



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

A IMPORTÂNCIA DAS FLORESTAS NO ENRIQUECIMENTO DA QUALIDADE E DA QUANTIDADE DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. UMA ANÁLISE DA BACIA DO ALTO TIETÊ.

Juliana Caroline de Alencar da Silva¹; Monica Ferreira do Amaral Porto²

RESUMO – A capacidade que as bacias hidrográficas tem de reciclar a água é um de seus serviços mais valiosos. Segundo pesquisa realizada nos EUA, as águas provenientes de bacias com 60% de florestas custam 3 vezes menos para serem tratadas do que as provenientes de bacias urbanizadas com apenas 10% de floresta, evidenciando a importância das áreas florestais para bacias hidrográficas. Neste estudo foi verificada a importância da presença de áreas florestais na bacia do Alto Tietê através da avaliação de três cenários, sendo o primeiro o cenário atual, onde observou-se na análise do uso e ocupação do solo na bacia 37,47% de áreas florestais; o segundo o cenário crítico com a presença de somente 20% de floresta; e o terceiro cenário otimista, com incremento de 24,05% de área florestal. O resultado para os cenários estudados revelou a importância da manutenção e até mesmo do enriquecimento destas áreas, havendo economia significativa no cenário otimista, economia esta que poderia ser aplicada no pagamento por serviços ambientais na bacia e outras medidas para melhoria da qualidade de vida da população.

ABSTRACT– The ability of watershed have to recycle water is one of its most valuable services. According to research conducted in the USA, the water from basins with 60% of forests cost 3 times less for treatment than those from urban basins with only 10% of the forest, showing the importance of forests for watershed. This study verified the importance of the presence of forest areas in the Alto Tiete basin through the evaluation of three scenarios, the first being the current scenario, where there was the analysis of land use and occupation in 37.47% of basin areas forestry; the second critical stage in the presence of only 20% forest; and the third case scenario, an increase of 24.05% of forest area. The result for the scenarios studied revealed the importance of maintaining and even enrichment of these areas, with significant savings in the optimistic scenario, economy is that it could be applied to the payment for environmental services in the basin and other measures to improve the population's quality of life.

Palavras-Chave – Controle da poluição hídrica; Qualidade da água; Recursos hídricos.

1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Av. Prof. Luciano Gualberto, 380 - São Paulo - juliana.caroline.silva@usp.br
2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Av. Prof. Luciano Gualberto, 380 - São Paulo - mporto@usp.br

INTRODUÇÃO

A capacidade que as bacias hidrográficas tem de reciclar a água é um de seus serviços mais valiosos, uma vez que a perda da qualidade da água resulta em danos à saúde humana, redução da produtividade de culturas e diminuição do potencial de geração de energia em países dependentes da energia hidroelétrica, o que resulta por sua vez em uma sobrecarga para a parcela mais carente da população. Os países industrializados tem dependido cada vez mais de processos sofisticados para a remoção de contaminantes da água em virtude da diminuição da qualidade de seus mananciais, fazendo com que a água tenha elevado custo. Considerando um cenário em que o aumento da demanda pela água é crescente, bacias hidrográficas saudáveis são capitais naturais de elevado valor (Postel e Barton, 2005).

Uma das principais causas da crise hídrica que atinge as áreas urbanas no Brasil é a degradação dos corpos d'água, uma vez que inviabiliza o uso deste recurso para satisfazer a demandas internas (Teixeira & Porto, 2008). Grandes cidades brasileiras como São Paulo, por exemplo, precisam aduzir boa parte da água para o abastecimento da cidade de bacias hidrográficas distantes (Segundo dados do DAEE, para atender a região metropolitana de São Paulo a SABESP realiza a transposição de 33m³/s de água das bacias dos Rios Piracicaba e Juqueri para a bacia do Alto Tietê), devido ao elevado grau de degradação dos corpos d'água dentro da cidade, que não atendem se quer o padrão de qualidade da água exigido para corpos d'água classe 4, que segundo a CONAMA 357, são aqueles destinados à navegação e à harmonia paisagística. As águas provenientes de bacias hidrográficas próximas, como o caso dos reservatórios Billings e Guarapiranga, ainda que estejam em melhor estado, estão sujeitas a degradação devido ao lançamento de cargas poluidoras resultado da ocupação irregular em suas margens, elevando o custo do tratamento da água.

Segundo pesquisa realizada nos EUA, as águas provenientes de bacias com 60% de florestas custam 3 vezes menos para serem tratadas do que as provenientes de bacias urbanizadas com apenas 10% de floresta, conforme mostrado na 0(Postel e Barton, 2005).

Tabela 1 - Custo do tratamento da água em bacias com diferentes índices de cobertura vegetal. Fonte:

Adaptado de Postel e Barton (2005).

% de área florestada	Custo do Tratamento por 3,785m³	Custo médio anual do Tratamento	Aumento dos custos sobre a cobertura florestal de 60%
60%	\$37	\$297,110	-
50%	\$46	\$369,380	24%
40%	\$58	\$465,740	57%
30%	\$73	\$586,190	97%
20%	\$93	\$746,790	151%

Um caso extremo de degradação de mananciais é o da cidade de Mombasa no Kenya, onde a degradação foi tão elevada que resultou no encarecimento do tratamento a tal ponto que o sistema foi simplesmente abandonado. Apesar das zonas úmidas serem eficientes no processo de reciclagem da água, as mesmas dependem das condições do entorno para manter seu ponto ótimo, portanto alterações nas taxas de uso do solo podem comprometer este serviço prestado pela bacia hidrográfica (Postel & Barton, 2005).

Bogotá na Colômbia, tem boa parte de sua demanda por água potável atendida graças ao ecossistema úmido de montanha chamado páramo, que fornece água de excelente qualidade graças ao processo de filtração natural das águas. A água bruta captada demanda em boa parte do ano apenas cloração, nos demais períodos, quando há aumento pontual da turbidez ocasionado por chuvas fortes, a adição de filtros de areia já é suficiente para incrementar o tratamento, portanto a manutenção da condição natural do páramo faz com que haja grande economia no processo de tratamento da água, tornando a mesma mais barata. As nascentes que alimentam as captações que atendem Bogotá estão protegidas estrategicamente dentro do Parque Nacional Chinganza, a fim de garantir que estas não sejam degradadas, a exemplo do que ocorre em outras partes do páramo andino que tem sido constantemente degradado pela ação antrópica (Postel e Barton, 2005).

A economia do ambiente, dentro da visão de Georgescu-Roegen, considera a 2ª Lei da termodinâmica, a Lei da Entropia, onde toda transformação energética gera calor que tende a se dissipar, portanto, os sistemas produtivos não podem ser tidos como fechados, sempre haverá uma parcela da energia que será perdida. Portanto, tal visão reforça a ideia de que os recursos naturais são finitos e que os processos devem ser bem geridos a fim de garantir o suprimento das futuras gerações (Cechin e Veiga, 2010). A economia do ambiente é responsável por criar uma ponte entre a economia e as ciências ambientais, auxiliando na recuperação dos ecossistemas, aumentando a biodiversidade e gerando serviços ecossistêmicos que beneficiem o homem e a natureza. O ser humano é parte integral do ecossistema e portanto tem como responsabilidade o gerenciamento do mesmo para manutenção de sua saúde (Blignaut e Aronson, 2014).

A valoração ambiental é definida como o ato de dar valor a um bem ou serviço ambiental (Pearce & Turner, 1990), já o serviço ambiental ou ecossistêmico é definido como todo benefício fornecido pela natureza de forma direta ou indireta (Marques & Comunne, 1995). Segundo Guedes & Seehusen (2011), há quatro categorias de serviços ambientais: Serviços de provisão, relacionados à capacidade do ecossistema de prover bens, como alimentos e matéria prima; Serviços reguladores, relacionados aos processos naturais que regulam condições ambientais, que são a base de sustentação da vida humana, como a regulação do clima e a ciclagem da água; Serviços culturais, associados à capacidade do ecossistema em prover benefícios ligados à recreação, educação,

espiritualidade e estética; e Serviços de suporte, relacionados aos processos de suporte aos demais serviços, como a ciclagem de nutrientes e a formação do solo.

Os valores atribuídos aos serviços ambientais podem ser divididos em três tipos: Valores intrínsecos, que corresponde à manutenção da saúde de um ecossistema ou de uma espécie que independe de dos interesses humanos, esses valores são baseados em questões éticas, não sendo possível atribuir valor monetário; Valores de uso, que podem ser de uso direto, onde o agente se beneficia diretamente (Serviços de provisão e culturais), ou de uso indireto, onde o agente se beneficia indiretamente (Serviços reguladores e de suporte); e Valores de não uso, podendo ser de existência, como por exemplo com a manutenção de determinadas espécies em seus ecossistemas, ou de legado, como por exemplo na manutenção de determinado serviço para as futuras gerações. Ao mensurar o valor econômico dos serviços ambientais é possível entender com melhor clareza os ganhos e perdas envolvidos no sistema em questão, ou seja, entender os conflitos de escolha (Trade-offs) (Guedes & Seehusen, 2011).

São quatro as categorias básicas de serviços ecossistêmicos fornecidos por bacias hidrográficas: Purificação da água; regulação do fluxo; controle de sedimentos; e preservação de habitats (Postel & Barton, 2005). Desta forma, conhecido os serviços ecossistêmicos fornecidos pelo sistema, é possível valorar estes serviços e instituir o pagamento por serviços ambientais (PSA).

Quito obtém 80% de sua água potável de áreas protegidas, que abrangem 520mil Ha de florestas de altitude, que embora formalmente protegidas, também tem sido utilizadas para outros fins, como para a pecuária e extração de madeira, representando um grande desafio. A solução encontrada por Quito no Ecuador foi a criação de um fundo fiduciário para pagamento por serviços ambientais a fim de proteger as águas que abastecem a cidade. Assim estabeleceu-se algumas áreas protegidas, como por exemplo através da proteção do parque Nacional La Tigra que ajuda a salvaguardar 40% do abastecimento de água da capital. Apesar da criação destas áreas protegidas, as terras permitem usos controlados por comunidades locais que realizam agricultura tradicional, pastagem e coleta de lenha, sem comprometer a função de abastecimento de água. O fundo, proposto em 1997 pela Fundación Antisana (uma ONG ambientalista com sede em Quito) e estabelecido em 2000, com o apoio da The Nature Conservancy e da Agência dos Estados Unidos para Desenvolvimento Internacional (USAID), vem como resposta a este desafio, a fim de financiar medidas para a proteção da bacia. Quando questionados sobre o pagamento por serviços ambientais para promover a qualidade da bacia, boa parte da população se mostrou favorável (Postel e Barton, 2005).

Na Costa Rica a solução para a proteção das fontes de abastecimento foi a adoção de um regime de proteção da floresta através da criação de uma política de Biodiversidade que recomenda aos beneficiários dos recursos o pagamento de uma variedade de serviços ambientais. Houve a criação de um fundo para PSA, o Fundo Florestal Nacional (FONAFIFO), que oferece aos proprietários diversos contratos, que incluem a preservação de florestas existentes e também o reflorestamentos de áreas impactadas. Os pagamentos são ligeiramente acima do custo de conversão se comparado aos outros usos. Há ainda iniciativas para o estabelecimentos de parcerias com as empresas de geração de energia, uma vez que as mesmas são dependentes da manutenção do potencial hidrológico da bacia. O programa tem sido bem sucedido, uma vez que o PSA é mais rentável para o usuário do que o uso da terra para outros fins, no entanto os analistas tem se mostrado preocupados com a equidade e a sustentabilidade do programa, uma vez que apenas os proprietários privados com escrituras das terras tem acesso ao programa, o que muitas vezes exclui os pequenos proprietários, como pequenas comunidades tradicionais, que muitas vezes não tem condições de arcar com os custos do processo e com a burocracia do mesmo (Postel e Barton, 2005).

Houve no caso da Costa Rica a criação de uma ponte entre os prestadores de serviços ecossistêmicos e os beneficiários, a cidade negociou os serviços ambientais fornecidos pelos proprietários de terra e pelas comunidades a montante com os usuários a jusante, portanto há uma ligação direta entre os mantenedores do recurso a montante com os tomadores do recurso a jusante. A cidade optou portanto em investir na proteção de suas áreas geradoras de água ao invés de investir em sofisticação do tratamento de águas degradadas (Postel e Barton, 2005).

Cidades como Bogotá, Boston e Nova Iorque tem obtido economia com o tratamento da água para abastecimento através da adoção de medidas para melhoria da qualidade da água na bacia, o que prova que tais iniciativas são uma alternativa viável (Postel e Barton, 2005). Existem ainda grande desafios para a aplicação prática e econômica do PSA, que incluem o estabelecimento do direito de propriedade, execução de contratos, adoção de métodos para avaliação do desempenho e a formação de um mercado (Blignaut e Aronson, 2014).

No Brasil o PSA tem sido empregado em áreas rurais, onde os proprietários recebem pela preservação dos recursos naturais existentes em suas propriedades. A ferramenta tem se mostrado de grande importância na preservação de áreas de interesse ambiental, o que envolve diretamente a preservação dos recursos hídricos, ainda que não haja um corpo d'água dentro da propriedade, já que a manutenção de áreas verdes tem papel importante na manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico através da recarga dos aquíferos subterrâneos.

ESTUDO DE CASO: A BACIA DO ALTO TIETÊ

O objeto deste estudo será a bacia do Alto Tietê, que tem este nome por ser a cabeceira do Rio Tietê, portanto tem como característica possuir cursos d'água de pequeno porte, onde esta característica natural aliada à grande concentração populacional, resulta em uma baixa disponibilidade hídrica, sendo comparável às da região nordeste do Brasil (Silva & Porto, 2003).

A bacia do Alto Tietê tem uma taxa de crescimento elevada e devido à situação social da cidade, a população de baixa renda é levada a ocupar as áreas periféricas que em boa parte inclui importantes áreas de proteção de mananciais, e ainda ocupar áreas de várzeas outrora desocupadas. Essa ocupação resulta em um grave problema no que se refere aos recursos hídricos, uma vez que estas áreas são ocupadas sem planejamento e sem a infraestrutura sanitária, resultando em degradação ambiental e problemas de saúde pública, havendo ainda o agravamento da crise hídrica, uma vez que essa degradação da qualidade das águas dos mananciais utilizados para abastecimento da cidade contribui para diminuição da disponibilidade hídrica. Portanto há nessas áreas uma grande demanda por investimentos em habitação e infraestrutura básica (Silva & Porto, 2003).

O uso do solo na bacia é bem diversificado, havendo uma grande parcela de uso urbano, 20,54% de área urbanizada, e uma parcela importante de área florestal, com 27,89% de mata nativa e outros 9,58% de área em processo de reflorestamento. A Tabela 2 mostra a distribuição do uso do solo na bacia.

Tabela 2 - Composição do uso e ocupação do solo na bacia do Alto Tietê.

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de PDMAT3 (2013).

Uso do solo	Total		Uso do solo	Total	
	km ²	%		km ²	%
Chácara	347,44	6,02	Loteamento desocupado	16,44	0,28
Capoeira	418,89	7,25	Favela	60,65	1,05
Campo	622,81	10,78	Indústria	189,02	3,27
Reflorestamento	553,21	9,58	Rodovia	38,61	0,67
Mata	1610,93	27,89	Mineração	26,07	0,45
Vegetação de várzea	106,64	1,85	Lixão	0,66	0,01
Equipamento urbano	132,65	2,30	Aterro sanitário	6,28	0,11
Hortifrutigranjeiro	196,92	3,41	Espelho d'água	200,10	3,46
Movimento de terra/Solo exposto	57,94	1,00	Reservatório de retenção	1,25	0,02
Área urbanizada	1186,33	20,54	Outro uso	2,20	0,04
			Total	5775,04	100,00

O mapa da Figura 1 mostra a bacia e a distribuição do uso do solo, onde nota-se os usos vegetais mais concentrados nas áreas periféricas da mesma. Observa-se também a expansão da mancha urbana sobre os reservatórios da bacia, que são utilizados para o abastecimento de água das áreas urbanas.

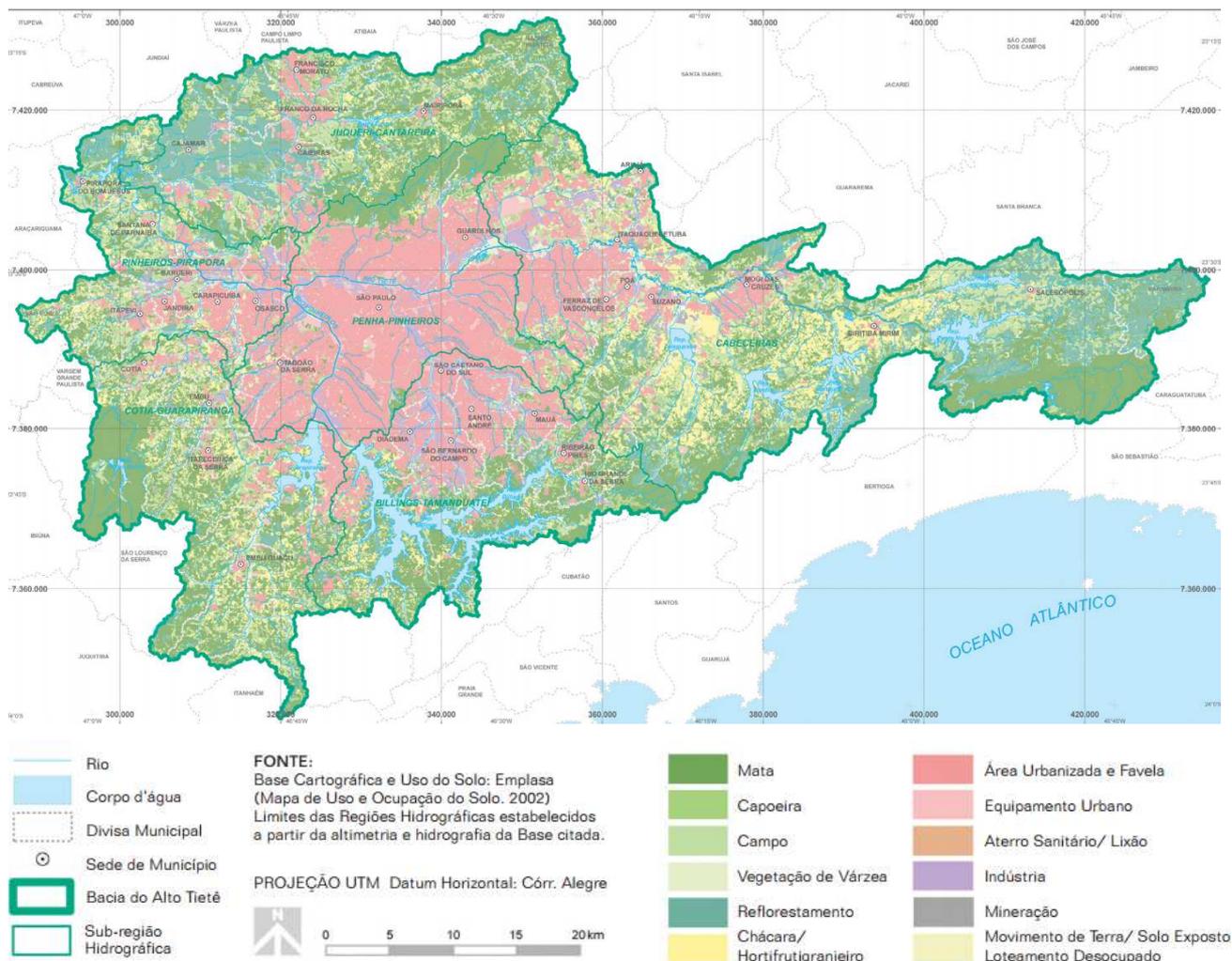


Figura 1 - Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Alto Tietê. Fonte: Adaptado de PDMAT3 (2013).

A elevada demanda por água na bacia, impulsionada pela alta densidade populacional, torna a mesma foco de atenção constante. A bacia passou por um período atípico de redução nas taxas rotineiras de precipitação, que aliado à gestão inadequada das águas na bacia resultou em uma crise hídrica severa no ano de 2015, havendo a necessidade de diversas adequações emergenciais nos sistemas existentes e no incentivo à redução do consumo.

A fim de verificar o impacto da presença florestal no custo do tratamento da água na bacia do Alto Tietê, será analisado o custo do tratamento da água na bacia para o cenário atual e para outros cenários hipotéticos com base nos valores apresentados por Postel e Barton (2005) (Tabela 1) e na caracterização do uso do solo na bacia (Tabela 2).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram considerados neste estudo três cenários: 1) Cenário atual: área de floresta na bacia de 37,47%, onde foi considerado como floresta os usos do solo "Mata" (27,89%) e "Reflorestamento" (9,58%); 2) Cenário crítico, onde foi considerada a perda de 17,47% das áreas de florestas; 3) Cenário otimista, onde foi considerada a conversão dos usos "Campo" (10,78%), "Capoeira" (7,25%) e "Chácara" (6,02%) em floresta.

Segundo o PDMAT3 (2013) a bacia do Alto Tietê conta com 19,7 milhões de habitantes; já o consumo anual de água por habitante segundo relatório anual da SABESP é de 116m³/hab.ano, portanto o consumo de água diário na bacia é de 6.347.777,78m³. Convertendo os valores em dólar da Tabela 1 para real (Taxa de conversão de R\$3,4 por \$1,0) chegou-se nos resultados obtidos para os cenários estudados apresentados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Resultados obtidos para os cenários estudados para a bacia do Alto Tietê.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Cenário	Consumo de água diário	Custo do tratamento	Custo diário do tratamento	Economia (+) ou gasto (-) gerado
1 Cenário atual (37,47% Floresta)	6.347.777,78	R\$ 52,10	R\$ 330.721.737,85	-
2 Cenário com perda de 17,47% de Floresta	6.347.777,78	R\$ 83,54	R\$ 530.295.200,35	-R\$ 199.573.462,50
3 Cenário com incremento Florestal (37,47% + 24,05% = 61,53% Floresta)	6.347.777,78	R\$ 33,24	R\$ 210.977.660,36	R\$ 119.744.077,50

Os resultados obtidos demonstram que, com base nos valores descritos por Postel e Barton (2005), a perda de 17,47% de área florestal na bacia do Alto Tietê resultariam em um incremento financeiro no custo do tratamento de R\$199.573.462,50, enquanto o enriquecimento das áreas verdes na bacia com o incremento de 24,05% de área florestal resultaria em uma economia de R\$119.744.077,50 que poderia ser revertido em pagamento por serviços ambientais na bacia e em obras para melhoria da qualidade de vida da população.

CONCLUSÕES

Este estudo simplificado confirmou a importância da manutenção de áreas florestais em bacias hidrográficas, pois além dos benefícios intrínsecos, como a manutenção da biodiversidade, a sua manutenção salva guarda uma função de grande interesse para o homem que é a da reciclagem da água, o que resulta na redução dos custos com o tratamento, já que se tem à disposição para captação águas de melhor qualidade. Além disso, bacias hidrográficas com áreas verdes significativas e bem preservadas auxiliam na regulação do balanço hídrico, promovendo maiores taxas de infiltração e menores de escoamento superficial, o que resulta em uma maior segurança contra inundações e enchentes nas áreas urbanas a jusante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a) Livros

Guedes, Fátima Becker; Seehusen, Susan Edda. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Ministério do Meio Ambiente-MMA, 2011.

b) Artigos em revista

Blignaut, J.; Aronson, J.; WIT, M. - The economics of restoration: looking back and leaping forward. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2014.

Cechin, A. D., & Veiga, J. E. D. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. *Revista de Economia Política*, v. 30, n. 3, p. 438-454, 2010.

Postel, S. L., and Barton H. T. - Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. *Natural Resources Forum*. Vol. 29. No. 2. p. 98-108. Blackwell Publishing, Ltd., 2005.

Silva, R. T.; Porto, M. F. D. A. - Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003.

Teixeira, C. A.; Porto, R. L. L. - Modelo matemático para gerenciamento de quantidade e qualidade da água em rios. Um estudo de caso: bacia do rio piracicaba. *Revista de ciências ambientais*, v. 2, n. 2, p. p. 79-104, 2008.

c) Artigos em anais de congresso ou simpósio

Marques, J. F.; Comunne, A. E. Quanto vale o meio ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental. In: Encontro Nacional de Economia, 23., Salvador, 1995. Anais. Rio de Janeiro: Anpec, 1995. v. 1, p 633-652.

d) Normas

CONAMA 357. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, v. 357, 2005.

e) Relatórios Técnicos

PDMAT3 - Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, 2013. Disponível em: < http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=77>. Acessado em 10/01/2016.