

Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira*

Paula Galbiatti Silveira**

Recebido: 4 de abril de 2016 • Aprovado: 1º de setembro de 2017

DOI: 10.22395/ojum.v17n33a5

RESUMO

O problema proposto para o presente trabalho é verificar se há possibilidade de diversificação da matriz energética brasileira, a partir da escolha por fontes renováveis, reduzindo os impactos socioambientais das fontes tradicionais e incentivando o consumo consciente. Assim, objetiva-se analisar os problemas atuais e os impactos socioambientais da matriz energética brasileira e algumas alternativas para diversificação. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e documental, em autores nacionais e estrangeiros, bem como estudos técnicos e de outras áreas do conhecimento além da jurídica, em vista do caráter transdisciplinar do tema. Os resultados do artigo entendem a matriz energética brasileira como insustentável e que é necessário que os tomadores de decisão e a sociedade realizem uma transição energética para fontes alternativas renováveis, bem como políticas públicas de diminuição do consumo. Não deve haver escolha por uma fonte única, mas sim realização de estudos ambientais para determinar os impactos das renováveis e avaliação de seus benefícios e malefícios.

Palavras-chave: Energia elétrica; hidrelétricas no Brasil; impactos socioambientais; mudanças climáticas.

* Atualização do artigo vencedor em 2º lugar no IV Prêmio José Bonifácio de Andrada e Silva, realizado pelo Instituto O Direito por um Planeta Verde, em 2015.

** Bacharela em Direito pela Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil. Mestra em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Doutoranda em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, e pela Universidade de Bremen, Alemanha. Pesquisadora e advogada. Correio eletrônico: paulagalbiatti@hotmail.com

Energía y cambio climático: impactos ambientales y sociales de las plantas hidroeléctricas y la diversificación de la matriz energética brasileña

RESUMEN

El tema propuesto para este estudio es comprobar la posibilidad de diversificación de la matriz energética brasileña, desde la elección de fuentes renovables, lo que reduce el impacto ambiental de las fuentes tradicionales y el fomento del consumo responsable. Por lo tanto, el objetivo es analizar los problemas actuales y los impactos ambientales de la matriz energética brasileña y algunas alternativas para la diversificación. Se utilizó como metodología la investigación bibliográfica y documental de autores nacionales y extranjeros, así como los estudios técnicos y otros campos del conocimiento, en vista de la naturaleza transdisciplinaria del tema. Los resultados del artículo entienden la matriz energética brasileña como insostenible y que es necesario que los decisores y la sociedad realicen una transición energética para fuentes alternativas renovables y también políticas públicas de disminución del consumo. No debe haber elección por una fuente única, sino realización de estudios ambientales para determinar los impactos de las renovables y evaluación de sus beneficios e maleficios.

Palabras clave: Cambio climático; energía eléctrica; hidroeléctricas en Brasil; impactos sociales y ambientales.

Energy and climate changes: the social and environmental impacts of the hydroelectric and the diversification of the Brazilian energy source

ABSTRACT

The objective is to analyze the current problems and the environmental impacts of the Brazilian energy matrix and some alternatives for diversification. The methodology used was the bibliographical and documentary research in national and foreign authors, as well as technical studies and other fields of knowledge beyond legal, because of the transdisciplinary nature of the subject. The paper results understand that the Brazilian energy basis is not sustainable and that the decision-makers and the society shall implement an energy transition to alternative renewable energy sources and also need public policies to diminish consumption. There must not be one single choice of source, but decide based on determining the impacts from renewables and on evaluating its pros and cos.

Keywords: Climate change; electricity; hydropower plants in Brazil; social and environmental impacts.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos temas que mais preocupam os Estados na atualidade, os quais discutem formas para reduzir a emissão de gases do efeito estufa, emitidos, sobretudo, pela queima de combustíveis fósseis —no mundo— e pelo desflorestamento —no Brasil—, o que coloca em evidência a crise energética.

A produção e o consumo de energia desempenham um papel central nos Estados, sendo a escolha da matriz energética de fundamental importância em suas estratégias. O Brasil produz a maioria de sua energia elétrica a partir de grandes empreendimentos hidrelétricos, os quais, embora sejam considerados fontes renováveis, causam significativos impactos socioambientais. Além disso, com as mudanças climáticas, o regime de chuvas é alterado, o que põe em risco a previsibilidade e segurança dos volumes das barragens para a manutenção desse sistema.

Por tais motivos, o consumo consciente de energia e a busca por fontes alternativas renováveis é pauta mundial, da qual o Brasil não se exclui. Nesse sentido, o problema proposto para o presente trabalho é verificar se há possibilidade de diversificação da matriz energética brasileira, a partir de escolha por tais fontes, reduzindo os impactos socioambientais das fontes tradicionais e incentivando o consumo consciente. Assim, objetiva-se analisar os problemas atuais e os impactos socioambientais da matriz energética brasileira e algumas alternativas para diversificação.

Para tanto, inicialmente, foi feita uma análise acerca do papel do Estado ante a crise ambiental e as mudanças climáticas. Posteriormente, foi feito um breve histórico da produção de energia elétrica do Brasil, entendendo como se deu a escolha pela matriz em grandes hidrelétricas. Em seguida, são verificados alguns dos principais impactos socioambientais causados pelas hidrelétricas para, finalmente, discutir o consumo consciente e as vantagens e desvantagens da utilização de algumas fontes alternativas renováveis.

A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e documental, em autores nacionais e estrangeiros, bem como estudos técnicos e de outras áreas do conhecimento além da jurídica, em vista do caráter transdisciplinar do tema. Não se desconhece a existência de diversas fontes de energias alternativas renováveis, muito menos a volta da polêmica acerca da energia nuclear. Contudo, considerando os objetivos e limitações deste estudo, escolheu-se abordar apenas aquelas notadamente mais viáveis para a realidade brasileira.

O PAPEL DO ESTADO ANTE A CRISE AMBIENTAL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A racionalidade humana pautada na relação moderna, cartesiana e predatória entre o homem e a natureza, a qual proporcionou o desenvolvimento da tecnologia, da revolução industrial e do crescimento econômico, levou também como consequência a uma exploração degradadora do meio ambiente e deu origem a problemas ambientais extrema-

mente complexos que colocam em risco a sobrevivência da vida no planeta.

Esta crise ambiental se constitui em uma “policrise”, caracterizada por uma pluralidade de crises —do desenvolvimento, da modernidade e de todas as sociedades—, em que não há um problema único a ser destacado, mas vários problemas vitais, que correspondem a uma “inter-solidariedade complexa” que culmina na crise geral do planeta (Morin & Kern, 2011).

A percepção dos problemas ambientais ocorreu primeiramente devido a questões como a poluição do ar e posteriormente a problemas decorrentes da pobreza, esgotamento dos recursos naturais, desflorestamento e perda da biodiversidade, fazendo com que a sociedade e os Estados percebessem a necessidade de proteção do meio ambiente.

Nesse sentido, Canotilho e Leite (2012) propõe a divisão dos problemas ambientais em duas gerações, sendo os primeiros, de caráter nitidamente antropocêntrico, referentes à prevenção e ao controle da poluição, suas causas e efeitos e à configuração do direito ao meio ambiente como direito fundamental. Já os problemas ecológicos de segunda geração são advindos de uma maior sensibilidade ecológica e levam à relevância do pluralismo legal global, como os efeitos combinados dos fatores da poluição e suas consequências globais e duradouras, tais como a destruição da camada de ozônio e da biodiversidade e as mudanças climáticas.

As mudanças climáticas são uma realidade incontestável, trazida pelos relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). O Relatório de abril de 2014 demonstra que a existência de danos irreversíveis ao planeta decorrentes das mudanças climáticas é certa e que advém de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE)¹.

Alguns dos seus efeitos são: eventos climáticos extremos; extinção de espécies e da biodiversidade; acidificação dos oceanos, que afeta diretamente a vida marinha e os arrecifes de corais, e preocupação com a segurança alimentar. Nesse sentido, o relatório apresenta opções de mitigação das mudanças climáticas, como ações de intervenção humana para reduzir as fontes de GEE.

A preocupação internacional com a redução de emissões levou à elaboração da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), em 1992, do Protocolo de Quioto, de 1997, e do Acordo de Paris em 2015, pelos quais as partes deveriam limitar ou reduzir as emissões de GEE.

Em 2015, foi assinado o Acordo de Paris, que fortalece o comprometimento global com a mitigação das mudanças climáticas e exige a necessidade de que as partes estabeleçam as contribuições nacionais

¹ “Gases como o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄) e o vapor d’água (H₂O) funcionam como uma cortina de gás que vai da superfície da Terra em direção ao espaço, impedindo que a energia do sol absorvida pela Terra durante o dia seja emitida de volta para o espaço”. USP (2017). *Efeito estufa*. Recuperado de <http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>

determinadas (*Nationally Determined Contributions* — NDC) para reduzir as emissões de GEE. O Acordo de Paris é um tratado legalmente vinculante e que contém obrigações vinculativas.

Sua importância reside também em sua pretensão universal — apesar de não o ser ainda — ao incluir países que até então não haviam se comprometido com a proteção do clima, como os maiores emissores: Estados Unidos da América — que já anunciaram, no governo Trump, sua intenção de deixar o Acordo —, China e Índia. Constitui um marco na proteção do clima também por corresponder a um planejamento para o futuro, que mantém a questão climática na agenda política. Além disso, é um acordo que não é imposto, mas que advém da própria proposta dos Estados² por meio dos NDCs³.

O Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões e instituiu, em 2009, a Política Nacional sobre Mudança do Clima pela Lei 12.187, cujo artigo 12 dispõe que, para alcançar os objetivos previstos na Lei, adota como compromisso nacional voluntário ações de mitigação das emissões de

GEE, com vistas a reduzi-las entre 36,1% e 38,9% até 2020.

O NDC brasileiro apresentado ao Acordo de Paris possui uma meta em longo prazo de transição para sistemas energéticos baseados em energias renováveis e na descarbonização da economia global, alcançando 45% de renováveis até 2030, incluindo outras que não hidroelétricas, que representam 80,8% da produção de eletricidade do país (Agência Nacional de Energia Elétrica — Aneel, 2017).

Sobre as dificuldades enfrentadas, Montes (2012) aponta vários problemas na América Latina relacionados às mudanças climáticas, como a vulnerabilidade pela maior frequência e intensidade de desastres com efeitos adversos especialmente nas zonas mais pobres; degelo dos glaciais; risco de aumento das emissões, devido ao crescimento econômico e à demanda por energia para funcionar novas indústrias; perda das florestas e diminuição das águas do rio Amazonas, reduzindo a reconversão do dióxido de carbono e a cobertura de plantas.

Isso implica a obrigatoriedade do Estado de estabelecer políticas públicas firmes para minimizar os efeitos que já são inevitáveis. Deve o Estado, assim, destinar recursos públicos para realizar estudos científicos e elaborar planos de prevenção de emergências a desastres (Montes, 2012).

A fim de implementar tais ações executivas, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil pela

² Segundo Bosselmann (2016), uma possível resposta à falência da política mundial de mudanças climáticas é a adoção de políticas climáticas próprias a cada região, com um número crescente da importância do papel de comunidades locais e governos locais. A importância reside tanto em cidades grandes, que buscam um projeto sustentável de urbanização e de baixo-carbono, quanto em comunidades pequenas, cujas vantagens residem no maior engajamento efetivo dos cidadãos e na possibilidade de maior inovação.

³ Conforme Christina Voigt, durante o curso sobre mudanças climáticas, ministrado no dia 9 de junho de 2017, na Universidade Federal de Santa Catarina.

Lei 12.608/2012, que visa, dentre outros, à assistência e socorro às populações atingidas por desastres, os quais não atingem a todos de forma igual, vez que são as populações mais vulneráveis econômica e sistemicamente que vivem em áreas de risco, encostas de morros, próximas a áreas industriais, o que representa um problema de injustiça ambiental.

Para Carvalho e Damacena (2013), as condições econômicas modernas, o crescimento populacional, as decisões sobre ocupação do solo, a infraestrutura verde e a construída, e as mudanças climáticas são fatores de potencialização dos riscos e dos custos socioambientais dos desastres.

Nesse contexto, o Estado necessita de um novo papel, passando a ser um Estado Ambiental, que incorpore o meio ambiente em sua estrutura e em seus objetivos, e assuma compromissos, institutos jurídicos e políticas públicas que visem à proteção efetiva da natureza.

Esse modelo de Estado, embora seja uma construção teórica que incorpora uma nova variável, que é o ambiente, não deixa de ser um Estado de Direito, constitucional e democrático. Pelo contrário, incorpora todos esses elementos e coloca em uma posição fundamental a proteção do meio ambiente, garantindo não somente uma gestão dos riscos, por meio da precaução, mas também buscando efetivar a sustentabilidade. Contudo, não posiciona o meio ambiente em uma condição de valor absoluto, em detrimento inclusive dos direitos sociais, pois é um Estado que

compatibiliza o direito ao meio ambiente com as reivindicações da sociedade e a dignidade humana.

O Estado contemporâneo, que tem como um de seus objetivos a proteção do meio ambiente diante dos riscos atuais, "deve ajustar-se (e, se necessário, remodelar-se) a cada novo passo histórico no sentido de enfrentar uma tarefa estatal às novas ameaças e riscos ecológicos que fragilizam a existência humana" (Sarlet & Fensterseifer, 2010, p. 18).

Para Kloepfer (2010), o Estado Ambiental é um conceito que "pretende definir primeiramente um Estado que faz da incolumidade do seu meio ambiente sua tarefa, bem como o critério e a meta procedimental de suas decisões" (p. 43), podendo também ser caracterizado "por uma proteção do meio ambiente sustentada mais fortemente pelo setor não estatal" (p. 43).

A fonte energética de um país é essencial, tendo em vista que a produção de eletricidade é uma tecnologia com a qual as sociedades atuais não podem viver sem e o modo pelo qual se tem gerado energia causa enormes impactos sociais e ambientais, inclusive mudanças climáticas.

Por isso, existe uma importante discussão sobre o acesso à eletricidade como um direito humano (Bradbrook & Garmann, 2006), conectando-se com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, cujo objetivo 7 afirma que é necessário "assegurar energia moderna,

acessível, confiável e sustentável para todos”⁴.

As metas do objetivo 7 são, até 2030, assegurar acesso universal de serviços modernos, acessíveis e confiáveis de energia; aumentar substancialmente a contribuição das energias renováveis; duplicar a melhoria na eficiência energética; aumentar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e à tecnologia em energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologia mais limpa e avançada em combustíveis fósseis, promovendo investimentos em infraestrutura energética e tecnologia de energia limpa; expandir e aumentar a infraestrutura e a tecnologia para suprimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos os países em desenvolvimento, especialmente os países menos desenvolvidos, os países em pequenas ilhas e os países que não possuem acesso direto ao mar, em consonância com seus programas de apoio respectivos.

Assim, são necessários compromissos de redução de emissão de gases poluentes que contribuem para as mudanças climáticas e promoção do desenvolvimento de energias limpas acompanhado de planos de eficiência energética (Montes, 2012) que gerem eletricidade para todos de forma sustentável.

Compromissos esses justificáveis em razão de que as formas de energia utilizadas fazem parte de uma escolha política do

Estado e da sociedade, baseada também na disponibilidade de recursos naturais, no clima, nas condições atmosféricas e em diversos outros fatores.

Coadunando-se com a construção do Estado Ambiental, o artigo 225 da Constituição Federal brasileira de 1988 (CF/88) vincula diretamente o Poder Público não somente com o dever de proteção ambiental, mas também com a imposição de limites à sua atuação. Dispõe ser o meio ambiente ecologicamente equilibrado direito e dever de todos, uma vez que bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo um sistema de responsabilidades compartilhadas entre o Poder Público e a coletividade como dever de defesa e proteção para as gerações presentes e futuras.

Por meio da atuação conjunta e de escolhas e compromissos ambientais entre sociedade e Estado, é possível modificar a situação atual de degradação extrema e modos de vida e produção insustentáveis, iniciando pela decisão sobre a matriz energética, que depende de conscientização e vontade política.

A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Apesar de a energia ser a base da sociedade moderna, a ânsia pelo desenvolvimento e pelo crescimento econômico a qualquer custo levou à crise ambiental e tornou necessário cada vez mais energia para sustentar esse modelo insustentável.

As fontes de energia mais utilizadas na atualidade já demonstraram seus enor-

⁴ Tradução livre. No original: “ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all”.

mes impactos sobre o meio ambiente, como os combustíveis fósseis, as usinas nucleares, as grandes hidrelétricas. Estas últimas representam a maior matriz energética no Brasil e não estão livres de críticas.

O uso corrente da eletricidade teve início no Brasil em 1879, com a iluminação da Estrada de Ferro D. Pedro II, na mesma época em que ocorreu na Europa e nos Estados Unidos, ou seja, logo após o invento do dínamo e da lâmpada elétrica. A partir daí, em 1881, foi iluminada a Praça XV e a Praça da República, no Rio de Janeiro, sendo que, em 1883, foi instalado o primeiro serviço público de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul. Já em 1885, foi instalado o primeiro serviço de iluminação de São Paulo, seguido em 1887 pelo início da operação da usina termelétrica da "Fiat Lux" (Escelsa, 2015).

A primeira unidade produtora de energia no Brasil foi uma usina termelétrica instalada em Campos (Rio de Janeiro), em 1883. Já em 1889, entrou em operação a Usina Marmelos Zero, a primeira hidrelétrica de grande porte no país e, em 1907, a Usina São de Fontes, a maior do mundo na época, inaugurando a entrada do capital estrangeiro no setor. Posteriormente, já em 1920, havia cerca de 300 empresas que serviam 431 localidades do país, com capacidade instalada de 354.980 kW, com 276.100 kW em usinas hidrelétricas (Escelsa, 2015).

Observa-se a expansão da utilização de usinas hidrelétricas no setor energético, uma realidade evidenciada pelos planos

de crescimento econômico em países tardiamente industrializados, baseados na implantação de grandes obras de infraestrutura, responsáveis por intensos impactos negativos na escala local. Assim, as políticas de crescimento econômico são baseadas em grandes empreendimentos de infraestrutura, como é o caso das usinas hidrelétricas, o que ocorreu em grande parte dos últimos 50 anos no Brasil (Moretto, Gomes, Roquetti, & Jordão, 2012).

Para regularizar sua instalação, foi promulgado o Código de Águas em 1934, que atribuía à União competência exclusiva para os aproveitamentos hidrelétricos destinados ao serviço público (Escelsa, 2015).

Em 1939, não havia ainda instalações para a transmissão de energia a grandes distâncias, já que o mercado brasileiro estava dividido territorialmente entre duas grandes empresas estrangeiras canadenses e estadunidenses, as quais reuniam mais de 70% da capacidade instalada no país. Por isso, a partir de 1948, teve início a expansão da indústria de eletricidade apoiada na iniciativa estatal, inaugurada com a instalação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) (Escelsa, 2015), a qual, apesar de não ser a maior do Brasil, possui a maior potência instalada (Aneel, 2014).

Em seguida, foi criada a Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras SA) pela Lei 3890-A, de 25 de abril de 1961, de enorme importância para o Brasil, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME)

e responsável pela execução da política de energia elétrica no país. Em 1968, a Eletrobras celebrou convênio com a Comissão Nacional de Energia Nuclear para a construção da primeira usina nuclear no Brasil, Itaorna, em Angra dos Reis (Rio de Janeiro), que, em meados dos anos 1980, estava em testes (Escelsa, 2015).

Em 1984, entrou em operação a Usina de Itaipu, à época a maior hidrelétrica do mundo. Em 1995, estimava-se o potencial hidrelétrico brasileiro em mais de 250 mil MW, e a produção encontrava-se na casa dos 55.512 MW de energia elétrica. Desse total, 50.687 MW (91,3%) eram obtidos em usinas hidrelétricas e 4.825 MW (8,7%) em termelétricas (Escelsa, 2015).

É de fácil percepção, pois, que a maior parte da energia elétrica do Brasil é produzida por usinas hidrelétricas. Conforme a Eletrobras, originalmente, o potencial hidrelétrico existente no país estava estimado em torno de 260 mil MW, dos quais cerca de 74 mil MW (28,6%) estavam efetivamente aproveitados, segundo dados de 2011 da Empresa de Pesquisa Energética; portanto, os empreendimentos hidrelétricos ainda fazem parte dos planos do Governo Federal. O maior potencial hidrelétrico disponível no território nacional originalmente era de 51% na região Amazônica (região hidrográfica do Amazonas com 40,5% e região hidrográfica do Tocantins com 10,6%) (Moretto, Gomes, Roquetti, & Jordão, 2012).

Como visto, em decorrência do grande potencial hidrelétrico do país, o Estado brasileiro começou a implantar algumas usinas hidrelétricas na primeira metade

do século XX, aproveitando cerca de 1% do potencial hidrelétrico total disponível no período, concentradas na região sudeste, como é o caso das hidrelétricas já citadas de Fontes, no rio Lages (1908), de Itupararanga, no rio Sorocaba (1912), da Ilha dos Pombos, no rio Paraíba do Sul (1924), de Henry Borden, no Rio das Pedras (1926) e de Americana, no rio Atibaia (1949) (Moretto, Gomes, Roquetti, & Jordão, 2012).

Descentralizando as construções de hidrelétricas prioritariamente na região sudeste, iniciou-se grande obra na região sul. A Usina de Itaipu Binacional, cujo *slogan* é "a maior geradora de energia limpa e renovável do planeta", é atualmente a segunda maior hidrelétrica do mundo, muito embora represente apenas o 6º lugar em potência instalada (Aneel, 2014).

A hidrelétrica solucionou um impasse diplomático entre o Brasil e o Paraguai, que disputavam a posse de terras na região do Salto de Sete Quedas, área que hoje está coberta pelo lago da usina. A assinatura do Tratado de Itaipu ocorreu em 1973, durante a Ditadura Militar, coincidindo com a crise mundial do petróleo, o que fez aumentar a importância de sua instalação e a exploração de fontes de energia renováveis (Itaipu, s/d).

Assim, a Itaipu Binacional é considerada um marco para o setor elétrico do Brasil e do Paraguai; este último dispunha anteriormente de apenas uma hidrelétrica de pequeno porte, tendo o governo brasileiro consolidado sua opção pela energia produzida por meio do aproveitamento

da força dos rios. A usina é o terceiro empreendimento ao longo do rio Paraná, praticamente dobrando a capacidade do Brasil de gerar energia a um custo à época de aproximadamente USD \$ 14 bilhões (Itaipu, s/d).

A usina começa a produzir energia em 1984, com seu ápice de participação no mercado brasileiro em 1997, ao atender 26% da demanda do setor elétrico do país, mas seu recorde de produção, entretanto, foi atingido em 2000, quando a usina gerou 93,4 bilhões de kW-hora (Itaipu, s/d).

As grandes construções tiveram impulso no regime militar, que programava uma série de megaconstruções, a exemplo da Rodovia Transamazônica. Nesse período, investiu-se em um modelo desenvolvimentista que buscava o progresso nacional mediante empresas estatais e grandes obras públicas no setor de transportes, construção civil e também de energia. A expansão do setor energético do país durante a Ditadura Militar pode ser observada com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, em 1965, da Usina Hidrelétrica de Tucuruí e da Usina Hidrelétrica de Itaipu, ambas em 1975, e com as Usinas Nucleares de Angra 1, de 1972, e de Angra 2, de 1976.

No Brasil, a participação de fontes não renováveis, a partir de gás natural, óleo diesel, carvão, nuclear e outras, representavam, em 2012, 13,2%; em 2013, 19,8%; em 2014, 21,3%. Já as fontes renováveis, a partir de hidráulica, biomassa e eólica, representavam, em 2012, 86,8%; em 2013, 80,2%; em 2014, 78,7% (Aneel, 2014).

O aumento das fontes não renováveis em detrimento de fontes renováveis pode ser justificado pelas alterações na estrutura dos investimentos, o que inclui a instalação de centrais termelétricas a gás natural por serem mais rápidas e baratas que as hidrelétricas (Escelsa, 2015).

Quanto ao primeiro trimestre de 2016, energias renováveis consistiam em 82,2% da produção de eletricidade: 78% provêm de hidrelétricas; 3,5% de energia eólica; 0,6% de biomassa; a participação da energia solar mostra-se irrelevante (Aneel, 2016). Já no primeiro trimestre de 2017, as renováveis representam 86% da produção de energia no país: 80,8% hidráulica; 4,5% eólica; 0,7% de biomassa (Aneel, 2017).

Como observado, o problema da matriz energética brasileira não é a utilização de combustíveis fósseis, tendo em vista que as renováveis representam quase 90% da produção de eletricidade.

Nesse sentido, promover energias renováveis no Brasil não tinha, de início, como objetivo principal a proteção do clima, como na União Europeia, por exemplo, cuja principal fonte são os combustíveis fósseis. O fomento a renováveis no Brasil tem como objetivos principais a diversificação da fonte renovável para outras além das hidrelétricas, a fim de diminuir seus impactos sociais e ambientais e também pela vulnerabilidade hídrica, uma vez que dependente do regime de chuvas. Busca-se, assim, segurança energética, já que, quando os níveis dos reservatórios estão baixos, aumenta-se o uso de termelétricas. A importância da emissão de gases e

da proteção do clima, contudo, somente aumenta, conforme dados a seguir.

As principais emissões brasileiras de CO₂, como afirmado anteriormente, advém da mudança no uso da terra e das florestas, ou seja, a destruição da vegetação natural, com destaque para a Floresta Amazônica e as queimadas no Cerrado, seguida pelo setor de energia e, em terceiro lugar, pelos processos industriais, medidas de 1990 a 2005 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE, 2015). Dados mais recentes, de acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Seeg), do Observatório do Clima, mostram que as emissões brutas correspondem a 42% em mudança do uso da terra; 26% do setor de energia; 23% agropecuária; 5% de processos industriais; 4% de resíduos. Já as emissões líquidas correspondem a 36% do setor de energia; 32% da agropecuária; 19% de mudança no uso da terra; 8% de processos industriais; 5% de resíduos (Seeg, 2016).

Afirmam ainda na análise dos dados que o levantamento das emissões nos diferentes setores permite observar dois comportamentos: quanto a mudanças de uso da terra, as emissões têm grandes oscilações, acompanhando a dinâmica do desmatamento; já quanto a energia, agropecuária, processos industriais e resíduos, as emissões têm tido um crescimento contínuo desde 1970. Contudo, mesmo considerando as oscilações em mudanças de uso da terra, apresentou uma queda de 28% entre 1990 e 2014 (ou 70% de queda, se consideradas as remoções). Já os setores de energia e resíduos

foram os que apresentaram maior aumento, acima de 150%, seguidos de processos industriais, com aumento em 96%, e do setor agropecuário, com alta de 47% no período (Seeg, 2016).

Os mesmos dados mostram que a mudança de uso da terra, advinda primordialmente do desmatamento, que chegou a quase 80% das emissões brutas brasileiras nos anos 1990, caiu para 42% em 2014 e, quanto a emissões líquidas, a queda foi de 75% para 19%. No entanto, as emissões de agropecuária (36%) tiveram crescimento contínuo, mas menor que o de energia, que representa o maior aumento nas emissões brasileiras, principalmente quando consideradas as emissões líquidas, que representa a principal fonte de GEE do Brasil, com 39% das emissões. Isso retrata um crescimento de mais de 300% nas emissões de energia entre 1970 e 2014 (Seeg, 2016).

Assim, observa-se que, embora haja ações para a proteção do clima no Brasil, como o ao desmatamento, cada vez mais o setor energético tem sido o principal emissor de GEE.

Quanto à distribuição de energia, o sistema elétrico brasileiro possui grandes extensões de linhas de transmissão, concentrando-se o mercado consumidor nas regiões sul e sudeste, por serem mais industrializadas, sendo a região norte atendida de forma intensiva por pequenas centrais geradoras, a maioria termelétricas a diesel. O consumo de energia elétrica apresentou índices de expansão bem superiores ao Produto

Interno Bruto (PIB) brasileiro, devido à maior concentração populacional nas zonas urbanas, ao esforço de aumento da oferta de energia e à modernização da economia. O aumento no consumo ocorreu nos âmbitos residencial, comercial e rural, tendo diminuído o consumo industrial, principalmente pela utilização de tecnologias mais eficientes e pelas medidas de racionalização de consumo postas em prática especialmente na década de 1990 (Escelsa, 2015).

Em decorrência do aumento do consumo, o Estado implementou políticas públicas para a diminuição e uso consciente de energia elétrica. Dentre eles, pode-se citar o horário de verão, instituído em 1932 e ainda em vigor em algumas partes do país, que visa aproveitar melhor a luz solar durante a estação. Atualmente, o horário brasileiro de verão⁵ é regulamentado por meio dos Decretos 8.112/2013 e 9.242/2017, que alteraram o Decreto 6.558/2008, que institui o horário de verão em parte do território nacional. No período 2014-2015, a medida foi implementada durante 126 dias nos estados da região sul, sudeste, centro-oeste e no Distrito Federal.

Nos últimos anos, como resultado da aplicação do horário de verão em algumas regiões do país, alcançou-se uma redução média da demanda de energia elétrica de 4,5% e uma economia no consumo de energia elétrica agregada de 0,5%, considerada como ganho decorrente ou

⁵ O horário brasileiro de verão altera a hora oficial em um atraso de uma hora em algumas regiões do país, por um período determinado.

marginal, mas que não pode ser desprezado (MME, s/d).

Apesar das tentativas de um consumo consciente de energia elétrica, o Brasil já enfrentou graves crises, sendo a mais emblemática o "apagão"⁶ ocorrido em 2003. O evento foi entendido como um erro crucial do planejamento do governo, tendo em vista que as autoridades governamentais receberam várias advertências de técnicos e empresários ligados ao setor elétrico sobre o desastre próximo, não recebendo o problema muita atenção e tampouco o governo tomando providências devidas para evitar a crise (Grun, 2005). No período do "apagão", foram intensas não somente a tentativa de conscientização a respeito da necessidade de utilização racional de energia, como também a prática do racionamento.

Em 2015, o Brasil enfrentou outra crise energética, que levou ao aumento das tarifas de energia elétrica logo no início do referido ano. O pró-reitor de Extensão da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), José Wanderley Marangon Lima, afirmou que deveria ter sido criado um sistema de *back-up* para cobrir eventuais deficiências das hidrelétricas, que falham quando há falta de chuva, ao invés do uso de termelétricas, como ocorreu no período citado. Por outro lado, ressalta

⁶ Conhecida como "crise do apagão", foi uma crise nacional ocorrida no Brasil entre 2001 e 2002, durante a qual o fornecimento de energia elétrica ficou prejudicado, com cortes forçados, em razão da diferença entre oferta e demanda. Durante esse período, a campanha por racionamento voluntário alertou também para o consumo racional de eletricidade.

a necessidade de investimentos em soluções ambientalmente corretas, como as usinas eólicas e solares, preteridas por seu alto custo, mas que atualmente têm se mostrado mais viáveis economicamente (Ambiente Energia, 2015).

A par das possíveis crises futuras, no âmbito jurídico, o país encara a energia elétrica como um bem ambiental, tutelado pela CF/88 e por normas infraconstitucionais. O artigo 20, inciso VIII, da CF/88, dispõe que os potenciais de energia hidráulica são bens da União e são assegurados aos demais entes federativos, conforme o parágrafo 1º, nos termos da lei, a participação no resultado da exploração de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica no respectivo território ou compensação financeira. A Lei 6.938/1981, em seu artigo 3º, inciso V, e a Lei 9.985/2000, em seu artigo 2º, inciso IV, estabelecem que as águas interiores, superficiais e subterrâneas são recursos ambientais.

A Lei 9.478/1997 dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo. O artigo 1º afirma que as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visarão a diversos objetivos, importando ao presente estudo a promoção do desenvolvimento, ampliando o mercado de trabalho e a valorização dos recursos energéticos; a proteção do meio ambiente e a promoção e conservação de energia; a identificação de soluções mais adequadas para o suprimento de

energia elétrica nas diversas regiões do país; a utilização de fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis; o incentivo à geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica; o fomento à pesquisa e ao desenvolvimento relacionados à energia renovável; a mitigação das emissões de gases causadores do efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis.

A questão da energia relaciona-se não somente com a proteção do meio ambiente, mas também com a proteção dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos, conforme dispõe a Lei supracitada. Ademais, é necessário licenciamento ambiental para a instalação de obras ou mesmo de atividades relacionadas ao aproveitamento racional de energia, bem como à exigência de Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA), em decorrência de comando constitucional e de leis infraconstitucionais.

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS USINAS HIDRELÉTRICAS

No contexto atual de mudanças climáticas exposto inicialmente, é necessário repensar escolhas que incluam a matriz energética. A crise hídrica tem levado a uma percepção inicial de que a água pode se tornar um bem escasso e motivo de conflitos mundiais por sua obtenção.

Ademais, conforme relatórios do IPCC anteriormente descritos, as mudanças climáticas alteram o ciclo das chuvas, o que pode causar diminuição dos reservatórios das hidrelétricas, principal fonte de energia no Brasil.

Consideram-se, para fins deste estudo, fontes tradicionais para produção de energia elétrica o petróleo; a nuclear; a mineral, incluindo gás, carvão natural, dentre outros, e a hidroelétrica (muito utilizada), sendo esta última renovável. Já dentre as fontes energéticas alternativas, apresentam-se: eólica; solar; hidrogênio; biomassa, que compreende álcool, lenha, biogás e outros; marés e geotérmica, todas consideradas renováveis ou permanentes.

Como visto, no Brasil, a utilização de energia hidrelétrica é predominante, o que é apontado como um dos principais sinalizadores de que a matriz energética nacional é sustentável, por tratar-se de fonte renovável, o que apresentaria, supostamente, baixa emissão de carbono. Por tais motivos, é entendimento predominante, tanto nos estudos do MME como nos do Banco Mundial e em discussões do Fórum Econômico Mundial, de que a expansão da energia hidrelétrica é uma das respostas à crise climática (Andrade & Mattei, 2013).

Contudo, a produção de energia hidrelétrica no Brasil, baseada em grandes empreendimentos, traz diversos e graves impactos sociais e ambientais, que colocam em dúvida sua sustentabilidade, sua fama de "energia limpa" e sua adoção

como solução à substituição de fontes não renováveis e às crises energética e climática.

Dentre as importantes degradações socioambientais das hidrelétricas, exemplificam-se com o comprometimento das atividades econômicas no entorno da barragem; a diminuição da qualidade da água; o assoreamento do corpo hídrico; o aumento de doenças de veiculação hídrica; a exclusão de usos múltiplos antes existentes no espaço ocupado pelo reservatório; o deslocamento compulsório da população e as atividades anteriormente localizadas na área, cujo desaparecimento desestrutura as próprias comunidades deslocadas, que não possuem resiliência ecossistêmica e sociocultural (Moretto, Gomes, Roquetti, & Jordão, 2012).

A par de tais degradações, Andrade e Mattei (2013) destacam três problemas socioeconômicos e ambientais que consideram principais. O primeiro deles é o deslocamento populacional de áreas alagadas para a formação de represas, o que altera a dinâmica da vida local e inviabiliza muitas vezes a continuidade de atividades econômicas anteriormente exercidas, e a interferência em culturas locais, como nas comunidades quilombolas, ribeirinhas e indígenas. O segundo problema identificado seria a perda da qualidade da água pela formação de lagos artificiais, o desmatamento, a perda de espécies da fauna e flora e a formação de processos erosivos. Por fim, trazem a possibilidade de os reservatórios estarem contribuindo para a intensificação da emissão de GEE.

Quanto ao último aspecto, os autores detêm uma atenção maior. Afirmam que, a partir dos anos 1990, as hidrelétricas passaram a ser alvos de questionamentos a respeito da contribuição de seus reservatórios na emissão de GEE pela liberação de gases como o metano, que seriam gerados pela decomposição da biomassa em sua bacia de acumulação, ali depositada pelo processo de represa-mento da água. Como exemplo, trazem estudo quanto às hidrelétricas da região amazônica, em que se constatou serem as emissões da usina de Balbina mais elevadas do que as de uma termelétrica movida a carvão mineral. Explicam que “a questão central envolvendo o polêmico debate das hidrelétricas gira em torno das emissões de Metano (CH₄) à jusante da represa, ou seja, após a água passar pelas turbinas”, sendo que, “quanto maior a profundidade da represa mais elevada se torna a concentração de metano, cujo potencial de aquecimento global é 21 vezes maior do que o dióxido de carbono” (Andrade & Mattei, 2013, p. 20).

Além do metano, emissões de CO₂ também seriam liberadas na atmosfera pela decomposição das partes das árvores inundadas que se projetam acima da superfície da água, respondendo as duas situações citadas por quantidades significativas das emissões de GEE de usinas hidrelétricas, o que não se contabiliza nas estatísticas oficiais, visto considerarem apenas as emissões da superfície da represa, que representam uma parcela relativamente pequena do impacto total (Andrade & Mattei, 2013).

Quanto aos demais problemas citados pelos autores, o enorme impacto social que as áreas alagadas representam para as populações que ali vivem é evidenciado pelo Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), cujo início se deu no final da década de 1970, período marcado por grave crise energética mundial, fazendo com que os países buscassem novas formas de gerar energia. Com a construção das usinas hidrelétricas no país, não havia estudos a respeito de indenização adequada para as famílias que viviam na beira dos rios, expulsas de suas terras.

O Conselho de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana, transformado pela Lei 12.986, de 2014, em Conselho Nacional dos Direitos Humanos (CNDH), instituiu uma Comissão Especial para acompanhar denúncias feitas pelo MAB e pela Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional (Fase), acerca de violações de direitos humanos em processos que envolvem planejamento, licenciamento, implantação e operação de barragens (Secretaria de Direitos Humanos, 2011).

Foram selecionados pela Comissão o Açude Acauã (Paraíba), para abastecimento de água; as Usinas Hidrelétricas de Aimorés (Minas Gerais e Espírito Santo), Cana Brava (Goiás); Foz do Chapecó (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e Tucuruí (Pará), e as Pequenas Centrais Hidrelétricas de Emboque (Minas Gerais) e Fumaça (Minas Gerais). Concluiu-se que o padrão de implantação de barragens propicia recorrentemente graves violações de direitos humanos, o que acentua as já sérias desigualdades sociais. Dentre

os principais problemas identificados, encontram-se: falta de informação; definição restritiva e limitada do conceito de atingido; omissão das especificidades socioeconômicas e culturais das populações atingidas; omissão diante das necessidades particulares de grupos sociais mais vulneráveis como idosos e pessoas com necessidades especiais; lacunas e/ou má aplicação da legislação (Secretaria de Direitos Humanos, 2011).

Assim, recomenda a Comissão Especial que, para garantir e preservar os direitos dos atingidos por barragens, são necessários direitos à informação e à participação; à liberdade de reunião, associação e expressão; ao trabalho e a um padrão digno de vida; à moradia adequada; à educação; a um ambiente saudável e à saúde; à melhoria contínua das condições de vida; à plena reparação das perdas; à justa negociação e tratamento isonômico, de forma transparente e coletiva; direito de ir e vir; à cultura, às práticas e aos modos de vida tradicionais; ao acesso e preservação de bens culturais, materiais e imateriais; direito dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais; direito de grupos vulneráveis; direito de proteção à família e a laços de solidariedade social ou comunitária; direito de acesso à justiça e à razoável duração do processo, e direito à reparação por perdas passadas (Secretaria de Direitos Humanos, 2011).

O MAB pode ser considerado um movimento que busca justiça ambiental, pois luta contra a imposição desproporcional dos riscos ambientais às populações menos dotadas de recursos financeiros, po-

líticos e informacionais (Acselrad, 2009). A problemática das comunidades que perdem sua terra, suas casas, suas raízes e sua cultura pelo alagamento para a construção das hidrelétricas não buscam somente uma justiça distributiva, mas também e principalmente democracia e igualdade na distribuição dos riscos e do ônus da degradação ambiental a construção de uma compreensão a partir da luta moral impulsionada por processos de recusa por reconhecimento (Baggio, 2014).

Além dos graves problemas sociais causados pelas hidrelétricas, há ainda a enorme perda de espécies da fauna e da flora, de grandes áreas que ficam completamente alagadas e perdidas. O reservatório da Usina de Tucuruí, por exemplo, possui 2.430 km² de área inundada, e o da Itaipu, 1.350 km². A represa de Itaipu inundou o conjunto de cachoeiras conhecido como "Sete Quedas", entre o Brasil e o Paraguai, de beleza natural incomparável, constituindo um verdadeiro desastre de um patrimônio da humanidade não somente ambiental, mas também natural e cultural. Inundar áreas de tamanha singularidade e importância é um crime contra as gerações atuais, futuras e contra o planeta.

O exemplo mais emblemático, contudo, foi a construção da Usina de Barra Grande, entre os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. As usinas hidrelétricas, por serem obras ou atividades causadoras de degradação ambiental, estão sujeitas ao licenciamento de forma obrigatória, conforme o Anexo I da Resolução 237/1997, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), e é um instrumento

da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981). No procedimento de licenciamento, é necessário realizar o Epia, comando constitucional disposto no artigo 225, parágrafo 1º, inciso IV.

Na construção de Barra Grande, o Epia "esqueceu" que havia uma floresta primária (intocada) de araucárias, vegetação protegida da Mata Atlântica. A inundação da área com a consequente destruição da floresta ensejou ação civil pública ajuizada em 2004 pela Rede de Organizações não Governamentais de Mata Atlântica contra o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Energética Barra Grande SA (Baesa).

Em vista da natureza criminoso e imoral do "esquecimento" de tão importante floresta em um estudo de máxima importância para a proteção do meio ambiente em obras ou atividades degradadoras, foi incluído na Lei 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) o artigo 69-A, pela Lei 11.284/2006 (Lei de Florestas Públicas), que prevê o crime de "Elaborar ou apresentar, no licenciamento, concessão florestal ou qualquer outro procedimento administrativo, estudo, laudo ou relatório ambiental total ou parcialmente falso ou enganoso, inclusive por omissão", apenado com reclusão de três a seis anos e multa, consistindo-se o crime mais grave previsto na Lei; tais modificações trouxeram à discussão a responsabilidade do perito pelas informações prestadas.

Outro exemplo dos enormes impactos das hidrelétricas é a Usina de Belo Monte

(Pará), prevista para ser a terceira maior hidrelétrica do mundo, parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal, inicialmente planejada em meados da década de 1980, como uma das obras de infraestrutura e integração da Amazônia do então governo militar. Dentre seus problemas, destaca-se a questão indígena, pois na bacia do rio Xingu vivem mais de 20 etnias, diretamente afetadas e não efetivamente ouvidas no processo, o que representa enorme injustiça socioambiental⁷.

Participação significativa coube também ao Ministério Público Federal e à academia, na qual grupos de pesquisadores vinculados a universidades de todo o país produziram análises sobre o projeto e seus impactos, manifestadas no Painel de Especialistas (Santos & Hernandez, 2009), que concluiu pela inviabilidade do empreendimento, mas ignorado pelo governo.

Infelizmente, os problemas com hidrelétricas não terminam por aí, pois as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) também podem causar impactos socioambientais graves. A Resolução Normativa 673, de 4 de agosto de 2015, da Aneel, que estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para a exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de PCH, define-a, no artigo 2º, como

⁷ Sobre o tema, ver: Vieira, F. do A. (2015). *Direitos humanos e desenvolvimento na Amazônia: Belo Monte na Comissão Interamericana de Direitos Humanos* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

"aqueles empreendimentos destinados à autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio".

Entretanto, não são poucos os impactos, conforme Bermann (2007), ao exemplificar com o projeto da PCH Aiuruoca (Minas Gerais), com 16 MW, que prevê a formação de um reservatório de 16 ha, que suprimiria importante e único trecho de Mata Atlântica responsável pela conectividade das matas do Parque Estadual da Serra do Papagaio e as matas do Parque Nacional do Itatiaia, comprometendo também as condições sanitárias do núcleo urbano de Aiuruoca, já que o esgoto doméstico e hospitalar é lançado diretamente no rio. Ademais, diversas PCHs em uma mesma bacia hidrográfica poderiam causar impactos gravíssimos, semelhantes aos das grandes hidrelétricas.

DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA POR FONTES ALTERNATIVAS RENOVÁVEIS

As usinas hidrelétricas, principais geradoras de energia elétrica no Brasil, são consideradas "energia limpa e renovável". Contudo, não podem ser consideradas limpas e sustentáveis da forma como têm sido construídas no país devido aos graves impactos socioambientais que causam.

Entretanto, o problema não deve ser resolvido apenas pela busca de alternativas

por outras fontes de energia, mas também pela diminuição de seu consumo, pela conscientização do uso racional e pela busca por maior eficiência energética. São necessários, portanto, investimentos em fontes renováveis, políticas públicas de uso racional de energia e de busca por eficiência energética.

Segundo Nodari (2010), "a busca por eficiência energética, também chamada de utilização racional de energia, é uma atividade que procura otimizar o uso das fontes de energia" (p. 53). Para tal finalidade, foi criado pelo Governo Federal, em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), que visa promover a racionalização do consumo de energia elétrica, combater o desperdício e reduzir os custos e investimentos setoriais, aumentando a eficiência energética.

Possui também o Selo Procel de Economia de Energia, que indica ao consumidor os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. Já a Lei 10.295/2001 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, com vistas à alocação eficiente de recursos energéticos e à preservação do meio ambiente, dispondo inclusive sobre o desenvolvimento de mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações.

Para fins de diversificação da matriz energética brasileira para a utilização de energias alternativas renováveis, serão estudadas as duas maiores opções à realidade do país: a energia eólica e a solar.

Será feita uma breve análise também da utilização de biocombustíveis ou biomassa para a produção de energia elétrica.

Um marco importante para o setor elétrico brasileiro foi a Lei 10.438/2002, que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que visa, conforme artigo 3º, aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em fontes eólica, PCHs e de biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

A geração de energia eólio-elétrica expandiu-se rapidamente na última década. Contudo, no Brasil, ainda há poucos dados consistentes e confiáveis sobre sua viabilidade técnica e econômica, o que limita os investimentos. As melhores áreas para o aproveitamento eólico no país situam-se nas bordas do sistema de distribuição elétrica, distantes da geração hidrelétrica, o que melhoraria o desempenho do sistema e diminuiria as linhas de transmissão, bem como possibilitaria melhor distribuição (Garbe, Mello, & Tomaselli, 2014).

Atualmente, o Brasil possui diversos parques eólicos, com alguns recentemente inaugurados em 2017, e o maior complexo eólico do país, no estado do Rio Grande do Sul.

Dentre as desvantagens da utilização de energia eólica, encontram-se os altos custos de produção; a intermitência do vento; impacto visual, sonoro e sobre

aves; e interferência eletromagnética. Contudo, com a tecnologia, atualmente, passa a ser economicamente viável, além de existir grande potencial eólico a ser explorado, encontrando-se as vantagens no reduzido impacto social e ambiental — físico, biótico, atóxico, social ou relativo à emissão de GEE; diversificação da matriz energética; geração de empregos, principalmente em áreas rurais, e possibilidade de plantação e criação de animais entre as turbinas (Oliveira, Fernandes, & Pereira, 2014).

Quanto à energia solar, destacam-se a fotovoltaica, obtida a partir de luz solar, inclusive em dias nublados, e o sistema coletor solar térmico, no qual os raios de sol geram calor e aquecem a água. Dentre as vantagens da utilização de energia solar fotovoltaica, além de ser renovável, está o elevado grau de confiabilidade, a baixa manutenção, as baixas perdas durante a transmissão (a geração e o consumo são próximos), o fato de contar com fonte energética com atrativos para o acoplamento à rede elétrica pública (espécie de miniusinas) (Mori, Santos, & Sobral, 2007).

A pesquisa da energia solar por meio de painéis fotovoltaicos tem crescido no Brasil. É considerada uma fonte limpa de energia devido a que a eletricidade produzida não emite nenhum tipo de poluição ou GEE, além de utilizar uma fonte infinita para funcionar.

Entretanto, quando se considera da fabricação até o funcionamento, deve-se levar em conta a matriz energética do país, que

emitirá maior ou menor quantidade de CO₂, além de outros tipos de degradações ambientais. Assim, a viabilidade ou não da produção e/ou operação dos módulos em um local ante seu gasto energético, as suas emissões de CO₂ e o potencial de amortização do passivo ambiental por ele gerado em sua fabricação, deve considerar todo o tempo de vida útil do painel fotovoltaico, os locais de fabricação e operação e o tipo de matriz energética utilizada, para verificar o custo de mitigação do passivo ambiental gerado pela fabricação do painel (Filho & Rosa, 2013).

Ademais, para que um módulo fotovoltaico possa funcionar, é necessário gastar energia para se produzir energia e também para economizar energia, o que recebe o nome de "amortização ou reembolso energético", ou seja, "quanto tempo um sistema fotovoltaico tem que operar para gerar a mesma quantidade de energia que foi gasta para sua fabricação, montagem, instalação e deposição ao final de sua vida útil" (Filho & Rosa, 2013, p. 174).

Outra desvantagem do painel fotovoltaico é sua baixa durabilidade e sua constituição por elementos semicondutores como o silício, cujos custos de produção são elevados e praticamente já se esgotaram as possibilidades para reproduzi-los. Há problemas ainda de toxicidade, já que os painéis solares devem ser descartados de modo adequado ou ser submetidos à reciclagem, cujo processo ainda não atingiu um nível de desenvolvimento satisfatório, além de apresentar custos muito elevados. Como alternativa, apresenta-se o quartzo, que tem o Brasil como detentor

das maiores reservas do metal de alta qualidade (Mori, Santos, & Sobral, 2007).

Como alternativa aos impactos da fotovoltaica, estudos com o sistema coletor solar térmico vêm sendo produzidos com resultados relevantes. Pesquisa desenvolvida pelo Prof. Sergio Colle e pela mestrandia Juliana Emanuella Gonçalves, do Labsolar/NCTS — Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, evidencia que a energia solar térmica seria muito útil na utilização em chuveiros elétricos, que correspondem ao pico energético no Brasil, entre 18h00min e 21h00min, havendo a necessidade de deslocamento da demanda. Assim, nesse horário crítico, a substituição da utilização de energia proveniente de hidrelétricas pelo painel solar térmico ajudaria muito a produção energética do país. As medidas governamentais de incentivo à aquisição desses sistemas teriam um impacto positivo na produção industrial, na mudança de hábitos do consumidor, incentivando o consumo sustentável, e na redução da demanda anual de energia dos chuveiros. Entende-se que o uso doméstico da energia solar térmica é uma boa alternativa, já que a utilização de centrais solares térmicas necessitaria de grandes lagos para o aquecimento da água, o que levaria à morte de pássaros, pelo reflexo, e à utilização e poluição de grande quantidade de água (Labsolar, s/d).

Quanto à utilização de energia eólica e solar, o MME publicou, em 2015, a Portaria 70, que define as diretrizes para o segundo Leilão para a Contratação de Energia de Reserva, no qual serão nego-

ciados Contratos de Energia de Reserva (CER) na modalidade por quantidade e com prazo de 20 anos, com início de suprimento em 1º de novembro de 2018, para a contratação de energia a partir da fonte solar fotovoltaica e da eólica.

Nota-se que, apesar de tímidas, há algumas iniciativas relevantes para o consumo consciente de energia e para a utilização de fontes alternativas renováveis. Entretanto, um problema que ainda deve ser solucionado é a atual impossibilidade legal de sistemas solares serem interligados à rede elétrica. Caso haja produção excessiva de energia nas residências, não é possível inverter o relógio medidor e enviar o excesso para a rede pública, o que deveria ser repensado e adaptado para que haja uma melhor distribuição da energia e, conseqüentemente, menor pressão sobre o sistema público e sobre as hidrelétricas.

Conforme exposto inicialmente, uma análise acerca da utilização de biocombustíveis para a produção de energia elétrica, ainda que breve, é necessária, em vista do crescimento que vêm adquirindo no Brasil nos últimos anos. Os biocombustíveis são utilizados predominantemente como substitutos ao petróleo em sistemas de transporte, mas podem ser utilizados também para a produção de energia elétrica, o que corresponderia a uma matriz renovável e limpa. Contudo, a forma como os biocombustíveis são produzidos no país está longe de ser considerada limpa.

Os biocombustíveis são derivados de biomassa renovável para o uso em mo-

tores a combustão. No Brasil, há destaque para o etanol e para o biodiesel, sendo a produção do etanol feita por plantação de cana-de-açúcar em larga escala, em um cultivo altamente dependente de agroquímicos (fertilizantes e agrotóxicos) e de técnicas rudimentares para colheita como a queima da palha, extremamente poluente, e a utilização de trabalhadores em condições análogas às de escravos.

Já o biodiesel, produzido a partir de óleo de palma, é conhecido como o "diesel do desmatamento", assim como a partir da soja, cultivada em grandes áreas desmatadas, dependente de agroquímicos e sementes transgênicas. A produção de biocombustíveis pode aumentar o custo dos demais produtos e a demanda por terra, e ameaçar a segurança alimentar. Ademais, impactos negativos estão ligados à perda da biodiversidade, pelo aumento de desmatamentos e queimadas; à pressão sobre áreas de vegetação nativa; ao aumento do uso da água; ao uso de variedades transgênicas e ao impacto social da falta de condições salubres e seguras de trabalho (Nodari, 2010).

Outra alternativa já aventada é a utilização de biomassa animal ou vegetal ou até de biocombustíveis feitos a partir de resíduos agrícolas e agroindustriais para a produção de energia elétrica, o que resolveria dois problemas: a produção de energia a partir de fontes renováveis alternativas e a utilização do lixo como matéria-prima.

Uma experiência que já vem ocorrendo no Brasil, em especial no oeste do es-

tado de Santa Catarina, onde há muita suinocultura, é a utilização dos dejetos dos porcos para a produção de energia. Os dejetos são colocados em biodigestores, produzindo biogás, que pode ser utilizado para o aquecimento de aviários, banheiros e instalações. Ademais, utilizando o processo de produção com um sistema de baixo custo de lona de PVC, há a redução dos níveis de patógenos e do poder poluente, bem como a de odores e substituição de combustíveis como lenha e gás (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — Embrapa, 2015).

O imperativo da mudança climática exige uma verdadeira Revolução Energética, em cujo cerne se encontra a mudança no modo pelo qual se utiliza, distribui e consome energia. Os cinco princípios-chave considerados por Oliveira, Fernandes e Pereira (2014) para essa mudança são: implementar soluções renováveis, especialmente por meio de sistemas de energia descentralizados; respeitar os limites naturais do meio ambiente; eliminar gradualmente fontes de energia sujas e não sustentáveis; promover a equidade na utilização dos recursos e desvincular o crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis.

Eliminar gradualmente as fontes de energia tradicionais não renováveis é condição essencial, pois os novos geradores de energias renováveis competem com as velhas usinas de combustíveis fósseis, cuja eletricidade é produzida a custos baixos devido à depreciação dos parques energéticos e porque os consumidores e contribuintes já pagaram os juros dos in-

vestimentos originais (Oliveira, Fernandes, & Pereira, 2014).

Como afirmado anteriormente, a matriz energética de um Estado é uma decisão política. Em matéria de matriz energética, fundamental para a sociedade atual, não há uma solução única a ser implantada em todos os lugares, em virtudes de questões naturais, geográficas, econômicas, sociais, ambientais, dentre diversos outros fatores.

Todas as fontes de energia possuem vantagens e desvantagens. Não existe solução pronta. Entre as fontes alternativas renováveis, cada uma será mais adequada social e ambientalmente para determinada região.

CONCLUSÃO

O sistema energético mundial, baseado em combustíveis fósseis, causa não somente enorme poluição e uma das principais causas das mudanças climáticas, por sua emissão de GEE, como também tem um fim próximo, devido ao esgotamento das reservas.

A busca por fontes alternativas de energia como uma das soluções às crises energética e climática não será suficiente se não houver consumo consciente e redução da demanda por energia. Se a sociedade utilizar cada vez mais energia, tanto fontes renováveis quanto não renováveis, jamais serão suficientes para suprir uma demanda ilimitada em um planeta limitado.

Vive-se em uma época de incertezas, diversas daquelas prévias à Revolução

Industrial, pois são produzidas pela tecnologia, a qual cria alguns riscos que ela não consegue controlar. A humanidade, no afã pelo crescimento e pelo lucro, levou à crise ambiental e às mudanças climáticas que, juntamente com a degradação, colocam em risco a segurança e a disponibilidade de um dos bens mais essenciais: a água.

O Brasil tem aumentado a matriz energética baseada em fontes não renováveis e continua o investimento em grandes hidrelétricas que, apesar de provenientes de fonte renovável — a água —, possui significativos impactos socioambientais. Assim, a política energética brasileira está em desconformidade com as discussões atuais acerca da necessidade de produção sustentável de energia.

A dependência de apenas uma fonte de energia não é somente prejudicial para o meio ambiente, mas também para a própria manutenção da sociedade, que necessita energia para funcionar. Assim, é preciso políticas públicas para o consumo consciente e para a mudança dos grandes empreendimentos hidrelétricos para a produção setorizada e o investimento em tecnologia para maior eficiência e barateamento da produção.

Ademais, as residências, os estabelecimentos comerciais e industriais não podem mais ser apenas superconsumidores de energia, mas devem começar a utilizá-la de forma consciente e também a produzi-la, o que levaria a uma mudança na legislação para a possibilidade de interligação com o sistema público.

Necessário, portanto, um diálogo maior, uma articulação entre políticas públicas de consumo consciente e diversificação da matriz energética.

Não há solução única e pronta, mas a diminuição do consumo, o investimento em eficiência energética e a diversificação da matriz para fontes alternativas renováveis são caminhos a serem trilhados pelo Estado para garantir não somente a segurança energética, mas também um meio ambiente ecologicamente equilibrado para a presente e futura gerações.

Nesse sentido, por todo o exposto, entende-se que a diversificação da matriz energética de um estado deve ser a maior possível. Além disso, deve priorizar as fontes energéticas renováveis alternativas e a modificação de grandes empreendimentos com impactos socioambientais, como as hidrelétricas, a fim de produzir energia setorizada, exemplificada por algumas das experiências trazidas neste estudo.

REFERÊNCIAS

- Acselrad, H. (2009). *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Ambiente Energia. (2015). *Crise energética e as diferentes visões sobre o problema*. Recuperado de <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/02/crise-energetica-e-diferentes-visoes-sobre-o-problema/25550>
- Andrade, A. L. C., & Mattei, L. (2013). A (in)sustentabilidade da matriz energética brasileira. *Revista Brasileira de Energia*, 19(9), 9-36.
- Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). (2014). *Informações gerenciais*: 2014. Recuperado

- de http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/IG_Mar_14.pdf
- Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). (2016). *Informações gerenciais*: março 2016. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+-de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+-+1%C2%BA+trimestre+de+2016/b25a0697-2f30-4946-b8d5-9bac5931ce10>
- Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). (2017). *Informações gerenciais*: março 2017. Recuperado de <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+-de+Informações+Gerenciais+1º+-trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>
- Baggio, R. C. (2014). *Justiça ambiental entre redistribuição e reconhecimento: a necessária democratização da proteção da natureza*. Rio de Janeiro: Lumen Juris.
- Bermann, C. (2007). Impasses e controvérsias da hidreletricidade. *Estudos avançados*, 21(59), 139-153.
- Bosselmann, K. (2016). Germany's 'Energiewende': what can environmental law scholarship learn from it? Em J. J. Manzano, N. Chalifour, & L. J. Kotze (Eds.), *Energy, governance and sustainability* (pp. 11-29). Gelteham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Bradbrook, A. J., & Gardann J. G. (2006). Placing access to energy services within a human rights framework. *Human Rights Quarterly*, 28(2), 389-415.
- Canotilho, J. J. e Leite, J. R. (2012). *Direito constitucional ambiental brasileiro* (5. ed.). São Paulo, Brasil: Saraiva.
- Carvalho, D. W., & Damacena, F. D. L. (2013). *Direito dos desastres*. Porto Alegre: Livraria do Advogado.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). (2015). *Produção de suínos: manejo de dejetos*. Recuperado de <http://www.cnpqa.embrapa.br/SP/suinos/manejodejetos.html>.
- Escelsa (Espírito Santo Centrais Elétricas SA). (2015). *Histórico da Energia Elétrica no Brasil*. Recuperado de <http://www.escelsa.com.br/aescelsa/historia-ee-brasil.asp>
- Garbe, E. A., Mello, R., & Tomaselli, I. (2014). Projeto conceitual e análise de viabilidade econômica de unidade de geração de energia elétrica eólica na Lagoa dos Patos-RS. *Revista Brasileira de Energia*, 20(1), 53-77.
- Grun, R. (2005). Apagão cognitivo: a crise energética e sua sociologia. *Dados: Revista de Ciências Sociais*, 48(4), 891-928.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2015). *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate change 2014: mitigation of climate change*. Recuperado de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Climate change 2007*. Recuperado de http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
- Itaipu Binacional. Recuperado de <https://www.itaipu.gov.br/nossa-historia>.
- Kloepfer, M. (2010). A caminho do estado ambiental? A transformação do sistema político e econômico da República Federal da Alemanha através da proteção ambiental especialmente desde a perspectiva da ciência jurídica. Em I. W. Sarlet (Org.), *Estado socioambiental e direitos fundamentais* (pp. 39-72). Porto Alegre: Livraria do Advogado.
- Labsolar. Recuperado de <http://www.lepten.ufsc.br/home/solar.html>

- MME (Ministério do Meio Ambiente). (2015). *Horário brasileiro de verão*: Recuperado de <http://www.mme.gov.br/web/guest/destaques-do-setor-de-energia/horario-brasileiro-de-verao>
- Montes, V. R. (2012). La lucha contra el cambio climático — propuestas para reflexionar: energías renovables y protección de bosques amazónicos. *Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia*, 3, 143-164.
- Moretto, E. M., Gomes, C. S., Roquetti, D. R., & Jordão, C. O. (2012). Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica. *Ambiente sociedade*, 15(3), 141-164.
- Mori, V., Santos, R. L. C., & Sobral, L. G. S. (2007). *Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais*. Rio de Janeiro: Cetem/MCT.
- Morin, E., & Kern, A.-G. (2011). *Terra-Pátria* (6. ed.). Porto Alegre: Sulina.
- MAB (Movimento dos Atingidos por Barragens). (2015). *Sobre*. Recuperado de <http://www.mabnacional.org.br/>
- Nodari, R. O. (2010). Agrocombustíveis: impactos e benefícios. Em H. S. Ferreira, & J. R. M. Leite (Orgs.), *Biocombustíveis: fonte de energia sustentável? Considerações jurídicas, técnicas e éticas* (pp. 51-90). São Paulo: Saraiva.
- Oliveira, W. S., Fernandes, A. J., & Pereira, E. T. (2014). Tendências do preço da eletricidade na indústria eólica global para 2050. *Revista Brasileira de Energia*, 20(1), 79-104.
- Santos, S. M. B. M., & Hernandez, F. del M. (Orgs.). (2009). *Painel de Especialistas: análise crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Belém. Recuperado de http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf
- Sarlet, I. W., & Fensterseifer, T. (2010). Estado socioambiental e mínimo existencial (ecológico?): algumas aproximações. Em I. W. Sarlet (Org.), *Estado socioambiental e direitos fundamentais* (pp. 11-38). Porto Alegre: Livraria do Advogado.
- Secretaria de Direitos Humanos. (2011). Conselho de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana. *Relatório Final: Comissão Especial "Atingidos por Barragens"*. Recuperado de <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr6/dados-da-atuacao/encontros-nacionais-e-regionais/xi-encontro-nacional/xi-encontro/legislacao/relatorio-sintese-cddph>
- Seeg (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). (2016). *Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris: relatório síntese*. Recuperado de <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/WIP-16-09-02-RelatoriosSEEG-Sintese.pdf>
- Filho, G. L. T., & Rosa, C. A. (2013). Análise da capacidade de amortização dos passivos energéticos e ambientais dos painéis fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Energia*, 19(1), 171-194.
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. Recuperado de http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- United Nations. (2017). *Sustainable Development Goals*. Available on: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). *Brazil NDC*. Recuperado de <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>
- USP (Universidade de São Paulo). *Efeito estufa*. Recuperado de <http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>