ambiental.** 2000. 76 f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo, SP). **Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo: atualizado até 1997.** Banco de dados. Elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Convênio DAEE-USP, São Paulo. 1998. 1 CD-ROM. Windows 95 ou superior.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA - DNAEE. **Normas e recomendações hidrológicas: fluviometria.** Brasília, DF: DNAEE, 1970. 94 p.
- DOUGLAS, J. E.; SWANK, W. T. Effects of management practices on water quality and quantity: Coweeta Hydrologic Laboratory. In: **MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM**, 1973, Pennsylvania. **Proceedings...** Upper Darby: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1975. 13 p. (General Technical Report NE, 13).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Watershed management field manual: road design and construction in sensitive watersheds.** Rome: FAO, 1989. 218 p. (Conservation Guide).
- FURIAN, S. M. **Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha/SP: um esboço metodológico.** 1987. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HONDA, E. A.; OCHIAI, H. O transporte de sedimentos em suspensão na cabeceira do rio Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. **Anais...** São Paulo: SONOPRESS, 1997. 10 p. 1 CD-ROM.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT; DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE (São Paulo, SP). **Mapa de erosão do Estado de São Paulo.** São Paulo: IPT, 1995. Escala 1: 1000.000.

KOCHENDEFER, J. N. **Erosion control on logging roads in the Appalachians.** Upper Darby: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1970. 28 p. (Research Paper NE, 158).

KURKDJIAN, M. L. M. O. *et al.* **Macrozoneamento da região do Vale do Paraíba e litoral norte do Estado de São Paulo.** São José dos Campos: INPE, 1992. 176 p. (INPE-5381-PRP, 165).

OLIVEIRA, J. B. *et al.* **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas: EMBRAPA/IAC, 1999. 64 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Divisão de Comunicação e Administração de Projetos. Departamento de Informação Pública. **Resumo da Agenda 21.** Rio de Janeiro: Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil, 1993. 46 p.

PACKER, P. E. Forest treatment effects on water quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY, 1., 1965, Pennsylvania. **Proceedings...** Oxford: Pergamon Press, 1967. p. 687-699.

PRANDINI, F. L. *et al.* Uso e ocupação do solo no Alto Paraíba (I): contribuição ao conhecimento de sua evolução. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 1929-1935. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 3, Edição Especial).

ROSS, J. L.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: USP/FFLCH/IPT/FAPESP, 1997. v. 1. Escala 1: 500.000

SÃO PAULO (Estado). Secretaria dos Transportes. Departamento de Estradas e Rodagem. **Mapa rodoviário do Estado de São Paulo.** São Paulo: Imprensa Oficial, 1996. Escala: 1:1000.000.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná - Uruguai, 1966. 61 p.

SOUZA, A. D. G. de; TUNDISI, J. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 60, n. 4, p. 1-9, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 08 nov. 2001.

TAKINO, M.; MAIER, M. H.; STEMPNIEWSKI, H. L. Características físicas e químicas da água em ambientes de altitude elevada - Campos do Jordão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 11, n. único, p. 1-12, 1984.

WALLING, D. E. Water in the catchment ecosystem. In: GOWER, A. M. (Ed.). **Water quality in catchment ecosystems.** New York: John Wiley & Sons, 1980. cap. 1, p.1-47.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas nativas.** 1998. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.