

Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo

Water quality in small watersheds with different land uses in Cunha region, State of São Paulo

Francisco Carlos Soriano Arcova
Valdir de Cicco

RESUMO: Foram avaliados os fatores que influenciam a qualidade da água de duas microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica e de duas microbacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, na região de Cunha, a leste do Estado de São Paulo. Análises de parâmetros físicos foram realizadas em intervalos semanais, durante um período de aproximadamente dois anos. Para a temperatura, turbidez e cor aparente da água as microbacias com agricultura tiveram valores superiores aos registrados nas microbacias florestadas. A ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura proporcionou maior aquecimento das águas. A presença de um pequeno lago numa das microbacias também contribuiu para as maiores temperaturas. A turbidez e a cor aparente da água foram maiores na microbacia agrícola de declividade mais acentuada, e na qual encontram-se construídas duas estradas de terra. A menor declividade do canal principal da microbacia Agricultura 2 proporcionou concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores às concentrações das demais áreas. Os reduzidos valores de condutividade específica observados devem-se aos solos quimicamente pobres e ao substrato rochoso de granitos e gnaisses, resistentes ao intemperismo.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, Microbacias, Mata Atlântica, Agricultura

ABSTRACT: This study evaluated the factors that affect stream water quality in two small watersheds covered with Mata Altântica forest (rain forest) and of others two small watersheds which have mainly fields of agriculture and pasture in the Municipality of Cunha, in the east of State of São Paulo. Analysis of physical water quality parameters was realized weekly, during a period of almost two years. Agricultural watersheds had higher water temperature, turbidity and apparent color than to the forested watersheds. The absence of riparian vegetation in the agricultural watersheds get the higher warming of the water. The presence of a small lake in one watershed also contributed to the higher water temperatures. The water turbidity and apparent color were higher in the steeper agricultural watershed which there are two roads. The smaller stream channel gradient of the Agricultural 2 watershed provide lower dissolved oxygen concentrations than the others three watersheds. The chemically poor soils, granites and gnaisses rocks of the watersheds provide low water conductivity values .

KEYWORDS: Water quality, Small watersheds, Rain forest, Agriculture

INTRODUÇÃO

A qualidade da água dos rios de áreas naturais é o resultado das influências do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica. Nas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, como a agricultura, o uso do solo contribui também para as características físicas, químicas e biológicas da água.

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (Sopper, 1975). Estas áreas são reconhecidas como mananciais da mais elevada qualidade para o abastecimento doméstico, para a proteção das comunidades aquáticas e outros benefícios. Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada da floresta tendem a produzir uma degradação intensa e prolongada da qualidade da água (Brown, 1988).

Como as áreas florestadas não perturbadas são a melhor condição desejada do ponto de vista da proteção dos recursos hídricos, o monitoramento hidrológico de microbacias com floresta natural serve como referência para comparação com outras microbacias impactadas, simultaneamente monitoradas. Diversos estudos são realizados nestas condições, avaliando vários aspectos de qualidade da água, com diferentes intervenções nas microbacias (Meiman e Kunkle, 1967; Swift e Messer, 1971; Castro, 1980; Cornish, 1980; Swank e Crossley Jr., 1988).

O presente artigo avalia os fatores que influenciam a qualidade da água de duas microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica e de duas microbacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, na região de Cunha, no Estado de São Paulo.

O estudo faz parte das pesquisas desenvolvidas junto ao Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, do Instituto Florestal de São Paulo, com a finalidade de subsidiar a recuperação e o manejo de microbacias localizadas nas cabeceiras do rio Paraibuna, tributário do rio Paraíba do Sul.

Área de estudo

As microbacias estudadas estão localizadas na região leste do Estado de São Paulo, no Município de Cunha, com coordenadas geográficas de 23° 14' latitude Sul e 45° 01' longitude Oeste. Fazem parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Paraíba do Sul, do Plano Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo. São tributárias do rio Paraibuna (Figura 1).

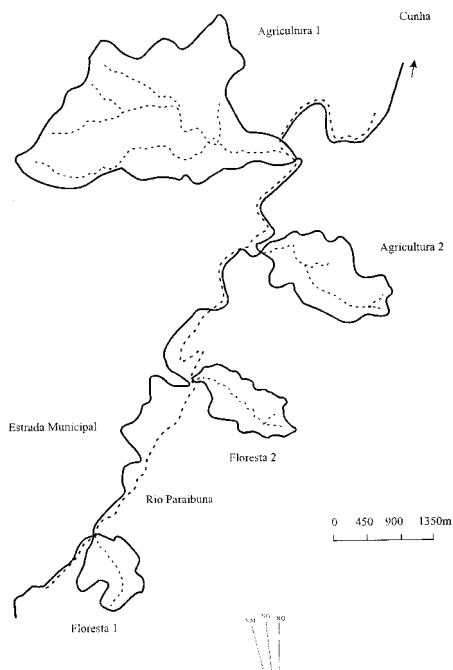


Figura 1. Localização das microbacias estudadas.

(Location of studied watersheds)

A altitude média da região é de 1000 metros. A topografia é montanhosa, com encostas de declividade superior a 15°. Predominam Latossolos Vermelho Amarelo Fase Rasa, oriundos de rochas de difícil decomposição, como granitos, gnaisses e migmatitos. São quimicamente pobres, ácidos, de textura grosseira, estrutura fraca e elevada porosidade.

Massas de ar equatoriais e tropicais imprimem à região uma dinâmica meteorológica de clima úmido, com influências da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar. Um período úmido (estação chuvosa) estende-se de outubro a março e um período mais seco, ou pouco úmido, abrange os meses de abril até setembro. A precipitação média anual é de 2240mm. A temperatura média anual do ar está em torno de 16,5 °C. A temperatura média de inverno é de 10 °C e a de verão é da ordem de 22°C.

As microbacias florestadas apresentam vegetação secundária de Mata Atlântica, resultado de exploração ocorrida há aproximadamente 45 anos. Nas porções mais elevadas e de maior declividade, encontram-se árvores remanescentes de vegetação primitiva, que podem alcançar 20 metros de altura. Para o restante da vegetação as árvores raramente ultrapassam esta altura.

Um uso diversificado típico da região, com pequenas lavouras de milho, feijão, pasto baixo sem manejo, para gado de leite, e criação de pequenos animais, caracterizam as outras duas microbacias. Na microbacia Agricultura 1 há também reflorestamento com eucalipto nas suas porções superiores e vegetação natural secundária no terço inferior e trechos da zona ripária.

Algumas características das microbacias são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Características topográficas das microbacias estudadas.

(Topographic characteristics of studied watersheds)

Característica	Microbacia			
	Floresta 1	Floresta 2	Agricultura 1	Agricultura 2
Área da microbacia (ha)	36	56	460	124
Comprimento do canal principal (m)	920	1260	3850	1820
Declividade média da microbacia (°)	18	25	27	17
Declividade média do canal principal (°)	4,3	5,0	7,0	1,6

MÉTODOS

Efetuaram-se semanalmente medições das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L), da temperatura (°C) e da condutividade específica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na saída das microbacias, num período que se estendeu de maio de 1994 a janeiro de 1996 para o primeiro parâmetro e até abril de 1996 para os demais. Entre novembro de 1994 a abril de 1996 foram realizadas, simultaneamente a estas medições, coletas de amostras de água por intermédio de garrafas de polietileno com capacidade de 500 ml, para a determinação em laboratório da turbidez (FTU) e da cor aparente (unidade de cor).

As medições foram realizadas geralmente às quartas-feiras, entre 12 e 15 horas. Evitou-se que o intervalo entre a coleta de água da primeira e da última microbacia fosse superior a duas horas.

Na determinação da condutividade específica utilizou-se um condutímetro portátil. Os valores foram obtidos para a temperatura padrão de 25 °C. Este mesmo equipamento foi usado na medição da temperatura da água. As concentrações de oxigênio dissolvido também foram medidas por intermédio de equipamento portátil, usando eletrodos de membrana.

A turbidez e a cor aparente foram determinadas por colorimetria, imediatamente após as

coletas, no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, instalado no local .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um resumo das características de qualidade da água das microbacias é apresentado na Tabela 2. Observa-se que as microbacias florestadas apresentaram níveis de temperatura da água idênticos, refletindo condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água, proporcionadas pela cobertura vegetal. Os valores são inferiores aos das microbacias onde o uso agrícola predomina.

Uma amplitude bastante significativa de temperatura foi detectada entre as microbacias com diferentes usos, alcançando um valor

máximo de 3,8 °C para as microbacias Floresta 2 e Agricultura 2. As microbacias com atividades agrícolas tiveram temperaturas mais elevadas durante os dois anos, tanto para as máximas, quanto para as mínimas mensais, conforme mostrado pelas Figuras 2 e 3. Nas microbacias florestadas a temperatura máxima não ultrapassou a marca de 20 °C. As outras microbacias, ao contrário, tiveram este valor suplantado por diversas vezes na primavera e verão.

Tabela 2. Valores médios e variação (mínimo e máximo) da temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, cor aparente e condutividade específica da água das microbacias estudadas.

(Average values and range (minimum and maximum) of temperature, dissolved oxygen, turbidity, apparent color and conductivity of streamwater of studied watersheds).

Parâmetro	Microbacia											
	Floresta 1			Floresta 2			Agricultura 1			Agricultura 2		
	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max
Temperatura(°C)	16,3	11,3	19,3	16,3	11,6	19,3	17,8	12,1	21,6	17,8	12,3	20,9
Oxigênio dissolvido(mg/L)	8,2	6,0	10,3	8,4	6,2	11,8	8,5	5,6	12,4	7,1	4,9	10,2
Turbidez(FTU)	10,6	4,0	39,0	5,1	2,0	28,0	11,6	3,0	119,0	11,8	5,0	52,0
Cor aparente(UC)	57	25	190	25	5	160	62	16	500	63	34	270
Condutividade(µS/cm)	11,6	8,1	18,4	13,3	9,2	18,4	12,8	8,8	17,5	16,9	11,4	22,8

As diferenças de temperatura da água verificadas entre as microbacias com uso florestal e aquelas com agricultura no presente estudo, devem-se, principalmente, à presença ou não da mata ciliar associada a seus rios. A manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água, conforme relatado em vários estudos (Swift e Messer, 1971; Corbett e Spencer, 1975; Sugimoto et al., 1997).

Nas duas microbacias florestadas a cobertura dos cursos d'água é completa, proporcionada por uma vegetação bastante desenvolvida, que acompanha os canais desde as nas-

centes até a saída das microbacias. Das quatro áreas estudadas, a vegetação confere a estas microbacias a maior proteção contra o aquecimento da água, devido à menor exposição dos canais à luz solar direta, principal fonte de energia para um rio.

Na microbacia Agricultura 2, por sua vez, a mata ripária é incipiente, estando limitada a pequenos fragmentos localizados junto às nascentes. Os cursos d'água encontram-se quase que totalmente expostos à radiação solar direta. Conseqüentemente, as temperaturas são mais elevadas que nas microbacias florestadas. Na microbacia Agricultura 1, mesmo existindo

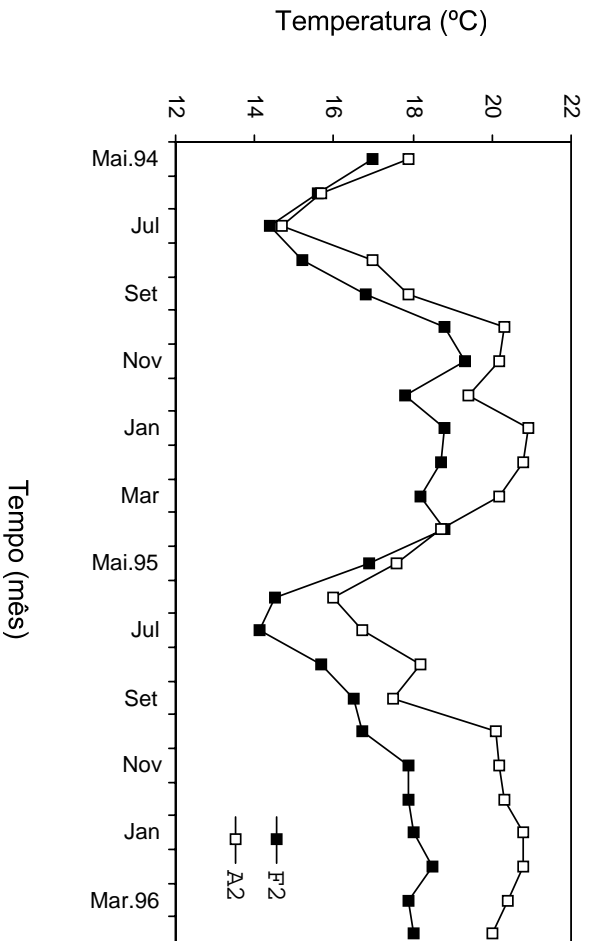


Figura 2. Temperatura máxima mensal da água das microbacias Floresta 2 (F2) e Agricultura 2 (A2).

(Maximum monthly values of streamwater temperature in Forest 2 (F2) and Agriculture 2 (A2) watersheds).

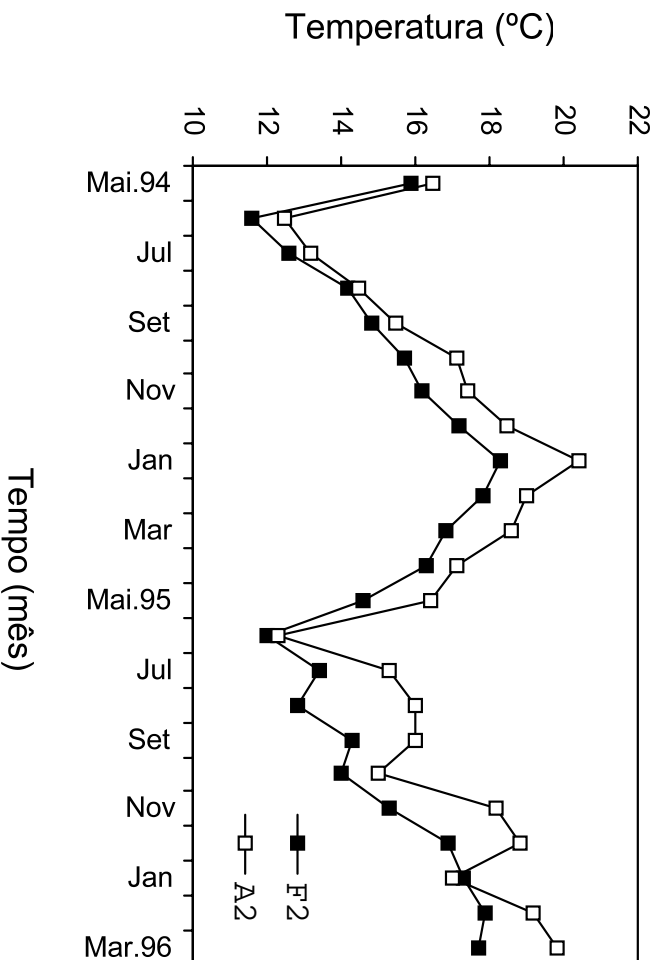


Figura 3. Temperatura mínima mensal da água das microbacias Floresta 2 (F2) e Agricultura 2 (A2).

(Minimum monthly values of streamwater temperature in Forest 2 (F2) and Agriculture 2 (A2) watersheds).

em parte da área remanescentes de vegetação natural e, também havendo reflorestamento com eucalipto, há uma ausência significativa de mata ripária, notadamente no terço inferior do curso d'água principal. Há que se considerar ainda, que o represamento de um de seus rios é um outro fator que contribui para a elevação das temperaturas da água nesta microbacia. A modificação da correnteza, que se torna mais lenta, cria massas de água com temperaturas das camadas superficiais mais elevadas do que a temperatura média da água do rio (Branco e Rocha, 1977).

Quanto às concentrações de oxigênio dissolvido na água, as duas microbacias florestadas e a microbacia Agricultura 1 apresentaram valores muito próximos, enquanto a microbacia Agricultura 2 teve níveis bastante inferiores às demais (Tabela 2, Figura 4).

As menores concentrações de oxigênio na microbacia Agricultura 2 devem-se às suas ca-

racterísticas topográficas. Como notificado na Tabela 1, esta área apresenta declividade do canal principal inferior à declividade dos canais das outras três microbacias, isto é, apenas 1,6° contra 4,3°, 5° e 7°. Esta condição, conforme Brown (1988), tende a proporcionar reduzidas velocidade e turbulência do rio, minimizando a transferência do oxigênio atmosférico para a água por processo de difusão e conseqüentemente levando a uma aeração menos eficiente da água que nas demais microbacias.

As concentrações de oxigênio dissolvido determinadas assemelham-se às registradas nas águas do ribeirão Casquilho, no Parque Estadual de Campos do Jordão, em São Paulo, que variam entre 7,1 mg/L e 11,6 mg/L (Takino et al., 1984). Assim como para as microbacias de Cunha, este ambiente de águas turbulentas está localizado em região montanhosa de elevada altitude, caracterizada por clima frio, com temperatura da água baixa, en-

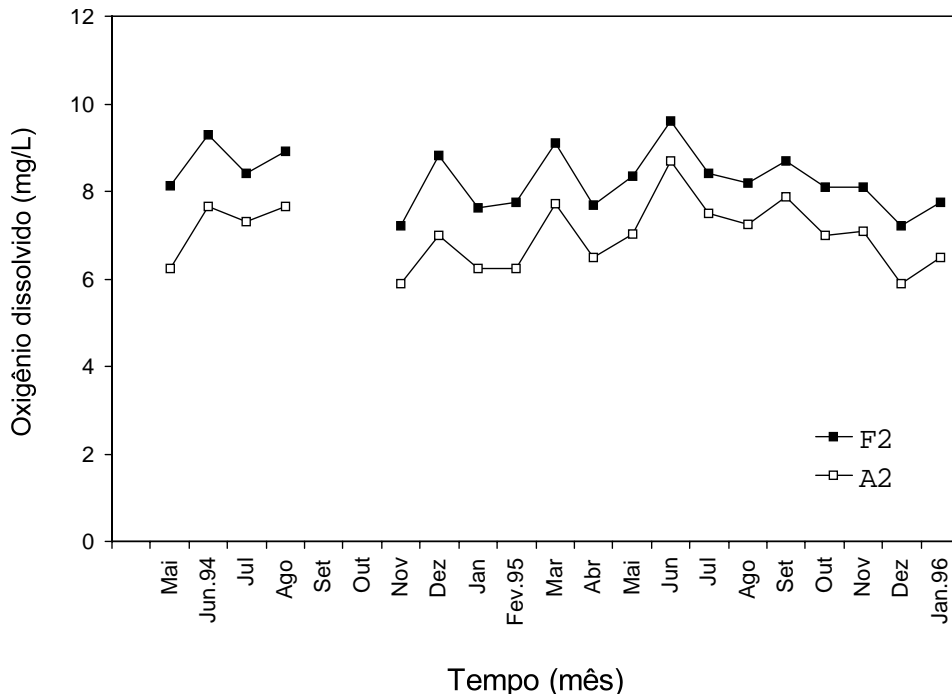


Figura 4. Concentração média mensal de oxigênio dissolvido na água das microbacias Floresta 2 (F2) e Agricultura 2 (A2).

(Average monthly values of streamwater dissolved oxygen in Forest 2 (F2) and Agriculture 2 (A2) watersheds).

tre 9,0 °C e 19,3 °C, condições que favorecem elevadas concentrações de oxigênio na água.

A turbidez mostrou-se bastante variável, inclusive entre microbacias com mesmo uso de solo (Tabela 2).

A microbacia Floresta 1 apresentou valores significativamente superiores aos da microbacia Floresta 2. Este comportamento deve-se, provavelmente, a diferenças geomorfológicas e hidrológicas das áreas. Apesar da menor declividade média, a primeira microbacia apresenta maiores extensões de solos rasos, localizados em terrenos de grande inclinação, concentrados desde as partes mais elevadas até as porções inferiores das vertentes. Como resultado apresenta uma maior capacidade de geração de escoamento direto que a microbacia Floresta 2, conforme constatado por Arcova (1996). Assim, há uma tendência de que ocorra transporte de material particulado em suspensão (sedimentos e matéria orgânica) superior nesta microbacia, comparativamente a Floresta 2.

As microbacias com uso agrícola apresentaram turbidez superior que as microbacias florestadas. O valor máximo detectado na microbacia Agricultura 1 foi mais que o dobro do registrado na microbacia Agricultura 2. Apesar de apresentar escassas áreas com solos protegidos por vegetação natural, a menor declividade da segunda microbacia tende a produzir menor taxa de escoamento superficial, comparativamente a microbacia Agricultura 1, que possui vertentes bastante íngremes. Conseqüentemente, os níveis de turbidez da água da microbacia Agricultura 2 tendem a ser inferiores, uma vez que o potencial de carreamento de partículas para os cursos d'água é reduzido.

Um outro fator que contribui para a maior turbidez na microbacia Agricultura 1 é a presença de duas estradas de terra no seu interior. Uma delas, localizada desde os terrenos mais elevados até aqueles situados próximos ao curso d'água principal, corta as vertentes em

vários trechos. As estradas são importantes fontes de sedimentos na água, conforme documentado na literatura (FAO, 1989).

As diferenças de turbidez entre as microbacias foram mais significativas no período das chuvas. Entre novembro e março foram registrados os picos de turbidez na microbacia Agricultura 1. Nos meses mais secos a turbidez tende a ser da mesma magnitude, sendo que as microbacias florestadas podem até mesmo apresentar valores superiores às das áreas com uso agrícola (Figura 5). Na ausência de chuvas há, provavelmente, uma maior influência de material orgânico em suspensão produzido pela vegetação florestal sobre a turbidez, que o material mineral proveniente dos solos agrícolas.

As microbacias com agricultura apresentaram valores de cor aparente maiores que as duas microbacias com cobertura florestal (Tabela 2). Este parâmetro segue o mesmo padrão observado pela turbidez, com os picos de cor e turbidez ocorrendo nos mesmos meses, isto é dezembro de 1995 e fevereiro de 1996 (Figura 6). Esta é uma evidência de que os sedimentos em suspensão interferiram também na coloração das águas, principalmente das microbacias agrícolas.

Quanto à condutividade específica da água, a microbacia Agricultura 1 apresentou valores intermediários aos das microbacias Floresta 1 e Floresta 2, que por sua vez foram inferiores aos da microbacia Agricultura 2 (Tabela 2). Este comportamento foi consistente durante praticamente toda a pesquisa (Figura 7), o que leva a concluir que as diferenças registradas devem-se, principalmente, a fatores inerentes à geologia das microbacias. Não foi possível detectar qualquer influência do uso do solo sobre esta característica da água.

A condutividade específica da água nas microbacias é baixa, refletindo pequenas quantidades de íons em solução. Isto ocorre como resultado dos solos pobres em minerais e tam-

bém das rochas duras de difícil intemperização que ocorrem na região; isto é, granitos, gnaisses e migmatitos. Em águas do Parque Estadual de Campos do Jordão, também em domínio de

áreas com rochas graníticas, Takino et al. (1984) observaram condutividade da mesma ordem que as determinadas nas microbacias de Cunha, inferior a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

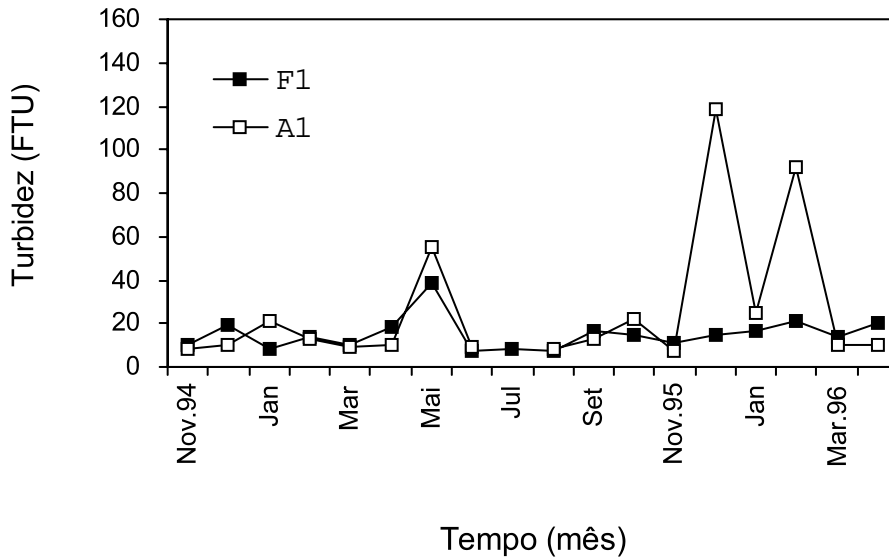


Figura 5. Turbidez máxima mensal da água das microbacias Floresta 1 (F1) e Agricultura 1 (A1).

(Maximum monthly values of turbidity in Forest 1 (F1) and Agriculture 1 (A1) watersheds).

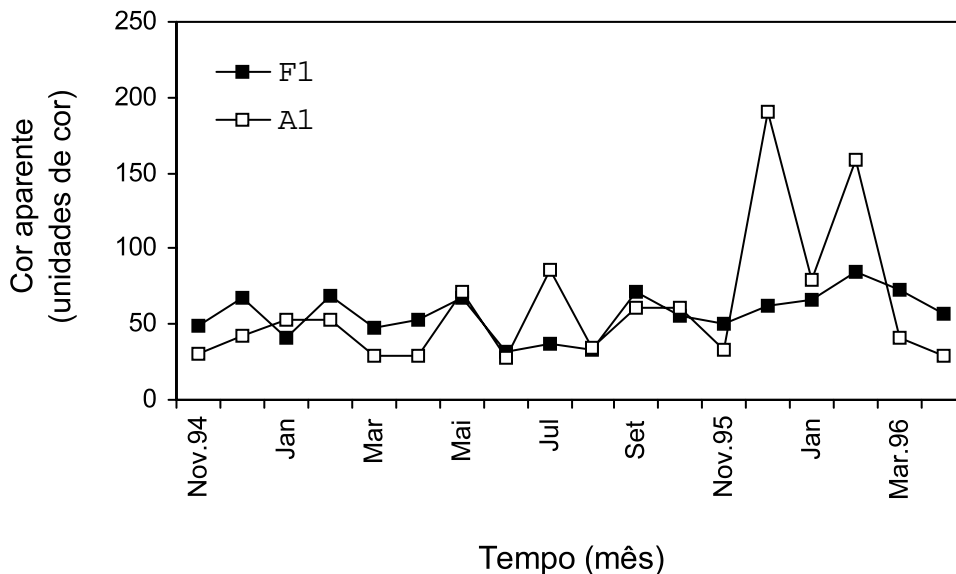


Figura 6. Valores médios mensais de cor aparente da água das microbacias Floresta 1 (F1) e Agricultura 1 (A1).

(Average monthly values of streamwater apparent color in Forest 1 (F1) and Agriculture 1 (A1) watersheds).

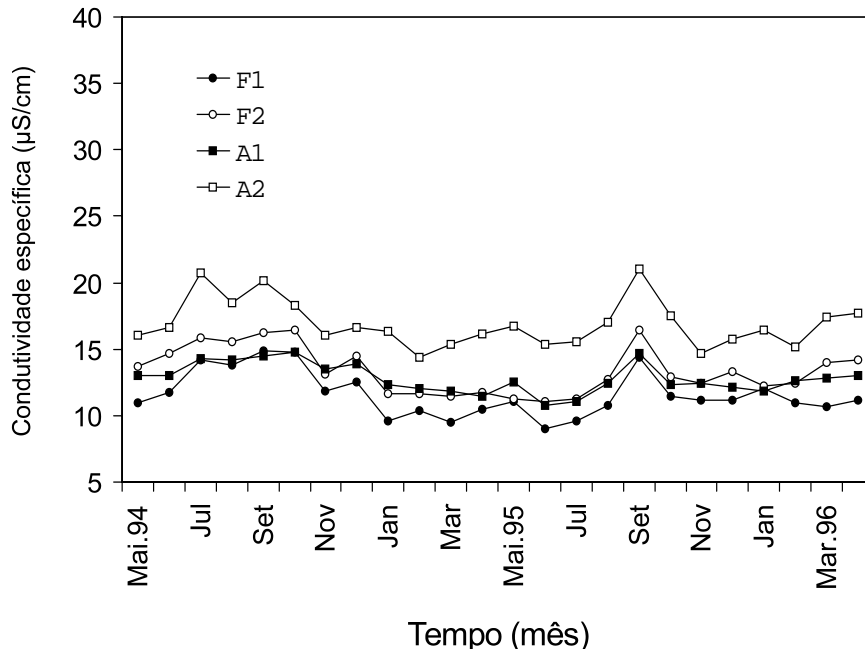


Figura 7. Valores médios mensais de condutividade da água das microbacias Floresta 1 (F1), Floresta 2 (F2), Agricultura 1 (A1) e Agricultura 2 (A2).

(Average monthly values of streamwater conductivity in Forest 1 (F1), Forest 2 (F2), Agriculture 1 (A1) and Agriculture 2 (A2) watersheds).

CONCLUSÕES

O estudo consistiu na avaliação dos fatores que influenciam a qualidade da água de duas microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica e de duas microbacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, na região de Cunha, no Estado de São Paulo.

As microbacias com agricultura tiveram valores de temperatura, turbidez e cor aparente da água superiores aos registrados nas microbacias florestadas.

A ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura proporcionou o maior aquecimento das águas. A presença de um lago numa das microbacias também contribuiu para as maiores temperaturas.

A turbidez e a cor aparente da água foram maiores na microbacia agrícola de declividade mais acentuada, e na qual encontram-se construídas duas estradas de terra.

A menor declividade do canal principal de uma das microbacias com agricultura proporcionou concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores às concentrações das demais áreas.

Reduzidos valores de condutividade específica da água observados nas quatro microbacias devem-se aos solos quimicamente pobres e ao substrato rochoso resistente ao intemperismo.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

FRANCISCO CARLOS SORIANO ARCOVA é Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais. Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo - Caixa Postal 1322 - 01059-970 - São Paulo, SP.

VALDIR DE CICCIO é Engenheiro Florestal. Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo - Caixa Postal 1322 - 01059-970 - São Paulo, SP.

Agradecimentos aos Srs. Antonio Lucio Loyola e Ivail R. de Toledo, auxiliares do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, pela realização das coletas e análises da água. À Isabel Fernandes de Aguiar Mattos, geógrafa do Instituto Florestal, que levantou as características topográficas das microbacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVA, F.C.S. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP.** Piracicaba, 1996. 130p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas.** São Paulo: Edgard Blücher, CETESB, 1977. 185p.
- BROWN, G.W. **Forestry and water quality.** 2.ed. Oregon, 1988. 142p.
- CASTRO, P.S. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas microbacias hidrográficas na região de Viçosa, MG.** Piracicaba, 1980. 170p. tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- CORBETT, E.S.; SPENCER, W. Effects of management practices on water quality and quantity: Baltimore, Maryland, Municipal Watersheds. In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1973. **Proceedings.** USDA Forest Service, General Technical Report NE-13, p.25-31, 1975.
- CORNISH, P.M. Water quality studies in New South Wales State Forests: 1- a North coast eucalypt forest near Lismore. **Australian forestry**, v.43, n.2, p.105-110, 1980.
- FAO. **Watershed management field manual: road design and construction in sensitive watersheds.** Roma, 1989. 218p.
- MEIMAN, J.R.; KUNKLE, S.M. Land treatment and water quality control. **Journal of soil and water conservation**, v.22, n.2, p.67-70, 1967.
- SOPPER, W.E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of environmental quality**, v.4, n.1, p.24-29, 1975.
- SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. **Journal of forest research**, v.2, n.2, p.103-107, 1997.
- SWANK, W.T.; CROSSLEY JR., D.A., ED. **Forest hydrology and ecology at Coweeta.** New York: Springer-Verlag, 1988. 469p.
- SWIFT JR, L.W.; MESSER, J.B. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. **Journal of soil and water conservation**, v.26, n.3, p. 111-117, 1971.
- TAKINO, M.; MAIER, M.H.; STEMPIEWISKI, H.L. Características físicas e químicas da água em ambientes de altitude elevada - Campos do Jordão - SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.11, n. único, p.1-12, 1984.