

Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira

Wind energy: concepts and basic characteristics for a possible supplement of the brazilian energy matrix

Alexander Marques Silva*
Rogério Márcio Fonseca Vieira**

Resumo: A matriz energética brasileira é extremamente dependente do sistema hídrico, haja vista serem utilizadas, predominantemente, hidrelétricas. Em face disso, surge o problema da dependência do Estado atual brasileiro da produção de energia via hidrelétricas e da falta de um conhecimento prévio das variantes de produção de energias alternativas à população em geral, trespassando o histórico, os benefícios, os malefícios e as variáveis, sobretudo da energia eólica. Assim, como hipótese para a solução do problema de dependência de uma única fonte de energia no Brasil, é necessário o nivelamento e a difusão do conhecimento no que tange à energia eólica. A somatória de instrumentos epistemológicos, tanto qualitativos, quanto exemplificativos possibilita a demonstração, através de experiências reais, sobre como a gestão correta da energia eólica, em suas diversas variantes, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, um dos fundamentos precípuos do Estado e da sociedade atual no paradigma do Estado Democrático de Direito brasileiro. A linha metodológica utilizada foi a tecnológico-social-científica, abarcando como linha teórico-metodológica a jurídico-sociológica, como processo mental o

* Mestrando em Direito Ambiental pela Escola Superior Dom Helder Câmara (ESDHC). Pós-Graduado em Direito Público. Professor de Direito Processual Penal, Direito Constitucional, Direito Econômico, Direito Tributário e Direito Administrativo. Integrante do grupo de pesquisa “Desafios Constitucionais ao Desenvolvimento Sustentável”. Pesquisador no Centro de Estudos em Biodireito (Cebid). Analista Jurídico e Assessor de Desenvolvimento de Projetos do Estado de Minas Gerais. Lattes: <<http://lattes.cnpq.br/5547249398478164>>.

** Mestrando em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela ESDHC. Graduado em Psicologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Especialização em Direitos Humanos. Psicólogo no Núcleo de Apoio Psicopedagógico. Ouvidor da ESDHC. Coordenador de Projetos pela FMDC. Lattes: <<http://lattes.cnpq.br/5508695013874629>>.

método indutivo-dedutivo e, por fim, o tipo de investigação utilizado foi o jurídico-descritivo. Este estudo tem como objetivo geral promover uma análise crítica e renovadora do tradicional instituto da geração energética no País demonstrando, para tanto, as características e os conceitos que envolvem a produção de energia eólica, a fim de permitir a participação coletiva e pública nos meios de produção de energia para atender ao princípio da supremacia do interesse público. Como objetivos específicos tem-se uma exposição básica de todo o histórico dos meios eólicos, para criação, difusão e utilização das várias formas de energia; a demonstração de forma simples e acessível do funcionamento e os procedimentos que envolvem a instalação de um parque eólico; e, por fim, a demonstração das virtudes e falhas do sistema em questão.

Palavras-chave: Energia eólica. Matriz energética. Desenvolvimento sustentável.

Abstract: The Brazilian energy matrix is highly dependent on the water system, because the predominant energy resource is hydroelectricity. Given this, the problem of dependence of the current Brazilian state of hydroelectric energy production arises and the lack of prior knowledge of the different alternatives of energy production, especially wind power, for the general population, transcending the history, benefits, harms and variables. Thus, as a hypothesis for the problem solution of a single source of energy in Brazil, even and spreading knowledge regarding wind energy is needed. The sum of epistemological instruments, both qualitative and exemplary, enables the demonstration, through real experiences, about how the correct management of wind energy in its various variants can contribute to sustainable development, one of the essential foundations of the state and society present in the Democratic state paradigm of Brazilian law. The methodological approach used was social science technology, covering as a theoretical and methodological approach to legal and sociological, as a mental process the inductive-deductive method and, finally, the type of research used was legal and descriptive. This study has the general objective to promote a critical and renewing analysis to the traditional institute of energy generation in the country, demonstrating this way the characteristics and concepts involving wind energy production in order to allow collective and public participation in the means of production energy to meet the supremacy principle of the public interest. The specific objectives are to expose in a simple and basic way the entire history of wind energy for creation, dissemination and use of various forms of energy; to demonstrate in a simple and accessible way the operation and procedures involving the installation of a wind farm; and, finally, to demonstrate the virtues and flaws of the system in discussion.

Keywords: Wind energy. Energy sources. Sustainable development.

Introdução

O mundo hodierno está cada vez mais dependente de energias. Em uma nova leitura da teoria malthusiana, o crescimento vertiginoso da população mundial e as interferências externas e internas na produção e distribuição de formas de energia, como mudança climática, conflitos e interferência direta do superpovoamento ensejam a busca incessante por diversos campos da ciência de modos de produção de energia renováveis e que culminem em desenvolvimento sustentável.

Tem-se entendido que a energia elétrica é item essencial à vida e, portanto, deve enquadrar-se nas questões ambientais alvo da preservação para as gerações atuais e futuras. O item do mínimo existencial em questão possui formas variantes de produção e distribuição. Entretanto, algumas, além do impacto esperado, geram também um dano, por vezes irreparável, irreversível e incomensurável.

É diante desse contexto que buscamos entender qual é a importância das energias renováveis para a garantia de padrões sustentáveis de vida na Terra. Em função das numerosas possibilidades desse tipo de energia, procuramos escolher uma delas, qual seja, a energia eólica, para investigarmos suas origens, variedades e inserções por meio da legislação vigente, bem como suas limitações.

O contexto atual da matriz energética brasileira demonstra extrema dependência das fontes hídricas, sobretudo, com a construção de usinas hidrelétricas de grande porte e das assim chamadas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Assim, a variação climática e o regime de chuvas e dos rios têm demonstrado a fragilidade do referido sistema, além do grande impacto ambiental causado por essa atividade.

Apenas uma pequena parcela da população, entretanto, conhece ou sugere outra forma de produção energética. Um problema que se propõe à análise no presente estudo é justamente a dependência do Estado atual brasileiro da produção de energia via hidrelétricas e a difusão inicial do tema a toda população, indiscriminadamente, desde o histórico trespassando o conceito e chegando aos benefícios, malefícios e variáveis da energia eólica.

Assim, como hipótese para a solução do problema de dependência de uma única fonte de energia no Brasil, é necessária a geração de um nivelamento de conhecimento e, em seguida, da propagação do saber em torno da energia eólica, uma das fontes com melhor custo-benefício, mas ainda pouco explorada no Brasil.

Observa-se que a combinação de procedimentos metodológicos qualitativos e exemplificativos possibilita a demonstração, através de experiências reais, de como a gestão correta de energia eólica, em suas diversas variantes, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, um dos fundamentos do Estado e da sociedade atuais no paradigma do Estado Democrático de Direito.

A linha metodológica utilizada foi a tecnológicos-social-científica, abarcando como linha teórico-metodológica a jurídico-sociológica, como processo mental o método indutivo-dedutivo e, por fim, o tipo de investigação utilizado foi o jurídico-descritivo.

Este estudo tem como objetivo geral promover uma análise crítica e renovadora ao tradicional instituto da geração energética no País, a fim de permitir que tanto o Estado intervenha quanto o particular crie e fiscalize, com os instrumentos que lhes são postos, os meios de produção de energia para atender ao princípio da supremacia do interesse público.

Como objetivo específico inicial, tem-se a explicitação básica do surgimento e da evolução do meio eólico para criação, difusão e utilização das várias formas de energia. Outro objetivo específico é o de demonstrar, de forma simples e acessível, o funcionamento e os procedimentos que envolvem a instalação de um parque eólico. Por fim, se objetiva, especificamente, citar as virtudes e falhas do sistema em questão.

As lides que envolvem a preservação e proteção do interesse cultural estendem-se para além do mencionado limite, uma vez que implicam as definições, sempre polêmicas, de patrimônio cultural e de urbanismo que, embora sucintamente, serão também abordadas.

Conceito de energia e um breve introito à energia eólica

Quando falamos de energia, quase que imediatamente nos remetemos à questão: Que tipo de energia? indagação que já nos coloca diante de uma das características que lhe é tácita, o fato de que no mundo existe mais de um tipo de energia. Assim, o significado desta palavra é polissêmico, podendo se referir desde a uma condição humana, de uma pessoa que está com mais ou menos energia vital, até uma força capaz de fazer funcionar um aparelho eletrônico, por exemplo.

Pelo Fato De Ser Sempre Concebida Para Uma Determinada Finalidade, A Energia Não Assume Um Valor Em si mesmo, mas é

valorizada a partir do que se pode fazer com ela, como nos explica Bechert et al.:

A eletricidade é a área da física que estuda os fenômenos relativos à eletrostática, eletrocinética e eletromagnetismo. Conforme a lei da conservação da energia, é uma das formas que pode adotar a energia e que atribui muitos fenômenos, baseando-se no movimento das cargas elétricas, e estando vinculada ao estado dos átomos do material considerado.¹

A energia, sob uma mesma interpretação, é um conceito muito importante para as ciências, com destaque para sua aplicação nas engenharias, tendo o princípio da conservação de energia papel fundamental para o entendimento da lógica que sustenta a sua existência e sua multiplicidade. Explicando que a energia é uma quantidade conservada, ou seja, a quantidade total de energia no universo é uma constante. A compreensão de que a energia não desaparece e que é apenas transferida de forma, explica a existência de suas diversas naturezas, como proposto na lei de conservação de massas: “No mundo nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”²

Falar em energia, atualmente, é falar do futuro de uma sociedade. A energia se tornou a mola propulsora de vários processos de produção humana e não conseguimos conceber uma realidade social, que envolva trabalho e produção, que, de uma forma ou de outra, não leve em consideração o uso de energia.

A utilização de energia acompanha uma evolução que vai desde sua forma mais rudimentar, expressa pela força muscular do homem, passando pelo uso das forças da natureza: vento, água e sol e aquelas oriundas de combustíveis fósseis. Fato é que com o advento da sociedade moderna, a energia assumiu grande importância e valor, sempre com a finalidade de facilitar a vida humana: “Os seres humanos já dependeram de sua força muscular para gerar a energia necessária para a realização de seus

¹ BECHERT, Débora et al. Eletricidade e meio ambiente: uma nova forma de pensar. *REVINT*, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 247, 2015.

² Lei físico-química de conservação de massas proposta pelo francês Antoine Lavoisier, no final do século XVIII.

trabalhos. Hoje menos de 1% do trabalho feito nos países industrializados dependem da força muscular como fonte de energia”.³

Os avanços nas formas de utilização da energia acompanharam os programas tecnológicos da sociedade. Na verdade, tiveram que acompanhar, já que a sociedade sofisticou o seu consumo com a concepção de produtos que exigem cada vez mais fontes de energia.

Desta forma, prevê-se que o consumo mundial de eletricidade aumente 60% até 2030, significa que, no futuro a carga disponível não acompanhará o grande consumo da população. A solução para tal problema é garantir a sustentabilidade da energia, ou seja, equilibrar os objetivos econômicos, ecológicos e sociais.⁴

Esse é o modelo atual de desenvolvimento da sociedade do ponto de vista da energia, pautado em tecnologias dependentes de uma força motriz. O carro, a geladeira, o micro-ondas, o computador, o telefone e todos os demais avanços tecnológicos de nossa era dependem, de alguma forma, da energia para funcionar. Contudo, essa demanda crescente de energia tem gerado impactos no meio ambiente. Esses impactos, em maior ou menor grau, dependem da fonte de energia que é utilizada para atender às necessidades do mercado. Assim, podemos ter energias mais ou menos poluentes, segundo o tipo de recurso energético utilizado para produzi-la.

De maneira sucinta, podemos dividir as fontes de energia em renováveis e não renováveis. As primeiras podem ser representadas por energias como a eólica, a solar, a biomassa, a hídrica, consideradas de potencial permanente, ou seja, que não se esgotam dentro da escala de uso humana.

Já as energias não renováveis seriam aquelas obtidas de fontes que, em curto ou longo prazo, podem esgotar essa perspectiva de exaurimento dentro da escala de uso, como os combustíveis fósseis, o carvão, o petróleo e o gás natural. Sua utilização foi aumentada expressivamente no século XVIII, no momento em que a sociedade passou por um processo de

³ HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 2.

⁴ BECHERT, Débora et al. Eletricidade e meio ambiente: uma nova forma de pensar. *REVINT*, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 252, 2015.

industrialização pautado pela queima de combustíveis fósseis como uma das formas preponderantes de produção de energia.⁵

Após esse período, as demandas relacionadas ao uso de energia só aumentaram, bem como a utilização de combustíveis fósseis tornou-se predominante. O cenário de dependência desse tipo de combustível tem se mostrado preocupante, seja pela premente escassez desse recurso, seja pelos impactos ambientais gerados pela queima e pela produção desse tipo de combustível.

A fonte de energia que merece maior destaque é indubitavelmente o petróleo, pois, pela análise do quadro mundial, percebe-se que mais de 1/3 da energia mundial é proveniente do petróleo. E mais do que isto, este número do petróleo somado ao do Gás Natural, ambos hidrocarbonetos, atinge-se o preocupante patamar de 55% da fonte de energia mundial.⁶

Mesmo não sendo uma realidade iminente, as consequências geradas pela escassez dos combustíveis fósseis podem ser muito nocivas às economias mundiais, uma vez que há uma dependência quase completa desse tipo de energia. Atualmente, mais da metade dos países em desenvolvimento dependem de petróleo importado para suprir suas demandas comerciais de energia.

Outro ponto importante situa-se na preservação do meio ambiente. Como sabemos, os gases produzidos pela queima de combustíveis fósseis se mostram extremamente danosos ao equilíbrio ambiental, com destaque para os gases causadores do efeito estufa como nos explica Hinrichs e Kleinbach:

O efeito estufa é causado por gases presentes na atmosfera terrestre e que absorvem determinados comprimentos de onda da radiação infravermelha emitida pelo planeta que, de outra forma, iriam ser irradiados para o espaço exterior. Aproximadamente metade da energia que entra na atmosfera do planeta é absorvida pelas nuvens

⁵ BECHERT, Débora et al. Eletricidade e meio ambiente: uma nova forma de pensar. *REVINT*, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 246, 2015.

⁶ CARVALHO, Osvaldo Ferreira de. A segurança energética no direito ambiental internacional. *Revista Científica Internacional*, Rio de Janeiro, ano 3, n. 14, p. 6, jul./ago. 2010.

e pelas partículas ou é refletida de volta para o espaço. O restante é absorvido pela superfície terrestre, aquecendo os continentes e oceanos. As superfícies reirradiam esta energia sob a forma de radiação infravermelha ou térmica. O vapor-d'água e o CO₂ naturalmente presentes na atmosfera absorvem certos comprimentos de onda desta radiação. Uma parte deste calor é, então, absorvido e irradiado de volta para a Terra. Este processo mantém a temperatura na superfície terrestre aproximadamente 30°C (54°F) mais quente do que ele seria caso não existisse a atmosfera. O aumento nas concentrações de CO₂ faz com que o calor fique retido dentro da atmosfera do planeta.⁷

As implicações deletérias ao meio não se restringem aos impactos causados pelo efeito estufa e podem envolver, também, a destruição da camada de ozônio. Essa camada de gás é fundamental à vida saudável na Terra, uma vez que, na sua ausência, todas as espécies do Planeta estariam expostas aos efeitos nocivos dos raios solares:

O ozônio (O₃) está presente na atmosfera da Terra em duas localizações separadas e apresenta um diferente problema em cada região de ocorrência. A destruição da camada de ozônio é uma questão separada e não está conectada como o problema do aquecimento global; ela é um outro exemplo do impacto da atividade humana em nosso clima e nossos ecossistemas.⁸

O fato de termos várias fragilidades ambientais, consequência das consecutivas degradações do meio ambiente, nos coloca diante do desafio de criar frentes de resolução do problema. Contudo, alguns indicadores definem prioridades, como a necessidade urgente de se controlar a emissão de gases de efeito estufa.

As emissões de gases poluentes, sobretudo de gases do efeito estufa, na última década do milênio passado, foram exacerbadas, atingindo índices

⁷ HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 218.

⁸ HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 230.

superiores a 80%, permanecendo de forma crescente nos dias atuais. As propostas de ações de controle da emissão desses gases têm sido uma prática constante na política internacional de preservação do meio ambiente. Prova disso são as determinações do Protocolo de Kyoto, prevendo a diminuição da emissão desses tipos de gases.

Em dezembro de 1997, 167 nações se reuniram no Japão, sob a coordenação das Nações Unidas, para construir o que ficaria conhecido como o “Protocolo de Kyoto”. Este documento foi a primeira tentativa internacional de legalmente estabelecer limites para as emissões de gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos. O Protocolo estabelece como meta a redução, até 2008-2012, da emissão combinada de gases estufa pelos países desenvolvidos em 5% com relação ao nível das emissões ocorridas em 1990. Entretanto, o Protocolo de Kyoto não estabelece limites para as emissões feitas pelos países em desenvolvimento.⁹

As estratégias propostas de controle da emissão comumente adotadas pelos países têm sido o aumento dos preços dos combustíveis, com a diminuição do consumo dos mesmos, tática tipicamente econômica.

Outra forma importante de controle da emissão é a valorização das estratégias de conservação de energia, que se mostra como alternativa real para aumentar a eficiência dos recursos energéticos já existentes.

A utilização de energias alternativas tem sido mais uma das maneiras encontradas para minimizar a dependência dos combustíveis fósseis, bem como diminuir o potencial poluidor dessas matrizes tradicionais, como explica Carvalho ao falar da visão norte-americana dessa condição:

Em geral todos os atores pensam em si, mas os Estados Unidos, em função da sua característica bélica, encaram esta situação de uma forma ainda mais clara de que se discute não apenas a segurança energética, mas a própria segurança, a própria soberania.

⁹ HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 24.

¹⁰ Sobre conservação de energia ver (BECHERT, Débora et al. *Eletricidade e meio ambiente: uma nova forma de pensar*. REVINT, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 247, 2015).

Investe pesadamente no financiamento de novos projetos. Simultaneamente, pedem que outros Estados criem ambientes legais, fiscais e de regulamentação, a propiciar grandes investimentos. A postura dos EUA em relação à produção de etanol derivado do milho é a demonstração de que em primeiro plano a preocupação é com a própria segurança, depois se analisa outros aspectos, como o impacto no preço dos alimentos. Um dado a ser destacado é que os EUA detêm 2% das reservas mundiais, 5% da população mundial e consome mais de 20% da energia derivada do petróleo. Neste ponto aproveita-se para abordar uma situação interessante do ponto de vista estratégico dos EUA. Desde 1981 existe uma proibição para exploração de petróleo em alto-mar, a qual fora tomada para evitar vazamentos, evitar riscos ao meio ambiente costeiro e prejudicar o turismo.¹¹

A seguir, serão abordadas questões históricas e a evolução do uso das diversas formas de energia, sobretudo, com o enfoque na energia eólica, tanto no Brasil quanto no mundo, propiciando uma atenção especial em Minas Gerais.

Breve histórico da energia eólica no mundo

Há muito tempo, a energia eólica – uso da força dos ventos pelo homem – é uma realidade, e sua utilização remonta aos períodos muito remotos da história da humanidade na Terra. Contudo, existe uma imprecisão com relação a um marco paradigmático que represente o momento exato em que seu uso se estabeleceu.

O que se tem por parte de alguns pesquisadores são especulações de que povos no Egito, na região de Alexandria, há cerca de três mil anos, já faziam uso dos moinhos de vento, não havendo indícios de que outros povos mais avançados tenham se apropriado dessa tecnologia.

Para Hinrichs e Kleinbach, a força dos ventos foi uma das primeiras fontes de energia utilizadas pelo homem, tendo sido aproveitada na forma de moinhos de vento, com a finalidade de bombear água e moer grãos pelos povos da Babilônia e chineses, há cerca de 2000 a.C.

¹¹ CARVALHO, Osvaldo Ferreira de. A segurança energética no direito ambiental internacional. *Revista científica internacional*, Rio de Janeiro, ano 3, n. 14, p. 18, jul/ago 2010.

No entanto, registros mais fidedignos indicam que os primeiros moinhos de vento foram encontrados na Pérsia, em torno de 200 a. C., com a finalidade de moer grãos e de bombear água. Com uma estrutura bastante rudimentar, ainda sustentada por eixos verticais, esses moinhos (comparados aos que vieram posteriormente) tinham pouca eficiência.¹² Contudo, representaram um avanço na relação de dominação da natureza pelo homem.

Mais adiante, no século XII, moinhos de vento mais modernos surgiram na Europa e foram gradualmente substituídos por moinhos mais eficientes, já com nova estrutura física, como nos conta Fadigas:

Os tradicionais moinhos de vento de eixo de rotação horizontal provavelmente foram inventados na Europa. A primeira informação documentada registra o seu aparecimento no ano de 1180, em Duchy, Normandia. As máquinas primitivas de eixo vertical persistiram até o século XII, quando os moinhos de vento de eixo horizontal do tipo holandês começaram a ser usados em larga escala em vários países da Europa, tais como Inglaterra, França e Holanda.¹³

Os moinhos de vento ganharam, progressivamente, na Idade Média, importância política e econômica e porque não dizer de dominação, já que os senhores feudais os utilizavam como forma de submeter os camponeses às suas determinações, uma vez que “a maioria das leis feudais incluía o direito de recusar permissão à construção de moinhos de vento pelos camponeses, o que obrigava a usar os moinhos dos senhores feudais para a moagem de grãos”.¹⁴

Nos séculos posteriores, que marcam a transição para a Idade Moderna, os moinhos de vento ampliaram sua utilidade. Passaram a ser usados também na drenagem de terras, como foi observado na Holanda, que teve, nesse tipo de energia, a mola propulsora para seu desenvolvimento.

¹² FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 9-10.

¹³ FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 9-10.

No século 17 a Holanda foi o país da Europa onde os moinhos de vento tiveram uma importância maior. Além da moagem dos grãos, a drenagem de terras foi a segunda aplicação mais importante dos moinhos, tendo em vista que parte das terras holandesas ficavam abaixo do nível do mar. Comparado a outros países europeus, a Holanda teve, durante os séculos 16 e 17, a sua época de ouro: sua economia esteve fortemente aquecida em função da distribuição de grãos, óleos vegetais e outros alimentos importados que eram beneficiados pelo emprego dos moinhos de vento em larga escala.¹⁵

A despeito dos avanços e dos benefícios gerados pela energia eólica, até então em desenvolvimento, a Revolução Industrial, acompanhada do surgimento, no século XIX, da máquina a vapor, gerou impactos nos modos de produção, o que culminou com a retração do uso dos moinhos de vento na Holanda e na Europa.

Segundo Fadigas, o que antes representou, em meados desse mesmo século, a existência de mais de nove mil moinhos na Holanda e mais de vinte mil na Alemanha, evoluiu para os atuais modestos mil moinhos de vento na Holanda e 400 na Alemanha. Essa retração é atribuída, principalmente, à chegada de energia elétrica nas áreas rurais dessas regiões.

Como explica Fadigas, a diminuição do uso dos moinhos na Europa foi substituída pelo avanço desse tipo de energia nos Estados Unidos da América, onde os equipamentos utilizados receberam aperfeiçoamento, sendo que, atualmente, “estima-se que existam 150.000 unidades nos Estados Unidos. Porém é possível que essa quantidade tenha aumentado”.¹⁶

Já no século XX, registra-se que a crise do petróleo na década de 70 interferiu sobremaneira no uso da energia eólica no mundo. Diante dessa crise, a comunidade internacional representada pelos países pertencentes a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), por indicação da Agência Internacional de Energia (IEA), procurou reduzir o uso do petróleo oriundo da Organização dos Países Exportadores de

¹⁴ HAU apud FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 10.

¹⁵ FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 10.

¹⁶ FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 12.

Petróleo (Opep), por meio de estratégias que incluíam a substituição do petróleo por outras fontes de energia.¹⁷ “Os sucessivos choques do petróleo propiciaram a retomada de investimentos em energia eólica, bem como outras fontes geradoras de energia em vários países, por exemplo, Estados Unidos, Alemanha e Suécia, que indicaram pesquisas de novos modelos).¹⁸

Segundo Hinrichs e Kleinbach,¹⁹ no final da década de 80 e início da década de 90 (séc. XX), com a estabilização da crise do petróleo e sua acentuada queda no mercado internacional, chegando a seu ápice em 1986, e considerando o aumento da produção de gás natural e o fim dos incentivos fiscais para energias alternativas, o desenvolvimento de energia eólica foi atenuado. No final da década de 90, o setor voltou a crescer expressivamente com taxas de 15% em 1998 e de 38% em 1999.

Estimava-se em 2003 mais de trinta mil turbinas de vento em todo o mundo e que a energia eólica poderia suprir de 5% a 15% das demandas por eletricidade dos Estados Unidos até por volta do ano 2020.²⁰

O histórico da utilização de energia eólica no mundo se insere dentro de uma evolução histórica, política e econômica, acompanhando os altos e baixos e refletindo as crises dessa evolução, que interferiram diretamente no uso desse tipo de energia.

A energia eólica no Brasil

Segundo Pereira (2012), o incentivo à energia eólica no Brasil remonta à década de 90 e surge como uma tendência internacional, na tentativa de os governos garantirem um estado de segurança energética, tendo sido o momento caracterizado por expressivos avanços tecnológicos no setor, em consequência dos apoios financeiros presentes em cada país. Destacam-se os programas de tarifas incentivadas, presentes nos países desenvolvidos denominados *feed-in tariffs*.

¹⁷ FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011. p. 12.

¹⁸ FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri, SP: Manole, 2011. p. 18.

¹⁹ HINRICH, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e Meio Ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 318.

²⁰ HINRICH, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e Meio Ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 318.

O Brasil acompanhou a onda de incentivos oferecida à indústria eólica no século XX. Além disso, encontrou, em seu território, condições climáticas favoráveis²¹ para a implantação deste tipo de energia. O Nordeste brasileiro, em especial, foi um lugar propício. Assim, em 1992, o Arquipélago de Fernando de Noronha, situado no Estado de Pernambuco, abrigou a primeira turbina eólica do País.²²

Contudo, outras regiões do País mostram-se adequadas à utilização desse tipo de energia, como foi em Minas Gerais, que, em 1994, recebeu a Central Experimental do Morro do Camelinho, na cidade de Gouveia. Contudo, foi a partir do advento do Proinfa que a energia eólica no Brasil pôde se desenvolver.

Em 1992, iniciou-se o projeto de construção da Usina Eólico Elétrica Experimental (UEEE) do Morro do Camelinho. O Morro do Camelinho, onde funcionava uma das estações piloto, era, na época, dentre os locais com dados anemométricos pesquisados pela empresa, aquele que possuía as características mais adequadas para a implementação do parque eólico, tais como melhor regime de ventos, presença de uma rede de transmissão e de uma infraestrutura civil já desenvolvida. A Usina foi inaugurada em 1994, com potência instalada de 1.000 kW (4 máquinas de 250 kW), tornando a Cemig a primeira concessionária no Brasil a implantar uma usina eolioelétrica interligada ao sistema elétrico nacional.²³

Os desdobramentos dos incentivos foram bastante profícuos e, segundo informações fornecidas pela Aneel,²⁴ atualmente, no Brasil, existem 354 usinas eólicas em operação, que somam 8.592.590,22kW instalados.²⁵

²¹ A sazonalidade do clima, considerando a possibilidade de intercalação da energia hidroelétrica com a eólica, como forma de potencialização da matriz energética brasileira, foi uma das características favoráveis encontradas no Brasil.

²² FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011.

²³ AMARANTE, Odilon A. Camargo do. *Atlas eólico*: Minas Gerais. Belo Horizonte – MG: Cemig, 2010, p.35.

²⁴ ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, informações referentes a 2010.

²⁵ ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Matriz Energética Eólica do Brasil*. Atualizada em 23 de abril de 2016. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebras/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=7&ger=Outros&principal=E%25C3%25B3lica>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

A despeito do crescente número de parques eólicos em implantação no País, existe uma dificuldade de sistematização das informações sobre a produção dessa energia. De acordo com Pereira (2012), existem poucas informações que pode servir para uma análise consistente, de como a energia eólica tem evoluído como matriz integrada ao setor elétrico brasileiro. Não há clareza sobre o quanto dela é necessário para complementar outros tipos de energia, como a hidroelétrica.

Apesar dos grandes avanços na utilização da energia eólica como componente da matriz energética brasileira, muito ainda há para evoluir. Não bastassem os desafios estruturais e, porque não dizer culturais, a serem superados para sua utilização, ainda precisamos nos conscientizar de que investimentos financeiros serão necessários, até que tenhamos uma boa relação custo-benefício.

Técnicas e tipos

Conforme demonstrado anteriormente, a produção de energia com matriz eólica é muito simples. Atualmente, existem pelo menos duas formas de instalação para geração de energia eólica: a *Onshore* e a *Offshore*, ou seja, em ambiente terrestre ou marítimo, respectivamente. Cada uma dessas formas poderá ter várias subdivisões, classificando-as de acordo com a capacidade de produção ou de acordo com a finalidade de distribuição.

Em ambas as formas de instalação, o princípio de funcionamento é semelhante, ou seja, em uma explicação simplificada, pás são movimentadas através da força do vento. Essas pás são ligadas a um eixo central que gera um campo magnético em local específico da estrutura, que, em seguida, é modificado em energia elétrica.

A energia elétrica produzida é direcionada a uma subestação nas proximidades para, então, ser retransmitida a um sistema maior ou para simples uso em determinada localidade, como em municípios remotos de difícil instalação de rede mais complexa ou de difícil acesso para alcance da rede nacional.

Assim, podem existir, no mínimo, outras duas formas de geração e distribuição da energia produzida, sendo *Ongrid*, aquela ligada ao Sistema Interligado Nacional (SIN),²⁶ ou o *Offgrid*, cuja distribuição está à parte do SIN.

²⁶ AMARANTE, Odilon A. Camargo do. *Atlas eólico*: Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: CEMIG. 2010, p.12.

O SIN é um sistema de operação e distribuição de energia que congrega estados do Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte do Brasil. As operações e controles são centralizados no chamado Operador Nacional do Sistema (NOS), que é responsável por equalizar a energia que falta ou que sobra em cada setor e, assim, também proceder para cada região ligada ao sistema, para evitar o mau funcionamento da rede e equalizar a produção e o consumo.

O ONS é responsável também por gerenciar e contabilizar o *quantum* de energia negociado pelas concessionárias integrantes do sistema, através de um cálculo composto sobre a totalidade de energia em questão, ou seja, o cálculo realizado não considera a energia das usinas de forma independente, mas de toda a produção da concessionária. No caso da energia eólica, não há distinção no somatório final de composição no SIN; dessa forma, a energia produzida e distribuída no sistema nacional independe da fonte geradora.

Vale observar que, após a transformação da energia do vento em energia elétrica, quando essa força ingressa na chamada rede de distribuição não há mais diferença entre as matrizes de energia, ou seja, ao consumir a energia elétrica não há diferença, nem mesmo como diferenciar, qual a sua matriz: vento, água, calor.²⁷

Já a forma de distribuição *Offgrid* diz respeito à energia produzida e utilizada em determinada localidade ou produzida, mas não interligada ao sistema nacional. Esse formato de distribuição não é muito comum no Brasil e, quando existente, é utilizado em localidades remotas, geralmente na região amazônica e no arquipélago de Fernando de Noronha.

Assim, nesse tipo de distribuição, a energia produzida não compõe o SIN, mas alimenta pequenas regiões, em geral, afastadas demasiadamente dos centros de distribuição, já que, se fosse utilizada a energia proveniente do SIN, teria um custo extremamente exacerbado e se tornaria inviável sua utilização.

²⁷ PEREIRA NETO, Aloísio. *A tutela jurídica da energia eólica no Brasil*. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Escola Superior Dom Helder Câmara, Belo Horizonte, 2013. p. 118.

A produção de energia por meio eólico é fundamental nesse tipo de distribuição, pois a construção de outras formas de produção nessas localidades tornar-se-ia inviável pelo custo ou por não ser possível a geração por outras fontes. No caso amazônico, por exemplo, a construção de hidrelétricas, ainda que sejam PCHs, não é possível por pelo menos dois motivos: o primeiro diz respeito à dificuldade de acesso para a chegada de materiais essenciais a esse tipo de produção energética; o segundo aspecto diz respeito ao próprio relevo da região, que não propicia a formação de quedas-d'água substanciais à construção das usinas, que, quando são construídas contrariando esse aspecto, apresentam um imenso dano ambiental devido, principalmente, à potencialização da área alagada. Assim, uma das alternativas mais viáveis é a produção de energia na forma eólica.

No arquipélago de Fernando de Noronha, outro exemplo a ser citado, a construção de usinas tomada por base inspiradora a matriz energética brasileira, também é inviável, tendo em vista que se trata de ilhas e que, apesar de a produção de energia por base hidrelétrica não exigir que a água seja doce, a deterioração do maquinário aumenta consideravelmente em contato com a água do mar.

Sendo superado esse problema, surge a questão do relevo e da hidrografia local que também tornam inviáveis a utilização de outros meios de produção. Sob esse prisma, fontes de energias renováveis como a solar e, sobretudo, a eólica, passam a ser preponderantes para a produção e distribuição de energia no arquipélago.

OnShore

A tecnologia *OnShore*, conforme visto em tópico anterior, tem sido a mais utilizada no Brasil, pois tem um custo de instalação mais baixo em relação à *OffShore*. Entretanto, possui uma capacidade de produção mais reduzida, uma vez que depende mais da variação dos ventos.

Por se tratar de uma localidade de alto índice eólico, a região litorânea tem predominância na instalação de parques eólicos. No Brasil, boa parte desses parques concentra-se no Estado do Rio Grande do Norte.

Conforme esposado por Amarante,²⁸ uma turbina eólica *OnShore* pode ter uma variação de altura entre 30m e 150m, a depender. Isso

²⁸ AMARANTE, Odilon A. Camargo do. *Atlas eólico*: Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: Cemig, 2010. p. 30.

ocorre para melhor aproveitamento da variação dos ventos. São comercializadas no momento turbinas cujo diâmetro de rotação fica entre 40m e 126m, que tem uma reduzida variação de rotação, entre 15 e 30 rotações por minuto.

A rotação reduzida é propiciada pela relação calculada entre as pás e o eixo do rotor, que consegue otimizar o movimento na produção de energia. Atualmente, a evolução tecnológica busca a redução da velocidade das pás para que se tornem visíveis e evitáveis pelos pássaros em voo, além de reduzir a emissão de ruídos.

A velocidade do rotor é inversamente proporcional ao diâmetro total do conjunto, somados as pás e o rotor, ou seja, de forma simplória, quanto maior for a turbina mais lento será o movimento realizado e com maior potencial de produção. Essa velocidade é calculada pela fórmula, sendo que D é o diâmetro medido em metros:

$$rpm = \frac{895}{D} + 6,9$$

A aerodinâmica e a tecnologia utilizadas no conjunto também visam à redução de ruídos e a um menor impacto ambiental, sobretudo na questão atinente aos pássaros. A estrutura do conjunto e a fixação na base são calculados individualmente, tendo por fatores diversas variáveis como as condições climáticas médias da região, o tipo de solo, o tamanho da torre, o diâmetro do rotor e o potencial de geração da localidade.

O peso da estrutura superior, que compreende o conjunto: rotor e pás, eixo e *nacele*,²⁹ também é variável, diretamente ligado ao quadrado do diâmetro do rotor. Esse peso representado pela equação:

$$Peso (rotor + nacele) = \frac{D^2}{57,8} \text{ (toneladas)}$$

Conforme dito, atualmente, as turbinas eólicas estão em franco desenvolvimento tecnológico. Essa tecnologia está consolidada nas turbinas de geração máxima de 3.000Kw,³⁰ embora existam conjuntos com maior

²⁹ *Nacele* é a denominação atribuída ao conjunto de geração integrada por mancais, gerador e sistemas, localizado no alto da torre e conectado ao conjunto: pás e rotor por um eixo.

³⁰ AMARANTE, Odilon A. Camargo do. *Atlas eólico*: Minas Gerais. Belo Horizonte – MG: Cemig. 2010, p. 34.

capacidade de geração, ainda em fase de desenvolvimento, estudo e aprimoramento.

OffShore

A tecnologia *OffShore* assemelha-se à *OnShore*, com alguns pequenos diferenciais, que serão demonstrados a seguir. As turbinas *OffShore* localizam-se em região marítima, geralmente localizadas em alto-mar, com distância mínima de 20km da costa. Essa distância do Litoral enseja alguns dificultadores para a viabilização dessa prática.

O primeiro óbice a ser considerado é o elevado custo de instalação e manutenção, já que é necessária uma complicada logística para transporte e instalação das torres, das turbinas e do cabeamento subterrâneo desde a localização da turbina até a costa, superando as adversidades como a variação da ductilidade do terreno, das marés, dos ventos e a proteção da biodiversidade local.

Outro fator dificultador é a corrosão e a deterioração do material utilizado, tendo em vista o contato constante com as águas salinas e as intempéries mais acentuadas.

Apesar dessas variáveis negativas, os pontos positivos devem ser considerados, devido à magnitude à que se propõe. O parque eólico *OffShore* contrapõe alguns dificultadores apresentados na outra modalidade, como o tamanho das turbinas que pode ser maior e, por consequência, gera um *quantum* energético também maior. A seguir, serão demonstrados os pontos positivos e os negativos no uso da fonte eólica como produtor de energia em ambas as modalidades.

Algumas variantes da implantação de parques eólicos

A implantação de turbinas de geração de energia a partir do movimento dos ventos apresenta diversos aspectos positivos, como a facilidade de encontro do elemento essencial que, em muitos casos, pode ser aproveitado em grande parte do ano. Outrossim, a criação de parques eólicos³¹ ocorre

³¹ “Um parque eólico, ou usina eólica, é um espaço (terrestre ou marítimo), onde estão concentrados vários aerogeradores (a partir de 5) destinados a transformar energia eólica em energia elétrica.” Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=27>>. Acesso em: 15 out. 2015.

de forma descentralizada, a fim de potencializar a geração de energia e reduzir os impactos ocasionados pela implantação dos mesmos.

Essa implantação descentralizada traz, ainda, outros benefícios como a redução da dependência de eventos naturais localizados pontualmente ou a diminuição da sujeição a um único meio de produção energético local, regional ou nacional, otimizando a capacidade de produção de cada localidade de acordo com a vocação específica.

Outro ponto a ser destacado é a reduzida manutenção que enseja todo um conjunto, em contrapartida, em comparação com as hidrelétricas ou com a geração de energia a partir do movimento das ondas, por exemplo, que necessitam de um cuidado praticamente contínuo.

A construção de usinas hidrelétricas impõe uma reflexão crítica a partir da premissa de que a exploração do potencial energético, quer ocorra por meio dos agentes econômicos ou pelo serviço público, constitui empreendimento causador de significativo impacto socioambiental.³²

Qualquer intervenção do ser humano na natureza gera um impacto, ainda que mínimo. No caso dos parques eólicos, alguns deles são específicos e inerentes a esse tipo de produção, mas são objeto de estudo para reduzi-los. O impacto em rotas migratórias de pássaros e os efeitos nocivos aos animais são causados pela frequência sonora gerada pelo movimento da turbina, ou mesmo, os efeitos nocivos gerados nos morcegos, que conseguem desviar-se das pás, mas que, devido à diferença de pressão atmosférica, sofrem uma hemorragia interna causando-lhes a morte.

Ainda sim, por se tratar de tecnologia recente, esses efeitos são mínimos e ainda objeto de estudos e aperfeiçoamentos que, possivelmente, serão sanados em breve. Há que se ressaltar, que, em que pese a geração de impactos em toda a cadeia produtiva, como na mineração para extração de minério de ferro, matéria-prima base da construção da turbina eólica, esses impactos são mínimos em comparação com outras formas de produção energética.

³² AGOSTINI, Andréia Mendonça; BERGOLD, Raul Cezar. Vidas secas: energia hidrelétrica e violação dos direitos humanos no Estado do Paraná. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, Belo Horizonte, v. 10, n. 20, p. 167-192, jul./dez. 2013.

Como exemplo, cita-se a produção de energia fotovoltaica, cuja mineração do quartzo³³ gera grande impacto, por vezes, até mais do que a extração do minério de ferro para energia eólica. A produção das placas ainda origina um resíduo tóxico denominado *pó de silício*, estéril e altamente poluente. Outrossim, após a desativação do parque eólico, grande parte daquele material poderá ser reciclado, contrariamente ao resíduo gerado pelas placas de energia solar, que se tornam um estorvo poluente e tóxico, sem uma destinação específica e correta até o presente momento.

Enfim, há que se observar a variação média das correntes de ar nos locais de implantação dos parques eólicos. Conforme visto, as turbinas eólicas atuais geram energia com a eficiência esperada com ventos de velocidade entre 10m e 23m por segundo. Caso a velocidade dos ventos seja superior ou inferior a essas medidas, entram em funcionamento os freios do conjunto, com o fito de evitar a danificação da estrutura em casos de ventos fortes, ou de subutilizar a produção nos casos de ventos fracos.

Interessante é observar a influência do aquecimento global nessa seara, já que há uma alteração considerável nas correntes marinhas e, por conseguinte, nas correntes de ar, que afetam diretamente a produção vinda de tal fonte energética.

Isso ocorre devido ao enfraquecimento da frente de ar fria que não consegue deslocar a massa de ar quente estacionada em determinado ponto. Assim, inexistente ou se torna ineficaz a corrente de convecção que deveria ocorrer e movimentar as pás e o rotor para que gerassem energia.

Considerações finais

O uso de energia eólica data de um período remoto da humanidade. A partir da Revolução Industrial, os ventos perderam importância para outras fontes. A crise do petróleo (décadas de 70 e 80) contribuiu para a evolução tecnológica que propiciou a reinserção dos aerogeradores nas matrizes energéticas.

³³ Embora tenhamos citado a extração do quartzo como a principal matéria-prima da produção de placas de energia solar, especificamente, a fotovoltaica, a fonte precípua é o silício. Porém, o silício é encontrado na natureza juntamente com o quartzo, daí a obrigatoriedade da mineração desse para extração daquele.

A partir da década de 90, a produção energética, tendo por base a energia eólica, adquiriu mais força e novos partícipes, já que é considerada de baixo impacto ambiental em comparativo com outras formas já existentes, reduzindo-se, também, os danos prováveis em sua instalação.

A energia eólica, em que pese ser desenvolvida de forma considerável em pouco tempo, trouxe significativo avanço e contribuição para diversificação de produção energética. No Brasil, a construção de parques eólicos ainda é inicial; não há, por exemplo, produção *OffShore* e, conseqüentemente, a legislação pátria é incipiente. Da mesma forma, ocorre com julgados nos tribunais brasileiros, já que a quantidade de lides envolvendo questões dessa energia são relativamente baixas, devido a pelo menos dois motivos: O primeiro deles diz respeito à pequena quantidade de parques eólicos instalados, o que faz com que as lides também sejam proporcionalmente baixas em questões numéricas; o segundo motivo, e a esse se deve dar a relevância merecida, é devido às questões sociais e antropológicas, ou seja, devido a fatores diversos, como a falta de organização das populações atingidas, o desconhecimento crítico dos efeitos causadores ou mesmo a falta de uma liderança representativa, efetiva e eficaz, entre outros.

Ainda se percebe que se trata de uma energia renovável, de baixo custo de implantação e manutenção, altamente geradora de postos de trabalho, conforme explicitado, além dos baixos impactos causados. Embora ainda existam alguns danos ambientais, sejam culposos, sejam por dolo eventual, causados pela instalação dos parques eólicos, estudos estão sendo feitos para reduzir os efeitos negativos ou mesmo eliminá-los. Esses danos ainda ocorrem, possivelmente, justificados pelo recente uso comercial e desenvolvimento tecnológico.

Conforme se extrai da própria metodologia utilizada, a evolução tecnológica, somada às necessidades socioambientais e à correlação jurídico-interdisciplinar, pode alavancar o setor energético alternativo, porém, a educação ambiental e o conhecimento dos direitos e deveres de cada indivíduo, conforme previsto no art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, devem ser efetivos e eficazes.

Enfim, se conclui que a energia com produção à base dos ventos é uma alternativa singular para substituição ou suplementação da matriz energética brasileira. A matriz eólica está em franco desenvolvimento no mundo e não pode ser diferente no Brasil, que é favorecido com ventos

de intensidade moderada, perfeitos à produção energética na matriz apresentada. Outrossim, interessante é a contribuição socioambiental trazida por meios desse vetor.

Referências

AGOSTINI, Andréia Mendonça; BERGOLD, Raul Cezar. Vidas secas: energia hidrelétrica e violação dos direitos humanos no Estado do Paraná. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*. Belo Horizonte, v. 10, n. 20, p. 167-192, jul./dez. 2013.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do. *Atlas eólico*: Minas Gerais. Belo Horizonte, MG: Cemig, 2010.

BECHERT, Débora et al. Eletricidade e meio ambiente: uma nova forma de pensar. *REVINT*, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 245-257, 2015.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Senado Federal, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://sala.de.imprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2528>>. Acesso em: 17 out. 2015.

ANEEL. *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=&ger=Outros&principal=E%25C3%25B3lica>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

CARVALHO, Osvaldo Ferreira de. A segurança energética no direito ambiental internacional. *Revista Científica Internacional*, Rio de Janeiro, ano 3, n. 14, p. 1-23, jul./ago. 2010.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. *Energia eólica*. Barueri – SP: Manole, 2011.

HINRICHS, A. Roger; KLEINBACH, Merlin. *Energia e meio ambiente*. Trad. de Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire Mello. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

MILARÉ, Édis. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário*. 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

PEREIRA NETO, Aloísio. *A tutela jurídica da energia eólica no Brasil*. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Escola Superior Dom Helder Câmara, Belo Horizonte, 2013.

RIO GRANDE DO SUL. PUCRS. *Perguntas frequentes sobre energia eólica*. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=27>>. Acesso em: 15 out. 2015.

VEIGA, José Eli da. Energia eólica. In: VEIGA, José Eli da (Org.). *Energia eólica*. São Paulo: Senac, 2012.