
Impacto erosivo da precipitação nas Bacias de encosta dos ribeirões Taquaral e Gomerl, formadores do Ribeirão Guaratinguetá, SP

Erosive impact of rainfall in the basins slope of streams and bamboo thicket and gomerl, trainers of Ribeirão Guaratinguetá, SP

CARVALHO, Dermeson Ezequiel de Araújo 1
DIAS, Nelson Wellausen 2
1,2 Universidade de Taubaté
Autor para correspondência: dermeson@ig.com.br

Recebido em 20 de novembro de 2009; aceito em 03 de dezembro de 2009

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto causado pela precipitação em bacias hidrográficas de encosta por meio do monitoramento de parâmetros limnológicos e da caracterização geográfica do padrão atual de uso e cobertura do solo das bacias dos ribeirões Gomerl e Taquaral, formadores do ribeirão Guaratinguetá no estado de São Paulo. O mapeamento de uso e cobertura do solo foi realizado a partir da interpretação de imagem de satélite Landsat. Três pontos foram monitorados durante 12 meses quanto aos parâmetros oxigênio dissolvido, pH, cor, turbidez, condutividade elétrica e coliformes (totais e termotolerantes) bem como a medição da velocidade de fluxo, área do canal e vazão. Os resultados demonstram uma forte relação entre as variações de volume de precipitação e os valores medidos de cor e turbidez, relacionados diretamente com a quantidade de sedimentos em suspensão na água. A bacia do ribeirão Gomerl apresenta maior suscetibilidade ao impacto erosivo da precipitação pelos parâmetros monitorados e, também, apresenta maior proporção de cobertura de pastagem e menor de floresta em relação ao ribeirão Taquaral. O estudo evidencia a importância da presença da cobertura florestal em bacias de encosta e a necessidade de se respeitar os limites de uso e proteção ambiental determinados pelo Código Florestal vigente.

PALAVRAS-CHAVE: bacias de encosta; preservação ambiental; erosão e assoreamento

ABSTRACT

This article focuses on the evaluation of precipitation impact in watersheds located in the hillsides by monitoring limnologic parameters and characterizing land use and land cover spatial pattern of Gomerl and Taquaral creeks that join to form Guaratinguetá creek in the State of São Paulo. The land use and land cover map was developed by Landsat image interpretation. Three sampling points were monitored during 12 months for dissolved oxygen, pH, color, turbidity, electric conductivity, and coliform (total and fecal) as well as flow velocity, channel area, and total flow. Results indicate a strong relationship between precipitation and color and turbidity values, both closely related with suspended sediment loads in water. Gomerl creek basin shows higher susceptibility to precipitation erosive impact as demonstrated by these two parameter values, but it also has a higher proportion of its area covered by pasture and lower covered by forest, compared to Taquaral creek basin. This study demonstrates the importance of forest cover in hillside watersheds and the need to observe the land use and environmental protective limits imposed by the Brazilian Forest Code in effect.

Key words: hillside watershed; environmental preservation; erosion and sedimentation

I. INTRODUÇÃO

O ribeirão Guaratinguetá é um dos principais contribuintes do Rio Paraíba do Sul e é, também, o principal fornecedor de água para a população da cidade de Guaratinguetá estimada em 127 mil habitantes (segundo dados de 2007). Além do abastecimento, esse ribeirão fornece água para a prática da agricultura irrigada no município, principalmente para o cultivo de arroz. Está enquadrado na Classe 2 de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) no trecho que compreende a confluência com o rio Paraíba do Sul até a confluência com o Ribeirão Gomerl. Desse ponto para montante, ou seja, na área de estudo, todos os rios são enquadrados como Classe 1.

A bacia hidrográfica é uma unidade ecossistêmica e morfológica que integra os impactos das interferências antrópicas sobre os recursos hídricos (JENKINS, 1994). Como uma manifestação bem definida de um sistema natural aberto, a microbacia hidrográfica funciona por meio de contínua troca de energia e

de matéria com o meio (recebe energia e materiais solúveis), de sorte que a qualidade final da água de um corpo hídrico lótico é o resultado integrado de todos os fatores intrínsecos de cada microbacia, inclusive de sua cobertura vegetal (WALLING, 1980). A bacia hidrográfica, enquanto unidade natural da paisagem, apresenta condição singular e conveniente para a delimitação espacial de componentes naturais interrelacionados, na qual é possível o estudo detalhado das interações entre o uso da terra e a qualidade da água (NELSON, 1973; LIKENS, 1985).

Mudanças significativas no comportamento das condições naturais de uma bacia hidrográfica, causadas por processos naturais ou antrópicos, podem gerar alterações ou impactos nos seus fluxos energéticos, desencadeando desequilíbrios ambientais e, conseqüentemente, degradação da paisagem. Dentre os processos causadores dessa degradação, destaca-se a erosão dos solos.

Nas últimas décadas tem aumentado sensivelmente a preocupação mundial com o crescimento alarmante da taxa de desmatamento das florestas tropicais e com o seu impacto na biodiversidade do planeta. Embora ocupem apenas 7% da área total, as florestas tropicais abrigam metade da biodiversidade da Terra (RAVIKANTH; SHAANKER; GANESHIAH, 2000; RIBEIRO et al. 2005). Entre 1990 e 2000, a taxa média anual de desmatamento de florestas tropicais no mundo foi estimada entre 14,2 (FAO, 2001; RIBEIRO, 2005) e 8,4 (ARCHARD et al., 2002) milhões ha/ano. Na América do Sul, segundo a FAO (2001), foram desmatados em média 3,72 milhões ha/ano, em 2000 havia no mundo 1.803 milhões de hectares de florestas tropicais dos quais 49% estão na América do Sul. O Brasil perdeu 23 milhões de hectares de florestas tropicais durante os anos 1990 (FAO, 2001). No domínio da Mata Atlântica, o desflorestamento é mais antigo tendo seu início já com a colonização europeia, mas nos últimos trinta anos a destruição foi mais acentuada, o que resultou em alterações profundas nos ecossistemas causadas pela alta fragmentação dos habitats e pela perda de biodiversidade (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2008). O município de Guaratinguetá possuía a totalidade de seu território coberto por Mata Atlântica (principalmente Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual) e hoje restam apenas 16%, ou seja, 12.214 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2008).

O desmatamento em áreas de encostas não é permitido pela legislação ambiental vigente, que proíbe a retirada de matas em declividades acima de 45°. Apenas com uma breve contemplação da paisagem da área de estudo (Figuras 2 e 4) percebe-se claramente que muitas das áreas com essas características topográficas já foram desmatadas.

A destruição das florestas, ou sua substituição por outras constituídas de espécies exóticas (de interesse apenas comercial), causa impactos também à fauna nativa da região, provocando grandes modificações no equilíbrio dos ecossistemas. O conjunto de estudos fitossociológicos e florísticos efetuados na floresta Atlântica de encosta no Estado de São Paulo ratifica a existência de elevada riqueza e biodiversidade de espécies arbóreo-arbustivas (MANTOVANI, 1999; TABARELLI, M; MANTOVANI, 1999). Por estar inserida no Bioma Mata Atlântica, a manutenção, preservação e recuperação dessas áreas são de suma importância para o equilíbrio dos ecossistemas locais.

A erosão é um processo geológico exógeno e contínuo responsável pela remoção e pelo transporte de partículas do solo, principalmente pela ação da água das chuvas. É um importante agente na modelagem da paisagem terrestre e na redistribuição de energia no interior da bacia hidrográfica. A erosão dos solos em uma bacia hidrográfica ocorre principalmente devido ao impacto das gotas de chuva no solo (acentuando-se em situações de supressão da vegetação) e ao escoamento superficial das águas. Dessa forma, os processos erosivos podem atuar em duas partes da bacia: nas encostas por meio da erosão laminar, da erosão linear e do fluxo concentrado; e ao longo de canais fluviais por meio da erosão fluvial.

Segundo o Relatório das Águas Interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 2007), vários estudos demonstram que a interferência antrópica no solo, por meio de procedimentos e estratégias inadequadas de manejo, provoca o desencadeamento ou a aceleração dos processos erosivos e o comprometimento dos recursos hídricos. Estimativas anteriores para o Estado de São Paulo indicam que as taxas de perda de solo atingiam 130 milhões de toneladas ao ano (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto causado pela precipitação em bacias hidrográficas de encosta por meio do monitoramento de parâmetros limnológicos e da caracterização geográfica do padrão atual de uso e cobertura do solo das bacias formadoras do Ribeirão Guaratinguetá.

II. MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Guaratinguetá, Estado de São Paulo, e a confluência dos dois riberões objetos desse estudo se situam na coordenada geográfica 22° 48'59"S; 45°11'30"W com altitude aproximada de 550m.

Para este estudo foram realizadas coletas mensais de água em 3 pontos, sendo o Ponto 1 no ribeirão Gomerai e os Pontos 2 e 3 no ribeirão Taquaral. As amostras foram coletadas entre agosto de 2007 e julho de 2008. A Figura 1 ilustra a rede hidrográfica das duas bacias e a localização dos pontos de amostragem. A partir dessas amostras foram obtidos dados sobre oxigênio dissolvido, pH, cor, turbidez, condutividade elétrica e coliformes (totais e termotolerantes) nas análises realizadas no Laboratório de Processos Biológicos Aplicados ao Meio Ambiente (LPBAMA) da Universidade de Taubaté (UNITAU). Em cada ponto de amostragem foi também realizada a medição da velocidade de fluxo (pelo método do flutuador) e a profundidade do canal para calcular a vazão em todas as amostragens.

Medições de vazão foram realizadas simultaneamente nos Pontos 1 e 2 em todas as coletas utilizando o método de flutuador (medida de velocidade da corrente tomada sobre um trecho de 10 metros com três cronometragens para determinar o tempo médio e, assim, calcular a velocidade de fluxo da corrente). Tomaram-se, também, quatro medidas de profundidade e largura da calha nos pontos de amostragem para calcular a área do canal e, assim, determinar a vazão. Essas medições permitem avaliar a situação atual da quantidade e qualidade dos recursos hídricos na área de estudo e suas variações ao longo do ano.

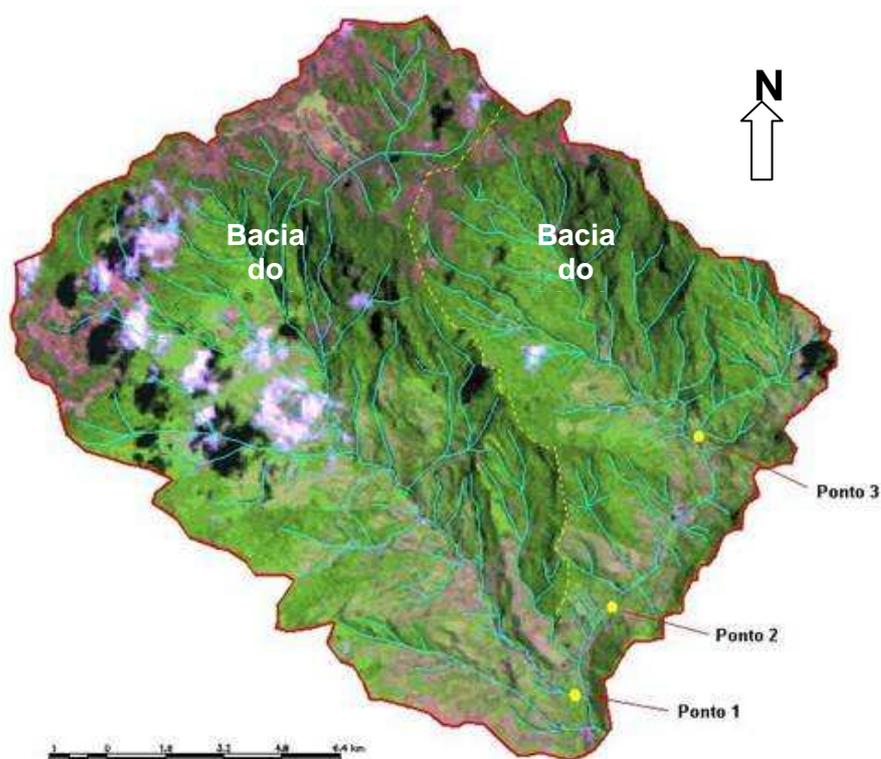


Figura 1. Mapa de localização dos pontos de amostragem, da hidrografia e do limite entre as duas bacias (Taquaral e Gomerl).

Segundo informações do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH, disponível no endereço www.sigrh.sp.gov.br), a área de estudo possui uma precipitação média anual de 1536,3 mm, variação altimétrica de 650m a 2010m e clima tropical de altitude com amplitudes térmicas variando entre 0° e 30°C. O local está inserido na faixa do Bioma Mata Atlântica com remanescentes vegetais localizados nas áreas escarpadas, onde a implantação de pastagem é impraticável.

A averiguação de pontos estratégicos em campo foi realizada com auxílio de um receptor GPS (Marca GARMIN) e da carta topográfica Guaratinguetá na escala 1:50.000 (IBGE 2007).

Um imagem multiespectral do satélite Landsat 5 (órbita 218 e ponto 76) obtida em Fevereiro de 2008 foi utilizada para o mapeamento do padrão atual de uso e cobertura do solo na área das duas sub-bacias. A interpretação visual de composições coloridas contendo as bandas 3, 4 e 5 permitiu identificar diferentes tipos de vegetação na área. Foram definidas cinco classes de uso e cobertura do solo para este estudo: pastagem; floresta; solo exposto; afloramento rochoso; e eucalipto. As alterações foram identificadas tomando como base a premissa de que toda a área era coberta por floresta antes da ocupação antrópica, conforme os dados do mapeamento das Fisionomias Vegetais Originais realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica e disponível no portal SOS Mata Atlântica (<http://mapas.sosma.org.br/>). As imagens foram processadas com a utilização do software Spring versão 4.3.3.

III. RESULTADOS

Os principais problemas observados na área de estudo são comuns a outras áreas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, sendo o desmatamento geralmente a primeira ação antrópica. Esse fato é agravado ainda pela falta de manejo adequado da prática agropecuária, sendo predominante a criação de gado. Atualmente tem-se também o uso de reflorestamento por espécies exóticas (Eucaliptos) no Vale do Paraíba. Com o uso inadequado do solo, tem início o aparecimento de processos erosivos, que comprometem a qualidade e quantidade de água na bacia hidrográfica. A Figura 2 ilustra uma das áreas de erosão identificadas durante o trabalho de campo. Nesta área foi observada uma nascente que estava a aproximadamente 400 m de altitude acima desse ponto na carta topográfica analisada (elaborada na década de 1970).

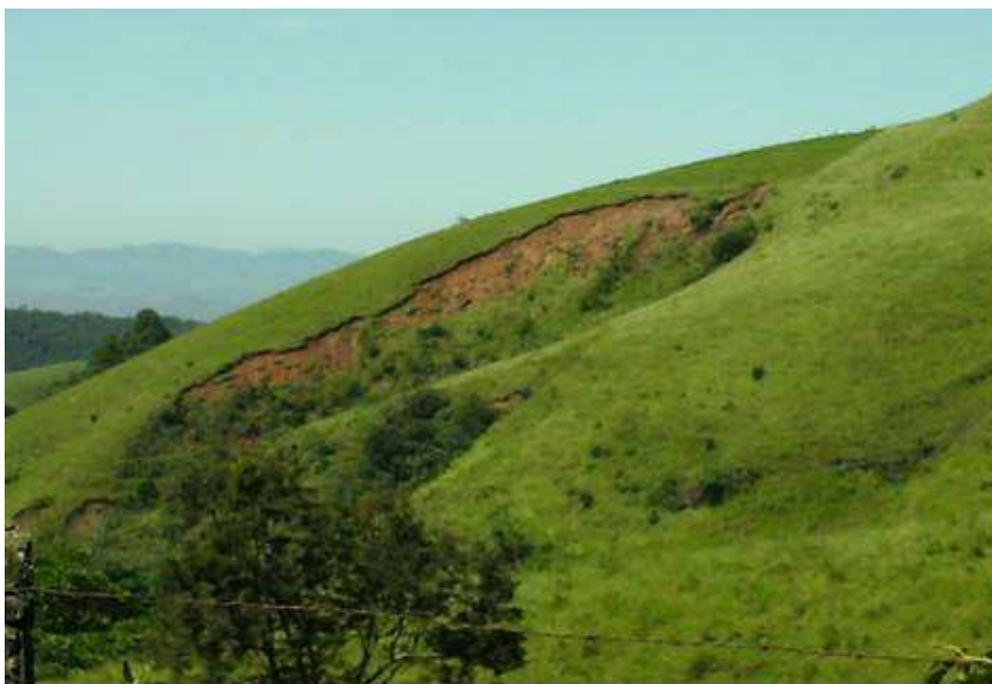


Figura 2- Encosta com nascente afetada por processo erosivo que forçou a migração da nascente para altitudes menores. 22° 43'8''S e 45° 23'7''W (Sub-bacia Gomerai)

As características atuais na cobertura do solo, identificadas por meio da interpretação visual de imagem Landsat, podem ser observadas na Figura 3. A geração deste mapa foi auxiliada por fotos aéreas oblíquas e visitas a campo em locais específicos que permitissem avaliar a falta da cobertura vegetal e os processos erosivos existentes na área. Foram tomadas as coordenadas geográficas com GPS e realizadas fotografias digitais. Os valores em quilômetros quadrados cobertos por cada classe e as respectivas percentagens de cobertura estão apresentados na Tabela 1.

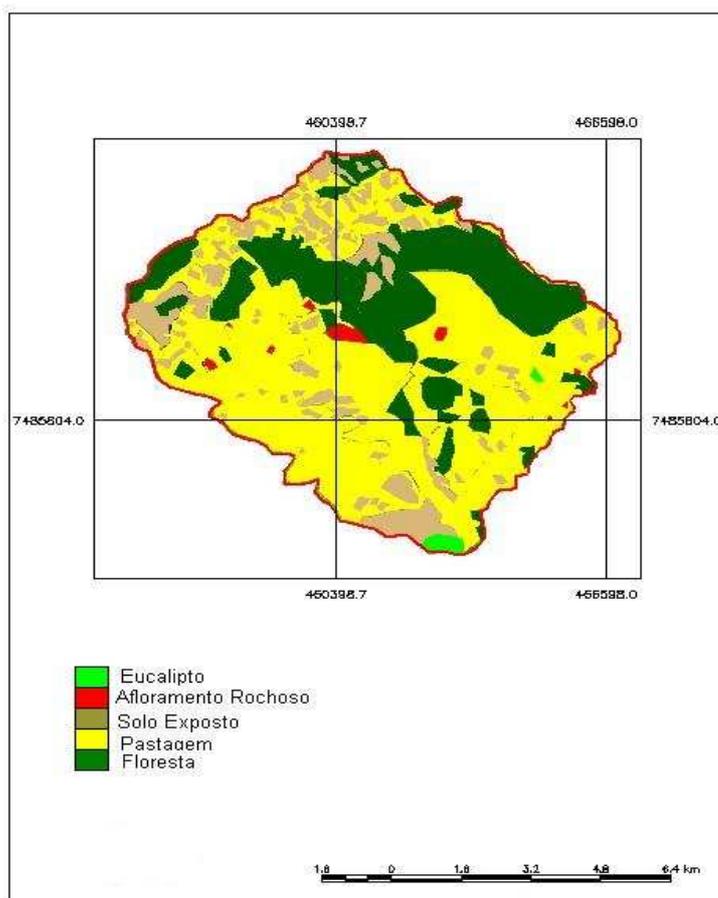


Figura 3. Mapa do uso e cobertura do solo da área das bacias dos ribeirões Gomerl e Taquaral.

Os valores em quilômetros quadrados cobertos por cada classe e as respectivas percentagens de cobertura estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Medida de área e percentagem de cobertura das cinco classes mapeadas neste estudo.

CLASSES	ÁREA (Km²)	PERCENTAGEM (%)
Pastagem	41,863	59,42
Floresta	19,095	27,10
Solo Exposto	8,634	12,25
Afloramento Rochoso	0,485	0,69
Eucalipto	0,373	0,54
Total	70,450	100

Observa-se nos resultados que as áreas de pastagem representam quase 60% da cobertura do solo e as florestas nativas remanescentes apenas 27%. Por si só essa proporção tão elevada torna-se um contracenso considerando as características topográficas das duas bacias hidrográficas, ou seja, terem uma topografia acidentada por se tratarem de bacias de encosta da Serra da Mantiqueira. Nesse tipo de paisagem a cobertura florestal é essencial para promover a proteção do solo contra os processos erosivos causados pela precipitação. Principalmente por se tratar, ainda, de uma região propícia a receber maiores volumes de precipitação em função do efeito orográfico da encosta da serra que causa chuvas mais frequentes e intensas com escoamento superficial mais volumoso e veloz. A área possui relevo escarpado e, portanto, apresenta solos com pouca profundidade. Consequentemente, o lençol freático é bastante suscetível às alterações impostas pelo manejo do uso do solo (predominantemente voltado para o pastoreio de gado leiteiro e de corte), sem observar as limitações de uso e exigências de proteção ambiental impostas pelo Código Florestal vigente.

Na Figura 3, pode-se observar que existe uma maior concentração da cobertura de pastagem na porção oeste e sudoeste da área de estudo onde se localiza a área de drenagem da bacia do ribeirão Gomerl, bem como na porção norte que também pertence a esse ribeirão. O ribeirão Taquaral, portanto, possui uma área de cobertura florestal proporcionalmente maior do que o ribeirão Gomerl, mas, além disso, essa cobertura também se localiza nas porções com maior declividade dessa bacia, o que aumenta a capacidade protetora dessa cobertura contra a ação erosiva das chuvas.

Foi observado que, em eventos de forte precipitação, ocorre um rápido aumento da velocidade de escoamento dos canais, principalmente na calha do ribeirão Gomerl (Ponto 1). A Tabela 2 mostra os valores médios de vazão e de precipitação em quatro períodos do estudo. Pode-se observar claramente que com o aumento da precipitação a vazão no ribeirão Gomerl aumenta mais do que no Taquaral, na razão de 1,54 vezes a mais.

Tabela 2. Relação entre a média das vazões e da precipitação* em quatro períodos do estudo.

Período	Vazão Média no Ponto 1 (m ³ /s)	Vazão Média no Ponto 2 (m ³ /s)	Precipitação Média (mm)
Agosto a Outubro de 2007	1,53	1,11	54
Novembro de 2007 a Janeiro de 2008	2,58	1,44	191
Fevereiro a Abril de 2008	7,36	3,48	199
Maio a Julho de 2008	2,62	1,30	67

* Fonte: Plataforma de Coleta de Dados - INPE

Com a ocorrência de eventos de chuva mais intensos é visível a formação de depósitos sedimentares nos margens dos ribeirões devido à intensificação de erosão nas encostas e nos canais de drenagem. Esses depósitos interferem diretamente com a drenagem fluvial forçando a mudança de localização dos canais de drenagem e o aumento da erosão nas margens, gerando mais sedimentos para serem carreados pelos canais de drenagem, conforme ilustra a Figura 4. A Tabela 3 mostra a variação com a precipitação dos parâmetros cor e turbidez em um mesmo ponto (Ponto 1 no ribeirão Gomerl).

Tabela 3. Relação entre os parâmetros cor e turbidez com a precipitação no Ponto 1.

Parâmetro	Agosto 2007	Março 2008
Precipitação (mm)	8	242
Cor (Pt-Co)	6,7	117,8
Turbidez (NTU)	0,77	32,3

O aumento no volume de chuva precipitado na bacia gera um aumento expressivo desses dois parâmetros que estão diretamente relacionados com o aumento na concentração de sedimentos em suspensão na água. Sedimentos estes que são oriundos do aumento da intensidade dos processos erosivos na bacia.



Figura 4. Imagem do ribeirão Gomerl que ilustra como o canal é assoreado em função da erosão das encostas e o carreamento de sedimentos.

A Tabela 4, por outro lado, compara a variação dos parâmetros cor e turbidez em pontos diferentes de monitoramento, mas no mesmo período de forte precipitação nas bacias. Os resultados mostram que as águas do ribeirão Gomerl (Ponto 1) são mais fortemente afetadas pela precipitação, com consequente aumento da carga de sedimentos em suspensão, do que as águas mais a montante do ribeirão Taquaral.

A expressiva variação nos parâmetros cor e turbidez, decorrentes do aumento da quantidade de sedimentos em suspensão, principalmente no ribeirão Gomerl (que possui proporcionalmente maior cobertura de pastagem do que floresta do que o ribeirão Taquaral), devem estar relacionada com a falta de cobertura vegetal ciliar que deveria proteger essas bacias de encosta do efeito erosivo da precipitação.

Tabela 4. Relação entre os parâmetros cor e turbidez entre os Pontos 1 e 3 considerando a mesma precipitação.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 3
Precipitação (mm)	242	242
Cor Pt-Co	117,8	36,6
Turbidez NTU	32,3	6,25

IV. CONCLUSÃO

Bacias de encosta são altamente suscetíveis à processos erosivos devido à vulnerabilidade de seus terrenos declivosos ao efeito erosivo da precipitação. A cobertura de floresta torna-se vital para preservar a estabilidade física e, por consequência, a biótica de bacias hidrográficas situadas nessas regiões.

Os resultados deste estudo permitem afirmar que a falta de um manejo adequado no uso do solo, bem como a inobservância da preservação das APPs (Áreas de Preservação Permanente) contribuem para as alterações na qualidade da água verificadas no presente estudo e para o aumento no assoreamento dos canais de drenagem. Fatores estes que contribuem de forma determinante para a diminuição do potencial hídrico das duas bacias estudadas e, por conseguinte, da bacia do Ribeirão Guaratinguetá, principal fonte de abastecimento de água para o município de mesmo nome.

V. REFERÊNCIAS

ACHARD, F. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, v. 297, p. 999-1002, 2002.

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 3 ed .São Paulo: Ícone Editora, 1990. 355p.

CETESB. *Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo*: Ano 2007. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2007. 23p. Série Relatórios, Anexo III.

RIBEIRO, Carlos A.A. SOARES et. al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. *SIF (Sociedade de Investigações Florestais)*, Viçosa MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 2000-2005*. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br>- Atlas da Mata Atlantica – Relatorio 2000-2005.pdf.>. Acesso em: Nov. de 2008.

GUARATINGUETÁ. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa físico do município de Guaratinguetá*, 2007. 1: 50.000

JENKINS, A. Hidrology. In: MOLDAN, B.CERNY, (Coords). *Journal Biogeochemistry of small catchments: a tool for a environmental research*. (Scope 51). Chechester: John Wiley & Sons, 1994.

LIKENS, G.E. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Biology*, v.73, p. 381-396, 1985.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.A riqueza de espécies arbóreas na floresta Atlântica de encosta no estado de São Paulo. *Revista Brasil bot.*, São Paulo, v.22, n.2, p.217-223, 1999.

NELSON, D.J. Measurement and sampling of outputs from watersheds. In: REICHLE, R. *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p. 258-267

RIBEIRO, Carlos Soares A.A. et al. . O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. *SIF (Sociedade de Investigações Florestais)*, Viçosa MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

WALLING, D.E. Water in the catchment ecosystem. In: GOWEN, A.M., (Ed). *Water Quality in Catchment Ecosystems*. New York: John Wiley, 1980. p. 1-47.

Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plu?qwe=qwe>. Acesso em jun. 2008.

Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/metadados> (acessado em junho de 2008).