



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## SISTEMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO: CONSIDERAÇÕES SOBRE PCHs E UHEs

Charline Bonatto<sup>1</sup>; Lucimara Bragagnolo<sup>2</sup>; Elvis Prestes<sup>3</sup>

### RESUMO

---

A produção de energia elétrica a partir da energia disponibilizada pelos recursos hídricos possui significância pelo mundo, com a tendência de permanecer crescendo. A implantação de sistemas de aproveitamento energético a partir desses recursos é caracterizada por uma série de efeitos tanto positivos quanto negativos sobre o ecossistema. Embora antigamente os empreendimentos criados para tal fim eram caracterizados por grandes obras de barramentos, resultando em grandes áreas alagadas, atualmente, tem-se tornado comum a implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), essas caracterizadas, principalmente, por resultar em áreas alagadas de menores dimensões quando comparadas às Usinas Hidrelétricas (UHEs). Ainda, embora possa-se pensar que em decorrência do pequeno porte das PCHs os impactos gerados sejam menores, é necessário realizar uma avaliação no que se refere a energia gerada. Por exemplo, pode-se analisar a sobreposição dos impactos gerais dos casos fosse necessário instalar certa quantidade de PCHs para produzir a mesma quantidade de energia que uma UHE, podendo essa combinação ser igual ou superior a implantação de uma UHE. A partir das informações levantadas, verificou-se que, frente às questões sociais e ambientais, as PCHs resultam em parcelas menos significativas de impactos por conta de suas características. Contudo, ainda não existem estudos suficientes que abranjam os efeitos de PCHs quando comparadas a implantação de UHEs, o que limita o conhecimento das interferências potenciais sobre os compartimentos ambientais.

**Palavras-chave:** Gestão de recursos hídricos. Hidroenergia. Licenciamento ambiental.

### ENERGY SUPPLY SYSTEMS: CONSIDERATIONS ABOUT SHPs AND HPP

#### Abstract

The production of electric energy from the energy made available by the water resources is significant for the world, with the tendency to continue growing. The implementation of energy recovery systems from these resources is characterized by a series of both positive and negative effects on the ecosystem. Although formerly designed for this purpose were characterized by large buses, resulting in large flooded areas, small Hydroelectric Power Stations (SHPs) have become commonplace, mainly characterized by the presence of flooded areas smaller when compared to Hydropower Plants (HPP). However, although it may be thought that due to the small size of the SHPs, the impacts generated are smaller, it is necessary to carry out an evaluation with regard to the energy generated. For example, it is possible to analyze the overlap of impacts generated if it were necessary to install a certain amount of SHPs to produce the same amount of energy as a HPP, which could be equal to or greater than the implantation of an HPP. From the information gathered, it was verified that, in face of social and environmental issues, SHPs result in less significant portions of impacts due to their characteristics. However, there are not enough studies to cover the effects of SHPs when compared to the implantation of UHEs, which limits the knowledge of potential interferences on the environmental compartments.

**Keywords:** Water resources management. Hydroenergy. Environmental licensing.

---

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC. E-mail para correspondência: charli\_bonatto@outlook.com.

<sup>2</sup> Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim, RS.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim, RS.

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de energia a partir do aproveitamento de recursos hídricos possui significativa importância mundial e tende a continuar crescendo, especialmente em países em desenvolvimento (KAYGUSUZ, 2004). Ainda, o Brasil é um dos principais produtores de hidroeletricidade do mundo (BENINCÁ, 2011). Além disso, a maior concentração das usinas hidrelétricas brasileiras encontra-se nas regiões Sul e Sudeste em decorrência do maior desenvolvimento dessas áreas (BERMANN, 2007).

A implantação de um sistema para produção de energia hidrelétrica é caracterizada pela variedade de efeitos positivos e negativos sobre um ecossistema. Por exemplo, um projeto hidrelétrico de grande escala irá transformar parte do ecossistema terrestre em um ecossistema aquático, resultando em efeitos sobre o rio a jusante e sobre a própria área alagada. Além disso, uma significativa lista de parâmetros ambientais atingidos por tais obras pode ser descrita. Por outro lado, efeitos sociais benéficos, como controle de cheias, abastecimento de água, fornecimento de energia por baixo custo e aumento das oportunidades para recreação são observados (KAYGUSUZ, 2001).

O aproveitamento da hidroeletricidade, no século XX, deu-se, basicamente, a partir da construção de grandes barragens. Centenas de barreiras de concreto, rocha e solo foram inseridas em vales de rios com o objetivo de criar imensos lagos artificiais (DURSUN; GOKCOL, 2011). Contudo, nos últimos anos, o desenvolvimento de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) vem se expandido. As PCHs são caracterizadas pela produção de energia por meio de rios de médio e pequeno porte, desde que apresentem desvios significativos durante o percurso, o que resulta em potência hidráulica suficiente para a movimentação das turbinas. De acordo com a ANEEL (2008), pequenas centrais hidrelétricas possuem potência instalada entre 1,1 MW e 30 MW. Empreendimentos de potências superiores já são considerados usinas hidrelétricas (UHEs). De forma geral, julga-se que instalações de PCHs resultam em menores impactos ambientais (FREITAS, 2012).

No Brasil, de acordo com dados de 2017, existem em operação 431 PCHs com potência outorgada de 4.970.991 kW, correspondendo, ainda, a 3,22% da geração de eletricidade no país, valor comparado à outras formas existentes de geração elétrica. No que se refere às UHEs, são operados 219 empreendimentos, com potência outorgada de 101.169.128 kW,

equivalendo a um percentual de 60,9% (ANEEL, 2017). Dessa forma, a maior parte da energia elétrica no Brasil ainda é proveniente de grandes usinas hidrelétricas.

Diante disso, o presente artigo tem por objetivo tratar sobre os aspectos legais, sociais, econômicos e ambientais das duas principais formas de sistemas de aproveitamento energético de recursos hídricos: PCHs e UHEs, bem como comparar suas formas de gestão por meio da apresentação e discussão de estudos de caso.

## **2 ASPECTOS GERAIS SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A GERAÇÃO DE ELETRICIDADE**

Devido aos impactos sobre os recursos hídricos, há uma crescente preocupação com a necessidade de conservar água. Embora as usinas hidrelétricas sejam destacadas como fonte de energia renovável, conciliar os diversos usos dentro da bacia onde se encontra instalada tornou-se um problema crítico devido à escassez da água e conflitos crescentes entre usuários de recursos hídricos. Esses conflitos são bastante comuns em áreas com usinas hidrelétricas, já que as empresas dependem de uma vazão mínima a montante da barragem para garantir a geração de uma certa

quantidade de energia (LORENZON et al., 2017).

De acordo com Rodríguez de Francisco e Budds (2015), na América Latina, o pagamento por serviços ambientais é uma ferramenta amplamente utilizada por agências privadas e governo para a gestão de recursos hídricos.

Segundo Lorenzon et al. (2017), muitas empresas de energia buscaram soluções para a crise da água investindo na conservação da bacia hidrográfica a montante de suas plantas a fim de garantir a vazão de água que necessitam. Assim, regularização do fluxo, controle da erosão, da infiltração, evaporação da água e desmatamento são alguns parâmetros controlados para garantir a boa gestão de uma bacia hidrográfica.

Um possibilidade explorada por Di et al. (2016) está relacionada ao gerenciamento de eventos e informações de segurança. Os sistemas de informações de segurança e gerenciamento de eventos podem melhorar significativamente a proteção de infraestrutura crítica, além de monitorar brechas de segurança, garantindo a integridade de dados referentes às condições operacionais do setor hidroelétrico. Esse tipo de gerenciamento pode contribuir significativamente para o gerenciamento de recursos hídricos e sistemas naturais,

uma vez que os mesmos podem ser impactados caso alguma falha venha a ocorrer na planta do projeto.

O desmatamento em escala regional pode reduzir as precipitações afetando o fluxo de água nos rios, o que limita a geração de energia e afeta a expansão da atividade (STICKLER et al., 2013). Por este motivo, muitas empresas de energia têm investido na recuperação de áreas degradadas através de plantio de mudas em áreas adjacentes ao local de implantação do projeto, além de ser uma medida compensatória ao dano causado.

Lorenzon et al. (2017) verificaram que o Brasil contribui com 98,77% do fluxo da água para geração da eletricidade na Usina de Itaipu, enquanto o território Paraguai contribui 1,23%. Assim, o Brasil é responsável por 98,35% da eletricidade gerada em Itaipu, mas apenas 17% da energia consumida no país é fornecida pela usina. Aproximadamente 57% da superfície do lago de Itaipu está no Brasil. Mesmo assim, em relação a distribuição dos royalties, a Itaipu pagou US \$ 252, 87 milhões em royalties ao Brasil, mesmo valor pago ao Paraguai, que contribui com apenas 1,65% da energia elétrica total gerada em Itaipu. Esse estudo mostra que a distribuição dos royalties beneficiou significativamente o território Paraguai. Mesmo considerando apenas as áreas

alagadas, o Paraguai recebeu 16% mais do que deveria ter recebido.

Embora os royalties de Itaipu não tenham sido utilizados como um mecanismo de gestão dos recursos hídricos, eles podem ser utilizados para a conservação da bacia hidrográfica. Outros países como China, México, Nepal e Noruega já possuem mecanismos financeiros para a conservação da bacia hidrográfica a montante de seus reservatórios (LORENZON et al., 2017).

No Brasil, a administração dos recursos hídricos não se centrou nas bacias hidrográficas. Para garantir a geração de energia houve um forte investimento no setor hidrelétrico pelos estados e concepções setoriais, deixando a desejar quanto à gestão ambiental dos recursos naturais. Nesse sentido, foram criados comitês de bacia para auxiliar no processo de gestão, contudo, como suas ações são mais consultivas, os mesmos não tiveram maiores papéis na gestão dos recursos naturais (LOUREIRO; VALE PEREIRA, 2014).

### **3 ASPECTOS LEGAIS PARA EMPREENDIMENTOS GERADORES DE HIDRELETRICIDADE**

A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, Lei Federal n. 6938/81 (BRASIL, 1981), estabelece

princípios na qual o Poder Público deve se nortear para estabelecer as legalizações de âmbito ambiental. De acordo com a mesma lei, a ação governamental deve atuar na “manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” (art. 2º, parágrafo I) e na “proteção dos ecossistemas, com preservação de áreas representativas” (art. 2º, parágrafo IV).

Quanto aos recursos hídricos, tem-se, de forma mais específica, a Lei n.9.433, de 8 de janeiro de 1997, mais conhecida como Lei das Águas, que tem por função mudar a concepção da utilização dos recursos hídricos (BRASIL, 1997). A lei tem também por objetivo garantir para essa e futuras gerações a disponibilidade de água. Essa ainda apresenta uma série de objetivos, diretrizes e fundamentos, bem como determina instrumentos de forma a possibilitar o alcance dos objetivos propostos.

Já no que se refere à implantação de empreendimentos de aproveitamento hidroenergético, uma série de planejamentos deve ser realizada, como o planejamento de questões legais e planos setoriais, locais e regionais, que devem ser definidos com base nas legislações e resoluções específicas. As questões legais

compreendem licenciamentos, regulações ambientais, local a ser implantado, etc. Já os planos podem ser tanto para o uso da água (produção de energia) ou para recuperação de áreas (reflorestamento, controle de impactos) (GANZELI; GOLDENSTEIN, 1994). Nesse sentido, uma série de leis federais, instruções normativas e resoluções brasileiras existem de modo a possibilitar a articulação, planejamento e implantação dos empreendimentos hidrelétricos. Algumas dessas são apresentadas no Quadro 1.

Apesar da criação de leis que tenham por objetivo fiscalizar o planejamento da construção de hidrelétricas a fim de reduzir impactos e obter maior aproveitamento energético, o número de situações em que ocorrem modificações significativas no ecossistema e na sociedade local ainda são grandes. Tais questões serão discutidas nas seções posteriores.

**Quadro 1.** Legislação referente ao planejamento e execução de projetos de aproveitamento hidroenergético

Res. CONAMA n. 01/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental (lista a necessidade de EIA para construção de barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW).
Res. CONAMA n. 06/1987	Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica.
Lei n. 9427/1996	Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.
Res. CONAMA 237/1997	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
Lei n. 9.984/2000	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
Lei 9.993/2000	Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia.
Res. CONAMA n. 279/2001	Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental
Res. CONAMA n. 302/2002	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
Res. CONAMA n. 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento.
Lei n. 12.783/2013	Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária.
Res. ANEEL n. 673/2015	Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH.
Portaria FEPAM n. 039/2017 (Estado do Rio Grande do Sul)	Dispõe sobre os critérios e diretrizes gerais, bem como define os estudos ambientais e os procedimentos básicos a serem seguidos no âmbito do licenciamento ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, e Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs.

### 3.1 Licenciamento Ambiental

Em seu artigo 4º, a Resolução CONAMA 006/1987 traz as respectivas fases de planejamento e execução do empreendimento hidrelétrico em que devem ser solicitadas as licenças referentes ao procedimento de licenciamento ambiental:

Na hipótese dos empreendimentos de aproveitamento hidroelétrico, respeitadas as peculiaridades de cada caso, a Licença

Prévia (LP) deverá ser requerida no início do estudo de viabilidade da Usina; a Licença de Instalação (LI) deverá ser obtida antes da realização da Licitação para construção do empreendimento e a Licença de Operação (LO) deverá ser obtida antes do fechamento da barragem (CONAMA, 1987).

Ainda, no Anexo da Resolução em questão, são apresentados os documentos exigidos durante o processo de licenciamento das usinas hidrelétricas, especificados para cada tipo de licença, como apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2.** Documentos exigidos para o procedimento de licenciamento ambiental de projetos hidrelétricos.

Tipo de licença	Documentos exigidos
Licença Prévia (LP)	Requerimento de Licença Prévia; Portaria MME autorizando o Estudo da Viabilidade; Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) sintético e integral, quando necessário; Cópia da publicação de pedido na LP.
Licença de Instalação (LI)	Relatório do Estudo de Viabilidade; Requerimento de licença de Instalação; Cópia da publicação da concessão da LP; Cópia da Publicação de pedido de LI; Cópia do Decreto de outorga de concessão do aproveitamento hidrelétrico; Projeto Básico Ambiental.
Licença de operação (LO)	Requerimento de Licença de Operação; Cópia da Publicação da Concessão da LI; Cópia da Publicação de pedido de LO.

Fonte: Adaptado de CONAMA (1987)

Embora a Resolução CONAMA 06/1987 já estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de obras do setor elétrico, que incluem as de aproveitamento hidroenergético, publicouse, em 2001, a Resolução CONAMA 279, que “estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de

empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental” (BRASIL, 2001). Dessa forma, algumas PCHs acabam sendo enquadradas nesse tipo de processo. Para tanto, torna-se necessário, no momento da solicitação para obtenção da Licença Prévia, a apresentação do Relatório Ambiental Simplificado (RAS). A partir do RAS, o órgão ambiental poderá

definir se o empreendimento seguirá o procedimento simplificado ou não. Em substituição do EIA/RIMA para esses casos específicos, o RAS deve conter, minimamente, uma descrição do projeto, diagnóstico e prognóstico ambiental, bem como medidas mitigadoras e compensatórias. No Estado do Rio Grande do Sul, em 2017, publicou-se a Portaria da FEPAM n. 039/2017, que trata sobre o licenciamento ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas. A partir dessa portaria, exige-se a elaboração de EIA/RIMA em casos em que tais empreendimentos estarão inseridos no bioma Mata Atlântica. Caso contrário, assim como estabelecido pela Resolução CONAMA 279/2001, exige-se um Relatório Ambiental Simplificado.

Apesar de todos os documentos legais supracitados, segundo Loureiro e Vale Pereira (2014), vem sendo observado, durante o processo de licenciamento dos empreendimentos hidrelétricos, inúmeros problemas e descasos. Segundo os autores, embora o Ministério Público interfira em alguns casos, existem situações em que as licenças são expedidas de forma a favorecer os investidores, sem considerar as questões ambientais, de fato. Isso ainda decorre do fato de a gestão dos recursos hídricos ainda não estar suficientemente estabelecida no país.

#### **4 PRINCÍPIOS FUNCIONAMENTO: PCHs e UHEs**

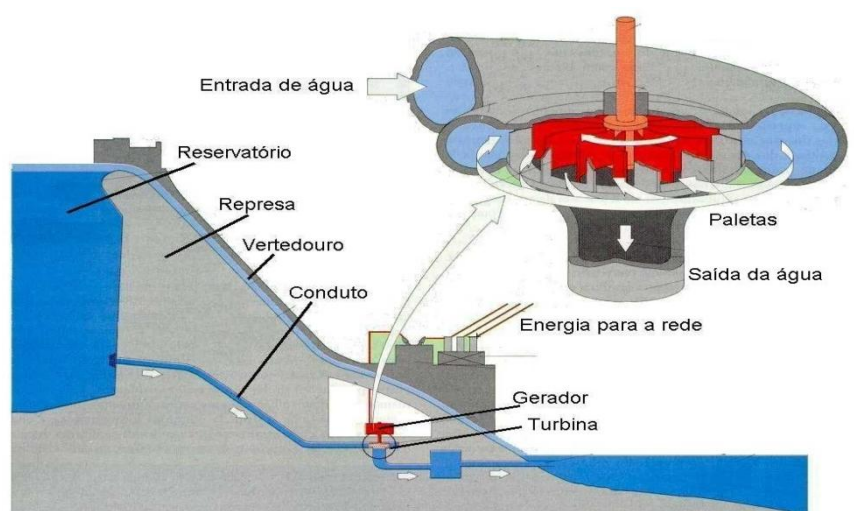
De forma geral, a principal diferença entre uma PCH e uma UHE refere-se ao potencial elétrico instalado. A ANEEL(2008) adota três classificações no que se refere ao aproveitamento hidroenergético: (a) Centrais Geradoras Hidrelétricas, que possuem até 1 MW de potência instalada; (b) Pequenas Centrais Hidrelétricas, que podem variar entre 3,0 MW a 30 MW de potência instalada (BRASIL, 2015) e (c) Usina Hidrelétrica de Energia, com potenciais acima de 30 MW. Internacionalmente, tal classificação pode apresentar variações. Por exemplo, Dursun e Gokcol (2011) classificam as estruturas de aproveitamento hidroenergético de pequeno porte em três classes: (a) pequenas, com potencial abaixo de 10 MW; (b) mini, abaixo de 2 MW e (c) Micro, plantas hidrelétricas menores que 100 kW.

O mecanismo de produção de energia a partir de recursos hídricos é basicamente o mesmo para as plantas hidrelétricas de diferentes portes. A produção de eletricidade se dá com a saída de água do reservatório até a casa de força, através de tubos com a vazão de água com alta pressão. A casa de força contém turbinas que são formadas por pás conectadas a um eixo, que são ligadas a



geradores. Cada gerador é formado por um fio bobinado e um ímã. A água com alta pressão movimenta as pás produzindo movimentos giratórios no eixo da turbina, assim com os movimentos do eixo produz campos eletromagnéticos no gerador,

gerando a eletricidade, que é então, transmitida e distribuída (ANEEL, 2008; QUEIROZ et al., 2013). A Figura 1 esquematiza o mecanismo de geração de energia elétrica por meio da energia hidráulica.

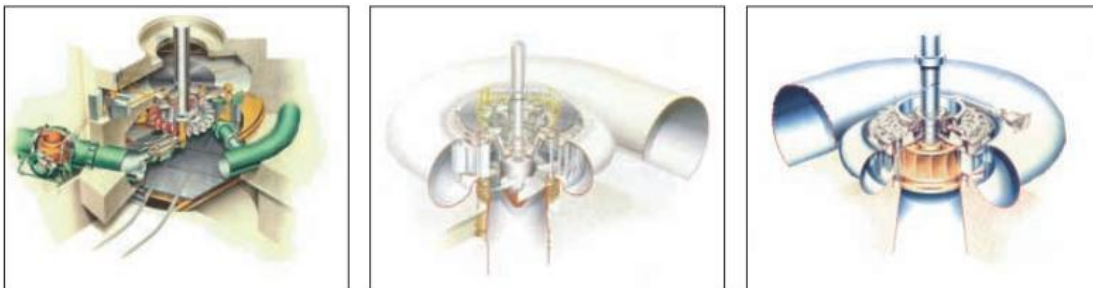


**Figura 1.** Mecanismo de produção hidroenergética

Fonte: Queiroz et al. (2013, p. 2776).

A eficiência de conversão de energia primária à secundária realizada pelas turbinas pode alcançar 90%. Esses equipamentos podem ser encontrados em diferentes formatos e tamanhos. De forma geral, utiliza-se o modelo *Francis*, uma vez que ele é capaz de adaptar-se tanto em localidades com baixo queda quanto locais

de alta queda. Outros modelos comuns incluem o formato *Kaplan*, utilizado para locais de baixa queda (10 m a 70 m), e *Pelton*, mais adaptado para regiões de elevada queda (200 m a 1500 m) (ANEEL, 2002). A Figura 2 apresenta uma representação das diferentes configurações de turbinas.



**Figura 2.** Turbinas hidráulicas. Em sequência: modelo *Francis*, *Kaplan* e *Pelton*

Fonte: GE(2000).

Uma das principais diferenças referentes à operação de PCHs e UHEs está na forma operacional do reservatório. Pequenas centrais hidrelétricas operam, normalmente, a fio d'água, ou seja, o reservatório não possibilita a regularização do fluxo. Por conta disso, em épocas de estiagem, pode ocorrer ociosidade na produção energética, visto que a vazão disponibilizada pode ser menor que a capacidade das turbinas. Por outro lado, as vazões podem estar muito acima da capacidade, fazendo com que a água extravase o vertedouro. Em decorrência disso, o custo da energia elétrica gerada por PCHs acaba sendo mais elevado que o custo da energia produzida por uma UHE, já que, nesse tipo de empreendimento, o reservatório é utilizado de forma a regularizar a vazão (SECRETARIA DE

MINAS E ENERGIA, 2016). Em reservatórios operados a fio d'água, o volume acumulado, bem como a área alagada são caracterizados por permanecerem invariantes ao longo do tempo, de forma independente da vazão afluente ao reservatório (MME, 2007). Além de serem operados a fio d'água, reservatórios de PCHs podem ser operados por outras formas, como apresentado no Quadro 3. Por sua vez, grandes UHEs normalmente operam com reservatório regularizado, de forma a controlar uma vazão de acordo com a necessidade energética. Nesses casos, o volume de água do reservatório, o nível e a área alagada são passíveis de variação dependendo da maior ou menor necessidade de geração de energia (MME, 2007).

**Quadro 3.** Tipos de PCHs quanto à capacidade de regularização do reservatório

Capacidade de regularização	Características
Fio d'água	Vazões de estiagem são iguais ou maiores que a necessária para atender a demanda.
Acumulação com regularização diária do reservatório	Vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para suprir a demanda. Reservatório fornece adicional necessário de vazão regularizada.
Acumulação com regularização mensal do reservatório	Considera dados de vazões médias mentais no dimensionamento energético. Regularização mensal das vazões médias diárias.

**Fonte:** Adaptado de Secretaria de Minas e Energia (2016).

Ainda, PCHs normalmente são implantadas em regiões com terrenos que possuam declives consideravelmente acentuados, de forma a possibilitar a produção de energia hidráulica suficiente para movimentação das turbinas e consequente transformação em energia elétrica.

## **5 GESTÃO SOBRE AS QUESTÕES AMBIENTAIS E SOCIAIS**

### **5.1 QUESTÕES AMBIENTAIS**

Os impactos ambientais relacionados ao setor hidrelétrico são frequentemente associados a limitação da biodiversidade, impactos na fauna e flora, destruição de monumentos históricos, modificação na paisagem, alterações na dinâmica e qualidade dos recursos hídricos e impactos visuais (BOTELHO et al., 2017).

Outros problemas apontados por Pagnussatt et al., (2018) incluem a interrupção do transporte de sedimentos, migração de peixes, fluxos a jusante e de estuários.

Fearnside (2016) também aborda que as barragens bloqueiam a migração de peixes. Muitas espécies de peixes da Amazônia têm uma migração ascendente ao fluxo do curso d'água para se reproduzir. Depois de se reproduzir na

cabeceira, os peixes nascidos seguem o fluxo do curso e crescem no rio principal do rio Amazonas, porém com a barragem essa migração é praticamente impossível.

Ainda, quanto aos aspectos ambientais, Fearnside(2016)aponta que além da perda de terras agricultáveis, as características naturais também são perdidas com a inundação, como por exemplo áreas de florestas. Além dessa perda, as barragens também são responsáveis pelo desmatamento nas áreas circundantes.

Fazendo-se um comparativo em relação a área inundada de uma PCH e uma UHE, trazemos novamente a PCH da Ilha, da Jararaca e UHE de Machadinho. De acordo com Pagnussatt et al., (2018) a PCH da Ilha possui um reservatório de 1,57 km<sup>2</sup> e a PCH de Jararaca 0,72 km<sup>2</sup>. Enquanto a UHE de Machadinho foram inundados 23.400 hectares para o barramento (SIGAUD, 1988).

Outro impacto ambiental amplamente abordado pelos autores refere-se à alteração da qualidade do ar pelas emissões atmosféricas. Hudson et al.(2016)enfatizou que a geração de energia com PCHs podem contribuir para diminuição de emissões de gases de efeito estufa. Em concordância com este autor, Botelho et al. (2017) traz que a produção de eletricidade a partir de grandes usinas

hidrelétricas pode causar impactos ambientais mais significativos.

Baken et al. (2012) compararam os impactos ambientais de 27 PCHs com 3 grandes projetos de UHE. Os autores verificaram que dentre os impactos listados para as PCHs, 100% dos casos apresentam redução na vazão no rio, 78% dos projetos causam efeitos sobre a fauna. Os resultados deste estudo mostram uma ligeira tendência de que a geração de energia hidrelétrica a partir de PCH tenha menor impacto. No entanto, os autores apontam que embora os impactos ocasionados sejam menores se comparado com uma UHE, não significa que realmente sejam menores, haja vista que deveria se implantar várias PCHs numa mesma bacia para se equiparar a quantidade de energia produzida por uma UHE, e portanto os danos podem ser comparáveis aos produzidos pela implantação de uma UHE. Nesse sentido, os próprios autores abordam que a falta de precisão nos dados e a base metodológica fraca introduz incerteza nos resultados.

Pagnussatt et al., (2018), também trata que a falta de análises abrangentes dos efeitos das PCH limita o conhecimento dos impactos ambientais potenciais.

## 5.2 Questões Sociais

Considerando, inicialmente, a implantação de grandes empreendimentos

hidrelétricos, Bermann (2007) coloca que as populações que acabam por ser atingidas pelas obras, normalmente são desconsideradas no que se refere à perspectiva da perda de suas características e histórias sociais. Quanto ao histórico das UHEs no Brasil, o autor traz:

As obras promoveram o deslocamento forçado dessas populações, acompanhado por compensações financeiras irrisórias ou inexistentes; o processo de reassentamento, quando houve, não assegurou a manutenção das condições de vida anteriormente existentes (BERMANN, 2007).

Os impactos sociais referentes à implantação de reservatórios são identificados de forma mais clara ao considerar a bacia hidrográfica como um todo para a elaboração de estudos de avaliação ambiental e social, levando em consideração todas as barragens construídas nessa unidade de planejamento. Ao utilizar a bacia hidrográfica como unidade de estudo, Cernea (1997) classifica os efeitos sociais causados por esses empreendimentos em três classes principais:

- Rápido crescimento populacional das cidades ao em torno da área empreendimento, em decorrência da chegada da mão-de-obra para o desenvolvimento das obras;

- Alterações na produção agrícola à jusante;
- Deslocamento e reassentamento involuntário da população.

No que se refere a esse último aspecto, o Banco Mundial desenvolveu uma diretiva operacional de reassentamento para a população atingida pelas obras de barramento (CERNEA, 1997; WORLD BANK, 1990). Essa política inclui diversos elementos chave, que incluem: (a) o reassentamento deve ser evitado ou reduzido, quando possível; (b) frente a impossibilidade do que trata o item (a), deve-se buscar a melhoria ou a restauração do sustento dessa população; (c) alocar recursos e compartilhar os benefícios; (d) mover as pessoas em grupo, de forma a facilitar a adaptação dos reassentados às novas condições naturais e socioeconômicas; (e) Promover a participação dessas comunidades no processo de planejamento; (f) Reconstruir as comunidades, equipando-as com infraestrutura e serviços; (g) Proteger populações indígenas.

Em âmbito nacional, ainda não se tem uma política que trate dessas questões específicas. Contudo, em 2014, no Estado do Rio Grande do Sul, por meio do Decreto n. 51.595, institui-se a Política de Desenvolvimento de Regiões Afetadas por Empreendimentos Hidrelétricos

(PDRAEH), bem como a Política Estadual dos Atingidos por Empreendimentos Hidrelétricos No Estado do Rio Grande do Sul (PEAH). Em referência ao Art. 1º, parágrafo 1º:

§ 1º A PDRAEH compreende a descrição de todas as ações, medidas e recomposições sugeridas pelo empreendedor e pactuadas com o Poder Público e com as comunidades afetadas pela construção, instalação e a operação de hidrelétricas [...] (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

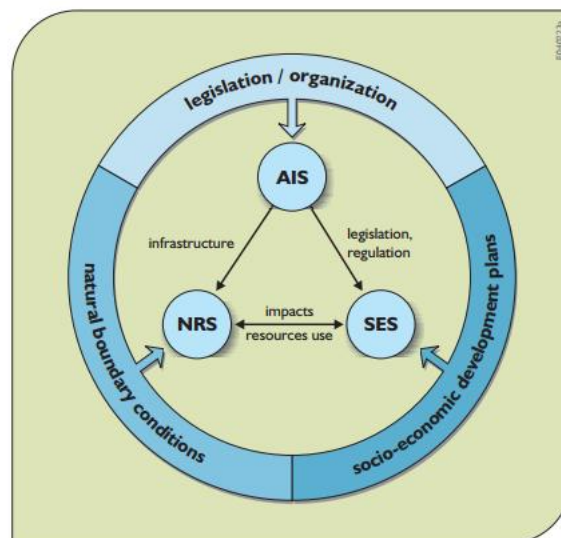
Apesar de tudo, o Brasil ainda possui um longo caminho a ser percorrido no que se refere à inclusão das questões sociais no momento do planejamento de um empreendimento hidrelétrico, principalmente quanto a inclusão das comunidades atingidas pelo projeto no debate, planejamento e definição acerca das alternativas mais adequadas frente a essa situação.

Em se tratando de obras menores, como as PCHs, pode-se considerar como um dos pontos considerados positivos quanto às questões sociais, em geral, a não necessidade de grandes reassentamentos, como normalmente ocorre em obras de grande porte (CHENG et al., 2015). Passíveis de serem implantadas próximas a regiões rurais, esses empreendimentos ainda promovem a distribuição de energia nessas pequenas localidades, o que favorece o aumento do desenvolvimento local (XINGANG et al., 2012).

Contudo, embora os impactos sejam considerados menores do que em relação à instalação de grandes hidrelétricas, a construção não controlada de PCHs pode também resultar em danos consideráveis. Por exemplo, Tian (2010) coloca que algumas obras de PCHs não consideram a demanda de água para produção e manutenção da vida ecológica à jusante do empreendimento, não só afetando a estabilidade social, mas todo o ecossistema. Para tanto, torna-se necessário uma boa gestão dos recursos, planejando e avaliando as alternativas para cada projeto, de forma a promover a

maximização dos impactos positivos para a região.

Nesse sentido, esse planejamento deve abranger três subsistemas interdependentes, de acordo com Loucks e Van Beek(2005): (a) o subsistema natural do rio, onde os processos físicos, químicos e biológicos ocorrem; (b) o subsistema socioeconômico, que inclui as atividades humanas relacionadas ao uso do recurso hídrico e (c) o subsistema administrativo e institucional, que engloba as legislações e resoluções pertinentes. A relação desses subsistemas é apresentada pela Figura 3.



**Figura 3.** Interação entre os subsistemas de planejamento

**Fonte:** Loucks e Van Beek(2005, p. 41)

Pagnussatt et al.(2018) pesquisaram duas PCH, a da Ilha e de Jararaca, ambas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul (RS). Em relação ao reassentamento, apenas quatro famílias foram reassentadas pela implantação da PCH da Ilha e ninguém teve que ser deslocado devido à construção da PCH de Jararaca. Fazendo-se um comparativo, a UHE de Machadinho, também localizada no RS, provocou o deslocamento de 15.700 pessoas (SIGAUD, 1988). Sobre isso, Botelho, aborda que as UHE podem causar impactos significativos a nível local, regional e nacional, ocasionando desigualdades distributivas quando as pessoas afetadas pela implantação do projeto são colocadas em locais inadequados.

Outro aspecto que deve ser considerado no âmbito social são as atividades recreativas relacionadas aos projetos de PCH e UHE. As PCHs não geram recreação porque, geralmente não se oferece vias de acesso, por este motivo não é usado pela comunidade local. Além disso, a legislação não obriga a implementação de tais áreas próximas a PCH, o que contribui para os baixos investimentos nesta área (PAGNUSSATT et al., 2018)

Por fim, pode-se considerar que, quanto às questões sociais que devem ser discutidas para a implantação de um

sistema de aproveitamento hidroenergético, as UHEs apresentam uma problemática muito mais significativa ao ser comparada com as questões envolvidas na construção de PCHs, visto que essa última, se bem planejada e operada, não irá acarretar em grandes problemas de reassentamento de comunidades, considerando que não é necessário o desenvolvimento de grandes reservatórios, diminuindo consideravelmente as áreas alagadas. Contudo, os três subsistemas de planejamento devem sempre ser considerados, para ambos os tipos de empreendimento.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da investigação realizada, pode-se inferir que o assunto acerca das melhores alternativas para o aproveitamento hidroenergético – embora já exista uma lista extensa lista de legislações e diretrizes para licenciamento desse tipo de atividade – ainda necessita ser melhor explorado e discutido, de forma a promover, aprimorar e implantar as soluções mais adequadas para o ambiente e ao mesmo tempo eficientes para a sociedade. Com base no levantamento bibliográfico, foi possível observar que, no que se refere às questões sociais, as PCHs apresentam menores interferências quando comparadas às UHEs, visto que

normalmente o volume dos reservatórios são pequenos, quando não inexistentes. Quanto às questões ambientais, alguns estudos de caso apontaram ligeira tendência de que a geração de energia elétrica a partir de PCH tenha menor impacto. Contudo, ainda não existem estudos suficientes que abranjam os efeitos de PCHs quando comparadas a implantação de UHEs, o que limita o conhecimento das interferências potenciais sobre os compartimentos ambientais.

## 8 REFERÊNCIAS

- ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2002.
- ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Hidráulica**. Atlas de energia elétrica do Brasil, 2008.
- ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015**. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf>>.
- ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplica>
- coes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 22 set. 2017.
- BAKEN, T. H. et al. Development of small versus large hydropower on Normay - Comparison of environmental impacts. **Energy Procedia**, v. 20, p. 185-199, 2012.
- BENINCÁ, D. Energia e cidadania: a luta dos atingidos por barragens. São Paulo: Cortez, 2011.
- BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 139–153, 2007.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9427compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm)>.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>.



- \_\_\_\_\_. **Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.** Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm)>.
- \_\_\_\_\_. **Lei no 9.993, de 24 de julho de 2000.** Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9993.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9993.htm)>.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013.** Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nos 10.438, de 26 de abril de 2002, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei no 8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Atos2011-2014/2013/Lei/112783.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos2011-2014/2013/Lei/112783.htm)>.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 13.097, de 19 de janeiro de 2015.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/atos2015-2018/2015/Lei/113097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/atos2015-2018/2015/Lei/113097.htm)>.
- BOTELHO, A. et al. Assessment of the environmental impacts associated with hydropower. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, n. May 2015, p. 896–904, 2017.
- CERNEA, M. M. Hydropower Dams and Social Impacts: A Sociological Perspective. **Environment Department Papers Social Assessment Series. Social Development Papers**, n. 16, p. 1–36, 1997.
- CHENG, C. et al. China's small hydropower and its dispatching management. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 43–55, 2015.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf)>.
- \_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 6, de 16 de setembro de 1987.** Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=57>>.
- \_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>.
- \_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001.** Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos

elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=277>>.

\_\_\_\_\_. **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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>>.

\_\_\_\_\_. **RESOLUÇÃO nº 357, de 17 de março de 2005.**

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>.

DI, C. et al. A novel security information and event management system for enhancing cyber security in a hydroelectric dam. **International Journal of Critical Infrastructure Protection**, v. 13, p. 39–51, 2016.

DURSON, B.; GOKCOL, C. The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. **Renewable Energy**, v. 36, n. 4, p. 1227–1235, 2011.

FEARNSIDE, P. M. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. **World Development**, v. 77, p. 48–65, 2016.

FEPAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER.

**Portaria n. 039/2017.** Dispõe sobre os critérios e diretrizes gerais, bem como define os estudos ambientais e os procedimentos básicos a serem seguidos no âmbito do licenciamento ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, e Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs. Disponível em:

<[http://www.fepam.rs.gov.br/LE\\_GISLACAO/ARQ/PORTARIA039-2017.PDF](http://www.fepam.rs.gov.br/LE_GISLACAO/ARQ/PORTARIA039-2017.PDF)> .

FREITAS, J. M. C. DE. **A importância das pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) na economia do Rio Grande do Sul.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

GANZELI, J. P.; GOLDENSTEIN, S. Recursos hídricos e crescimento econômico: considerações sobre a Lei 7663/91 que regulamenta o sistema de gestão dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. **Planejamento de Recursos Hídricos**, v. 34, n. 1, p. 38–49, 1994.

GE. GENERAL ELECTRIC TURBINES. **General Information**, 2000.

HUDSON, J. et al. Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 380–387, 2016.

LORENZON, A. S. et al. Itaipu royalties: The role of the hydroelectric sector in water resource management. **Journal of Environmental Management**, v. 187, p. 482–489, 2017.

KAYGUSUZ, K. Renewable Energy: Power For a Sustainable Future. **Energy, Exploration & Exploitation**, v. 19, n. 6, p. 603–626, 2001.

- KAYGUSUZ, K. Hydropower and the World's Energy Future. **Energy Sources**, v. 26, n. 3, p. 215–224, 2004.
- LOUCKS, D. P.; VAN BEEK, E. **Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications**. Paris: UNESCO, 2005.
- LOUREIRO, S. M.; VALE PEREIRA, V. L. D. DO. Gestão ambiental de recursos hídricos e a hidroeletricidade no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, v. 18, n. 1, p. 388–398, 2014.
- MME. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030**, 2007.
- PAGNUSSATT, D. et al. What do local stakeholders think about the impacts of small hydroelectric plants? Using Q methodology to understand different perspectives. **Energy Policy**, v. 112, n. October 2017, p. 372–380, 2018.
- QUEIROZ, R. DE et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, p. 2774–2784, 2013.
- RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n. 51.595, de 23 de julho de 2014**, 2014.
- RODRÍGUEZ-DE-FRANCISCO, J. C.; BUDDS, J. Payments for environmental services and control over conservation of natural resources: The role of public and private sectors in the conservation of the Nima watershed, Colombia. **Ecological Economics**, v. 117, p. 295–302, 2015.
- RODRÍGUEZ-DE-FRANCISCO, J. C.; BUDDS, J. Payments for environmental services
- SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA. **Pequenas Centrais Hidrelétricas** Rio Grande do Sul, 2016.
- SIGAUD, L. Implicações sociais da política do setor elétrico. In: SANTOS, L. A. O.; ANDRANDE, L. M. M. **As hidrelétricas do Xingu e os povos indígenas**. São Paulo: Comissão Pró-Índio de São Paul, p. 103-110, 1988.
- STICKLER, C. M. et al. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. **PNAS**, v. 110, n. 23, p. 9601–9606, 2013.
- TIAN, Z. X. The small hydropower and the big strategy. **China Hydropower and Electrification**, v. 1, p. 4–7, 2010.
- WORLD BANK. Operational Directive 4.30 Involuntary Resettlement. 1990.
- XINGANG, Z. et al. A critical-analysis on the development of China hydropower. **Renewable Energy**, v. 44, p. 1–6, 2012.