

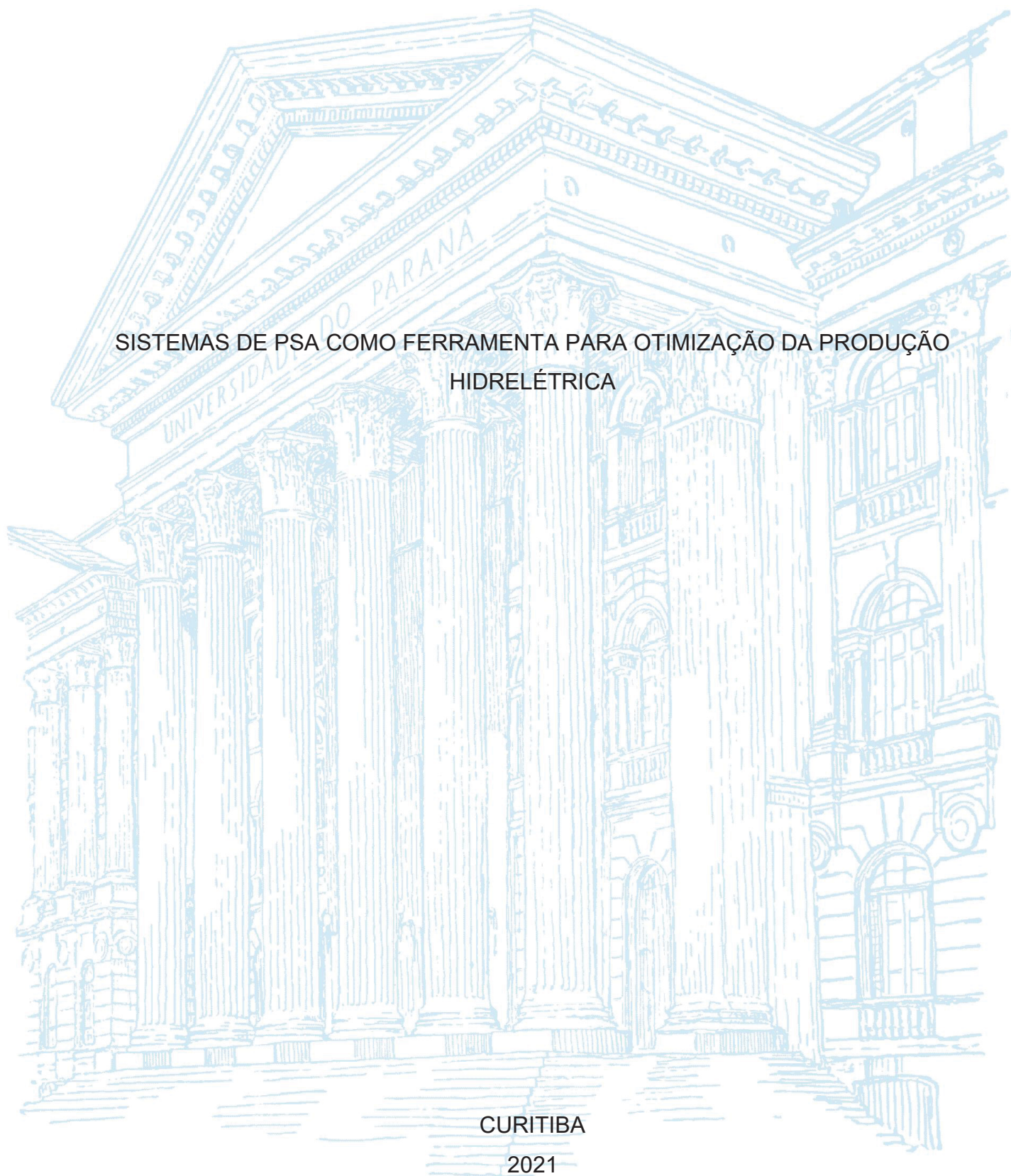
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATÁLIA FERRAZZA

SISTEMAS DE PSA COMO FERRAMENTA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO
HIDRELÉTRICA

CURITIBA

2021



NATÁLIA FERRAZZA

SISTEMAS DE PSA COMO FERRAMENTA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO
HIDRELÉTRICA

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de pós-graduação MBA em Gestão Ambiental, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Júnior Ruiz Garcia

CURITIBA

2021

Sistemas de PSA como ferramenta para otimização da produção hidrelétrica

Natália Ferrazza

RESUMO

Os níveis crescentes de degradação ambiental, ainda que com o avanço de tecnologias para o desenvolvimento sustentável, demandou o desenvolvimento de instrumentos para auxiliar na gestão ambiental, como o instrumento econômico de Pagamento por Serviços Ambientais. Observando o setor elétrico brasileiro que se destaca pela matriz majoritariamente renovável, tem-se, por outro lado, grande dependência dos bens e serviços ecossistêmicos. Com o objetivo de discutir como a adoção de sistemas de PSAs podem contribuir para melhorar a capacidade de geração hidrelétrica, este trabalho realiza uma revisão bibliográfica sobre os aspectos teóricos do PSAs e da relação entre os Aproveitamentos Hidrelétricos e Serviços Ecossistêmicos, para discutir a relevância de PSAs hídricos sob a perspectiva da eficiência energética.

Palavras-chave: pagamento por serviços ambientais, aproveitamentos hidrelétricos, eficiência energética, serviços ecossistêmicos, serviços ambientais.

ABSTRACT

The increasing levels of environmental degradation, although the advancement of technologies for sustainable development, demanded the development of instruments to environmental management assistance, as the economic instrument of Payment for Environmental Services. Observing the Brazilian electric sector, which stands out by the mostly renewable matrix, on the other hand, have a considerable dependence on ecosystem goods and services. In order to discuss how the adoption of PES programs can contribute to improve hydropower generation capacity, this work carries out a bibliographic review on the theoretical aspects of PES and the relationship between Hydroelectric generation and Ecosystem Services, to discuss the relevance of water PES from the perspective of energy efficiency.

Keywords: Payment for Environmental Services, hydropower generation, energy efficiency, ecosystem services, environmental services.

1 INTRODUÇÃO

As alterações causadas pelo uso e manejo de áreas naturais para o exercício de atividades econômicas têm levado a níveis crescentes de degradação ambiental, ainda que a ciência e a tecnologia tenham evoluído consideravelmente na criação de novos formatos de produção com redução dos impactos conhecidos. Isso

pode ser explicado por diversos fatores, desde a falta de conhecimento dos atores envolvidos até a falta de incentivos econômicos para a escolha da opção com menor passivo ambiental. Um exemplo clássico para a compreensão deste dilema é do caso de proprietários serem confrontados a realizar a escolha entre a conservação e uso sustentável da floresta natural ou a supressão da mesma para uso da área como pastagem, provavelmente perceberiam que os benefícios recebidos pela conservação são normalmente baixos quando comparados aos benefícios que receberiam por convertê-lo em outros usos (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013).

Este processo crescente da degradação ambiental, tanto pela extração de insumos quanto para a absorção de resíduos, levou ao desenvolvimento de instrumentos para auxiliar no processo de gestão (GARCIA; ROMEIRO, 2019). Tais instrumentos são previstos na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) e podem ser agrupados em comando e controle, comunicação e econômicos (BRASIL, 1981).

O primeiro trata-se de um instrumento regulatório, cujo define parâmetros técnicos aos quais as atividades econômicas devem estar alinhadas, e seu não cumprimento acarretará em sanções de cunho penal e administrativo. Já o instrumento de comunicação é voltado à informação e conscientização dos agentes poluidores e da população acerca dos assuntos ambientais e desenvolvimento sustentável (MARTORELLI, 2015). O instrumento econômico, segundo Kawaichi e Miranda (2008), é um mecanismo de mercado que usa ferramentas mais flexíveis para reduzir a poluição através da criação de incentivos, tornando a diminuição do impacto ambiental uma vantagem competitiva. O Pagamento por Serviço Ambientais (PSAs) é um exemplo de instrumento econômico, com sistemas implantados no país desde 2006 (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013).

Neste contexto, o trabalho aborda de forma específica os Aproveitamentos Hidrelétricos (AHE). Estes empreendimentos utilizam a capacidade que um corpo d'água tem de gerar energia elétrica, o chamado potencial hidráulico, dado pelo desnível do relevo e pela área de drenagem, que influenciarão na capacidade instalada do aproveitamento (ANEEL, 2008). No Brasil são utilizados dois tipos de reservatórios, de acumulação e fio d'água. Este primeiro trata de reservatórios que acumulam água durante as épocas de maior incidência de chuvas, regulando a

vazão do rio; já as do tipo fio d'água, operam apenas com o fluxo natural do rio (ANEEL, 2008).

Os empreendimentos hidrelétricos devem ser criados a partir do princípio do menor impacto ambiental, a variação natural das vazões ao longo do tempo impacta as usinas com operação do tipo fio d'água, uma vez que seus reservatórios são criados apenas para estabilização diária, praticamente sem variação de volume (SOARES, 2017). Diferentemente dos reservatórios de acumulação, estas usinas são diretamente afetadas pela situação ambiental de sua bacia de captação, uma vez que o comportamento das vazões está atrelado à quantidade de energia que o empreendimento conseguirá gerar num espaço de tempo.

Este trabalho objetiva discutir como a adoção de sistemas de PSAs podem contribuir para melhorar a capacidade de geração hidrelétrica. Os objetivos específicos são a apresentação da relação entre a qualidade ambiental das bacias hidrográficas e a geração de hidroeletricidade e discutir a relevância de PSAs hídricos sob a perspectiva da eficiência energética.

Foi realizada a revisão bibliográfica, a partir de trabalhos acadêmicos e publicações em diversas base de dados, como o Portal de Periódicos da CAPES e SciELO, sobre os aspectos teóricos dos sistemas de PSAs, de forma a apresentar os conceitos e definições com base na literatura (PARRON; GARCIA, 2015; ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008; WUNDER, 2005). Em seguida apresenta-se a relação entre Aproveitamentos Hidrelétricos e Serviços Ecossistêmicos para embasar a discussão da importância dos PSAs para a melhoria da eficiência energética.

Para elaboração do relatório técnico final foi realizada uma revisão de literatura, procurando apresentar as discussões dos autores que estudam a EA e as suas práticas, a fim de contextualizar o histórico da EA no Brasil e no mundo.

2 ASPECTOS TEÓRICOS DO SISTEMA DE PSAS

O crescimento econômico experimentado pela humanidade desde o século XX, diferentemente do progresso lento observado na maior parte da história, trouxe a melhoria na qualidade de vida de bilhões de pessoas, observada pelos indicadores de saúde, educação e bem-estar da população humana. Entretanto, a manutenção deste grau de desenvolvimento torna-se incerto ao observar que se baseia no uso insustentável de recursos naturais e na degradação dos ecossistemas (MARTINE;

ALVES, 2015) Mais do que isso, a manutenção deste sistema socioeconômico tende a ser desastroso num futuro próximo, conforme mostra a revisão do estudo a respeito de nove fronteiras ambientais de escala planetária, do *Stockholm Resilience Center*, traçadas inicialmente em 2009, onde três destas já haviam sido ultrapassadas; em 2015 já eram quatro: mudanças climáticas, perda da integridade da biosfera, mudança no uso da terra e fluxos biogeoquímicos (fósforo e nitrogênio) (STEFFEN et al., 2015).

O ser humano, assim como seus sistemas econômicos e sociais são completamente dependentes dos ecossistemas e, por isso, a manutenção destes é a diretriz básica para a manutenção do bem-estar (MEA, 2005). Neste sentido, os benefícios que a sociedade obtém dos ecossistemas podem ser denominados “Serviços Ecossistêmicos” (SE), compreendendo quatro grupos principais de serviços: provisão (água e alimentos), regulação (clima e doenças), culturais (recreação e beleza cênica) e suporte (ciclagem de nutrientes e purificação do ar) (MEA, 2005). Já a contribuição humana para manutenção destes serviços ecossistêmicos, como as ações de uso e manejo sustentável podem ser denominadas “Serviços Ambientais” (SA) (PARRON; GARCIA, 2015).

A produção e o consumo de bens e serviços econômicos utiliza recursos naturais, altera ambientes e gera resíduos, fazendo uso dos Serviços Ecossistêmicos e implicando num custo de degradação ambiental a toda a sociedade, inclusive aos próprios produtores. Por outro lado, sendo os SE bens públicos e, portanto, sem direitos de propriedades bem definidos, a decisão de manutenção dos SE se apresenta como um custo privado aos produtores, enquanto o benefício é público (PARRON; GARCIA, 2015; ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008).

Este processo crescente da degradação ambiental, tanto pela extração de insumos quanto para a absorção de resíduos levou ao desenvolvimento de instrumentos para auxiliar no processo de gestão ambiental (GARCIA; ROMEIRO, 2019). Os sistemas de Pagamento por Serviços Ambientais surgem como uma nova abordagem para a conservação ambiental, especificamente para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, que vêm sendo progressivamente degradados.

O PSAs pode ser definido como um pagamento feito de forma voluntária por aqueles que se beneficiam dos Serviços Ecossistêmicos mantidos pelos donos de terras ou provedores de serviços ambientais que adotam práticas conservacionistas

em suas áreas (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008; WUNDER, 2005). Os sistemas de PSAs se destacam em relação aos outros mecanismos de conservação ambiental, pois reconhecem que a manutenção dos serviços ambientais é onerosa para aqueles que deixam de lucrar com a produção que aquela área poderia oferecer (WUNDER, 2005) e reconhecem a ação humana como modificadora dos Serviços Ecossistêmicos (PARRON; GARCIA, 2015).

Sendo uma modalidade de instrumento econômico para a gestão ambiental, um PSAs pode ser assim classificado se satisfeitos cinco critérios básicos, propostos por Wunder (2005):

- Participação voluntária dos participantes;
- Um Serviço Ambiental bem definido;
- Existência de pelo menos um comprador (beneficiário-pagador);
- Existência de pelo menos um provedor do Serviço Ambiental (provedor-recebedor);
- Garantia de provisão dos Serviços Ambientais (condicionalidade).

A lógica por trás do PSAs é de que o provedor de Serviços Ambientais deve receber um benefício de forma que a escolha da manutenção do SA seja igual ou mais atrativa que os usos não-conservacionistas, assim como o custo aos beneficiários deve ser inferior aos custos adicionais que teriam caso não houvesse a manutenção do SA (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008; PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013; PAGIOLA; PLATAIS, 2002).

Trata-se de um instrumento interessante do ponto de vista da conservação uma vez que possibilita novos incentivos à conservação, podendo tornar-se sustentável na medida que forem satisfeitas todas suas características, principalmente da participação voluntária e interesse mútuo dos participantes (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013). Tais benefícios apenas serão observados, no entanto, se o critério da condicionalidade (critério 5) definido por Wunder (2005) for observado em sua totalidade, não apenas com o monitoramento do cumprimento das condições contratuais, mas o reconhecimento da situação ambiental prévia ao PSAs e a obtenção de dados ao longo da prestação do serviço, de forma a mensurar os benefícios ambientais obtidos e a efetividade do PSAs implantado (DE LIMA et al., 2013; PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013).

Embora o primeiro sistema de PSAs implantado no Brasil tenha iniciado no ano de 2006, em Extrema, Minas Gerais (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013), uma política nacional somente foi implantada recentemente, pela Lei nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021, conhecida como Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) e traz definições a conceitos antes menos claros. Ela define, em seu Art. 2º, serviços ecossistêmicos como “benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais”, os quais são agrupados em serviços de suporte, provisão, regulação e culturais (BRASIL, 2021). Ela também define que serviços ambientais são “atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos” (BRASIL, 2021).

A PNPSA apresenta o sistema de Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs) de forma consonante com o conceito já descrito na literatura, como um instrumento de mercado para financiar a conservação, considerando que o grupo que se beneficia dos serviços ambientais (usuário-pagador) deve realizar pagamentos àqueles que contribuem para a geração destes serviços (provedor-recebedor) (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013).

Projeta-se, com a PNPSA, uma melhoria na estruturação dos PSAs, tendo em vista que mesmo com crescimento expressivo de sistemas de PSAs, principalmente no âmbito municipal, desde 2006 (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013), os projetos de PSAs brasileiros ainda encontram dificuldades do estabelecimento de metodologias para implantação e monitoramento e avaliação dos resultados, a falta de dados iniciais e as dificuldades financeiras são apontadas como fator limitante para o desenvolvimento pleno destes projetos (DE LIMA et al., 2013; PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013).

3 RELAÇÃO ENTRE APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS E OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os Aproveitamentos Hidrelétricos (AHE) são empreendimentos que utilizam da capacidade que um corpo d'água tem de gerar energia elétrica (ANEEL, 2008). Em geral são utilizados dois tipos de reservatórios, de acumulação e fio d'água. Este primeiro trata de reservatórios que acumulam água durante as épocas de maior

incidência de chuvas, regulando a vazão do rio e, por conseguinte, a operação de reservatórios a jusante; já as do tipo fio d'água, operam apenas com o fluxo natural do rio ou com regulação semanal (ANEEL, 2008; GOMES, 2012).

Criadas a partir do princípio do menor impacto socioambiental, reduzindo a área alagada, os reservatórios do tipo fio d'água apresentam uma desvantagem em relação aos de acumulação pois perdem potência hidráulica e a capacidade de regulação das vazões, abrindo espaço para a contratação de complementação de termelétricas (GOMES, 2012; SOARES, 2017), fonte de energia mais cara e poluente.

Cabe ressaltar que cada aproveitamento tem uma melhor solução a ser aplicada, a partir de uma série de levantamentos e estudos realizados até a efetiva aprovação dos órgãos competentes e implantação (DE CARVALHO, 2015) e que tais estudos consideram aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

Comparada com a geração de eletricidade global, o Brasil se destaca frente as energias renováveis, principalmente por privilegiada posição no que tange aos recursos hídricos (GOMES, 2012). Segundo o Balanço Energético Nacional 2020 (BEN 2020), enquanto a participação de renováveis na matriz elétrica mundial chega a 23,0%, o Brasil apresenta 84,8% sendo que, em 2020, a geração hidrelétrica responsável por 65,2% de participação no total de energia ofertada (EPE, 2021). O Quadro 1 a seguir demonstra a quantidade de empreendimentos hidrelétricos registrados no Sistema de Informação de Geração da ANEEL¹ (SIGA).

Quadro 1. Número de aproveitamentos hidrelétricos² brasileiros e potência instalada.

Aproveitamento Hidrelétrico	A construir		Em construção		Em operação	
	Quant.	Pot (MW)	Quant.	Pot (MW)	Quant.	Pot (MW)
CGH	1	2,00	4	7,70	730	833,17
PCH	91	1.251,72	24	355,09	425	5.538,62
UHE	3	262,00	1	141,90	219	102.990,43
Total	95	1.515,72	29	504,69	1.374	109.362,23

Fonte: Adaptado de ANEEL/SIGA, 19 de setembro de 2021.

¹ Agência Nacional de Energia Elétrica, responsável pela regulamentação de empreendimentos e serviços de energia elétrica (<https://www.aneel.gov.br/>).

² Central Geradora Hidrelétrica (CGH), Pequena Central Hidrelétrica (PCH) e Usina Hidrelétrica (UHE) são classificações dos Aproveitamentos Hidrelétricos de acordo com sua potência instalada e outros fatores.

Ao passo que uma matriz elétrica baseada em fontes renováveis traz um horizonte de desenvolvimento sustentável, também implica que a garantia da produção desta energia dependa diretamente da provisão de bens e serviços ecossistêmicos (DE CARVALHO, 2015; GOMES, 2012; SOARES, 2017). Somado a isso, a assimetria dos aspectos considerados na condução a expansão do setor elétrico brasileiro, cujos aspectos socioambientais têm se mostrado superiores mesmos aos riscos de insuficiência de oferta de energia e não atendimento a modicidade tarifária (DE CARVALHO, 2015; GOMES, 2012; SOARES, 2017).

Esse contexto pode ser observado nas outorgas conferidas nas duas últimas décadas e nos projetos de expansão de oferta de energia, onde a grande maioria considera a implantação de reservatórios tipo fio d'água (GOMES, 2012; SOARES, 2017), contribuindo para a dependência do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) às variáveis climáticas. Paralelamente às decisões do SEB para a expansão de geração da energia elétrica, observa-se a necessidade da otimização dos aproveitamentos hidrelétricos existentes, que já se encontram expostos as variações climáticas atuais. Sabendo que os AHE utilizam as vazões da bacia de captação e os desníveis geográficos, é razoável considerar que a melhoria do regime hídrico e a qualidade da água na bacia podem contribuir de forma considerável na otimização da geração hidrelétrica.

Além de contribuir para a adoção de práticas sustentáveis, o reconhecimento da relação de Serviços Ecossistêmicos de interesse a um AHE permite uma gestão ambiental voltada para a manutenção dos processos ecológicos que garantam estes serviços (SILVEIRA, 2016). O Quadro 2 apresenta os benefícios observáveis em AHE relativos a diversos SE, elencados a partir da literatura (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008; MEA, 2005; PARRON; GARCIA, 2015; WUNDER, 2005; PAGIOLA; PLATAIS, 2002), sendo esta uma análise geral para o padrão de AHE encontrados no país.

Quadro 2. Relação dos Serviços Ecossistêmicos e Aproveitamentos Hidrelétricos.

Tipo	Serviço Ecossistêmico	Função Ecossistêmica	Benefícios no AHE
Suporte	Biodiversidade	Manutenção dos serviços ecossistêmicos	Garantia da provisão de serviços ecossistêmicos
	Ciclagem de nutrientes	Deposição de serrapilheira	Manutenção/retenção da umidade do solo
Regulação	Sequestro carbono	Controle climático	Chuvas bem distribuídas

	Fluxo hídrico	Redução do pico de vazões	Melhor aproveitamento das vazões para geração
	Purificação da Água	Manutenção da Qualidade da Água	Evita gastos e paradas com limpeza do reservatório
	Controle de erosão	Redução do carregamento de finos	Redução do assoreamento; Estabilidade de encostas e taludes; Redução do desgaste das turbinas.
	Controle biológico	Controle de insetos vetores	Menor impacto da criação de ambientes propícios no reservatório
Provisão	Água potável	Qualidade da água	Evita gastos e paradas com limpeza do reservatório (eutrofização)

Fonte: Preparado pela autora com base em (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008; FRASCARELI et al., 2015; MEA, 2005; PARRON; GARCIA, 2015; PERIOTTO; TUNDISI, 2013; SILVEIRA, 2016; WUNDER, 2005; PAGIOLA; PLATAIS, 2002).

Tem-se, portanto, que o funcionamento de um AHE está diretamente relacionado com os serviços ecossistêmicos, principalmente a nível de bacia de captação. Serviços ecossistêmicos relacionados à ciclagem de nutrientes, regulação do fluxo hídrico e o controle da erosão são essenciais para a eficiência dos Aproveitamentos Hidrelétricos, uma vez que o carregamento de partículas pela água das chuvas implica no assoreamento dos reservatórios (PERIOTTO; TUNDISI, 2013; SILVEIRA, 2016) e acelera o desgaste das turbinas, o que pode diminuir de forma considerável a vida útil do empreendimento, além de incrementar os custos de parada e manutenção e o passivo ambiental do empreendimento. Fatores que também influenciam na qualidade da água, já que o carregamento de matéria orgânica e químicos estão entre os principais fatores que levam a eutrofização de reservatórios (FRASCARELI et al., 2015), gerando custos de controle de macrófitas aquáticas e da melhoria de qualidade da água.

Deste modo, a promoção ou a manutenção dos serviços ecossistêmicos são de interesse tanto do empreendimento como setor elétrico, já que contribuem em diversas áreas, seja na vida útil do arranjo e dos equipamentos, como também melhoram a condição de geração e têm capacidade de diminuir os passivos ambientais decorrentes da implantação e operação destes empreendimentos.

4 A IMPORTÂNCIA DO PSAS PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os Serviços Ambientais são, por definição, promotores ou, pelo menos, protetores dos Serviços Ecossistêmicos, serviço de grande relevância não apenas para o setor elétrico, mas para toda a sociedade. O entendimento de quem são os atores nesta dinâmica é de fundamental importância para o estabelecimento de sistemas de PSAs. A partir do Quadro 2 anteriormente mencionado, podem ser relacionados os prestadores de SA capazes de contribuir com os SE de interesse dos AHE, como a purificação da água e o controle da erosão, por exemplo. No Quadro 3, a seguir, são apontados possíveis provedores de SA para o cenário de análise onde o AHE seja o beneficiário-pagador e os proprietários da bacia de captação os provedores-recebedores.

Quadro 3. Serviços Ambientais relacionados aos Serviços Ecossistêmicos.

Tipo	Serviço Ecossistêmico	Serviço Ambiental
Suporte	Biodiversidade	Vegetação nativa preservada; Corredores ecológicos; Proibição à caça e pesca predatória;
	Ciclagem de nutrientes	Vegetação nativa preservada; Áreas verdes e vegetadas;
Regulação	Sequestro carbono	Vegetação nativa preservada; Reflorestamentos;
	Fluxo hídrico	Vegetação Nativa Preservada; Reflorestamento; Manejo conservacionista do solo; Manutenção de áreas permeáveis; Integração de sistemas produtivos;
	Purificação da Água	Vegetação nativa preservada; Tratamento de efluentes; Agricultura orgânica ou com defensivos naturais;
	Controle de erosão	Proprietários de terra com áreas de vegetação cercadas e preservadas; Empreendimentos agrícolas com manejo conservacionista;
	Controle biológico	Proprietários de terra com áreas de vegetação cercadas e preservadas; Agricultura orgânica ou com defensivos naturais;
Provisão	Água potável	Proteção de nascentes; Vegetação nativa preservada; Tratamento de efluentes;

Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda que a quantificação das relações entre os Serviços Ecossistêmicos e os AHE seja subjetiva, sua relação é concreta e a prestação de Serviços Ambientais é de interesse. Neste sentido, observa-se a aplicabilidade de sistemas de PSAs Hídricos tendo os Aproveitamentos Hidrelétricos (AHE) como beneficiários e como recebedores os prestadores de Serviços Ambientais da bacia de captação. Além do benefício direto ao empreendedor do AHE, observa-se que o aumento na oferta de energia traria benefícios indiretos para toda a sociedade, como maior geração de energia renovável e limpa a um menor custo (DE CARVALHO, 2015; GOMES, 2012; SOARES, 2017), se comparado com termelétricas, ativadas na falta de energia de fonte hidráulica disponível no sistema.

Para além dos benefícios financeiros observados, como a redução de custos de parada e manutenção, o aumento da vida útil e da capacidade de geração que reduzem o passivo ambiental do empreendimento melhorando, portanto, a viabilidade socioambiental.

Outro benefício, diferentemente do que se tem nos sistemas de PSAs implantados atualmente no Brasil, onde há falta monitoramento e divulgação dos resultados (DE LIMA et al., 2013), sua aplicação em AHE não apresentaria o acréscimo de custo do monitoramento dos impactos, dado que as medições necessárias já são efetuadas para a própria operação da usina.

Se tratando de uma solução econômica, o PSAs pode ser uma alternativa de sucesso aos AHE, haja visto o número de empreendimentos existentes, conforme indicado no Quadro 1, e o crescimento previsto para o setor. Contudo, para que a solução se popularize são necessárias melhorias nos processos de aplicação dos PSAs brasileiros, como a falta de metodologia para a análise da situação da região previamente à implantação do PSAs, o que limita a verificação da eficiência dos programas existentes (DE LIMA et al., 2013). Outro grande desafio é a implementação de monitoramentos dos serviços ecossistêmicos e divulgação destes dados (DE LIMA et al., 2013; PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013), visto que o monitoramento que se tem, assim como nos PSAs na América Latina, se limita apenas ao cumprimento dos contratos de PSAs (DE LIMA et al., 2013).

Um fator positivo é que as experiências brasileiras têm utilizado abordagens diferenciadas de valoração, trazendo os valores mais próximos aos da realidade de mercado de cada região (PAGIOLA; VON GLESHN; TAFFARELLO, 2013), contribuindo para o êxito dos sistemas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações dos sistemas naturais para a realização de práticas não conservacionistas para fins econômicos têm gerado um acelerado processo de degradação da natureza e do bem estar social, com problemas relacionados à poluição e a escassez hídrica, por exemplo. A perturbação destes sistemas acarreta na diminuição da provisão dos Serviços Ecossistêmicos, considerados como externalidades nas transições econômicas.

A abertura para mercados que contribuam para a manutenção dos SE, como o PSAs se apresenta como uma solução satisfatória para a gestão ambiental, alternativa aos instrumentos de comando e controle e conjunta com os instrumentos de comunicação, pois tende a criar demanda para a conservação de áreas de interesse. Outrossim, o PSAs tem como característica a vasta abrangência de Serviços Ambientais que podem ser negociados, conseguindo ser aplicado a diferentes ramos da economia.

Tendo um papel de destaque no que tange à geração de energia de fontes renováveis, o setor elétrico brasileiro se baseia em fontes majoritariamente limpas e renováveis, composto principalmente por Aproveitamentos Hidrelétricos. Tal cenário, por outro lado, torna o país altamente dependente das variáveis climáticas, o que aumenta a necessidade de políticas de conservação dos Serviços Ecossistêmicos, tanto para o bem estar quanto para a garantia da obtenção de recursos naturais.

O potencial de aplicação de PSAs principalmente no arranjo com os Aproveitamentos Hidrelétricos é grande, dada a quantidade de empreendimentos deste tipo instalados, porém, a falta de dados das experiências existentes limita a implantação de novos sistemas, deixando em aberto a quantificação do benefício obtido e dificultando a correta valoração dos pagamentos. Por outro lado, acredita-se que com a sanção da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais este mercado possa se desenvolver de forma satisfatória.

Enfatiza-se, portanto, que o levantamento das condições prévias, assim como o monitoramento pós implantação e uma metodologia aplicada à avaliação dos impactos dos PSAs, bem como a divulgação dos dados, trariam segurança e fundamentação para novos projetos. Estudos de levantamento dos PSAs existentes

correlacionados com AHE que existam na bacia, também podem trazer resultados importantes para a alavancagem destes sistemas.

REFERÊNCIAS

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2021. In: Empresa de Pesquisa Energética. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em 25 set. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3. ed. Brasília: 2008. 236 p. il. Disponível em: <https://www.fisica.net/energia/atlas_de_energia_eletrica_do_brasul_3a-ed.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 6.938 de agosto de 1981.** Diário Oficial da União, Brasília DF, 02 set. 1981. Seção 1, p. 16509. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. Secretaria Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 9, 14 jan. 2021. Seção 1, p. 7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm>. Acesso em: 25 set. 2021.

CARVALHO, A. R. L. de. **RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS: CONTRIBUIÇÃO PARA UMA MATRIZ ENERGÉTICA MAIS LIMPA.** 2015. 189 f. Tese de doutorado em Ciências em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRJ. 2015. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/390-2015/4606-angela-regina-livino-de-carvalho>>. Acesso em: 25 set 2021.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, n. 4, p. 663–674. Amsterdam: mai. 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800908001420?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 set. 2021.

FRASCARELI, D. et al. Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itapararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba-SP. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 770–781, 1 out. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/pdLTgwm7Vmf7fTrNRgJZj6G/?lang=pt>>. Acesso em: 25 set. 2021.

GARCIA, J.; ROMEIRO, A. R. Pagamento por serviços ambientais em Extrema, Minas Gerais: avanços e limitações. **REVIBEC – REVISTA IBEROAMERICANA DE**

ECONOMÍA ECOLÓGICA, p. 11-32. Rio de Janeiro: fev. 2019. Disponível em: <<https://redibec.org/ojs/index.php/revibec/issue/view/18>>. Acesso em: 25 set 2021.

GOMES, R. D. O. **Estudo do Impacto da Incorporação de Usinas Hidrelétricas a Fio D'Água no Sistema Interligado Nacional**. 2012. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora: 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/4145>>. Acesso em: 25 set. 2021.

KAWAICHI, V. M.; MIRANDA, S. H. G. Políticas públicas ambientais: a experiência dos países no uso de instrumentos econômicos como incentivo à melhoria ambiental. **46º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Rio Branco: Jul. 2008. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/109660>>. Acesso em: 25 set. 2021.

LIMA, A. P. M. de. et al. Pagamentos por Serviços Ambientais Hídricos no Brasil: experiências iniciais e os desafios do monitoramento. *In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20, p. 1–8. Bento Gonçalves: nov. 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/970166>>. Acesso em: 25 set. 2021.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 433–460, set. – dez. 2015. Disponível em: <<https://www.rebep.org.br/revista/article/view/736>>. Acesso em: 26 set. 2021.

MARTORELLI, E. B. **Política ambiental: dos limites do comando e controle à potencialidade dos instrumentos econômicos**. 2015. 38 f. Monografia de bacharelado em Ciências Econômicas. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade de Brasília, Brasília: 2015. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/11435>>. Acesso em: 25 set. 2021.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em 25 set. 2021.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. Payments for Environmental Services. **Environment Strategy Notes**, v. 3, n. 4, p. 1–23, 2002. Disponível em: <<https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/66998>>. Acesso em 25 set. 2021.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. (Orgs.). **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, v. 86494, p. 1-338, 2013. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/548371468021548454/pdf/864940WP0P088000PORTUGUESE0PSA livro.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2021.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. *In: Serviços Ambientais em Sistemas*

Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1024082/servicos-ambientais-em-sistemas-agricolas-e-florestais-do-bioma-mata-atlantica>>. Acesso em: 25 set. 2021.

PERIOTTO, N. A.; TUNDISI, J. G. Ecosystem Services of UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa): a new approach for management and planning of dams multiple-uses. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 3, p. 471–482. Aug. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/5bzDHVmR7pjJ7HHqcVgGpfB/?lang=en&format=html>>. Acesso em: 25 set. 2021.

SILVEIRA, C. R. S. **Serviços ecossistêmicos na bacia hidrográfica de um reservatório hidrelétrico em cenário de escassez de água.** 2016. Dissertação de mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre. Instituto de Ciências Biológicas – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: mar. 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AAZJ2W>>. Acesso em: 25 set. 2021.

SOARES, I. M. **Usina hidrelétrica a fio d'água ou reservatório?** Subsídios à tomada de decisão por meio de análise custo-efetividade. 2017. xi, 101 f., il. Dissertação de mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Pós-Graduação em Economia do Departamento de Economia – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/25259>>. Acesso em: 25 set 2021.

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, 13 fev. 2015. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>>. Acesso em: 25 set. 2021.

WUNDER, S. Payments for environmental services: some nuts and bolts. **Center for International Forestry Research (CIFOR)**, 2005. Disponível em: <<https://www.cifor.org/knowledge/publication/1765/>>. Acesso em: 25 set. 2021.