

ASPECTOS TÉCNICOS PARA PRIORIZAÇÃO DE RECURSOS EM RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE NASCENTES

Priscila Ikematsu¹; Nádia Franqueiro¹; Tatiana Luiz dos Santos Tavares¹; Luiz Gustavo Faccini¹; Deborah Terrell¹; Ana Candida Melo Cavani¹; Mariana Hortelani Carneseca Longo¹

Resumo – O presente trabalho faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que aborda o estabelecimento de critérios para definição de áreas prioritárias para pagamentos por serviços ambientais hídricos. Nesse contexto, as nascentes possuem notória relevância, mas existem lacunas em sua definição conceitual e de procedimentos de mapeamento, pela raridade de trabalhos específicos sobre elas. Assim, esse trabalho aborda algumas reflexões acerca da importância do entendimento das nascentes enquanto elemento-chave para o fornecimento de serviços ambientais hídricos e para subsidiar acordos de pagamento por serviços ambientais com foco em recursos hídricos. Para isso, apresenta-se um breve quadro conceitual sobre o termo, os aspectos técnicos relacionados ao seu mapeamento, bem como as funções ambientais que justificam a importância de sua proteção. A partir dessas considerações, faz-se uma discussão acerca relevância das nascentes frente a dois desafios técnicos: a definição de áreas prioritárias e o monitoramento dos resultados oriundos das ações desenvolvidas em acordos de pagamento por serviços ambientais com foco em recursos hídricos. Os resultados indicaram uma complexidade associada ao seu conceito, cuja simplificação influencia na sua identificação cartográfica, na aplicação dos dispositivos legais (como o Código Florestal Brasileiro) e na definição de políticas públicas voltadas à manutenção da qualidade e regulação da disponibilidade dos recursos hídricos, como o pagamento por serviços ambientais. Os aspectos técnicos apresentados possuem grande potencial para auxiliar na identificação de áreas prioritárias, onde as nascentes são pouco utilizadas enquanto critérios de priorização; e no monitoramento, pois é possível explorar indicadores relacionados ao nível d'água em poços, à vazão de nascentes e ao escoamento de base de cursos d'água.

Palavras-Chave – nascentes, pagamento, serviços ambientais hídricos.

Abstract – This work is part of a research project developed by the Institute of Technological Research of the State of São Paulo that deals with the establishment of criteria for defining priority areas for payments for water environmental services. In this context, the springs have remarkable relevance, but there are gaps in conceptual definition and mapping procedures, the rarity of specific work on them. This paper aims to present some points about the importance of understanding the springs as a key-element for water supply and environmental services to support arrangements of payment for environmental services focusing on water resources. For this, we present a brief conceptual framework, the technical aspects related to its mapping and environmental functions that justify the importance of their protection. Then, we introduce a discussion about the relevance of springs in two technical challenges: the definition of priority areas and monitoring results related to arrangements of payment for environmental services focusing on water resources. The results indicated a complexity associated with its concept, whose simplification influence on its mapping, the application of legal provisions (such as the Brazilian Forest Code) and the definition of public policies for quality and regulation of water resources, as payment for environmental services. The technical aspects presented have great potential to assist in identifying priority areas where the sources are not used as prioritization criteria; and monitoring, it is possible to explore indicators related to the water level in wells, the springs flow and the rivers base flow.

Keywords – springs, payment, water environmental services.

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT: Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, São Paulo-SP. Telefone: (11)3767-4386. E-mail: priscilai@ipt.br.

1 - INTRODUÇÃO

A provisão e a purificação da água pelas bacias de mananciais são benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas (DAILY, 1997; COSTANZA et al., 1997; DE GROOT et al., 2002; MA, 2003). Tais atividades podem ser denominadas serviços ecossistêmicos, quando se analisam os benefícios sem a interferência humana, ou serviços ambientais, quando se consideram as ações dos diversos agentes econômicos para conservação e/ou recuperação dos recursos naturais (TADEU, SOSA E SINISGALLI, 2011; KOSMUS, RENNER e ULLRICH, 2012).

O presente trabalho faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), financiado pela Fundação de Apoio ao IPT (FIPT) que aborda o estabelecimento de critérios para definição de áreas prioritárias para pagamentos por serviços ambientais hídricos (PSA-Hídrico). O foco dos estudos são os serviços ambientais hídricos (SAH), que podem ser entendidos como os serviços ambientais resultantes de ações de conservação e restauração dos serviços ecossistêmicos que contribuem para a manutenção da qualidade e regulação da disponibilidade dos recursos hídricos. Os SAH são aqueles decorrentes e dependentes da variabilidade natural dos regimes hidrológicos, da dinâmica e das condições dos corpos hídricos (LUZ, 2015), bem como da conservação e preservação ambiental por meio de práticas que minimizem os impactos das ações humanas sobre o ambiente (CAMELO, 2011).

Nos acordos de PSA-Hídrico, destaca-se a importância do conhecimento sobre as nascentes. Apesar da sua notória relevância ambiental, as pesquisas a elas associadas não são suficientes para abarcar a sua complexidade, sendo grande parte dos estudos existentes focados em descrições fisiográficas e hidrológicas superficiais, com destaque para avaliações de impactos ambientais do uso e ocupação do solo no seu entorno imediato. Permanecem, assim, lacunas em sua definição conceitual e de procedimentos de cartografia, pela raridade de trabalhos específicos sobre nascentes (PEREIRA et al., 2011; FELIPPE e MAGALHÃES JÚNIOR, 2013).

Nesse contexto, o desenvolvimento de um quadro conceitual e de um método satisfatório para mapeamento e identificação de nascentes associados ao estabelecimento de bacias hidrográficas prioritárias para a conservação de seus atributos ambientais, pode contribuir para priorizar áreas em uma determinada região para a aplicação de acordos de PSA-Hídrico. A clareza do que se pretende proteger é fundamental para embasar quaisquer ações de gestão e proteção ambiental, sejam elas na esfera governamental, privada ou na sociedade civil (FELIPPE e MAGALHÃES JÚNIOR, 2013).

Assim, esse trabalho aborda algumas reflexões acerca da importância do entendimento das nascentes enquanto elemento-chave para o fornecimento de SAH e para acordos de PSA-Hídrico. Para isso, apresenta-se um breve quadro conceitual, os aspectos técnicos relacionados ao seu

mapeamento, bem como as funções ambientais que justificam a importância de sua proteção. A partir dessas considerações, faz-se uma discussão acerca relevância das nascentes frente a dois desafios técnicos: a definição de áreas prioritárias e o monitoramento dos resultados oriundos das ações desenvolvidas em acordos de pagamento por serviços ambientais com foco em recursos hídricos.

2 - CONCEITUAÇÃO

Segundo Felipe e Magalhães Júnior (2013), o conceito de nascente é abordado de diferentes formas na literatura especializada, sem uma uniformidade definida, já que envolve uma significativa complexidade ambiental. A ausência de uma abordagem conceitual consensual sobre esse termo dificulta a efetivação da legislação ambiental e das políticas públicas voltadas à proteção dos mananciais, já que não é claro para pesquisadores, gestores ou para a sociedade civil o que se deve proteger, conservar ou recuperar.

Desse modo, a clareza conceitual é importante para que seja possível selecionar o que deverá ser monitorado e quais os parâmetros serão utilizados como indicadores de efetividade dos programas e projetos. Sem a intenção de abarcar todas as referências bibliográficas sobre o tema, apresentam-se, no **Quadro 1**, algumas definições para subsidiar o entendimento conceitual sobre as nascentes.

De acordo com as informações do **Quadro 1**, verifica-se que as definições técnicas apresentam certa complementaridade e deixam claro que a sua ocorrência envolve diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos.

Os dados mostram que a definição de uma nascente está geralmente associada (i) ao afloramento de água subterrânea, (ii) à origem de um curso d'água, (iii) à ocorrência natural, (iv) às regiões de cabeceiras; (v) à integração das águas superficiais e subterrâneas.

A carência de conhecimento científico sobre as nascentes pode resultar em programas, ações e legislações não eficientes quanto aos reais objetivos de proteção idealizados, e influenciar na sua identificação cartográfica a partir de modelos conceituais e, também, em trabalhos de campo.

Quadro 1 – Definições relacionadas ao termo “nascente”.

Conceito	Referência
Fonte de um curso de água, cabeceira	Dicionário Aurélio
O mesmo que cabeceira de um rio. Geralmente não é um ponto e sim uma zona considerável da superfície terrestre	Guerra (1993)
Um ponto ou área (zona ou lugar) da superfície do terreno no qual flui ou aflora de modo natural à água proveniente da subsuperfície.	Custodio y Llamas (2001)
Local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea;	Resolução Conama nº 303/2002 (CONAMA, 2002)
O afloramento do lençol freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios).	Calheiros et al. (2004)
Manifestações superficiais de lençóis subterrâneos	Valente e Gomes (2005)
A nascente do rio ou riacho é a fonte situada no limite do afloramento do aquífero.	Gomes et al. (2005)
Toda nascente corresponde a uma manifestação em superfície do lençol freático.	Santos (2009)
Afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água (Art. 3º).	Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012)
Local de onde a água emerge naturalmente, de uma rocha ou do solo, para a superfície do solo ou para uma massa de água superficial. É a descarga (pontual ou não) da água subterrânea, de onde se inicia um curso de água.	Pereira et al (2011)
Local de onde a água emerge naturalmente, de uma rocha ou do solo, para a superfície do solo ou para uma massa de água superficial.	UNESCO (2011)
Nascentes são locais onde a água subterrânea aflora através da superfície do solo, formando um curso d'água, ou seja, um ponto de recarga dos canais de drenagem das sub-bacias.	Magalhães et al. (2012)
Nascentes são como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, e cujos fluxos na fase superficial são integrados à rede de drenagem.	Felippe et al. (2013)
Sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem.	Felippe e Magalhães Jr. (2013)

3 - TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DE NASCENTES

Duas técnicas complementares são comumente utilizadas para a cartografia das nascentes: mapeamento em campo e mapeamento em gabinete, a partir de modelos e procedimentos computacionais. Ambas possuem vantagens e desvantagens de aplicação, as quais devem ser ponderadas e adequadas aos objetivos do mapeamento.

A técnica baseada em trabalhos estritamente de campo para coleta de dados primários utiliza a marcação a partir de localizador geográfico (GPS) para posterior espacialização cartográfica. Essa técnica permite uma certeza que não se tem com o mapeamento em gabinete, além de permitir uma análise das especificidades existentes em cada nascente identificada. Por outro lado, necessita superar problemas como dificuldade de acesso, alterações causadas pela influência antrópica, perenidade da exfiltração e, principalmente, a impossibilidade de validar todas as nascentes existentes, principalmente em médias e grandes extensões territoriais, entre outros.

IG (2014) indica a importância das vistorias em campo no período de estiagem para verificar perenidade e a condição natural ou antrópica das nascentes. Como as nascentes possuem relação direta com a precipitação, evapotranspiração e infiltração, em condições naturais, seus pontos de

afloramento podem mover-se de acordo com a variação da superfície freática durante o ano hidrológico (PEREIRA et al., 2011). Já as ações do homem ocasionam alterações nos terrenos que levam à surgência de água, como cortes em estradas ou para construções, mas não se configuram situações naturais, as quais são as únicas protegidas pela legislação vigente (Lei Federal nº 12.651/2012 - Código Florestal).

A segunda técnica é aquela baseada no levantamento de dados secundários e tratamento de informações espaciais (como imagens de satélite, bases cartográficas, modelos digitais do terreno, informações documentais e cartográficas anteriores, etc), cujos resultados devem ser, preferencialmente, validados com verdade terrestre. Um ponto positivo desse procedimento é a otimização dos trabalhos de campo, para evitar deslocamentos desnecessários, maximizando a coleta de dados. Como os modelos computacionais não consideram diferença entre épocas chuvosas e secas, são passíveis de identificar as diferentes tipologias de nascentes (perenes, intermitentes e efêmeras) associadas a determinado relevo (BOSQUILIA, 2014). Apesar e minimizar os custos operacionais do trabalho, os métodos computacionais enfrentam problemas relacionados à escassez de bases cartográficas precisas, a resolução dos modelos de terreno e a quase ausência de estudos sobre nascentes em escalas de detalhe para validação do resultado.

Os procedimentos desenvolvidos em gabinete com base em dados secundários geralmente adotam a ocorrência da nascente aos pontos iniciais dos canais de drenagem mapeados em uma carta topográfica. Essa metodologia envolve uma simplificação da realidade, podendo tanto subestimar quanto superestimar consideravelmente o número de nascentes, além de estar condicionado a eventuais erros contidos nas cartas topográficas. Além disso, podem ter ocorrido preteritamente alterações ocasionadas pela interferência humana que não constam na base cartográfica utilizada, como, por exemplo, a canalização e retificação de rios e córregos, bem como a execução de cortes e aterros em encostas.

A correlação direta entre os pontos de origem de cada drenagem traçada na base cartográfica disponível possibilita a identificação de uma nascente pontual e perene, ou seja, a forma mais comum de sua ocorrência (ponto de afloramento de água subterrânea). Porém, conforme explicitado na discussão conceitual, é importante observar a complexidade fisiográfica, dinâmica e tipológica para o seu correto mapeamento. Carmo et al. (2014) destacam que o diagnóstico das nascentes deve abarcar, dentre outros parâmetros, o conjunto geomorfológico de conformação das nascentes e da rede de drenagem, o tipo de exfiltração (nascentes pontuais, difusas ou múltiplas), a mobilidade do local de surgência (nascentes fixas ou móveis) e a sazonalidade (nascentes perenes, intermitentes ou efêmeras), em razão da grande heterogeneidade dessa feição.

Bosquilia (2014), Bosquilia et al. (2015) e Bosquilia et al. (2016) adotaram diferentes métodos para comparar os resultados obtidos com modelos matemáticos e com a informação constante nas cartas topográficas do IGC/SP (1: 10.000). Apesar da esperada diferença entre os resultados, os autores concluíram que a metodologia automática pode ser considerada uma ferramenta de grande utilidade na determinação de drenagens em regiões onde não se dispõe de outro método para tal uso. A resolução espacial dos modelos digitais de terreno e das imagens de satélite são características importantes para o detalhamento dos mapas resultantes da aplicação do método automático de determinação de drenagem, sendo essa a principal característica a ser observada em procedimentos automatizados de extração de nascentes.

Além das condições topográficas, outros elementos de suma importância na interpretação dos processos relacionados às nascentes devem ser considerados, conforme dados disponíveis, como o contexto geológico e hidrogeológico (PEREIRA et al., 2011; SANTOS, 2009), as áreas de ocorrência de vegetação higrófila (GUIMARÃES e RIBEIRO, 2012; CARVALHO, RIOS e SANTOS, 2013) e o hidromorfismo nos solos que envolvem as nascentes (MAGALHÃES et al., 2011), o que complementa as informações apresentadas no quadro conceitual no item anterior.

Desse modo, existe uma variedade de procedimentos, mas ainda é preciso avançar nos métodos de mapeamento das nascentes a partir das características elencadas e não apenas a atribuição do ponto inicial da drenagem constante das cartas topográficas disponíveis. Esse procedimento simplificado é observado em diversos trabalhos que estudam as nascentes, as transformações e os impactos ambientais no uso e ocupação do solo do seu entorno. O entendimento dos processos e das características relacionadas ao conceito da nascente podem auxiliar sobremaneira uma cartografia adequada dessas feições e, também, a aplicação dos dispositivos legais associados à sua proteção, como será discutido no tópico seguinte.

4 - PROTEÇÃO LEGAL E FUNÇÕES AMBIENTAIS DAS NASCENTES

Como sistemas provedores de água, as nascentes são muito importantes para a manutenção de processos ecológicos e hídricos essenciais à vida e à garantia do equilíbrio ambiental. Assim, possuem funções ambientais significativas sendo, por esse motivo, uma feição protegida pelo Código Florestal Brasileiro na forma de Área de Preservação Permanente (APP), hoje regido pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) e alterações.

De acordo com o inciso II do Art. 3º dessa legislação, a APP é definida como uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

As APPs de nascentes foram alteradas ao longo do tempo. O Código Florestal estabelecido pela Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1995) determinou que as nascentes eram áreas protegidas, ou seja, deveriam constituir APP. No entanto, não definiu qual era o método de demarcação. A partir da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 04, de 18 de setembro de 1985, publicada em 20 de janeiro de 1986 (CONAMA, 1986), inseriu-se a obrigação de proteger uma faixa mínima de 50 m a partir da margem de qualquer nascente, permanente ou temporária, incluindo os olhos d'água e veredas, em qualquer situação topográfica, de tal forma a proteger, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.

Apenas com a Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), que alterou a Lei Federal nº 4.771/65 (BRASIL, 1965); foi explicitado no Código Florestal que nas nascentes, ainda que intermitentes, deveria ser mantida uma faixa de proteção num raio mínimo de 50 m de largura. A principal alteração foi a exclusão das nascentes temporárias ou efêmeras que eram consideradas na CONAMA nº 04/85 (CONAMA, 1986). Em 20 de março de 2002, o CONAMA mantém os 50 m para o caso de nascentes, ainda que intermitentes, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte (CONAMA, 2002).

Hoje, o Código Florestal (BRASIL, 2012) estabelece a exclusão da faixa restritiva de 50m para nascentes e olhos d'água intermitentes, que antes eram resguardados pelas normas precedentes. Além disso, essa legislação não menciona mais a área referente à bacia hidrográfica contribuinte de cada nascente, restringindo a proteção ao seu entorno imediato.

Esse fato é importante, pois a produção de água e as características da nascente são resultado dos processos que ocorrem em toda a sua área de contribuição, e não apenas na porção circundante da nascente, fato que também deve ser considerado na gestão integrada de recursos hídricos. O raio de 50 m, hidrológicamente, pela sua pequena extensão quando comparada com a bacia hidrográfica que o engloba, contribui pouco na vazão. Assim, toda a área de contribuição merece atenção quanto às funções ambientais que representa, notadamente aquelas relativas à capacidade de infiltração da água de chuva. No caso das nascentes intermitentes, a proteção da bacia de contribuição tende a assegurar a continuidade temporal dos processos de infiltração, percolação, armazenamento e exfiltração das águas pluviais, de acordo com o ritmo natural do sistema (CALHEIROS et al., 2004; CARMO et al., 2014).

A legislação estabelece que a vegetação situada em APP deve ser mantida sem supressão ou outros tipos de alteração ou modificação ambiental e deve ser protegida pelo proprietário da área. Da mesma forma, proíbe a ocupação humana, sendo permitido apenas o acesso de pessoas e animais para obtenção de água e para realização de atividades classificadas como de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental.

No entanto, essa não é a realidade constatada em muitas cidades brasileiras. As alterações climáticas e hidrológicas em curso e a mudança no uso do solo causada pela urbanização intensa e desmatamento em regiões de mananciais, resultam em um cenário marcado por uma degradação cada vez maior de nascentes. Isso pode ocasionar uma oferta de água que pode ser insuficiente frente à demanda atual e projetada. Com efeito, têm-se reflexos na saúde pública, nas economias local e regional, na produção de energia, no cultivo de alimentos e no abastecimento das populações urbanas e rurais, ampliando de modo significativo os conflitos pelo uso da água e, portanto, o risco socioeconômico nas regiões afetadas (JACOBI, CIBIM e LEÃO, 2015; TAGNIN, 2015).

Intervenções nos processos de infiltração e percolação tendem a modificar os padrões dos fluxos da água subterrânea e, conseqüentemente, a exfiltração em zonas de descarga (baixo potencial hidráulico). Intervenções diretas (captação de água subterrânea) ou indiretas (impermeabilização da área de recarga) nos aquíferos alteram os volumes de água do lençol freático, impactando as vazões produzidas pelas nascentes. Assim, as surgências d'água com maior porcentagem de impermeabilização em suas áreas de contribuição tendem a se deslocar rumo a jusante pela alteração significativa dos processos hidrológicos que as mantêm (rebaixamento na superfície do lençol freático).

Tais intervenções resultam na alteração da função ambiental da nascente pelas transformações no uso e ocupação do solo nas proximidades da nascente. Principalmente áreas urbanizadas ou em urbanização, as nascentes urbanas são soterradas pela construção das cidades e suas edificações, fruto do processo de crescimento urbano em direção às áreas ambientalmente frágeis.

A complexidade fisiográfica, dinâmica e tipológica das nascentes (CARMO et al., 2014), bem como os dispositivos legais que as protegem, indicam a multiplicidade de fatores que devem ser considerados no planejamento e na implementação de programas voltados à preservação de recursos hídricos. Com a simples delimitação da APP de nascente e a aplicação direta da Lei sem esses elementos, pode-se obter resultados pouco eficientes quanto aos reais objetivos de proteção ou recuperação definidos pela legislação ambiental e, também, nas diversas políticas públicas que tem as nascentes como foco de suas ações. Um exemplo atual de mecanismo adotado em políticas públicas de recursos hídricos e que necessita do entendimento dos aspectos apresentados são os acordos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

5 - NASCENTES E PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO À GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um instrumento econômico que contribui na preservação do meio ambiente e, no Estado de São Paulo, está relacionado à Política Estadual de

Mudanças Climáticas - Lei Estadual nº 13.798, de 09 de novembro de 2009 (SÃO PAULO, 2009). Essa legislação estabeleceu, em seu artigo 23, a criação do Programa de Remanescentes Florestais com o “objetivo de fomentar a delimitação, demarcação e recuperação de matas ciliar e outros tipos de fragmentos florestais, podendo prever, para consecução de suas finalidades, o pagamento por serviços ambientais aos proprietários rurais conservacionistas, bem como incentivos econômicos a políticas voluntárias de redução de desmatamento e proteção ambiental” (SÃO PAULO, 2009).

De acordo com Seehusen e Prem (2011), atualmente são comercializados, no mundo, quatro tipos de serviços ambientais com maior intensidade e frequência: carbono, água, biodiversidade e beleza cênica. Os autores destacam que nos sistemas PSA-Hídrico, paga-se pela manutenção ou aumento da quantidade e qualidade da água; nos sistemas PSA-Biodiversidade, paga-se por espécies ou por hectare de habitat protegido; nos sistemas de PSA-Carbono, paga-se geralmente por tonelada de CO₂ não emitido para atmosfera ou sequestrado; e nos sistemas PSA-Beleza Cênica, paga-se por serviços de turismo e permissões de fotografia, conforme apresentado no **Quadro 2**.

Quadro 2 - Serviços Ambientais e formas de comercialização.

Serviço Ambiental		Paga-se por
Proteção dos recursos hídricos	Redução da sedimentação em áreas a jusante; melhora n qualidade da água redução de enchentes, aumento de fluxos em épocas secas, manutenção de habitat aquático, controle de contaminação de solos.	Reflorestamento em matas ciliares, manejo de bacias hidrográficas, áreas protegidas, qualidade da água, direitos pela água, aquisição de terras, créditos de salinidade, servidões de conservação.
Proteção da biodiversidade	Proteção das funções de manter os ecossistemas em funcionamento, manutenção da polinização, manutenção de opções de uso futuro, seguros contra choques, valores de existência.	Áreas protegidas, direitos de bioprospecção, produtos amigos da biodiversidade, créditos de biodiversidade, concessões de conservação, aquisição de terras, servidões de conservação, etc.
Sequestro armazenamento de carbono	Absorção e armazenamento de carbono na vegetação e em solos.	Tonelada de carbono não emitido ou sequestrado através de Reduções Certificadas de Emissões (ERU), créditos de offsets de carbono, servidões de conservação, etc..
Beleza cênica	Proteção da beleza visual para recreação.	Entradas, permissões de acesso de longo prazo, pacotes de serviços turísticos, acordos de uso sustentável de recursos naturais, concessões para ecoturismo, aquisição e arrendamento de terras, etc.

Fonte: Seehusen e Prem (2011).

Pocidonio e Turetta (2012) e Gjorup et al. (2016), a partir da análise de programas e iniciativas relacionadas à avaliação e pagamento por serviços ambientais (PSA) em andamento no Brasil e em algumas partes do mundo, verificaram uma predominância de projetos relacionados a serviços vinculados à água (PSA-Hídrico).

Contudo, apesar da notoriedade de programas e projetos de PSA-Hídrico, existem gargalos de ordem técnica, econômica, institucional e legal (VEIGA e GAVALDÃO, 2011). Entre os desafios técnicos, destaca-se a identificação de áreas prioritárias (LIMA et al., 2013; PRADO, 2014; GJORUP et al., 2016) e os processos de monitoramento por meio de indicadores ambientais, que são ausentes ou deficientes, tanto em relação à água, quanto em relação às práticas de conservação e

restauração florestal executadas (BERNARDES e SOUZA JUNIOR, 2010; VEIGA e GAVALDÃO, 2011; ELOY, COUDEL, TONI, 2013; LIMA et al., 2013).

Tomando como referência esses dois grandes obstáculos, faz-se uma discussão acerca relevância das nascentes nesse contexto.

Em relação à necessidade de estabelecer critérios para a seleção de áreas prioritárias para o direcionamento dos recursos financeiros voltados à proteção e recuperação de recursos hídricos, buscou-se compreender como as nascentes são consideradas enquanto fator determinante para priorização de bacias. Para isso, consultou-se o levantamento realizado por Gjorup et al. (2016) que explorou 17 documentos e 29 métodos de seleção de áreas prioritárias no Brasil e no mundo.

Nesse estudo, os seguintes critérios foram relacionados à priorização de bacias para PSA-Hídrico: importância da bacia para abastecimento; ocorrência de alta escassez de água ou alto risco de inundação; existência de conflito pelo uso da água; nível de degradação da bacia e presença de usos conflitantes com conservação; índice de urbanização; potencial de redução de aporte de sedimentos mediante intervenção; suscetibilidade a erosão; características físicas, como limiar de declividade, limiar de gradiente altitudinal, limiar de densidade de drenagem; e limiar de média pluviométrica. No âmbito da seleção de propriedades ou posses, foram elencados os seguintes condicionantes: localização na bacia hidrográfica (montante ou jusante); presença e/ou estado de conservação de APP, localização em áreas cársticas; localização em áreas de recarga; presença de cobertura vegetal; proximidade com Unidade de Conservação (UC) e limiar de declividade (GJORUP et al., 2016).

Interessante destacar que, apesar muitos programas/projetos utilizarem o “número de nascentes protegidas” para divulgar os benefícios para a bacia e para a população, não foi verificada, dentro do levantamento realizado por Gjorup et al. (2016), a utilização da nascente enquanto critério de seleção de áreas prioritárias.

Outro aspecto que deve ser considerado nas ações voltadas à proteção das nascentes por meio de acordos de PSA é a voluntariedade da adesão dos proprietários rurais. O caráter voluntário implica na escolha de áreas que, por vezes, podem não ser as mais adequadas em relação ao retorno em termos de incremento de serviços ambientais. Para maximizar os benefícios ambientais advindos de investimentos públicos e privados nas áreas restauradas e quando o foco é a perenidade do serviço ambiental água, entende-se que é preciso definir áreas prioritárias para direcionar os recursos aplicados tanto para ações de conservação como para recuperação de ecossistemas, ou até mesmo para boas práticas produtivas de uso do solo. Nesse contexto, o mapeamento e a caracterização das nascentes surge como informação essencial para maximizar os benefícios ambientais advindos dos investimentos públicos e privados em sua conservação e recuperação.

As questões não abarcadas pelo quadro normativo legal apresentado anteriormente (nascentes com exfiltração difusa, ou múltipla, nascentes intermitentes ou nascentes móveis) por se basear em um padrão tradicional de nascentes pontuais, perenes e fixas (CARMO et al., 2014), poderiam ser sanadas a partir da associação da proteção dessas feições e de suas áreas de contribuição aos mecanismos e exigências para acordos de PSA-Hídrico.

Sobre o segundo gargalo identificado (monitoramento), deve-se salientar que os resultados do programa/projeto somente são verificados a longo prazo e a avaliação dos ganhos ambientais e sociais dependem do entendimento dos processos relacionados à ocorrência das nascentes e ao funcionamento do ecossistema. Simões (2014) cita que as experiências brasileiras ainda são muito recentes para se conseguir resultados claros demonstrando o grau de adicionalidade para os serviços hídricos. Há, porém, relatos de ressurgimento de nascentes d'água no Oásis Apucarana, por exemplo, mas que é uma prática ainda pouco adotada para mostrar, de fato, os benefícios alcançados com o projeto.

Assim, uma forma de assegurar que os acordos em PSA tenham sucesso a longo prazo é realizar o monitoramento de caráter quantitativo, incluindo ao menos os parâmetros nível d'água em poços, vazão de nascentes e escoamento de base de cursos d'água (EUROPEAN COMMUNITIES, 2007). É fundamental estabelecer o balanço hídrico geral da área, que permita relacionar essas medições com as informações oriundas da estação meteorológica existente, de forma a permitir a correspondência entre a profundidade do nível d'água, a vazão dos cursos d'água e das nascentes e a ocorrência ou não de chuva, bem como de sua intensidade.

Parâmetros complementares podem auxiliar na interpretação dos resultados e permitir uma melhor caracterização dos aquíferos e a avaliação integrada com as águas superficiais, como: parâmetros químicos (temperatura, condutividade elétrica, etc.); pluviometria e demais componentes exigidos para o cálculo da evapotranspiração; exploração da água subterrânea e recarga artificial (esta, se existir).

Conforme orientações da European Communities (2007), a frequência de monitoramento da água superficial e subterrânea deve permitir identificar as variações em curto e longo prazo, o que exige um conhecimento relativamente aprofundado da dinâmica de fluxo das águas. A frequência pode variar a depender do conhecimento das respostas do aquífero e da variação na magnitude de qualquer pressão sobre o aquífero, o qual vai influenciar diretamente no comportamento das nascentes.

Os dados do monitoramento podem ser úteis, também, para o estudo sobre a vazão ecológica dos cursos d'água originados das nascentes que são objeto de ações de proteção, conservação ou recuperação. Apesar das diferentes nomenclaturas (vazão ecológica, ambiental, mínima residual,

mínima ecológica, de preservação ambiental, Q_{90} , $Q_{7,10}$, entre outros termos, conforme aborda Sarmiento, 2007), de um modo geral, a vazão ecológica refere-se a um hidrograma de vazões instantâneas que deve ser mantido no corpo hídrico, de tal maneira que os efeitos abióticos (alteração do perímetro molhado, profundidade, velocidade da corrente, variação da concentração de nutrientes, entre outros), produzidos pela modificação da vazão, não alterem de forma significativa a dinâmica do ecossistema (AGIRREY e BIKUÑA, 2001 apud FARIAS JÚNIOR, 2006).

Para a avaliação da vazão ecológica há diversos métodos conhecidos, os quais podem ser agrupados em quatro tipos principais (BENETTI, LANNA e COBALCHINI, 2003; SARMENTO, 2007; LONGHI e FORMIGA, 2011):

- Hidrológico: utilizam dados hidrológicos (séries históricas temporais de vazões diárias ou mensais) para fazer recomendações sobre a vazão ecológica. Em geral, elas fixam um percentual ou proporção da vazão natural para representar a vazão ecológica que seria adequada para a recuperação/conservação de organismos aquáticos nos cursos de água;
- Hidráulico: consideram as mudanças em variáveis hidráulicas simples (perímetro molhado, profundidade máxima, largura utilizável, seções transversais) medidas numa única seção transversal dos rios. As vazões ecológicas são obtidas por meio de gráfico no qual é representada a variável em estudo e a vazão que garantiria boas condições de habitat para a fauna aquática;
- Habitat: ponderam o habitat físico (história do rio, espécies de peixes, micro-habitat, ciclo de vida, etc.) e a vazão para atender as necessidades de um ecossistema aquático, consideradas as demandas de abastecimento de água e de outros usos da água. Elas usualmente implicam na determinação de uma relação de vazão-habitat para comparar alternativas de vazão ecológica ao longo do tempo; e
- Holístico: examinam as mudanças como resultado de uma cadeia indireta de efeitos, identificando os eventos críticos de vazão em função dos dados de vazão e conhecimento de diferentes profissionais, podendo incluir os outros métodos descritos anteriormente.

O balanço adequado entre utilização da água e manutenção de sua estrutura natural permite o uso continuado da água, no presente e no futuro (BENETTI, LANNA e COBALCHINI, 2003). Por esse motivo, a manutenção de vazões mínimas que suportem o ecossistema aquático (vazão ecológica) é fundamental para garantir a continuidade das funções ambientais oferecidas pela água e subsidiar Programas de Pagamentos por serviços ambientais Hídricos.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As nascentes possuem notável importância frente aos serviços ambientais resultantes de ações de conservação e restauração dos serviços ecossistêmicos que contribuem para a manutenção da qualidade e regulação da disponibilidade dos recursos hídricos, e nas políticas públicas relacionadas, como o pagamento por serviços ambientais. Apesar dessa relevância, há lacunas relacionadas aos aspectos conceituais, de mapeamento e de proteção ambiental.

O quadro conceitual seguiu uma abordagem analítico-integradora, tratando-se de maneira conjunta os diferentes fatores que determinam e estabelecem as configurações desse tipo de feição. Verificou-se que as definições técnicas apresentam certa complementaridade relacionando a ocorrência das nascentes a diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos; e associando o termo (i) ao afloramento de água subterrânea, (ii) à origem de um curso d'água, (iii) à ocorrência natural, (iv) às regiões de cabeceiras; (v) à integração das águas superficiais e subterrâneas.

Em relação aos métodos de mapeamento de nascentes constatou-se que é preciso avançar nos métodos computacionais a partir de informações sobre os processos relacionados à sua ocorrência, para que se tenha maior agilidade nos trabalhos de campo e que seja possível identificar as feições em médias e grandes extensões territoriais de forma prática e eficiente.

No que tange aos aspectos legais de proteção, deve-se considerar a complexidade fisiográfica, dinâmica e tipológica das nascentes, cujos processos ocorrem em toda a sua área de contribuição, e não apenas na porção circundante da nascente; bem como as suas funções ambientais, as quais são alteradas por intervenções que tendem a modificar os padrões dos fluxos da água subterrânea e, conseqüentemente, a exfiltração em zonas de descarga. A simples delimitação da APP de nascente e aplicação direta da Lei sem esses elementos pode não atingir resultados eficientes quanto aos reais objetivos de proteção ou recuperação definidos nos programas e projetos, como é o caso do PSA-Hídrico.

Quando se analisam as experiências de PSA-Hídrico, dois gargalos se destacam: a identificação de áreas prioritárias, onde as nascentes são pouco utilizadas enquanto critérios de priorização; e o monitoramento, que pode explorar indicadores relacionados ao nível d'água em poços, à vazão de nascentes e ao escoamento de base de cursos d'água. O conhecimento e acompanhamento da vazão ecológica, por exemplo, pode auxiliar no entendimento das funções ambientais oferecidas pelas nascentes e subsidiar Programas de PSA- Hídrico.

Espera-se, com a conclusão da pesquisa a qual esse trabalho faz parte, contribuir para a discussão acerca do potencial do PSA como instrumento de políticas públicas de recursos hídricos a partir da definição de metodologia que sirva para priorizar áreas para aplicação de mecanismos de

PSA, dando destaque às nascentes enquanto critério de seleção. Almeja-se, ainda, identificar locais que poderão trazer mais benefícios em termos de quantidade e qualidade de água, bem como definir indicadores para monitorar os resultados de programas e projetos em termos de melhoria hídrica, usando a bacia hidrográfica como unidade de análise e a identificação de serviços ambientais hídricos esperados com a conservação e restauração de áreas degradadas.

AGRADECIMENTOS

Registra-se o reconhecimento ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pela oportunidade de desenvolvimento da pesquisa; e à Fundação de Apoio ao IPT (FIPT), pelo suporte financeiro e operacional à realização dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 8 n.2, 2003. P.149–160.

BERNARDES, C.; SOUSA JUNIOR, W.C. Pagamento por Serviços Ambientais: Experiências relacionadas à Água. **Anais... V Encontro Nacional da Anppas**. Florianópolis: ANPPAS, 2010. Disponível em <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT9-522-502-20100831170114.pdf>. Acesso em 15 mai. 2016.

BOSQUILIA, R.W.D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de drenagens e nascentes**. Dissertação (Mestrado em Ciências) apresentada à Universidade de São Paulo. Piracicaba: ESALQ-USP, 2014.

BOSQUILIA, R. W. D.; FIORIO, P. R.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R. Comparação entre modelos de mapeamento automático de drenagens utilizando SIG. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 445-457, julho-setembro, 2015

BOSQUILIA, R.W.D; FIORIO, P.R.; DUARTE, S.N.; MINGOTI, R.; ZOCCHI, S.S. Diferentes produtos de sensoriamento remoto no mapeamento visual de drenagens e nascentes na microbacia hidrográfica do Ceveiro. **Revista de Agricultura** v.91, n.1, p. 1 - 16, 2016.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Brasília, 15 de setembro de 1965.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 mai. 2012. BRASIL, 2012.

CALHEIROS, R. O. et al. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. 40p.

CAMELO, A. P. S. **Quantificação e Valoração do Serviço Ambiental Hidrológico Resultante da Recomposição de Passivos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau**,

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) apresentada à Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

CAMPOS, Fábio Luiz Mação. **Áreas de Preservação Permanente: efetividade da legislação e novas propostas para gestão ambiental territorial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal Fluminense, 2009.

CARMO, L. G; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Áreas de Preservação Permanente no Entorno de Nascentes: Conflitos, Lacunas e Alternativas da Legislação Ambiental Brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**. v.34, nº 2, p. 275-293, maio/ago. 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337131734006>>. Acesso: 06 mai. 2016.

CARVALHO, R.B.; RIOS, M.L; SANTOS, D.B. Espacialização e caracterização do estado de conservação das nascentes da microbacia do Rio Fumaça – Município de Pindobaçu, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16, 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Conama nº 04, de 18 de setembro de 1985. **Diário Oficial da União**, Brasília, publicada em 20 de janeiro de 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Conama nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 maio de 2002. CONAMA, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

CUSTÓDIO, E; LLAMAS, M.R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona: Ediciones Ômega S.A, 1996.

DAILY, G.C (Ed). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.

DE GROOT, R.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics** (41): 393-408, 2002.

ELOY, L.; COUDEL, E.; TONI, F. Implementando Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil: caminhos para uma reflexão críticas. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília, v. 4, n. 1, p. 21-42, jul/dez 2013.

EUROPEAN COMMUNITIES. **Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document nº15: Guidance on Groundwater Monitoring**. Technical Report – 002 – 2007. Luxemburgo: European Communities, 2007. 52p.

FARIAS JÚNIOR, J.E.F. **Análise de metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica: Estudo de caso: Rio Coruripe/AL e Rio Solimões/AM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006.

- FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR, A.P. . Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista GEOgrafias**, v. 1, p. 70-81, 2013.
- FELIPPE, M.; LAVARINI, C.; PEIFER, D.; DOLABELA, D.; MAGALHÃES JR., A. P. Espacialização e caracterização das nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG. **Anais... XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande: ABRH, 2009
- GJORUP, A.F.; FIDALGO, E.L.C. PRADO, R.B.; SCHULER, A.E. Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. **Rev. Ambient. Água** vol. 11 n. 1 Taubaté, 2016.
- GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 17 (32). Jun. 2005. p. 103-120
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8ª. Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- GUIMARÃES, G.A.; RIBEIRO, R.L. **Análise macroscópica das condições ambientais em nascentes na cidade de Rio Verde-GO**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), apresentada à Universidade de Rio Verde. Goianésia, 2012.
- INSTITUTO GEOLÓGICO – IG. **Conceitos do Meio Físico para o Novo Código Florestal - Lei Fed. Nº 12.651/2012**. Material da palestra dada à Coordenadoria de Biodiversidade de Recursos Naturais. São Paulo: SMA, 2014.
- JACOBI, P.R; CIBIM, J.; LEO, R.S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos avançados**, 29 (84): 27-42, 2015.
- KOSMUS, M.; RENNER, I, ULLRICH, S. **Integrating Ecosystem Services into Development Planning: A stepwise approach for practitioners based on the TEEB approach**. GIZ: Eschborn, 2012.
- LIMA, A.P.M.; ALBUQUERQUE, R.H.; PRADO, R.B.; TURETTA, A.P.D; FIDALGO, E.C.C.; SCHULER, A.E. Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos no Brasil: experiências iniciais e os desafios do monitoramento. **Anais... XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves-RS, 2013.
- LONGHI, E. H.; FORMIGA, K. T. M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios, **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 20, p. 2176-9478, jun. de 2011.
- LUZ, L.D. Aspectos hidrológicos e serviços ambientais hídricos. In: Parron et al. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- MAGALHÃES, L. T. S.; GOMES, J. B. V.; VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; FERREIRA, R. A. Caracterização geo-pedológica das áreas de nascentes na bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 169-181, 2012.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MA. **Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being – A framework for assessment**. Washington DC:World Resource Institute Publication, 2003. p. 55-60.

PEREIRA, P.H.V.; PEREIRA, S.Y; YOSHINAGA, A.; PEREIRA, P.R.B. Nascentes: análise e discussão dos conceitos existentes. **Revista eletrônica Fórum Ambiental da Alta Paulista**. ANAP. 07(2), 2011. p. 139-151.

POCIDONIO, E.A.L.; TURETTA, A.P.D. **Programas de pagamento por serviços ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 25 p. (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 150).

PRADO, Rachel Bardy. **Ferramentas de apoio aos PSA-Hídricos no Brasil em desenvolvimento pela Embrapa e Parceiros**. Mesa Redonda do II Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://www.redevale.ita.br/iisrhps/documentos/IISRHPS_Mesa_Redonda_I_RachelPrado.pdf>. Acesso 15 jun. 2016

ROSA, F.S. **Avaliação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para a Proteção de Recursos Hídricos**. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) apresentada à Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba: UFSCAR, 2013.

SANTOS, A. R. **As APPs associadas a nascentes: O que é uma nascente? Como identificá-la?**. Ecodebate, 2009. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/07/21/as-apps-associadas-a-nascentes-o-que-e-uma-nascente-como-identifica-la-artigo-de-alvaro-rodrigues-dos-santos/>>. Acesso em 14 de mai de 2016.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei Estadual nº 13.798, de 09 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. **D.O.E.** volume 119, Número 209, 10/11/2009.

SARMENTO, R. **Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo - Produto 2**. Edital n. 05 do ano de 2006, PROJETO 704BRA2041 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO. UNESCO/ANA/CBHSF, 2007.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Cadernos da Mata Ciliar**. Nº 1 São Paulo: SMA, 2009. Reprodução de: CALHEIROS, R. O. *et al.* Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida. 2.ed. São Paulo: SMA, 2006. Disponível em: <<http://ambiente.sp.gov.br/mataciliar>>. Acesso 07 jan. 2015.

SEEHUSEN, S. E.; PREM, I. Por que pagamentos por serviços ambientais? In: **Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. BECKER, F. G. & SEEHUSEN, S. E. (orgs). Brasília: MMA, p. 15-54, 2011.

SIMÕES, M. S. **Pagamentos por serviços ambientais sob uma ótica econômico-ecológica e institucionalista: reconciliando teoria e prática**. Dissertação (Mestrado em Economia) apresentada à Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: UFU, 2014.

TADEU, N. D.; SINISGALLI, P. A. A.; SOSA, P. R. B. Funções e serviços ecossistêmicos e serviços ambientais: Conceitos e Abordagens. In: III Encontro Internacional de Governança da Água. **Anais...** São Paulo. Água e Pagamento por Serviços Ecossistêmicos, 2011.

TAGNIN, R.A. **A natureza e o espaço da água e sua presença na Macrometrópole Paulista**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) apresentada à Universidade de São Paulo. São Paulo: FAU USP, 2015.

UNESCO. **Glossário Internacional de Hidrogeologia**. Disponível em: <<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/PT/GF1166PT.HTM>>. Acesso em 12 de abr de 2016.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VEIGA, F. & GAVALDÃO, M. Iniciativas de PSA de conservação dos recursos hídricos na Mata Atlântica In: **Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. BECKER, F. G. & SEEHUSEN, S. E. (orgs). Brasília: MMA, p. 123-182, 2011.