

# O valor do serviço de proteção de mananciais

*The value of the watershed protection service*

Ronaldo José Ferreira Magalhães<sup>1\*</sup> , Antenor Rodrigues Barbosa Júnior<sup>2</sup> 

## RESUMO

Unidades de conservação são espaços protegidos que prestam serviços ambientais continuamente para toda a sociedade. O Serviço de Proteção aos Mananciais de abastecimento público (SPM) é um desses serviços. Como previsto no art. 47 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985, de 2000 (BRASIL, 2004b), deve contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade aquele usuário do recurso hídrico que se beneficiar da proteção proporcionada por ela. O pagamento pelo serviço ambiental a que a unidade de conservação faz jus deve ser valorado com a participação de seus usuários e divulgação de seus valores para que esses usuários conheçam as consequências de perdas dos serviços ecossistêmicos. Valorar esse serviço é o objetivo deste trabalho.

**Palavras-chave:** valoração ambiental; serviço de proteção de mananciais; instrumentos econômicos; comando-e-controle; serviços ecossistêmicos.

## ABSTRACT

Conservation Units are Protected Areas that continuously provide environmental services to society. An example is the Public Water Supply Watershed Protection Service (SPM). As provided in art. 47, Law 9.985 of 2000 (BRASIL, 2004b), the National System of Conservation Units (SNUC) should contribute financially to the protection and implementation of the unit those users of water resources that benefit from the protection afforded by it. The payment for environmental services that the protected area deserves should be valued with the participation of all users, who should be aware of the value of the ecosystem services provided and the consequences of losing such services. Valuing this service is the goal of this work.

**Keywords:** environmental valuation; watershed protection service; economic instruments; command-and-control; ecosystem services.

## INTRODUÇÃO

Na visão desenvolvimentista tradicional, a natureza é percebida como “fornecedora inexaurível de recursos e, ao mesmo tempo, como um esgoto de infinita capacidade de absorção” (CAVALCANTI, 2003, p. 19).

Essa falta de cuidado com o meio ambiente não é uma novidade. Segundo Mebratu (1998), a rápida transformação do “homem coletor-caçador” para o “homem industrial”, com suas tecnologias cada dia mais adaptativas, impôs ao ambiente uma pressão que levou não só à escassez dos recursos naturais, mas também à necessidade de maior capacidade de absorção dos resíduos. Com isso, o ambiente natural já dá sinais de ter atingido seu limite.

Instrumento importante na estratégia de conservação de espaços naturais são as unidades de conservação (UC), as quais cumprem um papel fundamental na reserva de porções estratégicas de nossos biomas, guardando a biodiversidade e toda uma complexa rede de relações para que se possa avaliar de forma mais detalhada e aprofundada qual a maneira mais adequada de gestão para se atingir os objetivos para elas estabelecidos. Enorme desafio é alocar

adequadamente todos os recursos necessários para a correta gestão dessas unidades.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2004b), é o marco regulatório das UC do Brasil. Regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002 (BRASIL, 2004a), essa norma legal estabelece as regras para as UC desde a sua criação até a sua gestão, estabelecendo os princípios gerais para tal.

A inclusão da sociedade no esforço de gestão dessas áreas pode trazer sobre elas um novo olhar, passando-se a valorizar os recursos ambientais não só como necessários e vitais à continuidade da existência da raça humana no planeta, mas também como ativos financeiros que podem ser o diferencial na economia mundial em um futuro muito próximo.

Potenciais mananciais de captação de água para uso humano, diversas dessas unidades têm a função de protegê-los, seja mantendo a qualidade e quantidade da água, seja tornando-os perenes e garantindo a sua proteção ao longo do tempo.

<sup>1</sup>Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto - Ouro Preto (MG), Brasil.

\*Autor correspondente: mgmronaldo@gmail.com

Recebido: 05/11/2014 - Aceito: 06/08/2018 - Reg. ABES: 142492

Diante da discussão sobre a importância dos diversos processos naturais que sustentam a vida sobre a Terra, surgiu o conceito de serviços ecossistêmicos ou ambientais que se apresentam como alternativa de conservação em um ambiente e em uma sociedade onde prevalece a lógica do desempenho econômico. Como um direito difuso, os serviços ambientais são prestados pela natureza e, por consequência, pelas UC para toda a sociedade, mas, por vezes têm seu valor econômico explorado por uns poucos que se apropriam dos benefícios gerados sem a devida contrapartida. O acesso a esses bens e serviços sem o devido pagamento gera a falsa ideia de falta de valor deles, causando distorções no mercado e levando seu uso além dos limites de recuperação.

Assim, o papel da valoração do meio ambiente assume interesse à medida que os recursos naturais e serviços ambientais não são precificados nos mercados convencionais (CAVALCANTI, 2010). Valorar adequadamente esses bens e serviços permite que se possa escolher entre conservar com resultados econômicos sustentáveis ou explorar o ambiente em busca de um retorno financeiro imediato.

O pagamento pelos serviços ambientais (PSA) pode contribuir para a solução dos problemas relativos à conservação. Além de apoiar o financiamento das UC pela entrada dos recursos gerados pelos serviços prestados, pode também despertar a sociedade para a importância estratégica das áreas protegidas no que diz respeito ao enorme ativo econômico que estas abrigam. O SNUC, em seu Art. 47, determina que aquele que se beneficia da proteção dada pela UC aos recursos hídricos deve contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade (BRASIL, 2004b).

O que aqui se propõe é o estabelecimento de parâmetros objetivos e a sua quantificação financeira, de forma clara e fundamentada, determinando um valor para o serviço ambiental de proteção de manancial.

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Essencial para a vida, a água está estável em sua quantidade na Terra desde os seus primórdios. Circula por sua atmosfera há bilhões de anos e acredita-se que ainda circulará por mais alguns bilhões, mesmo depois de a raça humana ter partido. Como bem ambiental, a água presta ainda outros serviços ambientais, dentre os quais se pode destacar a dissolução de efluentes e a reciclagem de nutrientes.

Cada dia mais, o abastecimento de água, em condições de consumo para uma população crescente, torna-se mais caro e comprometido. A ocupação e utilização de grandes áreas para a expansão urbana, para a agropecuária ou para a industrialização multiplicam seus efeitos negativos e deixam seus impactos sobre o meio. Segundo a Companhia de Abastecimento e Saneamento de Minas Gerais (COPASA, 2003), em informações disponíveis em seu sítio na rede mundial de computadores:

A água tratada é um produto industrial que exige altos investimentos para a sua produção, reservação, distribuição e controle de qualidade. Para garantir sua quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde – OMS, a COPASA exerce um rigoroso controle e investe em programas de preservação dos mananciais de onde a água é retirada para abastecimento público.

Além do comprometimento da qualidade da água, outra situação não menos grave é a implicação de sua quantidade. As mesmas ações humanas que afetam a qualidade modificam o ambiente e, consequentemente, comprometem o ciclo hidrológico, alterando o regime hídrico dessas regiões e comprometendo a disponibilidade da quantidade adequada de água em determinados locais.

Stenger, Harou e Navrud (2009) observam que os ecossistemas florestais preservados têm significativa importância para o controle da erosão, protegendo o solo, além de regular o sistema hidrológico, reduzindo as variações de vazão. Podem-se incluir aí todos os ecossistemas preservados, não só os florestais.

A escolha de mananciais para abastecimento público passa por uma avaliação criteriosa. Encontrar um ponto de captação com água em qualidade e quantidade adequadas, próximo ao consumidor e onde se possa manter tais condições é quase impossível. Segundo a COPASA (2003):

As ferramentas mais importantes para dispormos de água em quantidade e qualidade são a conservação dos suprimentos de água doce do planeta e a recuperação dos sistemas com água poluída. A COPASA, diante dessa realidade, adota como uma das suas prioridades a proteção dos mananciais utilizados em seus sistemas de abastecimento público de água.

Segundo Andreoli *et al.* (2000), as bacias de mananciais de abastecimento exigem um tratamento diferenciado, uma vez que a qualidade da água bruta depende da forma como as atividades ali inseridas são manejadas. Florestas e outras formas de vegetação em estado natural regulam tanto a *qualidade quanto a quantidade* dos recursos hídricos, sendo a base da gestão integrada desses recursos (NÚÑEZ; NAHUELHUAL; OYARZU, 2006). Ensina Lima (1996), citado por Reis (2004, p. 13), que a conservação da água não pode ser alcançada sem a conservação dos outros recursos naturais, já que o “comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico reflete diretamente as condições, os usos e a cobertura do terreno (solo, vegetação, etc.) de onde ela emana”, existindo uma relação estreita entre a cobertura vegetal nativa e a água.

A importância desses espaços reside na necessidade de se manter o fornecimento sempre crescente de água tratada para a população e para a indústria e o comércio. Segundo a COPASA (2003), são necessários

hoje altos investimentos para manter áreas fora de UC em condições de fornecer água de qualidade e em quantidade adequada. A própria concessionária reconhece que “a preservação dessas áreas vem garantir a perpetuidade das características *qualitativas e quantitativas* dessas fontes de abastecimento” (COPASA, 2013, grifo nosso).

Em Nova York, as autoridades concluíram que seria econômica e financeiramente mais viável investir na conservação das bacias que protegiam os mananciais de abastecimento de água da cidade do que construir e manter uma nova estação de tratamento (WWF, 2003). As águas provenientes das bacias de Catskill, Delaware e Croton, historicamente de boa qualidade, abastecem a cidade norte-americana.

O receio de que a ocupação dessas bacias e o aumento das atividades antrópicas ali desenvolvidas alterassem de forma negativa a disponibilidade de água em quantidade e qualidade chamou a atenção das autoridades responsáveis e, em 1997, foi assinado um grande acordo chamado New York City Watershed Memorandum of Agreement. Esse acordo colocou de um lado os interesses dos usuários de água da parte mais baixa da bacia na manutenção das boas condições dessa água e do outro os interesses dos usuários da parte mais alta, com suas expectativas de uso econômico de suas propriedades ali inseridas.

Esse programa de gerenciamento de longo prazo passa por aquisição de terras, novas regras de utilização das áreas da bacia e apoio financeiro para os usuários proprietários e moradores da região, com o objetivo de promover o seu desenvolvimento econômico mantendo a qualidade ambiental. Estimou-se o custo do programa em US\$ 1,5 bilhão em investimentos a serem aplicados ao longo de dez anos e, no seu fim, esperava-se evitar a necessidade de investimento em novas estruturas de tratamento estimadas entre US\$ 6 e US\$ 8 bilhões, além de um custo anual adicional de operação de US\$ 300 a 500 mil.

Nesse mesmo acordo, a população de Nova York concordou em pagar mais pela água para a formação de um fundo que mantivesse o programa (NATIONAL RESEARCH COUNCIL *et al.*, 2013), o qual foi renovado em 2011 por mais 15 anos e prevê investimentos de mais US\$ 100 milhões na sua manutenção (NYC ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2011).

Experiências como essas da cidade norte-americana são exemplos de ações e da necessidade de conservação de mananciais de abastecimento público e demonstram a importância de ordenar e adequar o uso das bacias de contribuição, protegendo-as para um fornecimento seguro de água. São exemplos também do pagamento por serviços ambientais que reconhecem o esforço de proteção de uns gerando ganhos para todos.

E esse cuidado é importante. Segundo Tundisi & Tundisi (2010), a remoção da vegetação e o uso intensivo das bacias hidrográficas comprometem todos os principais serviços ambientais e *a deterioração da qualidade da água aumenta substancialmente os custos do tratamento para abastecimento público. Áreas protegidas com mananciais de boa*

*qualidade necessitam de pouco investimento em tratamento.* Nessas condições, explicam os autores que os custos desse tratamento podem chegar, no máximo, a R\$ 2 ou R\$ 3 por 1.000 m<sup>3</sup>.

Comparando, Tundisi & Tundisi (2010, p. 69) argumentam:

Quando ocorre o desmatamento e aumenta a degradação dos mananciais este custo do tratamento pode chegar a R\$ 250,00 ou R\$ 300,00 por 1.000 m<sup>3</sup>. Isto decorre em função de necessidade do uso de floculantes, coagulantes e desinfetantes que devem ser adicionados para tornar a água potável. Além da deterioração dos serviços de abastecimento de água, há perda de serviços de recreação, turismo, pesca, com aumento da toxicidade e eutrofização.

Essa variação de aproximadamente 100 vezes mostra o quanto são importantes a conservação de áreas de recarga e proteção de mananciais.

Reis (2004) apresentou os resultados de seus estudos nos quais evidenciou que a diferença do custo de produtos químicos usados no tratamento da água proveniente de uma bacia com uma melhor cobertura florestal, comparado com a água proveniente de uma bacia com menor cobertura, é significativa.

Da mesma forma, a quantidade de água que infiltra e reabastece os lençóis está intimamente ligada à cobertura e ao uso do solo. A infiltração é o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo e depende de diversos fatores, dos quais podemos destacar a umidade, a estrutura e a textura do solo e a sua cobertura vegetal. Dos mais importantes parâmetros do ciclo hidrológico, a infiltração, juntamente com a precipitação, determina a quantidade de água que fica disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento dos lençóis subterrâneos. Condições adequadas de infiltração, que incluem a cobertura vegetal e a não compactação do solo, diminuem o escoamento superficial e reduzem as enchentes dos cursos d'água (SILVA; KATO, 1998).

Em diversos estudos publicados, é evidenciada a importância da conservação e do uso do solo na manutenção da capacidade de infiltração e reabastecimento dos lençóis subterrâneos. Calouro (2005), Muschler (2000), Barbera-Castillo (2001), citados por Mendonça *et al.* (2009), concordam que a manutenção de árvores e de demais tipos de vegetação sobre o solo aumenta o aporte de matéria orgânica, mantendo a umidade, aumentando a capacidade de absorção e infiltração de água, reduzindo o risco de erosão e estimulando a atividade biológica.

Uma vez que, em áreas preservadas e mantidas com vegetação nativa, o índice de infiltração é maior comparativamente com áreas submetidas a diversos outros tipos de manejo, pode-se inferir que essas áreas preservadas prestam um serviço na manutenção da quantidade de água disponível, já que possibilitam uma melhor recarga dos lençóis pelo gradiente de água que infiltra a mais. Entretanto, segundo Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005a), vários fatores interferem no volume

de água que infiltra: o tipo de vegetação, o tipo de solo, o clima, a topografia, a distribuição e a quantidade de chuva. O desafio é, a partir de dados secundários, estimar, com razoável precisão, qual é esse gradiente.

Como a proposta deste estudo é apresentar uma metodologia que possa ser aplicada em diferentes áreas e existindo uma variação muito grande de solos Brasil a fora, buscou-se uma modelagem que permitisse essa quantificação. Diante desse quadro, o modelo que mais se aproxima da realidade de forma comparativa é o do Soil Conservation Service (SCS), utilizado para determinar a chuva excedente que é a parcela da precipitação que não infiltra e escoar sobre a superfície da área de precipitação. A partir de informações como uso e tipo do solo e de sua condição de umidade anterior à chuva, o modelo permite determinar o número da curva (CN, do inglês *curve number*) e simplificar o cálculo da chuva excedente. Assim, sendo possível calcular a chuva excedente, o diferencial entre o que precipita e o que escoar, descontadas as parcelas interceptada e evaporada durante a chuva, é o que infiltra e abastece o lençol subterrâneo.

Esse método reúne os solos dos Estados Unidos em quatro grandes grupos, conforme sua capacidade de infiltração. O estudo elaborado por Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005b) busca adaptar o método americano à realidade brasileira, enquadrando os solos brasileiros.

Segundo apresentação da Universidade Técnica Federal do Paraná (UTFPR, 2013), a hipótese do modelo do SCS traz o seguinte cálculo, representado pela Equação 1:

$$Pe = P - \frac{(Ia + S)^2}{P - Ia + S} \quad (1)$$

Em que:

Pe = chuva excedente;

P = precipitação;

Ia = infiltração inicial;

S = infiltração potencial.

Estudos do Soil Conservation Service (1975) em diversas bacias levaram ao resultado de  $Ia = 0,2S$ . Dessa maneira, a chuva excedente é calculada pela Equação 2:

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}, P > (0,2S) \quad (2)$$

Em que:

Pe = chuva excedente;

P = precipitação;

S = infiltração potencial.

A infiltração potencial S é dada pela seguinte expressão (Equação 3):

$$S(\text{mm}) = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

Em que:

S = infiltração potencial;

CN = *curve number*.

Então:

$$Pe(\text{mm}) = \frac{\left( P - 0,2 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \quad (4)$$

Em que:

Pe = chuva excedente;

P = precipitação;

CN = *curve number*.

Assim:

$$It(\text{mm}) = P - \frac{\left( P - 0,2 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \quad (5)$$

Em que:

It = infiltração total;

P = precipitação;

CN = *curve number*.

Quando se trata de garantir a conservação, uma ferramenta que pode assegurar a manutenção dos parâmetros qualidade e quantidade é a proteção dada à área de contribuição da captação por uma unidade de conservação.

Tratar a água proveniente de uma área protegida por uma UC é muito diferente do tratamento daquela que foi captada de uma bacia sem a devida proteção. A COPASA (2013), em seu sítio na rede mundial de computadores, quando fala da importância dos mananciais se manterem preservados, destaca que é para “garantir a *perpetuidade* das características *qualitativas e quantitativas* dessas fontes de abastecimento” (grifo nosso). Essa *perpetuidade* é garantida quando se consideram áreas protegidas por UC. A desafetação (processo de mudança de destinação de um bem público) de uma UC só é possível por lei específica, conforme prevê o SNUC (BRASIL, 2004b).

Quanto aos serviços ambientais, estes são funções ecológicas e processos que asseguram o equilíbrio dos ecossistemas e possibilitam a sobrevivência e o bem-estar de todas as espécies no planeta (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2008). De acordo com o Relatório de Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, da sigla em inglês *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005), serviços ambientais ou ecossistêmicos são definidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e podem ser

divididos em serviços de provisão, de regulação, culturais e de suporte (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Ainda segundo o relatório, cerca de 60% desses serviços foram degradados ou utilizados de forma insustentável, incluindo água pura, purificação do ar e da água e regulações climáticas local e regional.

A valoração de bens e serviços ambientais busca indicar o valor que estes possuem, tornando possível a determinação de políticas voltadas a propiciar a manutenção e conservação ambientais, conciliando-as com as necessidades econômicas da sociedade (SILVA; KATO, 1998).

Sobre a importância dos serviços ambientais, afirma Brown (2003, p. 85, grifo nosso):

[...] que os serviços prestados pelos ecossistemas podem às vezes valer mais que os bens, mas também que o valor dos serviços precisa ser calculado e incorporado aos sinais do mercado para que sejam protegidos. Embora o cálculo dos serviços não seja uma tarefa simples, qualquer estimativa razoável é muito melhor do que assumir que os custos são zero, como ocorre hoje. Por exemplo, uma floresta na parte superior de uma bacia hidrográfica pode prestar serviços como controle de enchente e reciclagem das chuvas no interior, muito mais valiosos do que sua produção de madeira. Infelizmente, os sinais de mercado não refletem isso, pois as madeiras que derrubam árvores não arcam com os custos da redução dos serviços. Políticas econômicas nacionais e estratégias corporativas se baseiam principalmente nos sinais do mercado. A derrubada de uma floresta pode ser lucrativa para uma madeireira, mas é economicamente onerosa para a sociedade.

Acsehrad (2003, p. 128), citando diversos estudos (PUTTA; MUNTS; CICHETTI, 1991; HOLDREN, 1992), avalia que existe um enorme caminho a percorrer quando se trata de internalizar os custos ambientais, mas pondera que já existe uma tendência entre os especialistas em considerar que “a ação política pode e deve ser hoje desenvolvida ao invés de esperar-se a solução das incertezas remanescentes quanto aos dados sobre custos externos, pois é melhor estar aproximadamente certo do que precisamente errado”. Ainda segundo o mesmo autor, são evidentes os impasses, mas ainda pouco clara a natureza das dificuldades.

Stenger *et al.* citados por Alipaz (2010) afirmam que surgiram novos mercados para produtos e serviços ambientais, entre os quais a purificação da água, sendo necessário aprofundar a avaliação de sua utilização e desenvolver métodos de valoração para os produtos e serviços ambientais ligados à proteção florestal.

O Pagamento por Serviços Ambientais em Unidades de Conservação, instituto estabelecido pela Lei Federal nº 9.985, de julho de 2000, é um exemplo claro da necessidade latente da evolução dos métodos de valoração ambiental (BRASIL, 2004b).

O Serviço de Proteção de Mananciais protegidos por UC é aquele que garante a manutenção da qualidade e da quantidade da água, parâmetros estes assegurados pela continuidade das condições adequadas da bacia de contribuição. Relembrando que, para este estudo, quando a bacia é protegida por uma UC, os parâmetros relacionados à produção e à qualidade hídrica estarão garantidos por essa proteção *ad eternum*.

## METODOLOGIA

A metodologia consiste em valorar os parâmetros — *manutenção da quantidade e manutenção da qualidade* — que fazem parte desse serviço prestado, além do de *garantia da proteção*, que garante a minimização do risco de que essas características possam mudar pela falta de controle na utilização da área da bacia. Essa garantia é dada pela UC. Para isso, foram levantados dados bibliográficos e realizadas pesquisas com a COPASA, a fim de definir um valor global para esse serviço com o objetivo de replicá-lo em qualquer outra UC.

O parâmetro de manutenção da qualidade consiste em comparar os custos dos produtos químicos usados no tratamento da água proveniente de duas situações distintas: a primeira, captada em um manancial sem a proteção de uma UC, de classe II, em que os custos são mais altos, sendo esse o pior cenário dentro da realidade atual no estado de Minas Gerais, em contraponto à segunda, que tem sua bacia de contribuição protegida por uma UC, com águas de classe especial, em que os custos são mais baixos, sendo esse o referencial do cenário ideal de proteção.

A decisão de restringir a análise dos custos somente aos produtos químicos se justifica já que, dentro do tratamento de água, são estes que têm relação direta com a qualidade da água. Outras despesas, tais como energia, podem estar associadas ao recalque da água, havendo a possibilidade de se recalcar água de boa qualidade, acarretando custos, e não se ter esses gastos com energia no tratamento de uma água de baixa qualidade e que não necessite ser bombeada. Na valoração, utilizou-se o método de custos evitados e se considerou a diferença no valor de produtos químicos no tratamento da água bruta nas diferentes condições de qualidade — tratamento das águas de classes II e especial — como o reconhecimento pelo mercado do valor do serviço.

A estação escolhida como de baixa qualidade foi a do rio das Velhas, em Nova Lima (MG). Das captações que contam com a proteção do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM), em Belo Horizonte (MG), que tem água bruta de classe especial considerada como de qualidade adequada, sendo a melhor água a ser captada, tratada e distribuída, foi escolhida a captação do Ribeirão Catarina, com a estação de tratamento de água (ETA) de mesmo nome.

Para o parâmetro manutenção da quantidade, o que determina uma melhor ou pior prestação no serviço ambiental proposto é a capacidade de infiltração da área. Assim, o tipo de cobertura vegetal adequado é

aquele com a menor interferência antrópica, condição que está presente em quase todas as áreas inseridas dentro de UC de proteção integral ou de posse e domínio público, pois possibilita melhor infiltração. O contraponto de comparação é com as pastagens mal manejadas, uma vez que a atividade de pecuária é a mais recorrente no território brasileiro e pastagens mal manejadas têm baixa capacidade de infiltração. Outro fator que interfere fortemente nesse parâmetro é o tipo de solo, porque há uma grande diferença na capacidade de infiltração nos diferentes grupos de solos. O valor da água cobrado pelos comitês de bacias hidrográficas, multiplicado pela diferença do volume que infiltrou a mais em áreas com condições adequadas de conservação, é o valor econômico reconhecido pelo serviço prestado.

No parâmetro garantia da proteção, o método de valoração utilizado foi o de custo de oportunidade, e a atividade econômica que emprestará seu resultado de renda líquida anual é a pecuária de corte. Mais uma vez, a escolha justifica-se por ser uma atividade recorrente em grande parte do território brasileiro, espalhada por todos os estados e regiões e com as mais diversas condições de manejo. A renda líquida da atividade de pecuária de corte foi o valor econômico reconhecido pelo serviço prestado.

Ao fim, o valor do serviço de proteção de mananciais é a soma dos três parâmetros expressos pela Equação 6:

$$VSPM = VMQ + VMQt + VGP \quad (6)$$

Em que:

VSPM = valor do serviço de proteção de mananciais;

VMQ = valor do parâmetro manutenção da qualidade;

VMQt = valor do parâmetro manutenção da quantidade;

VGP = valor do parâmetro garantia da proteção.

### Manutenção da qualidade e seu valor

Para se estabelecer o valor da manutenção da qualidade, tomou-se exclusivamente o custo de produtos químicos, já que estes são um insumo dentro do processo de tratamento que varia em função da qualidade da água. Outros, tais como energia, mão de obra e manutenção nas instalações, podem variar sem uma correlação com a qualidade e não foram considerados neste trabalho.

O método de valoração desse parâmetro consistiu em comparar o custo de tratamento no manancial degradado (CTd) com o custo de tratamento no manancial conservado (CTc). O CTd é o maior valor gasto com produtos químicos no tratamento das águas das captações não protegidas (Tabela 1), e, para ilustrá-lo, foi escolhida a ETA Rio das Velhas, que tem o maior valor do custo de tratamento entre as cinco diferentes captações com diferentes portes e em diferentes bacias e condições de uso. O CTc é o menor valor gasto com produtos químicos no tratamento das águas das captações protegidas (Tabela 2),

e, para demonstrá-lo, foi escolhida a ETA Catarina, que tem o menor valor do custo de tratamento, considerando captações que não sejam de barragens.

Para se chegar ao valor do serviço, necessita-se do volume tratado por hectare (VMt), que é a razão entre o volume disponibilizado na bacia protegida (Vdp) e a área da bacia do manancial protegido (Amp) — nesse caso, as protegidas pelo PESRM (Tabela 3).

$$VMt = \frac{Vdp}{Amp} \quad (7)$$

**Tabela 1 - Dados das captações fora de unidades de conservação.**

Estação de tratamento/ Curso d'água	Vazão tratada <sup>1</sup>	Custo de Produtos químicos <sup>2</sup>	Área de contribuição da bacia <sup>3</sup>
ETA Rio das Velhas/ Rio das Velhas	188.055.847,50	147,14	169.971,96
ETA Itatiaiuçu/ Ribeirão Veloso	438.000	39,03	Sem informação
ETA Crucilândia/Córregos Águas Claras e Limpa	219.839,50	32,50	Sem informação
ETA Rio Manso/ Rio Manso	347.815,5	30,20	Sem informação
ETA Serra Azul/ Ribeirão Serra Azul	205.981,5	9,75	26.555,39

ETA: estação de tratamento de água; <sup>1</sup>dado em m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> – média do período seco e chuvoso; <sup>2</sup>dado em R\$ 1000 m<sup>3</sup> – média do período seco e chuvoso; <sup>3</sup>dado em ha. Fonte: adaptado de COPASA (2003).

**Tabela 2 - Dados das captações dentro de unidades de conservação.**

Estação de tratamento/ Curso d'água/	Vazão tratada <sup>1</sup>	Custo de produtos químicos <sup>2</sup>	Área de contribuição da bacia <sup>3</sup>
ETA Morro Redondo/ Ribeirões Cercadinho, Mutuca e Fechos	15.590.975	31,00	Sem informação
ETA Catarina/Ribeirão Catarina	1.684.475	30,34	184,1216

<sup>1</sup>Dado em m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>; <sup>2</sup>dado em R\$ 1000 m<sup>3</sup>; <sup>3</sup>dado em ha. Fonte: adaptado de COPASA (2003).

**Tabela 3 - Mananciais protegidos pelo Parque Estadual da Serra do Rola Moça.**

Manancial	Vazão (l.s <sup>-1</sup> )	Área (ha)
Barreiro	145	880
Mutuca	200	1250
Catarina	170	387
Taboões	290	247
Bálsamo	50	391
Totais	855	3.155

Fonte: adaptado de COPASA (2003).

Em que:

VMt = volume tratado por hectare;

Vdp = volume disponibilizado na bacia protegida (Vdp);

Amp = área da bacia manancial protegida.

Ao fim, a diferença do valor do custo de tratamento multiplicado pelo volume tratado por unidade de tempo por unidade da área de contribuição da bacia traduz o valor economicamente reconhecido pelo mercado na prestação do serviço de conservação do parâmetro qualidade. O resultado é dado em R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A equação que calcula o valor da manutenção da qualidade (VMQ) fica assim representada:

$$VMQ = (CTd - CTc) * VMt \quad (8)$$

Em que:

VMQ = valor do parâmetro manutenção da qualidade;

CTd = custo de tratamento no manancial degradado;

CTc = custo de tratamento no manancial conservado;

VMt = volume tratado por hectare.

Assim, para o cálculo do parâmetro de manutenção da qualidade, será necessário conhecer o volume específico da bacia protegida e sua área em hectares, para cada UC onde se pretenda aplicar a metodologia.

## Manutenção da quantidade e seu valor

O valor da manutenção da quantidade é a valoração direta do gradiente do volume que infiltra a mais em uma área protegida em relação a outra sem proteção. Ponto fundamental que limita a comparação dos dados é que os tipos de cobertura e de solo têm influência marcante no processo de infiltração.

Assim, buscou-se na aplicação da metodologia do SCS os dados necessários para estabelecer a comparação proposta. A adaptação dos solos brasileiros a essa metodologia foi descrita por Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005a/b) em seu estudo. Com base no volume médio de precipitação anual, é possível calcular o volume que infiltra a mais em determinado tipo de solo protegido por uma floresta em comparação com uma pastagem mal manejada.

Utilizou-se como referência de infiltração ideal as áreas com cobertura vegetal nativa — ou na Tabela 4, a linha “Floresta: cobertura boa” — por serem aquelas sem ou com pouca interferência antrópica, realidade similar à das UC. Em comparação, tomaram-se como contraponto as áreas de pastagens — ou na Tabela 4, a linha “Pastagem ou terrenos em más condições” — por ser esta uma das atividades mais presentes nas bacias de contribuição fora de UC. O cálculo depende do conhecimento da precipitação anual (P) na área. Considerou-se como referência a estação meteorológica da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013)

de Ibitaré (MG), nº 2044012, localizada no ponto de coordenadas 20°02'34" latitude sul e 44°02'36" longitude oeste, em operação desde 1° de janeiro de 1945. Foram analisados os dados disponíveis de 1945 a 2013, e a média anual de precipitação foi de P = 1.763,22 mm de chuva, desconsiderado o ano de 1966 pela omissão de informações nos meses de fevereiro, março e abril.

A partir desses dados, e conhecendo-se a precipitação anual total (P) e o tipo de solo da bacia de estudo, pode-se calcular a chuva excedente (Pe) e, desta, extrair o volume total infiltrado (It), que será dado pela Equação 9:

$$It = P - Pe \quad (9)$$

Em que:

It = infiltração total;

P = precipitação total;

Pe = chuva excedente.

**Tabela 4 - Valores de *curve number* para bacias urbanas e suburbanas.**

Utilização ou cobertura do solo	Grupos de solo			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
<b>Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições</b>				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
<b>Zonas residenciais</b>				
<b>Lotes de (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% média impermeável</b>			
< 500	65		77	85
1.000	38		61	75
1.300	30		57	72
2.000	25		54	70
4.000	20		51	68
Parques de estacionamentos, telhados, viadutos etc.	98	98	98	98
<b>Arruamentos e estradas</b>				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tucci (1993).

Com base nos dados apresentados, foi possível determinar qual o volume de água que se infiltra em uma área protegida pela cobertura vegetal nativa (infiltração total em áreas nativas – ItN) — ou na Tabela 4, a linha “Floresta: cobertura boa” — e compará-la com o volume infiltrado em uma área antropizada e utilizada por pastagem (infiltração total em pastagens — ItP) — ou na Tabela 4, a linha “Pastagem ou terrenos em más condições”. A maior infiltração é garantida pelo serviço de proteção prestado pela UC.

O valor econômico desse parâmetro é dado pela valoração direta desse gradiente de infiltração multiplicado pela média do valor dado ao bem água pelos comitês de bacia do estado de Minas Gerais (mVA) (Tabela 5). O resultado final é dado em R\$.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

A equação que representa o valor da manutenção da quantidade (VMQt) (Equação 10) fica assim representada:

$$VMQt = (ItN - ItP) mVA \quad (10)$$

Em que:

VMQt = valor do parâmetro manutenção da quantidade;

ItN = infiltração total em áreas nativas;

ItP = infiltração total em pastagens;

mVA = comitês de bacia do estado de Minas Gerais.

## Garantia de proteção e seu valor

Em áreas sem uma proteção específica, as atividades antrópicas acabam por degradá-las e trazer consequências indesejadas, mesmo sendo essas atividades reguladas por alguma norma legal ou por instrumentos de gestão ambiental como o licenciamento. A conversão do uso do solo para quase todas as atividades econômicas leva à substituição da cobertura vegetal nativa. Seja implantando pastagens, seja mineando, seja construindo novas cidades, as atividades humanas vão modificando o ambiente e, em consequência, deteriorando a qualidade ambiental daquele espaço, comprometendo a qualidade e a quantidade da água disponível.

Como demonstrado, garantir a perpetuidade na conservação de alguns espaços é uma das tarefas das UC. A norma legal assegura que, a menos que se decida pela sua desafetação (processo de mudança de destinação de um bem público), uma UC tem um caráter de proteção

perpétuo. A desafetação só é possível com a votação pelo legislativo de lei específica que destine aquela área para outros fins. Assim, a UC presta um serviço garantindo a conservação da área *ad eternum*.

Nessa situação, para o cálculo do valor do serviço de proteção prestado, o método que mais se aproxima da realidade de mercado é o de custo de oportunidade. A indisponibilização de uma determinada área para as atividades econômicas clássicas, com o objetivo de torná-la uma UC, tem determinado custo de renúncia a uma receita anual líquida.

Seroa da Motta (1997, p. 8), em seu *Manual para Valoração Econômica dos Recursos Ambientais*, escreve:

Por exemplo, restrições ao uso da terra em unidades de conservação impõem perdas de geração de receita, visto que atividades econômicas são restritas in-situ. A renda líquida abdicada pela restrição destas atividades é uma boa medida do custo de oportunidade associado com a criação desta unidade de conservação. O uso de renda líquida decorre do fato de que a renda bruta destas atividades sacrificadas tem que ser deduzida dos seus custos de produção, que também restringem recursos para a economia. De fato, a renda líquida significa a receita líquida provida pelas atividades sacrificadas e representaria, assim, o custo de oportunidade da conservação.

Definiu-se a atividade da pecuária extensiva de corte como aquela a ser utilizada neste estudo. Justifica-se essa escolha por ser esta uma atividade das mais recorrentes no território brasileiro e, por conseguinte, em Minas Gerais, sendo encontrada até mesmo em áreas com baixíssima vocação para o agronegócio.

Os dados (Tabela 6) mostram a variação da receita líquida auferida pela atividade de pecuária extensiva de corte por hectare ao ano. Essa variação deve-se ao grau de tecnificação utilizado na atividade, à qualidade das pastagens, ao manejo e à qualidade genética do rebanho, aos aspectos de sanidade e ao controle de mortalidade e nascimento, entre outros. Embora a variação exista, não é possível determinar em que percentual se enquadram a mais ou menos rentável. Assim, utilizou-se a média desses valores. Dessa forma, o valor da garantia de proteção (VGP) é a média da receita líquida da atividade de pecuária extensiva de corte dada pelo estudo da EMBRAPA (2006).

**Tabela 5 - Valor de cobrança pelo uso da água.**

Comitê	Tipo de uso	Unidade	Valor em 2011/2012	Valor em 2013	Valor em 2014	Valor em 2015
Bacia Paraíba do Sul	Captação de água bruta	R\$.m <sup>3</sup>	0,01	X	X	X
Bacia PCJ	Captação de água bruta	R\$.m <sup>3</sup>	0,01	X	X	X
Bacia do São Francisco	Captação de água bruta	R\$.m <sup>3</sup>	0,01	X	X	X
Bacia do Rio Doce	Captação de água bruta	R\$.m <sup>3</sup>	0,018	0,021	0,024	0,030

Fonte: adaptado de dados da Agência Nacional de Águas (2013).

**Tabela 6 - Índices zootécnicos da pecuária atual e da tecnificada/intensificada.**

Índices de produtividade	Pecuária considerando rebanho estabilizado	
	Tradicional	Tecnificada/intensiva
<b>Cria</b>		
Natalidade (%)	60 a 80	80 a 95
Mortalidade até 1 ano (%)	4 a 10	2 a 4
Mortalidade de 1 a 2 anos (%)	3 a 6	1 a 2
Mortalidade + de 2 anos (%)	2 a 4	1 a 2
Idade na desmama (meses)	8 a 12	6 a 8
Peso na desmama (kg)	140 a 180	180 a 225
Idade de cobertura (meses)	24 a 36	18 a 24
Peso de cobertura (kg)	280 a 320	300 a 320
Idade no primeiro parto (meses)	33 a 45	27 a 33
Peso pós-primeiro parto (kg)	330 a 400	370 a 450
Intervalo entre partos (meses)	16 a 20	14 a 16
Desfrute (machos vendidos para recria) (%)	15 a 20	20 a 24
Descarte de matrizes/novilhas excedentes (%)	10 a 20	10 a 20
Relação touro/vaca (animal)	1:25 a 30	1:20 a 25
Capacidade de suporte (UA.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	0,5 a 1,0	1,0 a 2,4
<b>Recria/engorda</b>		
Mortalidade (%)	3 a 6	1 a 2
Desfrute (%)	27 a 30	33 a 49
Capacidade de suporte (UA.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	0,5 a 1,0	1,0 a 4,0
Idade de abate (meses)	36 a 48	24 a 36
Peso de abate (kg)	480 a 600	480 a 600
Ganho por animal (kg.cab. <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	140 a 160	160 a 240
Produção por área (kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	70 a 160	2540 a 720
Receita bruta por hectare (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	126 a 288	288 a 1152
Custo (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	108	108 a 432
Lucratividade (R\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	18 a 180	180 a 720

UA: unidades animal. Fonte: EMBRAPA (2006).

Escreve-se assim a fórmula de avaliação do parâmetro (Equação 11):

$$VGP = \overline{RL} \quad (11)$$

Em que:

VGP = valor da diminuição do risco do empreendedor, dado em R\$.hectare<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>; $\overline{RL}$  = média das receitas líquidas da atividade de pecuária extensiva de corte, dada em R\$.hectare<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados levantados e diante da metodologia apresentada, foi calculado o valor do serviço proposto tendo como cenário o tipo de solo do PESRM para o cálculo do parâmetro manutenção da quantidade.

Na Tabela 1, são fornecidos os custos dos produtos químicos necessários para tratar 1.000 m<sup>3</sup> da água bruta de classe II proveniente das captações sem proteção, chamados de CTd. O custo de tratamento selecionado foi o da ETA Rio das Velhas, que teve os maiores valores, correspondendo a R\$ 147,14 por 1.000 m<sup>3</sup>, ou R\$ 0,14714 por m<sup>3</sup> tratado.

Conforme a Tabela 2, tem-se os custos dos produtos químicos necessários para tratar 1.000 m<sup>3</sup> da água bruta de classe especial proveniente dos mananciais conservados, os CTc. O custo selecionado foi o da captação do Ribeirão Catarina, que teve os menores valores, R\$ 30,34 por 1.000 m<sup>3</sup> ou R\$ 0,03034 por m<sup>3</sup> tratado.

A VMt é dada pela média dos volumes captados no PESRM, que corresponde a 26.963.280 m<sup>3</sup> tratados anualmente divididos pela área da bacia que contribui para todos os mananciais, que equivale a 3.155 hectares, conforme dados do volume captado informado pela COPASA (Tabela 3).

Assim, aplicando a Equação 7, tem-se:

$$VMt = \frac{26.963.280 \text{ m}^3}{3.155 \text{ ha}} \therefore VMt = 8.546,21 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

Igualmente, empregando a Equação 8 para o VMQ, tem-se:

$$VMQ = (R\$ 0,14714 - R\$ 0,03034) * 8.546,21 \therefore VMQ = 998,20 \text{ R}\$.ha^{-1}.ano^{-1}$$

Conforme a Tabela 4, tem-se que o CN para uma área conservada varia conforme o grupo de solo. Para o caso do PESRM, em que o solo é do tipo C, esse valor é igual a 70.

Considerando a média de precipitação (P) identificada para a região do PESRM de 1.763,22 mm.ano<sup>-1</sup> e aplicando a Equação 5 para cálculo de ItN, tem-se:

$$ItN = 1.766,22 - \frac{\left( \left( 1.766,22 - 0,2 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{70} - 10 \right) \right) \right) \right)^2}{1.766,22 + 0,8 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{70} - 10 \right) \right)} =$$

$$124,24 \frac{\text{mm}}{\text{ano}} = 1.242,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$$

Conforme a Tabela 4, tem-se CN = 86 para uma área degradada no grupo de solo do PESRM do tipo C.

Considerando a média de precipitação P calculada para a região do PESRM de 1.489,32 mm.ano<sup>-1</sup> e aplicando a Equação 5 para o cálculo de ItP, encontra-se:

$$ItP = 1.766,22 - \frac{\left( \left( 1.766,22 - 0,2 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{86} - 10 \right) \right) \right) \right)^2}{1.766,22 + 0,8 * \left( 25,4 \left( \frac{1000}{86} - 10 \right) \right)} =$$

$$48,67 \frac{\text{mm}}{\text{ano}} = 486,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$$

Aplicando a Equação 10 e considerando a mVA (Tabela 5) como R\$ 0,012, tem-se, para o PESRM, o valor de:

$$VMQt = (1242,4 - 486,7) * 0,012 \therefore VMQt = \text{R\$ } 9,07 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$$

Para determinar o valor do parâmetro garantia da proteção, aplicou-se a metodologia de custo de oportunidade. Utilizando os dados da Tabela 6 e aplicando a média aritmética simples, tem-se o seguinte resultado:

$$\overline{RL} = \frac{18 + 180 + 180 + 720}{4} = 274,50$$

Logo, conforme a Equação 11, encontrou-se:

$$VGP = \text{R\$ } 274,50 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$$

O valor total do SPM é a somatória dos valores de cada parâmetro. Relembrando que o parâmetro de manutenção da quantidade pode ter

quatro valores distintos, dependendo dos quatro grupos de solos (A, B, C ou D) — o valor global do serviço vai variar em função desses diferentes resultados.

Aplicando a Equação 6, para o caso do PESRM, tem-se:

$$VSPM = 998,20 + 9,07 + 274,50 \therefore VSPM = \text{R\$ } 1.281,77 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$$

A título de exemplo e para demonstrar como esses recursos podem ajudar no financiamento da manutenção das UC, toma-se a área de captação do PESRM. Dos 3.941,09 ha do parque, 3.155 ha protegem mananciais de captação e estão totalmente conservados. Aplicando o valor calculado de R\$ 1.281,67.ha<sup>-1</sup> ao ano para o serviço, considerando a situação C, pois o solo predominante no PESRM é o Argissolo Vermelho Amarelo, tem-se o valor que seria arrecadado anualmente e aplicado na proteção e manutenção do PESRM de R\$ 4.043.984,35.

## CONCLUSÕES

O valor do SPM prestado por UC varia em função do solo predominante na unidade, da área da bacia de contribuição protegida e do volume de água captado.

É fácil identificar a importância dos recursos financeiros advindos do pagamento por esse serviço e que podem compor o orçamento da unidade, na busca por efetivar sua proteção. O aporte desses recursos deve garantir um melhor aparelhamento no que diz respeito à proteção e complementar os recursos orçamentários que são de responsabilidade do poder público.

O valor encontrado representa o reconhecimento do mercado ao serviço prestado e não seu valor como um serviço insubstituível. Apesar de subestimado, o valor atribuído a esse serviço desperta a atenção dos usuários e do mercado para a importância de proteger, já que essa proteção pode trazer uma grande redução nos custos de tratamento, além de garantir o fornecimento sustentável de importantes bens e serviços ambientais.

É relativamente simples a replicação desse método em outras unidades, sendo necessário o conhecimento do tipo de solo predominante na bacia de contribuição, do volume captado anualmente e da área das UC que protegem e contribuem para o manancial.

## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. (2003) Externalidade ambiental e sociabilidade capitalista. In: CAVALCANTI, C. (org.). *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 4. ed. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. p. 128-138.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Cobrança*. ANA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaarrecadacao/cobrancaarrecadacao.aspx>>. Acesso em: 6 out. 2013.

- ALIPAZ, S.M.F. Quantificação e valoração econômica dos serviços ambientais redutores de sedimentação na bacia do ribeirão Pipiripau, 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal, publicação PPGEFL.DM - 137/2010) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.
- ANDREOLI, C.V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. (2000) Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: Associação dos Engenheiros Ambientais e Engenheiros Ambientais e Sanitaristas de Pernambuco e Federação Nacional das Associações de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2000. p.196-205.
- BRASIL. (2004a) *Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002*. Regulamenta a Lei nº 9.985/2000. 5. ed. Brasília: MMA/SBF. 56 p.
- BRASIL. (2004b) *Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000 - Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC*. 5. ed. Brasília: MMA/SBF. 56 p.
- BROWN, L.R. (2003) *Eco-Economia: construindo uma economia para a terra*. Salvador: UMA.
- CAVALCANTI, C. (2003) Breve introdução à economia da sustentabilidade. In: \_\_\_\_ (org.). *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 4. ed. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. p. 17-25.
- CAVALCANTI, C. (2010) Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 53-67. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100007>
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). (2003) *Programa de proteção de mananciais*. Aprovado pela Diretoria Colegiada em 16/12/03. Belo Horizonte: COPASA. Disponível em: <<http://tiny.cc/w640ez>>. Acesso em: 3 ago. 2013.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). (2013). Proteção de mananciais. In: site da COPASA. Disponível em: <<http://tiny.cc/w640ez>>. Acesso em: 8 out. 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). (2006) *Amazônia Oriental*. Criação de bovinos de corte no estado do Pará. Sistema de Produção 3. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/385091/criacao-de-bovinos-de-corte-no-estado-do-para>>. Acesso em: 4 jan. 2014.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. (2008) *Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo*. São Paulo: Instituto Socioambiental.
- MEBRATU, D. (1998) *Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review*. Nova York: Elsevier Science.
- MENDONÇA, L.A.R.; VÁSQUEZ, M.A.N.; FEITOSA, J.V.; OLIVEIRA, J.F.; FRANCA, R.M.; VÁSQUEZ, E.M.F.; FRISCHKORN, H. (2009) Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 89-98. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000100010>
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005) *Biodiversity regulation of ecosystem services*. Washington, D.C.: Island Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL; COMMITTEE TO REVIEW THE NEW YORK CITEWATERSHED MANAGEMENT STRATEGY; WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY BORD; COMISSION ON GEOSCIENCES ENVIRONMENT AND RESOURCES. *Watershed management for potable water supply*. Assessing the New York city strategy. Disponível em: <[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9677&page=1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9677&page=1)>. Acesso em: 5 out. 2013.
- NÚÑEZ, D.; NAHUELHUAL, L.; OYARZU, C. (2006) Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. *Ecological Economics*, v. 58, n. 3, p. 606-616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.08.010>
- NYC ENVIRONMENTAL PROTECTION. (2011) *State city announce landmark agreement to safeguard New York City drinking water*. NYC Environmental Protection. Disponível em: <[http://www.nyc.gov/html/dep/html/press\\_releases/11-11pr.shtml](http://www.nyc.gov/html/dep/html/press_releases/11-11pr.shtml)>. Acesso em: 15 out. 2013.
- REIS, L.V.S. (2004) *Cobertura vegetal e custo de tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: Caso do manancial do município de Piracicaba*. 239f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) –Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. (2005a) Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 4, p. 5-18. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p5-18>
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. (2005b) Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 4, p. 19-29. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p19-29>
- SEROA DA MOTTA, R. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 1997.
- SILVA, C.L.; KATO, E. (1998) Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1149-1158.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. (1975) *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Technical Release No. 55. U.S. Department of Agriculture.
- STENGER, A.; HAROU, P.; NAVRUD, S. (2009) Valuing environmental goods and services derived from the forests. *Journal of Forest Economics*, v. 15, n. 1, p. 1-14. <http://doi.org/10.1016/j.jfe.2008.03.001>
- TUCCI, C.E.M. (org.). (1993) *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS e EDUSP. v. 1.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. (2010) Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, p. 67-75. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400010>

UNIVERSIDADE TÉCNICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). O Modelo Chuva Vazão do Soil Conservation Service. UTFPR.

Apresentação em Power Point disponibilizada no site da universidade à época da pesquisa.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). (2003) *Running Pure: The importance of forest protected areas to drinking water: A research report for the World Bank / WWF. Alliance for forest conservation and sustainable use.* WWF.

