

## Análise da experiência europeia como parâmetro à implementação de usinas eólicas *offshore* no Brasil

*Analysis of the European experience as parameter for the implementation of offshore wind plants in Brazil*

Clara Cardoso Machado Jaborandy\*

Húrsula Cavalcante\*\*

Dênio Fernando Rezende Vieira Júnior\*\*\*

**Resumo:** O presente artigo pretende analisar a experiência europeia na implementação de usinas eólicas *offshore*, tendo como premissa a necessidade e urgência na busca de alternativas energéticas sustentáveis no Brasil e no mundo e a atual matriz energética brasileira. O artigo se divide em quatro seções em que se discute a composição da matriz energética de produção e uso no Brasil em detrimento de sua sustentabilidade, analisando a experiência europeia na implementação de usinas eólicas *offshore* como fonte energética alternativa. Trata-se de pesquisa bibliográfica exploratória, com coleta de dados em repositórios institucionais de entidades ligadas ao setor energético e ambiental. A análise de tais dados é feita por um viés crítico e dialético, tendo em conta diferentes contextos e possibilidades no tocante ao tema, em especial, as distintas realidades no Brasil e Europa, em termos

---

\* Doutora e Mestre em Direito pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Especialista em Direito Público. Graduada em Direito pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Professora do Programa de Pós-Graduação em Direitos Humanos da Universidade Tiradentes (UNIT/SE), na linha “Direitos Humanos, Novas Tecnologias e Desenvolvimento Sustentável”, da Graduação em Direito da Universidade Tiradentes e de cursos de pós-graduação da Universidade Tiradentes e da Escola Judicial de Sergipe. Coordenadora do grupo de pesquisa “Direitos Fundamentais, Novos Direitos e Evolução Social”, presente no diretório do CNPq. Advogada militante em Direito Público e Empresarial. Certified Information Privacy Manager (CIPM) pela Associação Internacional de Profissionais de Privacidade (IAPP).

\*\* Graduada em Direito pela Escola Superior Batista do Amazonas (2019). Advogada na OAB-SE. Pós-Graduada em Direito Constitucional Aplicado pela Faculdade Legale – SP, e Mestranda em Direitos pela Universidade Tiradentes – SE, área de concentração em Direitos Humanos, linha de pesquisa direitos humanos e sociedade.

\*\*\* Mestrando em Direito (UNIT/SE), área de concentração em Direitos Humanos, na linha de pesquisa direitos humanos, novas tecnologias e desenvolvimento sustentável. Pós-Graduado em Direito Processual pela PUC de Minas (2018). Graduado em Direito pela Universidade Tiradentes (2015). Advogado inscrito na seccional Sergipe. Integrante do grupo de pesquisa “Direitos fundamentais, novos direitos e evolução social” registrado no diretório do CNPq.

**Submissão:** 18.07.2022. **Aceite:** 28.08.2023.

ambientais, sociais, econômicos e políticos. É possível considerar, por um lado, que a energia eólica *offshore* apresenta potencial redução da dependência do sistema de hidroeletricidade, gerando maior diversidade na matriz energética, com vantagens ambientais em relação a outras fontes, como a energia termelétrica. Por outro lado, a falta de regulamentação e escassos estudos quanto à viabilidade técnica, econômica e ambiental de sua implementação no Brasil, sugerem obstáculos a serem superados.

**Palavras-chave:** energia e sustentabilidade; matriz energética brasileira; segurança energética e sustentabilidade; usinas eólicas *offshore*.

**Abstract:** This article analyzes the experience of implementing the offshore plant, having as a premise the need and urgency to search for energetic alternatives in Brazil and in the world and the current Brazilian energy matrix. The article is divided into four sections, analyzing the composition of the energy matrix of production in Brazil compared to its sustainability, also the experience of implementing offshore wind farms as an alternative energy source. This is an exploratory bibliographic research, with data collection in institutional repositories of entities linked to the energy and environmental sector. The analysis of such differences is done from a critical and dialectical point of view, taking into the social, economical and political differences between Europe and Brazil. It is considered, on the one hand, that offshore wind energy has the potential to reduce dependence on the hydroelectricity system, generating greater diversity in the energy matrix, with environmental advantages over other sources, such as thermoelectric power. On the other hand, the lack of regularity and scarcity of studies on the technical, economic and environmental protection feasibility for their implementation in Brazil suggests obstacles to be overcome.

**Keywords:** renewable energy; wind farms offshore; sustainability; environmental law.

## Introdução

O presente artigo pretende analisar a experiência europeia na implementação de usinas eólicas *offshore*, tendo como premissa a necessidade e urgência na busca e alternativas energéticas sustentáveis no Brasil e no mundo. Em que pese os méritos brasileiro no que diz respeito à composição de sua matriz elétrica, sendo constatado que a maior parte da energia elétrica produzida e consumida no país é proveniente de fontes renováveis e, em certa medida, “limpas”, ainda restam controvérsias no que diz respeito à sua matriz energética, em especial à prevalência do petróleo como principal fonte de energia produzida no país, representando 45% de sua matriz energética em 2020.

Além disso, a segurança energética e sua sustentabilidade devem levar também em conta o uso contínuo e satisfatório de energia pela população, o que tem sido questionado no ano de 2021 em razão da diminuição da oferta energética

em decorrência da escassez dos reservatórios hídricos que propulsionam a geração de energia no país. É preciso levar em conta, outrossim, que o país assumiu compromissos na esfera internacional de redução de suas emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE e redução do uso de fontes energéticas não renováveis.

Entende-se, a partir disso, que a substituição dos combustíveis fósseis, a inovação tecnológica em busca de maior eficiência energética e a diversificação da matriz forma o melhor caminho em busca da sustentabilidade. Nesse sentido, o Brasil possui verdadeiros méritos na formulação de políticas energéticas de valorização de biocombustíveis, em especial o etanol do bagaço de cana, o aproveitamento do potencial hidráulico e mesmo a crescente expansão da energia solar e eólica. A implementação de usinas eólicas *offshore*, no entanto, ainda não é um nicho explorado no Brasil. Por isso, a análise da experiência europeia nesse campo pode servir de exemplo que induz a necessidade de regulamentação do uso dessa forma de produção energética no Brasil, como forma de viabilizar sua implementação.

O artigo está dividido em quatro seções em que se analisa a composição da matriz energética brasileira, estabelecendo conceitos e distinções importantes nesta seara, bem como formulando um quadro geral energético no Brasil. Na segunda seção, o elemento da sustentabilidade prevalece na análise, levando em conta os impactos ambientais da produção e uso da energia no Brasil e os compromissos assumidos pelo país. Na terceira seção, descreve-se a experiência dos países europeus na implementação e regulamentação de usinas eólicas *offshore*, analisando aspectos técnicos, econômicos e ambientais desses empreendimentos. Por fim, analisa-se conclusivamente a conveniência e necessidade de implementação desse modelo energético no Brasil, suplementando a matriz energética atual em busca de maior sustentabilidade.

Trata-se de pesquisa bibliográfica exploratória, com coleta de dados em repositórios institucionais de entidades ligadas ao setor energético e ambiental. A análise de tais dados é feita por um viés crítico e dialético, tendo em conta os diferentes contextos e possibilidades no tocante ao tema, em especial, as distintas realidades no Brasil e Europa, em termos ambientais, sociais, econômicos e políticos.

Considerou-se nesta análise documentos institucionais do setor energético brasileiro, assim como documentos internacionais acerca do modelo de produção eólica, *onshore* e *offshore*. Levou-se em conta, ainda, compromissos legais e internacionais em direção à substituição de matrizes energéticas por modelos sustentáveis, objetivando a transição energética.

## **Matriz energética e elétrica brasileira**

Nesta seção, pretende-se descrever o cenário energético brasileiro, tendo como ponto de partida a ideia de que a elaboração da matriz energética no país teve como parâmetros, de um lado, fatores econômicos e políticos, tendo em vista a necessidade de promoção da independência energética nacional e, de outro, a preocupação ambiental, reconhecida sob um viés de desenvolvimento sustentável. Assim, a investigação em torno desses temas depende de uma distinção prévia de termos e conceitos como matriz energética e elétrica, matriz energética de produção e matriz energética de consumo, fontes energéticas renováveis e não renováveis.

A matriz energética é um elemento de grande importância nas discussões em torno do desenvolvimento e crescimento econômico. Ao longo dos últimos séculos verificou-se uma crescente e constante demanda energética no mundo, que se desenvolve a partir de meados do século XVIII com a Revolução Industrial e persiste até os dias atuais. Ao mesmo tempo, é nesse mesmo período que a humanidade vive o seu maior crescimento econômico e, além disso, começam a surgir problemas ambientais, constatados pela severa degradação de ecossistemas e a elevação dos índices de emissão de CO<sub>2</sub>. Em relação a este último elemento, destaca-se sua relevância pela relação direta com o tema central das discussões acerca do meio ambiente e sustentabilidade, o aquecimento global.

É comum se relacionar a demanda e consumo de energia ao crescimento econômico. Bronzatti e Bronzatti Neto (2008) explicam que a medida da correlação entre Produto Interno Bruto – PIB e a demanda energética pode ser sintetizada e utilizada para elaborar projeções de consumo futuras, permitindo, assim, o planejamento e políticas energéticas. Segundo Korzeniewicz (2021), há vertentes de pesquisa que enxergam que o uso de energia tende a acompanhar o nível de produção e, conseqüentemente, o nível de renda. Haveria, dessa forma, uma relação de correlação direta entre o crescimento do PIB mundial e o aumento do consumo de energia.

Entretanto, ressalva a existência de estudos que apontam divergências, já que a energia representa apenas pequena parcela do PIB, além do fato de que o crescimento pode ser dar por um aumento da eficiência energética, assumindo igualmente as diferentes configurações energéticas e econômicas entre os países. A autora elenca uma série de estudos que situam o Brasil em diferentes posições, desde a constatação de que não haveria correlação entre consumo de energia e PIB (Pao; Fu, 2013), estudos que apontam uma relação de causalidade bidirecional entre consumo de energias renováveis e PIB, positiva ou negativamente

(Banday;Aneja, 2020), até a hipótese de neutralidade (Destek; Aslan, 2017), indicando que a variação de um não impacta na variação do outro.

Tais diferenças podem ser explicadas, entre outros fatores, pela estrutura da matriz energética brasileira, que se destaca como exemplo em termos ambientais, já que tem sua matriz energética majoritariamente composta por fontes renováveis. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2021), enquanto a matriz energética mundial é composta majoritariamente por fontes não renováveis, alcançando aproximadamente 86% do total em 2018, no Brasil, o percentual era, no mesmo ano, de 55%.

Vale observar, ainda, que quando considerada apenas a matriz energética elétrica<sup>41</sup>, há uma discrepância ainda maior: as fontes não renováveis correspondem a 75% da matriz elétrica mundial em 2018; no Brasil, apenas 17%. Isso significa que 83% da matriz elétrica brasileira provêm de fontes renováveis, sendo composta majoritariamente pela hidráulica. De acordo com o anuário estatístico de energia elétrica 2021, que tem como ano base 2020, a matriz de geração elétrica se compõe da seguinte maneira: fonte hidráulica (63,8%), gás natural (8,6%), derivados de petróleo (1,4%), carvão (1,9%), nuclear (2,3%), biomassa (9,0%), eólica (9,2%), solar (1,7%) e outras (2,2%), dados que incluem a autoprodução.

O documento destaca também as variações ocorridas entre 2019 e 2020, sendo que foi expandida em 2,7% a capacidade instalada de geração de eletricidade no período, com a contribuição majoritária da geração hidráulica. O maior aumento proporcional ocorreu na energia solar, com aumento de 32,9%, dando continuidade ao aumento de 37,6% no ano anterior. Em relação eletricidade gerada, ouve uma queda geral de 0,8%, com as maiores quedas percentuais na geração térmica a carvão (-22,1%), a gás natural (-11,1%) e nuclear (-12,9%).

A geração hidráulica, que no período entre 2018 e 2019 subiu 2,3%, sofreu redução de 0,4% entre 2019 e 2020. A maior parte das fontes apresentou queda no período, com exceção dos derivados de petróleo (+9,1%), biomassa (+6,7%), eólica (+1,9%) e solar (+61,1%), o que ocasionou aumento de participação de todas essas fontes na matriz de geração elétrica nacional.

## **Energia e sustentabilidade**

A reflexão sobre o uso de energia, nos últimos anos, não pode ser realizada sem a ponderação dos impactos do uso e produção de energia no ambiente, tendo

---

<sup>4</sup> Há uma diferença entre matriz energética e matriz elétrica, sendo aquela correspondente ao conjunto de fontes energéticas; esta, apenas pelo conjunto de fontes disponíveis para a geração de energia elétrica. No Brasil, a maior parte da energia proveniente de recursos não renováveis é consumida pelo setor de transportes.

em conta, de um lado, a esgotabilidade dos recursos energéticos não renováveis e, de outro, os efeitos adversos nos ecossistemas e no clima global que as diversas fontes apresentam. Assim, a sustentabilidade pode ser entendida não somente como a continuidade dos processos produtivos e uso de energia, mas também que essas atividades não tragam prejuízos que possam comprometer a saúde dos ecossistemas do planeta.

Andrade e Mattei (2013) destacam a importância do Brasil no que diz respeito ao uso de energias renováveis em sua matriz energética. Esse reconhecimento seria resultado de uma conjunção de fatores econômicos, como a crise do petróleo em 1973 e geográficos, pela vantagem territorial em relação ao aproveitamento do potencial energético hidráulico. O argumento central do estudo realizado pelos autores, contudo, contrapõe-se a ideia de, apesar disso, a matriz energética brasileira não ser sustentável.

Segundo os autores, a expansão da industrialização brasileira impôs alterações decisivas na matriz energética nacional, com a expansão do consumo de fontes não renováveis no período entre 1940 a 1972, havendo, a partir daí, grandes alterações na Oferta Interna de Energia – OIE. A partir da década de 1970, outrossim, há uma acelerada expansão do consumo nos setores industrial e de transportes, com a expansão de indústrias energointensivas a partir do II PND e a consolidação do transporte rodoviário como principal modal da matriz logística brasileira. Além disso, é interessante a observação de que “[s]alvo o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, elaborado em 2005 já sob a perspectiva ambiental, a inserção dos demais insumos energéticos renováveis na MEB ocorreu mais por conta das vantagens comparativas presentes e por motivos de redução da dependência externa de energia” (Andrade; Mattei, 2013, p. 15).

Em contraposição, Korzeniewicz (2021) considera que o aumento das preocupações ambientais induziu à busca por fontes alternativas de energia, impulsionado pelos choques do preço do barril de petróleo. Exemplo disso seria o Programa Brasileiro de Álcool – PROALCOOL, criado em 14 de novembro de 1975 pelo decreto nº 76.593, com o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos (Proalcool, 2006).

De fato, no contexto internacional, a questão ambiental começa a surgir a partir dos anos 1960, tendo como mais importante evento e marco do ambientalismo a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano realizada entre os dias 05 a 16 de junho de 1972. Em que pese o Brasil tenha se posicionado a favor de uma tese desenvolvimentista, como relata Silva (2002), aos poucos o país passou a criar instrumentos e políticas voltadas à

proteção e preservação do meio ambiente, tendo sido elaborada a lei n. 6.938/81 que criou a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA.

A importância de uma matriz energética sustentável se apresenta de forma clara nas discussões em torno do aquecimento global e redução das emissões de carbono na atmosfera. Assim, é sabido que a queima de combustíveis fósseis na produção energética é o principal responsável pelo aumento das concentrações dos chamados Gases de Efeito Estufa – GEE na atmosfera. Por isso, os países começaram a se preocupar em substituir suas matrizes energéticas por fontes limpas, isto é, aquelas que não geram emissões de GEE. Vale observar, nesse sentido, que mesmo em relação às fontes renováveis, algumas delas podem se considerar poluentes ou não.

Por exemplo, a produção energética por usinas de fissão nuclear é considerada “limpa” (Souza; Gonçalves, 2019), já que não são geradoras de GEE, não obstante ser considerada uma fonte não renovável. Da maneira inversa, os biocombustíveis, considerados fontes renováveis, geram emissão de GEE, ainda que em grau mais reduzido em relação aos combustíveis fósseis como petróleo e seus derivados e carvão mineral.

Como vimos, o Brasil possui o mérito de apresentar uma matriz energética mais limpa que a mundial, principalmente pelos investimentos que fez, a partir dos anos de 1970, em usinas hidrelétricas. A partir dos anos 2000 o país começou a mudar o cenário, apresentando declínio na produção de energias renováveis. Conforme dados produzidos pela EPE (2021), houve um simultâneo incremento na participação de fontes não renováveis na matriz energética do país – 21% em 1970 a 60% em 2020 – e um decréscimo da participação de fontes renováveis – de 79% em 1970 para 40% em 2020. O petróleo é o que tem maior destaque, saindo de 16% em 1970 para 45% em 2020.

A descoberta do pré-sal impulsionou este aumento, considerada uma verdadeira revolução no tocante à posição brasileira como país produtor de petróleo. Segundo Sauer (2016), a descoberta do pré-sal transformou o Brasil em um ator potencialmente relevante como produtor e exportador de petróleo. O autor faz um relato extenso de como o petróleo se tornou a mais importante fonte da matriz energética mundial, apresentando considerável vantagem em termos de densidade energética, mas também por ser a mais flexível, facilitando a produção e o consumo, movendo máquinas sem depender de redes estruturadas e caras e permitindo uma extraordinária intensificação da produtividade do trabalho. Assim, apresenta enorme valor excedente no processo social de produção e circulação, quando comparado com o custo de produção.

Sauer (2016) explica que a consolidação da hegemonia do petróleo teve apoio decisivo em suas características intrínsecas, além de fatores físicos e econômicos. Nesse sentido, um parâmetro de avaliação da qualidade relativa de combustíveis ou fontes de energia é o balanço e de energia líquida disponível (EROI – Energy Return On Investment), que compara a razão entre energia líquida obtida e a energia gasta para sua produção. – isto é, “mede a capacidade que um recurso energético tem em fornecer um excedente de energia após contabilizados os custos energéticos necessários para extrair, produzir e transportar este recurso, avaliando se uma fonte de energia é capaz de quitar o investimento energético feito por ela” (Oliveira, 2019, p. 9). Assim, afirma Sauer que “a fonte alternativa ao petróleo mais competitiva hoje, o etanol brasileiro, tem uma relação de 1 para 8. E o biodiesel, o óleo diesel produzido a partir de vegetais, de 1 para 1” (Sauer, 2016, p. 315)<sup>5</sup>.

Além disso, outra importante fonte de caráter não renovável, ainda que menos poluente do que o petróleo e seus principais derivados é o gás natural, constituindo em 2020 14% da matriz de produção energética no Brasil, de acordo com dados do Balanço Energético Nacional – BEN, produzidos pela EPE. Isso significa que é a segunda fonte não renovável mais produzida no país, com maior participação na matriz energética do que a hidráulica, com 10% no mesmo ano. O biocombustível extraído de Produtos de Cana se coloca acima de ambos, compondo 16% da matriz energética de produção.

Korzeniewicz (2021) faz uma relevante análise de dados apresentados pela EPE, afirmando ser possível observar que a maior parte da energia produzida no Brasil é proveniente de fontes não renováveis. Contudo, isso se justificaria em razão da estratégia de exportação do petróleo de pré-sal, obtendo recursos para investimentos em áreas como saúde e educação. Não haveria, portanto, efetivo consumo dessa energia pelo país, mas produção para comércio externo.

Entretanto, a lógica adotada nessa estratégia se contrapõe à tendência mundial à redução de fontes não renováveis, buscando-se uma maior eficiência energética a partir de uma base sustentável. Entre outros, um dos maiores problemas relacionados a isso é a emissão de GEE, como observado acima. Em 2015, o Brasil assinou o Acordo de Paris, no âmbito das Conferências das Partes da Convenção-quadro

---

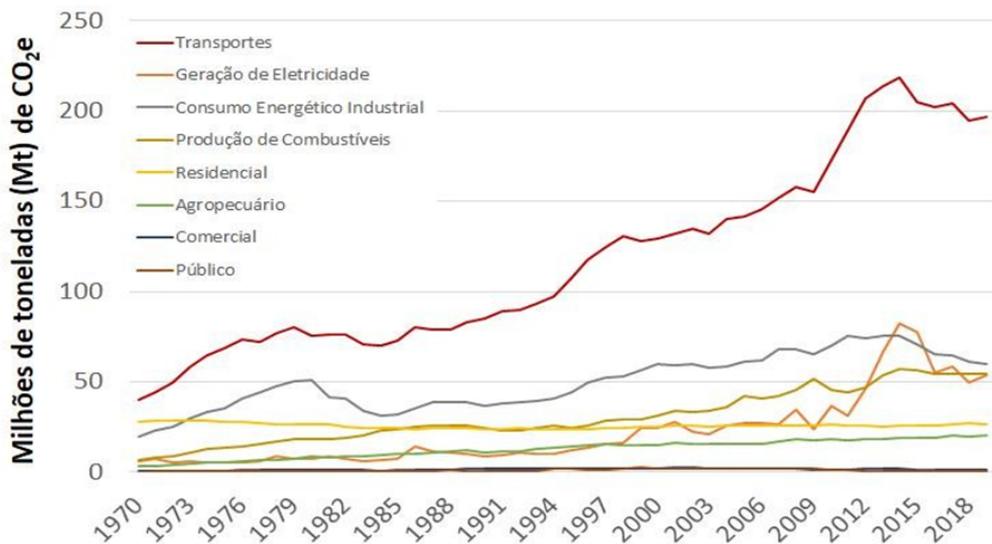
<sup>5</sup> Para ter como referência comparativa, Clasen e Agostinho (2017), em análise sobre o balanço energético na extração de petróleo do pré-sal, chegaram à conclusão de que a “extração de petróleo do pré-sal incluindo as bacias do Espírito Santo, Campos e Santos, resultando no índice retorno da energia sobre o investimento (EROI) de 17,5. O valor obtido indica que 1 Joule de energia fóssil investido no pré-sal Brasileiro retorna em média 17,5 Joules de petróleo” (Clasen; Agostinho, 2017, p. 8). Deve-se ter em consideração que a camada pré-sal depende de um gasto energético maior para extração do petróleo, assim como há uma tendência para o decréscimo da EROI do petróleo, tendo em vista sua maior escassez.

sobre Mudança do Clima. Pelo acordo de Paris, os países deverão apresentar, voluntariamente, as pretensões de diminuição de emissão de gases GEE – é o que se denomina NDC – Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution*) (Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2018).

Deve-se esclarecer, em primeiro, que as emissões de GEE não são decorrentes tão somente da queima de combustíveis fósseis. De acordo com dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes de energia (que envolve as emissões decorrentes da produção e do uso de energia) corresponderam cerca de 19%, em 2019. Em 1990, a participação do setor era de apenas 10%, o que indica um incremento de fontes poluentes na matriz energética no período. O maior percentual cabe às mudanças de uso da terra e florestas, em 44,5%, seguido pela agropecuária (27,2%) processos industriais (4,5%) e resíduos (4,4%). Isto é, grande parte das emissões das quais o Brasil é responsável não decorrem desses processos, mas de alterações do uso do solo, queimadas e desmatamento, em especial na região da Amazônia.

De acordo com o SEEG10 (2023), em 2021, a principal causa de aumento de emissões no Brasil foi o desmatamento, especialmente na região da Amazônia. O relatório destaca que as mudanças de uso da terra responderam por 49% das emissões brutas de gases de efeito estufa do país em 2021, contra 46% em 2020; as emissões de agropecuária corresponderam a 25% – somando-se as emissões por desmatamento e outras mudanças de uso da terra com as do setor agropecuário, conclui-se que a atividade agropecuária em sentido amplo responde por 74% de toda a poluição climática brasileira. O setor de energia e processos industriais foram responsáveis por 22% das emissões, e o setor de resíduos por 4%, apresentando queda de 0,12% em relação a 2020. Em contraposição, houve aumento no setor da agropecuária (3,8%), processos industriais (8%) e energia (12,5%), sendo neste último o maior aumento em 50 anos. Além disso, de acordo com dados do Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA (2020), especificamente em Energia, a atividade de transporte sempre foi a maior emissora, tendo elevado sua participação de forma quase contínua entre 1990 e 2019. Há uma relevante participação da geração de eletricidade, sendo que, da mesma forma que o setor de transporte, apresentou queda significativa a partir de 2014. Também apresentou queda na emissão de carbono nesse ano o consumo energético industrial e a produção de combustíveis, com emissões estáveis também desde 2014. Esses dados estão representados graficamente abaixo:

Gráfico: Emissões nas atividades do setor de Energia.



Fonte: IEMA (2021)

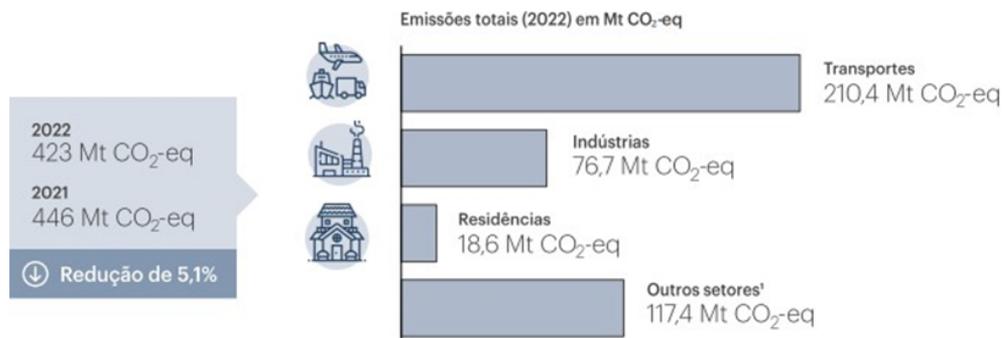
Conforme destacado pelo Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da geração elétrica no Brasil, reduziram em 10,7%. O total de emissões de GEE no Sistema Interligado Nacional (SIN) reduziu 10,8% entre 2019 e 2020, com destaque para o gás natural (-5,5%) e carvão (-22,4%). No entanto, a maior redução foi no Sistema Isolado, cuja queda em 2020 foi de 39,1% em relação ao ano anterior, devido à redução das emissões oriundas da geração a óleo diesel (-15,5%) e do recuo das termelétricas a gás natural (-95,2%).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, o a NDC brasileira prevê uma redução das suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, indicando uma contribuição indicativa subsequente de redução de 43% abaixo dos níveis de emissão de 2005, em 2030. O país também indicou o objetivo de assegurar, na matriz energética, 45% de fontes renováveis, incluindo as hidrelétricas, enquanto a média global é de apenas 13%. Além disso, prevê a previsão é restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de vegetação em território nacional, além de acabar com o desmatamento ilegal (MMA, 2015).

O Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2023 (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2023) apresentam dados que demonstram que houve queda nas emissões decorrentes do uso energético no Brasil, em razão do regime hídrico favorável e a consequente diminuição da demanda por geração térmica: em 2022, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética

foi de 423 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, com uma redução de 5,1% em relação a 2021, com 446 milhões. Apesar da redução, projeta-se um aumento na taxa de crescimento das emissões *per capita* por uso de energia, de 0,8% entre 2000 e 2022 para 1,9% de 2022 a 2030.

Gráfico: Emissões nas atividades do setor de Energia em 2022.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2023)

Os avanços nas discussões sobre as mudanças climáticas e meio ambiente, ademais, permite um aprimoramento do debate acerca das fontes energéticas renováveis e não renováveis. Assim, a prevalência da hidroeletricidade não garante a sustentabilidade da matriz energética do país, levando em conta o que já foi exposto nos primeiros parágrafos desta seção. Além disso, de um ponto de vista social (aliás, aspecto inerente à ideia de sustentabilidade), as recentes crises energéticas por que passa o Brasil indicam que ainda existem grandes desafios para que o país atinja um nível verdadeiramente satisfatório de segurança energética.

Segundo Andrade e Matei (2013), o destaque do Brasil em relação à média mundial pode ser explicado pelo emprego do potencial hidrelétrico e biocombustíveis, aliado a políticas públicas adotadas de forma prematura, mesmo antes que o debate ambiental ganhasse maiores contornos. Ressalva, contudo, a necessidade de apontar as contradições do uso do potencial hidrelétrico nas análises sobre energia renovável. Destaca, em síntese, três principais aspectos negativos nessa estratégia:

1. O deslocamento populacional de áreas alagadas para a formação de represas. Este fato se tornou bastante notório nas discussões em torno da construção e instalação da Usina de Belo Monte, cuja plena operação teve início em 27 de novembro de 2019. Durante o processo de construção do gigantesco empreendimento, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC, em parceria com o Instituto Socioambiental e diversas outras instituições de

pesquisa, confeccionaram extenso relatório sobre os impactos negativos da Usina em relação aos deslocamentos forçados de populações tradicionais e problemas sociais decorrentes, com graves violações de direitos humanos (Cunha; Magalhães, 2016);

2. 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 são alguns dos impactos ambientais que estão associados à construção de usinas hidrelétricas;
3. A possibilidade dos reservatórios das hidrelétricas estarem contribuindo para a intensificação da emissão de gases do efeito estufa oriundas da matriz energética brasileira. O autor destaca o estudo realizado por Rosa, Schaeffer e Santos (1996)<sup>6</sup> envolvendo as hidrelétricas da região amazônica constatou que as emissões da usina de Balbina eram mais elevadas do que as de uma termelétrica, movida a carvão mineral.

Portanto, ainda há claros desafios em torno do desenvolvimento da matriz energética do Brasil, não somente em razão da urgência da questão climática, mas também como forma de garantir a segurança energética do país, tanto para a continuidade do seu crescimento econômico e processos produtivos, mas também de forma a assegurar o bem-estar da população.

### **As usinas eólicas *offshore* como alternativa energética para o Brasil: análise da experiência europeia como parâmetro de viabilidade**

Nas últimas três décadas, verificou-se o compromisso global para a descarbonização da matriz energética mundial ou migração para energias renováveis, conforme já apontado na seção anterior. É importante compreender as razões por que o modelo de produção energética com ênfase na matriz eólica, sobretudo pelo aproveitamento de ventos marinhos, tem se tornado uma alternativa viável econômica e ambientalmente – mesmo que, deste ponto de vista, se reconheçam algumas ressalvas. Nesta seção, pretende-se explorar esses fatores favoráveis e contrários a tais empreendimentos e, posteriormente, analisar a experiência europeia.

Em 2020, a energia eólica global – aqui se inclui *onshore* e *offshore*<sup>7</sup> – teve um incremento de 95,3 GW na sua capacidade instalada, um crescimento de

<sup>6</sup> Rosa, L. P.; Schaefer, R.; Santos, M. A. Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases?. *Environmental Conservation*, v. 66, p. 2-6, 1996.

<sup>7</sup> A distinção entre *onshore* e *offshore* vem se popularizado por apresentar uma forma didática de apresentar o lugar onde são captados os ventos para a conversão em energia. Enquanto a energia eólica *onshore* é proveniente da instalação de aerogeradores em solo terrestres, a energia eólica *offshore* aproveita o mar quer seja para construção de aerogeradores fixos ou flutuantes.

53% em comparação a 2019, trazendo a capacidade instalada total para 743 GW. Em 2021 e 2022, o crescimento se repetiu, sendo conectados mais 93,6 GW em 2021 e 77,6 GW em 2022. O total de capacidade instalada, em 2022, chegou a 906 GW, um aumento de 9% em relação a 2021. Das novas instalações, a maior parte se referem às usinas eólicas *onshore*, tendo havido um expressivo aumento comparado às instalações *offshore*.

Gráfico: Novas Instalações de produção de energia eólica – 2018-2022: Global Wind Report 2023 – Global Wind Energy Council – GWEC



Os cinco principais mercados do mundo de novas instalações, em 2022, foram China, EUA, Brasil, Alemanha e Suécia. Nos últimos três anos, não houve muita variação nesse ranking, sendo que o Brasil manteve-se atrás apenas dos Estados Unidos e China. Estes cinco mercados combinados constituíram 80,6% de instalações globais no ano de 2020, 10% maior do que 2019. Em 2022, esse percentual reduziu para 71%, 3,7% abaixo de 2021. A redução se deve principalmente à redução da participação de China e Estados Unidos, que, combinados, representam a perda de 5% do total.

Essa definição é advinda da legislação do Reino Unido, mais precisamente do Energy Act 2004. (Cavalcante; Mont'Alverne, 2018).

A taxa anual de crescimento para energia eólica *offshore* nos próximos cinco anos (2021-2025) é de 31,5%, segundo o Relatório Anual de 2021 emitido pelo Conselho Global de Energia Eólica. As novas instalações são susceptíveis a quadruplicar até 2025. Esta perspectiva do mercado eólico *offshore* global positivo é apoiado por: 1) a queda acentuada no custo de instalação das indústrias eólicas *offshore*; 2) aumento das metas de energia *offshore* na Europa, Estados Unidos e em mercados-chave na Ásia, como Japão e Coreia do Sul; 3) a comercialização esperada e industrialização do vento flutuante e 4) energia eólica *offshore* exclusiva papel na facilitação de toda a indústria cooperação e acelerando o transição energética global de combustível fóssil para energias renováveis (GWEC, 2021).

Segundo o *Global Wind Report* (GWEC, 2023), a China domina a montagem global de nacelles<sup>8</sup> de turbinas eólicas terrestres, com 82 GW de capacidade anual identificada. Em segundo lugar, a Europa representa 21,6 GW de capacidade de montagem anual *onshore* do mundo, seguida pelos EUA (13,6 GW), Índia (11,5 GW) e América Latina (6,2 GW). Em comparação com a energia eólica *onshore*, a cadeia de fornecimento de turbinas eólicas *offshore* é mais concentrada, devido ao fato de que mais de 99% do total de instalações eólicas *offshore* globais estão atualmente localizadas na Europa e na região da Ásia e Pacífico.

Ainda segundo o relatório de 2023, espera-se que o marco de 2 TW seja alcançado até 2030, perspectiva 13% maior que a prevista em 2022. As principais razões por trás dessa atualização incluem a) a reforma do sistema de energia na Europa, substituindo combustíveis fósseis por renováveis para alcançar a segurança energética após a invasão da Ucrânia pela Rússia; b) o compromisso da China de expandir ainda mais o papel das energias renováveis no sua matriz energética; c) um aumento de instalação antecipado de dez anos nos EUA, impulsionado pela aprovação de regulação para redução da inflação, em 2022.

Por esse contexto, se precisa compreender como a União Europeia tem um papel de referência na utilização da energia eólica *offshore* para atingir a tão necessária transição energética, mas para isso é necessário fazer um diálogo com os compromissos assumidos e com a regulação interna de cada país soberano. Isso porque, de um lado, a Europa apresenta o maior número de usinas já instaladas, fornecendo um parâmetro material objetivo do efeito produzido a partir desse dado. De outro lado, há um crescente aumento de instalações de usinas eólicas, *onshore* e *offshore*, e que a implementação de um modelo e matriz energética plural é vantajoso em termos estratégicos, econômicos e ecológicos, em especial quando se dá primazia à modelos sustentáveis e não emissores de GEE.

---

<sup>8</sup> Nacele ou nacela designa a estrutura ou compartimento instalado no alto da torre e que abriga todo o mecanismo do gerador (CRESESB, [20--]).

O compromisso com a Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) não são apenas um compromisso assinado pelo Estado brasileiro, mas, sobretudo, um compromisso global aderido também pela União Europeia enquanto bloco economicamente integrado e preocupado com as questões mais sensíveis do mundo. É nesse contexto que os países europeus buscam desenvolver ações a fim de serem referência no mundo e assumir o protagonismo global no atingimento das metas estabelecidas.

Dentre as metas da Agenda 2030, destacam-se as n. 7, 13 e 14, compreendidas, respectivamente, como ações que incentivem energia limpa e acessível; ação contra mudança global; e, proteção à vida na água. Para o atingimento dessa pauta proposta pela ONU, os países membros da União Europeia vêm adotando a energia eólica *offshore* como oportunidade e alternativa energética renovável de baixa emissão de gases do efeito estufa garantindo o desenvolvimento sustentável.

Seguindo esses objetivos Mont'Alvene e Cavalcante (2018) apontam algumas perspectivas que devem ser observadas para bem cumpri-los em relação ao direito, sendo eles: o direito ao mar, sob um olhar transversal no âmbito internacional; aos riscos ao ambiente marinho e litorâneo, contemplando o aspecto supranacional; e de energias renováveis, no âmbito nacional.

Para melhor compreender como a União Europeia vem sendo referência na transição energética, principalmente pela implementação da indústria eólica *offshore*, apresenta um panorama geral e específico da produção de energia no mar a partir dos resultados do Relatório Anual de Energia Eólica de 2021 produzido pelo Conselho Global de Energia Eólica.

O Reino Unido é o líder global em vento *offshore* com mais capacidade instalada do que qualquer outro país europeu (10,4 GW). O governo do Reino Unido estabeleceu para a indústria uma meta de atingimento de 40 GW em 2030, que representa quadruplicar a capacidade eólica *offshore* sobre o curso desta década. O Reino Unido já tem o maior parque eólico do mundo flutuante com 30 MW de capacidade operacional na Escócia e mais 150 MW no gasoduto na Escócia e no País de Gales (GWEC, 2021).

Em relação ao crescimento na Europa no ano de 2020, a Holanda assume a liderança em crescimento, seguida pela Bélgica (instalando 706 MW), Reino Unido, Alemanha e Portugal. A Holanda instalou quase 1,5 GW de novas *offshore*, tornando-se o segundo maior mercado em 2020. O Reino Unido e a Alemanha instalaram 483 MW e 237 MW respectivamente, tornando-os os Mercados n. 4 e n. 5 em novas instalações em 2020 (GWEC, 2021).

A desaceleração do crescimento no Reino Unido é devido a diferença entre execução de projetos e contratos. Enquanto na Alemanha, a desaceleração é

causada principalmente por condições desfavoráveis<sup>9</sup> e um nível mais baixo de contratos de *offshore* de curto prazo. (GWEC, 2021).

Portugal destacou-se em 2020, pois encomendou duas novas turbinas eólicas *offshore* flutuantes, totalizando 16,8 MW de capacidade instalada (GWEC, 2021).

Esse panorama revela que muito já foi feito, porém ainda existe um caminho grande para percorrer nas próximas décadas. Esse resultado referente ao ano de 2020 não aconteceu de uma ora para outra, mas sim a partir de um projeto estruturado apoiado em uma regulação com diretrizes e objetivos bem construídos e claros, contemplando aspectos tanto socioeconômicos quanto político-ambientais.

Para ficar claro como se deu esse projeto, primeiramente, temos que entender que não só a União Europeia, mas o mundo no final do século XX mudou seu paradigma na perspectiva da relação desenvolvimento humano e natureza. Durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento que culminou na Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climática em 1992 onde a União Europeia<sup>10</sup>, ao adotá-la, comprometeu-se em empreender esforços na redução da emissão dos gases de efeitos estufa, tendo em vista o objetivo de mitigar os efeitos da mudança climática. Dentre eles a alteração do modelo energético apostando em energias renováveis, aqui o recorte recai sob a energia eólica *offshore*.

A Dinamarca destaca-se entre os países da comunidade europeia, pois foi lá que emergiu o primeiro parque eólico *offshore* em operação comercial do mundo, sendo instalado em Vindeby, em 1991 (Brathelmie, 1994), o parque eólico sobreviveu seis anos a mais do que sua expectativa de vida – operando por 26 anos e abastecendo cerca de 2.200 residências anualmente durante esse período. Em 2017, o proprietário e operador Orsted desativou e desmontou Vindeby (Siemens Gamesa, 2021).

---

<sup>9</sup> Essas condições desfavoráveis não constam mencionadas no relatório Anual do Conselho Global de Energia Eólica de 2021, desta forma não se pode afirmar com precisão, se foram agentes políticos econômicos ou naturais. Fato é que a crise sanitária do COVID impactou todos os setores e percebe-se no segundo semestre de 2020 um aumento nos investimentos, mas esse seria um fator global e não uma peculiaridade da Alemanha, vale lembrar que 2021 é um ano de eleições, e épocas como essas também são propícias a investimentos mais conservadores, porém são meros apontamentos para a proposta de reflexão que o artigo demanda.

<sup>10</sup> Embora quando da Rio92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento), a União Europeia não esteja formalmente criada, pois somente fora criada pouco tempo depois com a assinatura do Tratado de Maastricht no final de 1992, as medidas e compromissos relacionadas aquele ato são incorporadas à Comunidade Europeia (Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Espanha e Reino Unido).

É a partir da experiência dinamarquesa, sendo líder em geração de energia *offshore* até 2007, que se verificaram os primeiros impactos ambientais.

Embora desde 1991 a Dinamarca esteja explorando a energia a partir da água e do vento dentro do Mar Territorial e da ZEE dinamarquesa, é a partir do *Promotion of Renewable Energy Act*<sup>11</sup> que temos o primeiro permissivo legal para exploração econômica do potencial eólico *offshore*, retomado do ano de 2008 (Guimarães, 2019). Interessante notar que esse documento já contempla a indispensabilidade do estudo de impacto ambiental, ou seja, a um pressuposto de que mesmo sendo energias renováveis, existem impactos ambientais que devem ser mensurados. Este estudo também projeta os impactos de forma a estudar e analisar a integridade das áreas internacionais, estabelecendo requisitos mais rígidos.

O artigo 27, por sua vez, determina que projetos eólicos *offshore* que ameacem a integridade de áreas de conservação internacionais devem apenas ser aprovados após elaboração de estudo quanto às implicações de tal projeto para os objetivos de conservação da área afetada. Essa aprovação apenas será concedida após a oitiva das partes e órgãos envolvidos e ficar atestado que tais projetos não danificam a integridade da área de conservação internacional ou existem razões de interesse público que tornem a construção do projeto imperativa, em vista da falta de solução alternativa. Neste último caso, medidas compensatórias serão estabelecidas (Guimarães, 2019, p. 166).

Para fiscalizar, autorizar e controlar a política energética e revisar o plano de ação o governo dinamarquês criou uma agência reguladora, *Energistyrelsen*, a fim de que os compromissos assumidos sejam fielmente cumpridos.

No caso da Alemanha, o investimento em energia *offshore* se deve ao esgotamento das áreas de aplicação das usinas eólicas *onshore*, bem como a decisão de acabar com a utilização da energia nuclear. Em termos de regulamentação, a Alemanha se destaca pela criação do planejamento espacial marítimo, que contempla uma série de estudos<sup>12</sup> e inclui o envolvimento de diversos órgãos do governo com vista a delimitar a área onde podem ser instalados os parques eólicos. E para o vencedor do certame de concessão da exploração do potencial eólico *offshore*, Lucas Guimarães (2019, p. 169) esclarece que somente será aprovado quando (i) o ambiente marinho não estiver ameaçado, em especial

---

<sup>11</sup> Importa observar o capítulo 3, merecendo destaque o art. 22 e 26 do referido documento com adição do Executive Order n. 68 de 2012.

<sup>12</sup> Trata-se do principal instrumento de estudos de prospecção para a delimitação da área a ser licitada devem considerar os seguintes elementos: análise ambiental estratégica; análise espacial dos aspectos ambientais técnicos e de outros bens a serem protegidos; pré-análise do subsolo marinho; análise quanto a possíveis colisões de embarcações; e avaliação e medição dos ventos (Guimarães, 2019, p. 169).

no que diz respeito à poluição do ambiente marinho de que trata a CNUDM e à preservação das rotas das aves; (ii) a segurança e fluidez do transporte marítimo estiver garantida; (iii) a defesa nacional não estiver ameaçada; (iv) este estiver em consonância com atividades minerárias prioritárias; (v) este estiver em consonância com a existência de cabos, demais conexões, bem como com a localização de plataformas conversoras e transformadores já existentes e planejados; (vi) não houver pendências ou condicionantes perante aos órgão de governo.

O exemplo da Alemanha demonstra a importância de contemplar um regulamento sólido e planejado, mas também de fortalecer e conferir autonomia às instituições governamentais que fiscalizam e autorizam a exploração dessa matriz energética ou de qualquer outra.

Por último, a experiência do Reino Unido também apresenta elementos de análise relevantes, considerado o maior produtor de energia eólica *offshore* da Europa. É interessante verificar que a própria regulação nesse país permite a exploração tanto nos limites das Zonas de Exploração Econômicas do Reino Unido, como também para além de seu Mar Territorial<sup>13</sup>.

Não diferente dos demais países europeus, o Reino Unido estabeleceu o *Crown Estate* como órgão responsável por gerir os direitos de exploração na Plataforma Continental, que criou *Collaborative Offshore Wind Research into the Environment – COWRIE*, órgão independente com o objetivo de conduzir pesquisas sobre os impactos ao meio ambiente causados pela execução de projetos eólicos *offshore*. O *Department for Energy and Climate Change* fica responsável pela elaboração de estudos de viabilidade das áreas para recebimento de aerogeradores *offshore*.

Esses exemplos trazem à tona a variedade de modelos regulamentares, sendo notória a perspectiva de países pertencentes de um bloco integrado<sup>14</sup>, que enseja a observância do direito internacional é patente. A adequação às normas internacionais contribui para a harmonização de interesses potencialmente divergentes ou em real conflito. Não há uma única norma internacional que regulamente a produção de energia eólica *offshore*, sua natureza é dispersa e envolve diversos

<sup>13</sup> Do ponto de vista regulatório, o Reino Unido delimitou sua ZEE por meio da *Exclusive Economic Zone Order 2013*, cujo Artigo 2 expressamente afirma que as áreas ali definidas são áreas dentro das quais os direitos constantes da Parte V da CNUDM podem ser exercidos pelo Reino Unido. Ademais, a Seção 84 do *Energy Act 2004* refere-se expressamente aos direitos constantes da Parte V da CNUDM, exercidos pelo Reino Unido para além de seu Mar Territorial e relacionados, entre outros, à geração de eletricidade a partir dos ventos (Guimarães, 2019, p. 170).

<sup>14</sup> Com exceção do Reino Unido que a partir do Brexit não faz mais parte da União Europeia, mas continua a se submeter ao direito internacional, pois é uma necessidade global. E a construção do modelo de regulação se deu com base nos parâmetros emitidos pelo bloco.

seguimentos do direito internacional e vários regulamentos nacionais. Portanto, há uma multiplicidade de desafios, necessitando-se de uma abordagem que visualize essa dispersão normativa como um fator de conciliação entre a produção de energia eólica *offshore* e as utilizações legítimas dos mares, bem como um fator para o desenvolvimento e promoção da cooperação científica internacional (Mont'Alvene; Cavalcante, 2018, p. 144).

No âmbito do direito supranacional da União Europeia, a energia eólica *offshore* constitui um dos propulsores para o planejamento dos mares e oceanos em países como Bélgica, Alemanha, Países Baixos e Reino Unido. Esta função deve-se à sua inserção em um ambiente anteriormente ocupado por outras atividades e à exclusão ou compartilhamento de espaços ocasionados por sua instalação e produção (Mont'Alvene; Cavalcante, 2018, p. 149).

É na perspectiva de ter uma noção do cenário energético brasileiro e das experiências adquiridas pelos países europeus nos últimos 30 (trinta) anos de implantação, desenvolvimento e execução de parques eólicos no âmbito da União Europeia que se verifica a relevância de pensar para o Brasil o incentivo a conversão de parte da matriz energética que hoje é usada a partir de termoeletricas para adotar a eólica *offshore*.

Uma transição a esse tipo de indústria poderia mitigar os impactos econômicos com a transição do gás, petróleo e carvão como fontes de geração de energia pela aplicação da energia eólica, pois as fundações, design e fabricação, construção *offshore* e instalação, operação da embarcação e submarino são semelhantes ao petróleo e indústria de gás. Ademais os efeitos da transição para esse tipo de recurso renovável, através do apoio de requalificação e força de trabalho programas de desenvolvimento, não apenas superam a perda líquida de empregos no setor de petróleo e gás, mas trazem valor sustentável para sociedade (Carvalho, 2019).

Dentre os impactos no meio ambiente, as primeiras instalações de indústrias *offshore* eólicas, embora seja uma matriz relativamente nova e seus impactos ainda desconhecidos, alguns desses resultados que degradam a natureza foram detectadas. Guimarães (2019, p.156- 7) aponta dessas consequências, primeiramente “ruídos e vibrações causados nas obras de fundação (*pile-driving noise*) e na operação do aerogerador, alteração da geomorfologia, impactos no fundo do mar pela colocação de cabos de transmissão de eletricidade, bem como efeitos nocivos advindos do campo eletromagnético formado dentro dos cabos subterrâneos”.

A fauna (pássaros, peixes, mamíferos aquáticos e corais) segundo esse mesmo autor é impactada, pois “muitas vezes são instaladas nas rotas migratórias de pássaros, o que demanda o uso de instrumentos e alternativas mitigadoras, visando à manutenção da exploração do potencial eólico de forma não lesiva à fauna (e

flora) local. Para as usinas eólicas *offshore* não apenas aves são afetadas pelo giro das pás eólicas, mas também corais e os peixes transzonais e migratórios, em especial mamíferos aquáticos, em razão do *pile-driving noise*” (Guimarães, 2019, p. 157).

Os impactos ambientais se relacionam também a: modificação sedimentar e contaminação causada por descargas oriundas de perfurações; eliminação de material dragado; efeitos comportamentais e fisiológicos em mamíferos marinhos, pássaros e peixes causados pelo ruído oriundo de estudos sísmicos e geofísicos e pela presença humana; introdução de espécies não-nativas; riscos de colisão contra as pás eólicas; barreiras à movimentação de pássaros, peixes e mamíferos aquáticos; mudanças na água do mar relacionadas à salinidade, turbidez e temperatura; risco de acidentes tais como derramamento de produtos químicos, dentre outros (Guimarães, 2019 p. 157).

Por tudo isso, embora recaiam benefícios tanto de ordem econômicas e quanto ambientais, pois estamos diante de uma energia renovável, sobrepesar os impactos ambientais devem ser uma constante. Por fim e não menos importante uma reflexão rápida e incidental sobre a possibilidade de se desenvolver uma indústria eólica *offshore* no Brasil a partir da retomada das negociações do MERCOSUL e União Europeia, se valendo da expertise e nos moldes adotados desse último se faz necessário.

O principal objetivo que levou a criação foi a integração econômica dos países do sul da América do Sul, tais como Uruguai, Brasil, Argentina e Paraguai, através da assinatura do Tratado de Assunção, em 1991, para a livre circulação de bens, serviços e fatores produtivos entre os países, através, entre outros, da eliminação dos direitos alfandegários e restrições não- tarifárias a circulação de mercadorias e de qualquer outra medida de efeito equivalente.

Todavia a principal dificuldade que se encontra nesse tipo de integração é o compromisso dos Estados Partes de harmonizar suas legislações, nas áreas pertinentes, para lograr o fortalecimento do processo de integração. Como exemplo temos o Acordo-Quadro sobre Meio Ambiente no MERCOSUL assinado em 2001 e engrado em vigor apenas em 2004, teve uma natureza legal híbrida, pois em sua forma é uma “lei dura”, mas considerando sua aplicabilidade e exigibilidade são de “lei suave”, pois não adotou normas vinculantes.

Em contrapartida mesmo não tendo uma forma interna vinculante aos Estados- Membros “o principal objetivo dos processos de integração regional é garantir a liberdade do comércio e indústria, mas eles também podem servir os propósitos ambiental, incluindo a proteção e preservação do meio ambiente marinho” (Teles; Montalverne, p. 173, 2019).

Desta forma a preocupação ambiental seria uma tônica que o MERCOSUL abarcaria. Sendo viabilizado pela troca de tecnologia do acordo UE-MERCOSUL que se encontra em tratativas avançadas a partir de 2020 e por ser um bloco econômico acabaria reduzindo os custos com sua implementação e desenvolvimento – que ainda são altos – contribuindo para uma maior integração do sistema elétrico no Cone Sul que já se encontra integrado.

Uma possibilidade para o Brasil, considerando a retomada das negociais com o MERCOSUL e a importância de se pensar de forma regional e integrada, como a União Europeia, bem como entendendo que o sistema elétrico brasileiro é extremamente ligado aos seus territorialmente vizinhos, encontra-se uma grande oportunidade de desenvolver a indústria eólica *offshore* via MERCOSUL.

### **Considerações finais**

A introdução no cenário energético brasileiro de matriz energética de empreendimentos que exploram o mar com o objetivo de obter a energia eólica como vetor energético abre espaço para discussão e demanda uma atenção especial tanto para o potencial de geração de energia para fins de superação de possíveis crises futuras na produção de energia elétrica. Tal pretensão por um lado, apresenta potencial redução da dependência do sistema de hidroeletricidade, gerando maior diversidade na matriz energética, com vantagens ambientais em relação a outras fontes, como a energia termelétrica. Por outro lado, a falta de regulamentação e escassos estudos quanto à viabilidade técnica, econômica e ambiental de sua implementação no Brasil, sugerem obstáculos a serem superados.

Assim, a definição de uma agenda, de médio e longo prazo, a elaboração de um quadro normativo regulatório e a elaboração de estratégias para atração de investimentos, de forma segura e transparente, devem ser encarados na definição de uma política energética e ambiental no Brasil. No tocante a este último aspecto, o rigor nos mecanismos de controle, análise e fiscalização, de forma eficiente, são fundamentais para que estes esforços não resultem em erros a serem lamentados.

Em relação à experiência europeia, verifica-se que alguns dos países do continente obtiveram bons resultados com a utilização da matriz eólica *offshore*, sendo que um passo fundamental para alcançar este resultado foi a sua regulamentação em âmbito regional. É preciso considerar, ademais, as diferenças territoriais e técnicas entre tais países e o Brasil, ou mesmo os países que integram o MERCOSUL.

Também é possível relacionar a experiência do velho mundo às demandas ambientais e ecológicas que ganharam relevo nos últimos trinta anos. Não somente a escassez de fontes não renováveis, as disputas em torno do petróleo, e outros

fatores de ordem política e econômica apresentam importância nesse tema. A preocupação com a diminuição de gases de efeito estufa, a destruição de ecossistemas causados por fatores antrópicos e a crise climática também são elementos chave na definição da política energética mundial.

Por fim, a integração regional da União Europeia, não somente do ponto de vista econômico, mas também regulatório, propulsiona a uniformização técnica entre os países, permitindo o espelhamento de experiências em temas chaves do mundo globalizado, em especial a estrutura energética dos países. A ideia de integração e cooperação entre os países, ademais, se aproxima dos objetivos de cooperação ambiental, sendo imprescindível que as medidas de redução de danos sejam adotadas por todos os países.

A verdade é que um aumento escalar da utilização de vento como matriz energética exigirá uma cooperação internacional ou que os países busquem uma integração regional com fim de estabelecer uma infraestrutura de rede e interconexão transfronteiriça, quer seja em terra, quer seja em oceano a fim de conceber uma gestão sustentável, com padrões técnicos e regulação da cadeia de abastecimento e proteção ambiental. Dadas as apostas incomparáveis dos desafios do clima, toda parte interessada tem a responsabilidade de adaptar-se a um caminho mais sustentável.

## Referências

- ANDRADE, André Luiz Campos de; MATTEI, Lauro. A (In)Sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira. *Revista Brasileira de Energia*, v. 19, n. 2, p. 9-36, 2013.
- EMPRESA DE PESQUISA EM ENERGIA – EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021. *EPE*, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf). Acesso em: 28 set. 2021.
- EMPRESA DE PESQUISA EM ENERGIA – EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022. *EPE*, 2023. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuário-livro/>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- BANDAY, Umer Jeelan; ANEJA, Ranjan. Renewable and non-renewable energy consumption, economic growth and carbon emission in BRICS. *International Journal of Energy Sector Management*, v. 14, n. 1, p. 248-260, 2020.
- BRASIL, *Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975*. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras Providências. Presidência da República: Brasília, DF: 1975.
- BRASIL, *Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1981.
- BRASIL. *Contribuição Nacionalmente Determinada*. Brasília, DF: 2015. Disponível em:

<https://www.mma.gov.br/comunicacao/item/10570-indc-contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada>. Acesso em: 28 set. 2021.

BRATHELMIE, R. J. *et al.* *The Vindeby Project: a description*. Risø National Laboratory, Roskilde, Dinamarca. 1994.

BRONZATTI, Fabrício Luiz; IAROSINSKI Neto, Alfredo. Matrizes Energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A INTEGRAÇÃO DE CADEIAS PRODUTIVAS COM A ABORDAGEM DA MANUFATURA SUSTENTÁVEL, XXVIII., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: 2008.

CARVALHO, Livia Paiva de. *A potencial sinergia entre a exploração e produção de petróleo e gás natural e a geração de energia eólica Offshore: O caso do Brasil*. 2019. 268 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2019.

CLASEN, A. P.; AGOSTINHO, F. Avaliação da eficiência energética do petróleo do pré-sal Brasileiro. 6. International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic Work. *Ten Years Working Together For a Sustainable Future*, São Paulo, 24 a 26 de maio de 2017.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito/CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. *Quais são os componentes de um aerogerador?*. CEPEL, Eletrobrás: Rio de Janeiro, 20--.

CUNHA, Manuela Carneiro da; MAGALHÃES, Sônia Barbosa (orgs.). *Estudo sobre o deslocamento compulsório de ribeirinhos do Rio Xingu provocado pela construção de Belo Monte: Avaliação e Propostas*. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC: Altamira/PA, 2016.

DESTEK, Mehmet Akif; ASLAN, Alper. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, v. 111, p. 757-763, 2017. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *BEN Interativo*. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/ben/>. Acesso em: 27 set. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Matriz Energética e Elétrica*. Disponível em: <http://bit.ly/2T44lCD>, Acesso em: 26 set. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Relatório do Balanço Energético Nacional – BEN 2023*. Ministério de Minas e Energia – MME, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 01 jul. 2023.

GRANGER, Clive W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, p. 424-438, 1969.

GUIMARÃES, Lucas Noura de Moraes Rêgo. USINAS EÓLICAS OFFSHORE NO DIREITO AMBIENTAL MARINHO. *Revista Veredas do Direito*, v. 16, p. 153, 2019.

GWEC. *Global Wind Report 2021*. GWEC/Global Wind Energy Council, 2021.

GWEC. *Global Wind Report 2023*. GWEC/Global Wind Energy Council, 2023.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE – IEMA. As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019: Esses setores foram responsáveis por cerca de um quarto das emissões do país. *IEMA*, dez. 2020. Disponível em <http://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>. Acesso em: 28 set. 2021.

KORZENIEWICZ, Mariza Bethanya Dalla Vecchia. *Análise da Matriz Energética Brasileira e a Participação das Energias Renováveis a Partir das Políticas Ambientais Energéticas*. 2021. Dissertação (Mestrado em Economia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. *REDD+ Brasil – Nota Informativa*. Brasília, DF: 2018. Disponível em: [http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/publicacoes/notainformativa2018\\_captacaodescentralizacao.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/publicacoes/notainformativa2018_captacaodescentralizacao.pdf). Acesso em: 28 set. 2018

MONT’ALVERNE, T. F.; CAVALCANTE, M. M. Gestão de espaços marinhos no contexto das energias marinhas renováveis. *Revista Brasileira de políticas públicas*. v. 8, n. 1, 2018.

MONT’ALVERNE, T. C. F.; CAVALCANTE, M. M. A inclusão da energia eólica *offshore* na gestão dos espaços marinhos. In: Jamile Bergamaschine Mata Diz. Alice Rocha da Silva. Anderson Vichinkeski Teixeira. (Org.). *Integração, Estado e Governança*. 1. ed. *Pará de Minas: Rede de Pesquisa Integração, Estado e Governança*. v. 6, p. 140-155, 2016.

OLIVEIRA, André Freitas. *Determinação do EROI do Gás Natural e Carvão Mineral*. 2019. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, São Paulo, 2019.

PAO, Hsiao-Tien; FU, Hsin-Chia. Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 25, p. 381- 392, 2013.

PROALCOOL – Programa Brasileiro do Álcool. *Biodieselbr*, 29 jan. 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol>. Acesso em: 27 set. 2021.

SAUER, Ildo L. O pré-sal e a geopolítica e hegemonia do petróleo face às mudanças climáticas e à transição energética. In: MELFI, Adolpho, J.; MISI, Aroldo; CAMPOS, Diogenes de A.; CORDANI, Umberto G. (Orgs.). *Recursos Minerais do Brasil*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 308-322.

SIEMENS GAMESA. Celebrating 30 years of *offshore* adventure. *Siemens Gamesa*, 2021. Disponível em: <https://www.siemensgamesa.com/en-int/explore/journal/2021/08/vindeby-30-anniversary-offshore>. Acesso em: 15 ago. 2021.

SILVA, Geraldo Eulálio do Nascimento. *Direito Ambiental Internacional*. Rio de Janeiro. Thex Ed., 2002.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Observatório do Clima. *SEEG*, [20--]. Disponível em: [http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission#](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#). Acesso em: 28 set. 2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Observatório do Clima. *Análise das Emissões e de suas Implicações para as*

Metas Climáticas do Brasil 1970-2021. *SEEG*, [20--]. Disponível em: <https://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/04/SEEG-10-anos-v5.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SOUZA, Gabriela Pereira de; GONÇALVES, Alcindo. A Energia Nuclear e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS n. 7 – Energia limpa e acessível. In: *Governança Global e a Solução de Conflitos Internacionais [Capítulo 5 – fls. 95-113]*. Editora Universitária Leopoldianum: Santos, 2019.

TELES DA SILVA, S.; MONTALVERNE, T. C. F.. Le Mercosur et la prise de conscience environnementale : possibilités et limites de la protection du milieu marin. In: CUDENNEC, A.; GUEGUEN-HALLOUET, G. (Org.). *L'U.E. et la mer 60 ans après les Traités de Rome*. 1. ed. Paris: Pedone, 2019. v. 1, p. 155-173