

## VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS HIDROLÓGICOS DO PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIBEIRÃO DAS POSSES, EXTREMA (MG)

*Sandra Isay Saad<sup>1\*</sup>; Humberto Ribeiro da Rocha<sup>2</sup>; Jonathan Mota da Silva<sup>3</sup>; Emilia Brasílio<sup>4</sup>*

**Resumo** – A tentativa de valorar os serviços ambientais é uma boa forma de incentivar a conservação do meio-ambiente. Os Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como, por exemplo, o Projeto Conservador das Águas, em Extrema (MG), na bacia do Ribeirão das Posses, uma sub-bacia no Sistema Cantareira, que financia os pequenos produtores para promoverem o reflorestamento, tem tido grande sucesso neste sentido. Mas, apesar dos esforços destes programas, ainda são escassos os estudos que quantifiquem monetariamente os benefícios da melhora da provisão dos serviços ambientais, importante para incentivar novos investimentos e para incentivar o mercado de compra e venda dos Serviços Ambientais. Este trabalho teve como objetivo contabilizar economicamente os benefícios hídricos do Projeto Conservador das Águas e comparar com os custos e com outras possibilidades de desenvolvimento. Mostrou-se que uma parte do investimento do projeto e do desenvolvimento não realizado em detrimento da conservação (e reflorestamento) da floresta pode ser justificada pelos benefícios econômicos da melhora da qualidade d'água e diminuição da deposição dos sedimentos no reservatório.

**Palavras-Chave** – Pagamento por Serviços Ambientais, Projeto Conservador das Águas, Serviços Hidrológicos.

## VALUATION OF HYDROLOGICAL ENVIRONMENT SERVICES FROM PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS IN POSSES RIVER BASIN, EXTREMA (MG)

**Abstract** – The attempt to assess the environmental services is good practice to encourage environment conservation. Payment for Environmental Services (PSA) programs such as “Projeto Conservador das Águas” in Extrema (MG), in PosSES River Basin, a sub basin in Sistema Cantareira, which invest in small farmers for reforestation, has had great success in this regard. But despite the efforts of these programs, there are few studies which evaluate economic benefits of improving the provision of environmental services, important to encourage new investments and to stimulate the Environmental Services market. This study aimed to account the economic hydric benefits of “Projeto Conservador das Águas”. We showed that a part of the investment of the project, and the development which did not occur can be justified by economic benefits for the improvement of water quality and the avoided sediment deposition in the reservoir.

**Keywords** – Payments for Environmental Services, Projeto Conservador das Águas, Hydrological Services.

### 1. INTRODUÇÃO

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), Universidade de São Paulo, e CLIMATEMPO. (11) 3091-4772. [sandraisaad@gmail.com](mailto:sandraisaad@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto de Astronomia, Geofísica e de Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo. (11) 3091-4772. [humberto@model.iag.usp.br](mailto:humberto@model.iag.usp.br)

<sup>3</sup> Instituto de Astronomia, Geofísica e de Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo. (11) 3091-4772. [jmotasilva@gmail.com](mailto:jmotasilva@gmail.com)

<sup>4</sup> Instituto de Astronomia, Geofísica e de Ciências Atmosféricas (IAG), Universidade de São Paulo. (11) 3091-4772. [brasilio@gmail.com](mailto:brasilio@gmail.com)

\* Autor Correspondente

Os Serviços Ecosistêmicos são os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas. Incluem os Serviços de Provisão, que são os produtos obtidos do ecossistema como comida, água, madeira e medicamento; os Serviços de Regulação, ou os benefícios obtidos da regulação dos processos ecosistêmicos, como a regulação do clima, controle de doenças, regularização de vazão e polinização; os Serviços Culturais, ou benefícios não materiais obtidos do ecossistema como benefícios espirituais e religiosos, a recreação e ecoturismo, estética, inspiração, educação e a herança cultural; e os Serviços de Apoio, que são serviços necessários para a produção dos demais serviços ecosistêmicos como a formação do solo, ciclo de nutrientes e produção primária (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Serviços ecosistêmicos geralmente não são comprados e vendidos no mercado, e se depender só do mercado, haverá um sobre-uso destes serviços naturais (Pearce et al., 1991). A tentativa de valorar os serviços ambientais é a melhor forma de incentivar a conservação do meio-ambiente (Daily et al., 2009). Com isto, decisões que afetem o ecossistema deverão efetivamente promover o ressarcimento pelos Serviços Ambientais perdidos. O conceito de Desenvolvimento Sustentável está cada vez mais relacionado com a Valoração Econômica Ambiental uma vez que a busca da aplicação concreta do conceito de Desenvolvimento Sustentável passa a requerer mecanismos valorativos quantificadores (Amazonas 2001).

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um instrumento econômico que garante o fornecimento dos serviços ambientais aos usuários e recompensa os “provedores”, incentivando a proteção e o uso sustentável dos recursos naturais e melhorando a qualidade de vida dos pequenos produtores rurais. No Brasil, há esquemas de PSA privados, financiados e gerenciados por empresas e ONG’s, e públicos, financiados e gerenciados por governos nos diversos níveis (municipal, estadual e federal) (Guedes e Seehusen, 2011). Um exemplo de programa desta natureza é o Projeto Conservador das Águas, o primeiro projeto a ser executado como parte do Programa Produtor das Águas, da Agência Nacional das Águas. O projeto foi executado pelo município de Extrema, MG, garantindo o financiamento aos produtores rurais que contribuam com o provimento de serviços ambientais pela conservação dos recursos hídricos. Os produtores receberiam R\$ 210,00 por hectare/ano para toda a propriedade e deveriam atingir as seguintes metas: Adoção de práticas conservacionistas de solo, com finalidade de abatimento efetivo da erosão e da sedimentação; Implantação de sistema de saneamento ambiental rural; Implantação e manutenção de APPs; e Implantação da Reserva Legal (Conservador de Águas, 2010). As bacias em questão são a Microbacia das Posses e Microbacia do Salto, ambas situadas no Sistema Cantareira, e contribuem para o abastecimento de água para parte dos 8,8 milhões de pessoas na região Metropolitana de São Paulo.

Apesar de preverem a comercialização de serviços ambientais, os programas de PSA geralmente apresentam dificuldades em mensurar os reais benefícios inclusive econômicos após sua implementação. Na Costa Rica, por exemplo, onde foi implementado o programa “Pago por Servicios Ambientales” em nível nacional, Pagiola (2008) destaca como uma das dificuldades do programa a ineficiência de um sistema de monitoramento e a quantificação dos serviços ambientais e impactos do programa. Muitos agentes adotam a estratégia de caronistas, usufruindo de serviços pagos por terceiros, o que faz com que a disposição a pagar tenda a zero. E se não são precificados os serviços ambientais pode ocorrer a tragédia dos comuns, ou seja, uma superexploração que leva ao fim do recurso (Guedes e Seehusen, 2011). Além disso, os programas de PSA para a proteção dos serviços hidrológicos geralmente não são baseados em provas científicas, e sim em suposições ou crenças (Muradian et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi contabilizar economicamente e comparar com os custos e com outras possibilidades de desenvolvimento, os benefícios hídricos do Projeto Conservador das Águas na bacia do Ribeirão das Posses, que alimenta parte do Sistema Cantareira, que fornece metade da água consumida na Região Metropolitana de São Paulo.

## 2. METODOLOGIA

Foram feitas simulações com o modelo de hidrologia (“Reservoir Hydropower Production”) e de perda de sedimentos (“Avoided Reservoir Sedimentation Model”) do InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*, Tallis et al., 2011), para a bacia do Ribeirão das Posses (Figura 1), situada no município de Extrema, MG, que alimenta parte do Sistema Cantareira. A Bacia está inserida no programa de PSA Conservador das Águas.

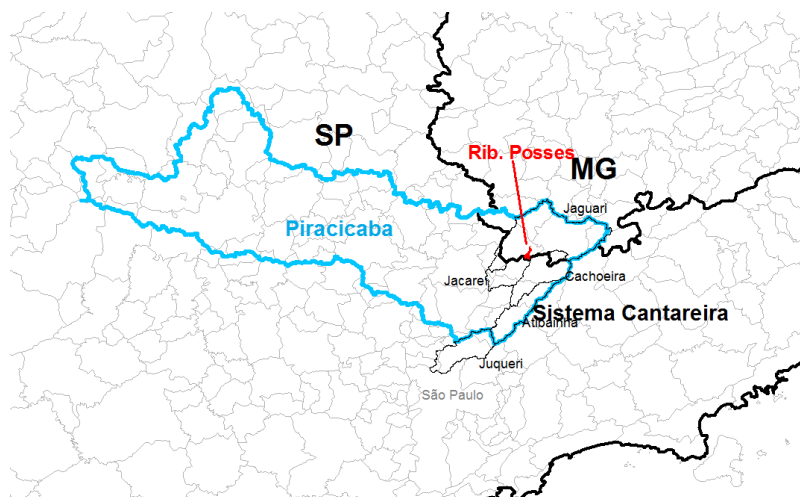


Figura 1: Bacia do Ribeirão das Posses.

A resolução utilizada para as simulações foi de 90 m, e o Modelo Digital de Elevação também de 90 m. Os dados de chuva utilizados representam a média do período de 1981 a 2010 das estações pluviométricas do DAEE, a evapotranspiração potencial foi extraída do modelo SWAT (*Soil & Water Assessment Tool*), e o tipo de solo de Azevedo (2008). O índice de erosividade foi calculado com a chuva do CPC de 1981 a 2010 (eq. 1, Zolin, 2010).

$$R = 67.355 \left( \frac{r}{P} \right)^{0.85} \quad (1)$$

onde  $R$  é a erosividade da chuva  $\text{MJ mm ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ,  $r$  é a precipitação média mensal (mm),  $P$  é a precipitação média anual (mm). Soma-se os 12 valores obtidos para cada mês para obter a erosividade anual.

Os mapas de uso da terra utilizados foram alterados nos casos abaixo. As frações de pastagem e floresta nos cenários são descritas na Tabela 1.

- Vegetação Atual: adaptado do uso da terra fornecido pela TNC para o Ribeirão das Posses (Figura 2a);
- APP 50 m: Vegetação Atual, com as Áreas de Preservação Permanente ciliares reflorestadas, em toda a bacia (Figura 2b);

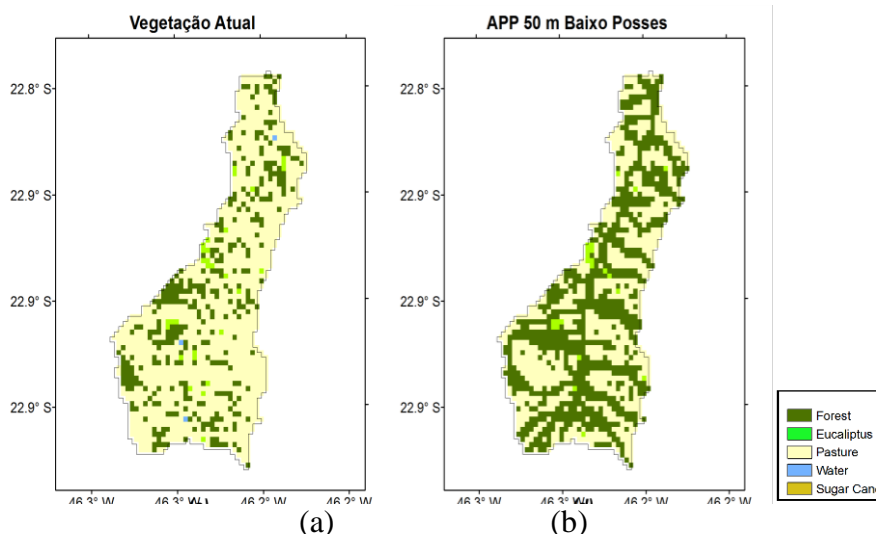


Figura 2: Uso da terra das simulações de Posses para o caso (a) Vegetação Atual e (b) APP.

Tabela 1: Cobertura de pastagem e floresta dos cenários.

	Cobertura de Pastagem (%)	Cobertura de Floresta (%)
<b>Ribeirão das Posses</b>		
Atual	76.0	21.9
APP	50.0	48.6

## 2.1 Valoração Econômica

Foi feita a valoração dos recursos hídricos em termos dos custos evitados para o tratamento d'água e remoção dos sedimentos por dragagem baseado no método utilizado por Sousa Jr. (Sousa Júnior, 2011).

### Custo de Tratamento d'Água

O custo do tratamento da água ( $custoWQ$ ) foi calculado a partir de:

$$custoWQ(R\$/ano) = Cunit(R\$/m^3) \cdot Q(m^3/s) \cdot 365 \cdot 86400s \quad (1)$$

onde  $Q$  é a vazão e  $Cunit$  é o custo do tratamento de 1 metro cúbico de água, obtido por Schmidt (2011) e utilizada por Sousa Jr (Sousa Júnior, 2011), dado por:

$$Cunit(R\$/m^3) = 0,0011 \ln(T) - 0,0013 \quad (2)$$

onde  $T$  é a turbidez da água a ser tratada e foi obtida a partir da relação obtida por Teixeira e Senhorelo (2000) e utilizada por Sousa Jr (Sousa Júnior, 2011):

$$T(NTU) = \frac{\ln(SS(mg/L) - 1,57)}{0,1} \quad (3)$$

onde  $SS$  é a concentração dos sólidos em suspensão, dada pela relação entre a vazão sólida (fluxo de sedimentos dividido pela área da bacia) e a vazão líquida:

$$SS(mg/L) = \frac{Q_{SS}(ton/ano)}{Q(m^3/s)} \quad (4)$$

O fluxo de sedimentos e a vazão foram obtidos respectivamente utilizando os módulos de sedimentos e hidrológicos do InVEST.

## 2.2 Custo de Dragagem

O custo de dragagem (custoDR) foi calculado a partir de:

$$\text{custoDR}(R\$/ano) = QSS(t/ano) \cdot 50\% \cdot \text{CUT}(R\$/t) \quad (5)$$

onde QSS é a vazão sólida, obtida com o módulo de sedimentos do InVEST e CUT é o custo unitário da Dragagem, igual a R\$25 por m<sup>3</sup>, ou R\$16 por tonelada. Os 50% indicam a carga de sedimentos retida à montante.

## 3. RESULTADOS

As Figura 3 e 4 mostram o deflúvio, evapotranspiração, erosão e fluxo de sedimentos, médios anuais, em Ribeirão das Posses para o caso Vegetação Atual e APP, simulados com o modelo InVEST. A vazão média anual diminuiu e a evapotranspiração aumentou nas áreas florestadas. A vazão no exutório diminuiu de 208 L/s no caso Atual para 155 L/s no APP (ou, equivalentemente, 536 para 400 mm/ano), que representa uma queda de 26%. A Evapotranspiração média passou de 964 mm/ano para 1100 mm/ano, o que representa um aumento de 14% no caso APP. As alterações em termos de diminuição da erosão no caso APP foram maiores, passando de 6.5 a 4.5 t/ha/ano, representando uma diminuição de 31%, o que se refletiu na diminuição do fluxo de sedimentos ainda maior, passando de 273.5 a 174.8 (diminuição de 36%).

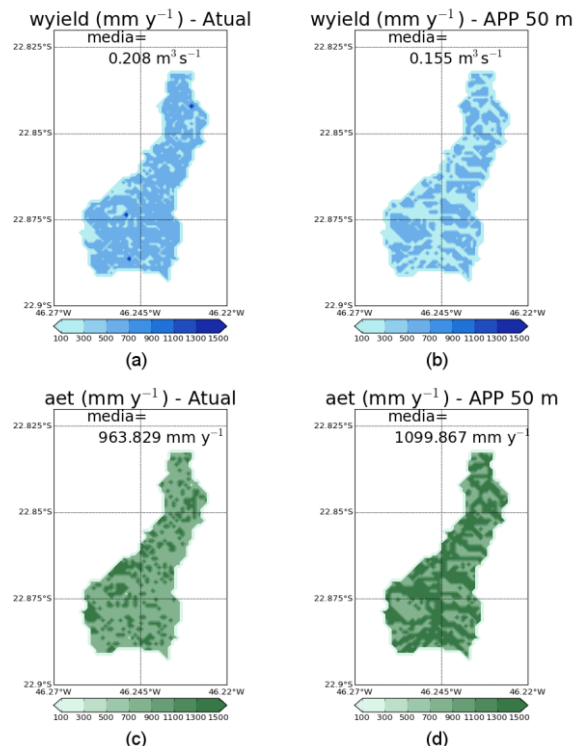


Figura 3: Resultados dos casos Vegetação Atual (painéis à esquerda) e APP (à direita) para: (a) e (b) deflúvio (mm/ano) e vazão no exutório (m<sup>3</sup>/s); e (c) e (d) evapotranspiração (mm/ano).



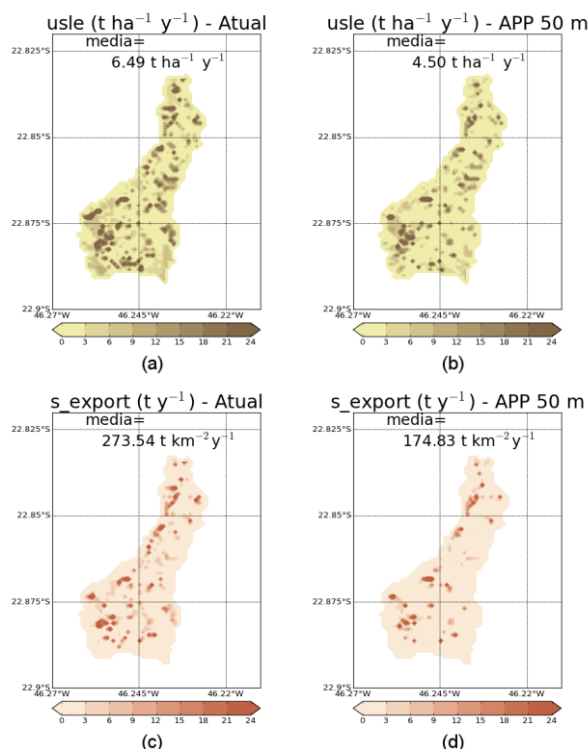


Figura 4: Resultados dos casos Vegetação Atual (painéis à esquerda) e APP (à direita) para: (a) e (b) erosão ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ); e (c) e (d) sedimentos exportados ( $t\ ano^{-1}$ ) e fluxo de sedimentos no exutório ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ).

O aumento hipotético das áreas florestadas poderia provocar a diminuição da vazão e a diminuição do fluxo de sedimentos. Mas a diminuição do fluxo de sedimentos mais acentuada do que a vazão refletiu na diminuição da concentração de sedimentos na água dos rios, que passou de 511,0 para 437,8 mg/L, representando uma diminuição de 14%, e se caracterizando em um benefício do serviço ambiental causado pelo reflorestamento.

A perda de solo para pastagens brasileiras variou de 1 a 50 t/ha/ano (Bertol, 2007). O valor encontrado de 6,5 t/ha/ano para o caso atual indica que a condição encontra-se no intervalo de pastagens bem manejadas, já que a pastagem representa a maior parte do domínio de Posses (76%). O fluxo de sedimentos foi alto em relação ao encontrado na literatura para rios brasileiros, de 3 a 170 t/km<sup>2</sup>/ano (Lima et al., 2008), mas além deste valor ser válido para grandes bacias, Posses apresenta altos valores de declividade (com a altitude variando de 952 m no exutório a 1452 m na cabeceira).

### 3.1 Valoração Econômica

Uma estimativa dos custos em tratamento de água e em dragagem foi feita para os cenários de vegetação atual e com as APPs (Tabela 2), utilizando as equações 1 a 5 mostradas anteriormente. Na diferença entre os cenários (APP-Atual), obteve-se um total de aproximadamente R\$15 mil por ano. Deste total, a maior parte (2/3) foi atribuída aos custos estimados da dragagem e a menor parte (1/3) para a manutenção da qualidade d'água.

Tabela 2: Vazão, fluxo de sedimentos e erosão (*usle*) simulados com o modelo InVEST e custos do tratamento d'água (*ValueWQ*), de dragagem (*ValueDR*) e a soma de ambos (*ValueT*), para a Bacia do Ribeirão das Posses, para dois cenários: com a vegetação atual, e com as áreas de APP, e a diferença entre ambos.

Vegetação	vazão (m <sup>3</sup> /s)	sedimentos (t/ha/ano)	usle (t/ha/ano)	Valuewq (R\$)	Valuedr (R\$)	ValueT (R\$)
Atual	0.2077	2.735	6.487	-\$19,173.17	-\$27,889.84	-\$47,063.01
APP	0.1549	1.748	4.505	-\$14,120.09	-\$17,825.35	-\$31,945.44
(APP-Atual)	-0.0528	-0.987	-1.982	\$5,053.08	\$10,064.49	\$15,117.57

Para efeito de comparação foi calculado o custo de oportunidade da recuperação da floresta baseado no valor de retorno líquido da pecuária de corte em regime intensivo (Tabela 3). O custo da oportunidade da preservação é o seu custo em termos de uma oportunidade renunciada. O valor utilizado foi de R\$ 156,89 /ha/ano (Souza Junior, 2011). A área considerada foi a que foi substituída por floresta no caso APP em relação ao caso atual (326,6 ha). O valor encontrado para o custo de oportunidade foi de R\$51 mil por ano. Em comparação, a valoração dos serviços ambientais de manutenção da qualidade d'água e dragagem evitada justifica 30% do custo da oportunidade.

O Projeto Conservador das Águas garante aos agricultores participantes um total de R\$ 210,00 por hectare e por ano para toda a propriedade (e não só relativo ao montante conservado, Conservador das Águas, 2010). Se o programa englobasse toda a Bacia do Ribeirão das Posses, o total gasto seria equivalente a R\$ 257 mil por ano, desconsiderando demais investimentos. Assim, os serviços ambientais explicam 6% do custo do projeto de pagamento de serviços ambientais.

Compararam-se também os ganhos médios do agricultor em uma situação incluída ou não no Projeto Conservador das Águas. Na área sem APP, o agricultor incluído no projeto ganharia R\$ 156,89/ha do rendimento da pecuária e mais R\$210,00/ha do projeto, e na área de APP ganharia R\$210,00. Considerando que a área de APP's em toda a bacia em 2009 é de 352,5 ha (João Guimarães, da TNC, comunicação pessoal) e a área fora das APP's é de aproximadamente 837,9 ha, os agricultores receberiam um total de R\$ 381.442,13 por ano. Já no caso sem o projeto, os agricultores receberiam os R\$156,89 multiplicados pela área total da bacia, resultando em R\$186.761,86. Portanto um agricultor deverá receber pelo menos o dobro do que ganharia sem o projeto Conservador das Águas.

Tabela 3: Valoração dos serviços ambientais hidrológicos (ValueT), custo da oportunidade da conservação e reflorestamento (oportunidade), investimento estimado do projeto Conservador das Águas para a Bacia do Ribeirão das Posses (Conserv\_aguas) e relação entre o primeiro e os dois últimos.

Vegetacao	valueT(R\$)	oportunidade (R\$)	Conserv_aguas (R\$)	valueT/ oportunidade	valueT/ conserv_aguas
(APP-Atual)	\$15,117.57	\$51,240.27	\$256,935.00	29.50%	5.88%

#### 4. CONCLUSÕES

Os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais são incentivos para a manutenção da cobertura florestal nativa e realização de reflorestamento que promovem benefícios muito conhecidos na prática mas ainda não mensurados monetariamente. O Projeto Conservador das Águas, no município de Extrema, MG, é um exemplo de projetos desta natureza e é bastante satisfatório no sentido da contribuição para a melhoria da qualidade do meio ambiente e para a qualidade de vida dos pequenos produtores.

Este trabalho mostrou que uma parte do investimento do Projeto Conservador das Águas e do desenvolvimento não realizado em detrimento da conservação (e reflorestamento) da floresta pode ser justificada pelos benefícios econômicos da melhoria da qualidade d'água e diminuição da deposição dos sedimentos no reservatório. Os valores (preliminares) encontrados foram de 30% da

valoração dos serviços ambientais em relação ao custo da oportunidade da preservação, e de 6% da valoração dos serviços ambientais em relação ao investimento do projeto Conservador das Águas. No entanto, os valores serão recalculados depois de uma nova calibração do modelo.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao CNPQ (Processo: 159363/2012-8). Os autores agradecem a João Guimarães da The Nature Conservancy pelas valiosas discussões e apoio deste estudo que culminaram na premiação do 6º prêmio Ação pela Água na categoria Pesquisa e Inovação do Consórcio PCJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONAS, M. DE C. **Valor e Meio Ambiente: Elementos para uma Abordagem Evolucionista**. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

AZEVEDO, T. S. **Legislação e geotecnologias na definição das áreas de preservação permanente e das reservas legais: Aplicação à Bacia do Córrego das Posses, Município de Extrema - MG**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2008.

BERTOL, I. **Predição da Erosão no Brasil : Necessidade de Estudá-la e Perspectiva de Implementação de um Modelo**. XXXI Cong. Bras. Ciência do Solo. Gramado - RS: 2007

Conservador das Águas, Pereira P. H., Cortez B. A., Trindade T., Mazochi M. N. Dep. Meio Ambiente Extrema – MG, Edição 2010.

DAILY, G. C. et al. Ecosystem services in decision making: time to deliver. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 21-28, fev. 2009.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamento por Serviços Ambientais na Mata Atlântica**. Brasília: 2011. p. 280

LIMA, J. E. F. W. et al. **Fluxo de sedimentos em suspensão no exutório de grandes bacias hidrográficas em território brasileiro**. VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. **Anais**. Campo Grande – MS: 2008

Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. Washington, DC: Millennium Ecosystem Assessment. Island Press., 2003. p. 266

MURADIAN, R. et al. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, abr. 2010.

PEARCE, D.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E. B. Valuing the Environment. In: **Blueprint for a Green Economy**. Londres: Earthscan Publication Ltd, 1991. p. 51-81.

SOUSA JÚNIOR, W. C. Pagamento por Serviços Ecossistêmicos: Mata Ciliar, Erosão, Turbidez e Qualidade de Água. Produtos Técnicos. Projeto de Recuperação de matas ciliares, Secretaria do meio ambiente do estado de São Paulo, SP. v. 34, n. 1, 2011.

TALLIS, E. H. et al. InVEST 2.4.4 User’s Guide: Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs. 2011.

ZOLIN, C. A. **Análise e otimização de projetos de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) - o caso do município de Extrema, MG**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, 2010.