

PANORAMA DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA ONSHORE NO PAÍS: O CASO DO RIO GRANDE DO NORTE

Luziene Dantas de Macedo¹
Ellitamara Alves de Oliveira Melo²
Emerson do Nascimento Silva³

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama sobre a geração de energia eólica *onshore* no país, tomando-se como base as experiências do Rio Grande do Norte (RN), localizado na região Nordeste do Brasil. A metodologia inclui uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em questão e a coleta de dados disponíveis em fontes oficiais. A partir das informações coletadas, observa-se que não se verifica o desenvolvimento setorial da indústria eólica nos espaços onde estão sendo realizados a montagem dos parques eólicos, e este é o caso do RN, o qual, apesar de concentrar a maior capacidade fiscalizada de energia eólica em operação no país, a cadeia setorial encontra-se localizada em outros estados da região, e mesmo do país, o que implica a não endogeneização da cadeia de produção a montante e a jusante, pois a geração de emprego e renda, quando ocorre, se localiza essencialmente na etapa de implantação dos parques, oferecendo, assim, pouca capacidade de sustentar economicamente uma fonte de renda destinada a captar mão de obra local, especialmente em atividades intensivas em capital e tecnologia.

Palavras-Chave: Energia Eólica *Onshore*. Potencialidades. Cadeia de suprimento. Rio Grande do Norte.

PANORAMA OF ONSHORE WIND POWER GENERATION IN THE COUNTRY: THE CASE OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT: This article aims to present an overview of onshore wind energy generation in the country, based on the experiences of Rio Grande do Norte (RN), located in the Northeast region of Brazil. The methodology includes bibliographical research on the subject in question and the collection of data available from official sources. Based on the information collected, it can be seen that there is no sectorial development of the wind industry in spaces where wind farms are being set up, and this is the case of RN, which, despite having the highest inspected capacity of wind energy in operation in the country, the sectoral chain is located in other states of the region, and even of the country, which implies the non-endogenization of the production chain upstream and downstream, since the generation of jobs and income, when occurs, is located essentially in the parks implementation stage, thus offering little capacity to economically sustain a source of income destined to attract local labor, especially in activities intensive in capital and technology.

¹Doutorado em Economia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). É Professora Associado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (regime DE). Email: luzienedm@uol.com.br

²Mestranda e Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Gestora Financeira pela Universidade Potiguar. Email: ellitamara.oliveira@gmail.com

³Graduado em Ciências Econômicas. MBA em Gestão Financeira e Controladoria. Email:emerson_nascimentomat@hotmail.com

Keywords: Onshore Wind Energy. Potentialities. Supply chain. Rio Grande do Norte.

1. INTRODUÇÃO

A importância das fontes renováveis no cenário mundial tem favorecido mudanças significativas em países desenvolvidos e emergentes devido à preocupação com o enfrentamento das mudanças climáticas e à urgência para desenvolver projetos de investimentos mais sustentáveis para a sociedade. Nesse contexto, o setor energético tem ganhado destaque por se configurar em elemento essencial para combater e/ou atenuar as emissões de gases de efeito estufa, originários do processo de fornecimento de serviços de energia, com especial atenção para o processo de diversificação da matriz elétrica a partir da maior representatividade das fontes renováveis modernas, notadamente eólica e solar fotovoltaica.

No campo da geração de energia eólica *onshore*, destaca-se que no mundo, a capacidade de geração desta fonte corresponde cerca de 842 GW, dos quais o Brasil representa 3% do total mundial (GWEC, 2023). No país, esta fonte tem apresentado um histórico de crescimento importante ao longo dos anos, tendo alcançado mais de 11% de participação percentual na capacidade total de geração de energia elétrica, em 2021.

No continente latino-americano, o Brasil tem se destacado entre os países emergentes, sendo impulsionado por projetos contratados tanto no ambiente regulado, por meio da realização de leilões públicos, como no mercado livre, através da contratação bilateral livremente negociada entre as partes (ANEEL, 2022).

Segundo informações do GWEC (2023), estima-se que novas instalações de energia eólica estão previstas para acontecerem no continente latino-americano, algo em torno de 5 GW entre 2023 e 2027, impulsionadas principalmente pelo crescimento contínuo da capacidade de geração do Brasil e do Chile, bem como pela conclusão de projetos há muito aguardados na Colômbia. Logo, espera-se que 26,5 GW de energia eólica *onshore* sejam adicionados nesta região nos próximos cinco anos, com o Brasil, Chile e Colômbia contribuindo com 78% das adições (GWEC, 2023).

No Brasil, a partir do relatório final do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (MME/EPE, 2022), constata-se a continuidade do processo de diversificação da matriz elétrica nacional ao longo do período, com redução da representatividade da

fonte hídrica em favor da maior participação percentual das fontes eólica e solar fotovoltaica, destacando-se também “ o crescimento da participação das fontes renováveis em autoprodução e geração distribuída, de 8% para 17%, [...]” (MME/EPE, 2022, p. 326).

Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa teórica-empírica, do tipo exploratória, sobre o panorama da geração de energia eólica *onshore* no país, a partir de um olhar sobre o Rio Grande do Norte, cuja base prática de discussão está na análise da bibliografia acerca do tema em questão e na coleta de dados secundários, os quais permitiram ter acesso a um conjunto de informações importantes tanto sobre a inserção desta fonte no país como em relação à especificidade da cadeia setorial, comandada em sua magnitude por um processo de inovação tecnológica que ocorre em todas as etapas do processo de desenvolvimento da produção de equipamentos destinados à implantação dos parques eólicos.

Este artigo inicia-se apresentando na primeira seção a potencialidade da energia eólica no Brasil e as perspectivas de expansão no Rio Grande do Norte da capacidade de produção nos próximos anos a partir de um olhar sobre o novo Atlas Eólico e Solar do Rio Grande do Norte, elaborado em 2022, o qual atualiza o Atlas Eólico do estado, publicado em 2003. Na segunda seção, discute-se sucintamente sobre os mecanismos que permitiram o desenvolvimento da energia eólica no país, tomando-se como base a especificidade da cadeia de suprimento desta fonte de energia. A terceira seção apresenta alguns dados sobre a estrutura da matriz elétrica brasileira e da capacidade de geração da fonte eólica no país e Rio Grande do Norte, sendo seguida pelas considerações finais.

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A POTENCIALIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA DO PAÍS A PARTIR DO NOVO ATLAS EÓLICO E SOLAR DO RIO GRANDE DO NORTE.

O Brasil é um país com proporções continentais, rico em biodiversidades, bacias hidrográficas e com pluralidade climática importante, além do mais, é reconhecido mundialmente por apresentar uma matriz elétrica predominantemente dominada por fontes renováveis, em razão da maior participação percentual da fonte hídrica na capacidade de geração de eletricidade do país.

Ao longo dos últimos 15 anos, o país vem se destacando como grande produtor de eletricidade por fonte eólica, complementando, assim, a geração hidroelétrica existente, na medida em que, como enfatizado por Macedo (2015), o mecanismo de complementariedade permita que quando o país estiver apresentando o problema de falta de chuvas, a geração de energia eólica possa complementar a hidroeletricidade e, desta maneira, assegurar “um benefício econômico para a usina eólica que opera com sobra, porque no momento em que existe um regime de vento favorável, existe escassez de chuva, ou vice-versa” (MACEDO, 2015, p. 123).

O crescimento da capacidade instalada de energia eólica no país é resultante da potencialidade de vento existente em determinadas áreas do território brasileiro, destacando-se a região Nordeste. Assim, de um potencial eólico disponível de 143 GW, para a altura de 50 metros (altura suficiente para as tecnologias dos aerogeradores da época)” (AMARANTE et al., 2001, p. 6), hoje, estima-se uma potencialidade cerca de 500 GW (ZAPAROLLI, 2019), mais de 3 vezes a capacidade total de geração de energia elétrica existente em 2020, cerca de 175 GW (EPE/MME, 2021).

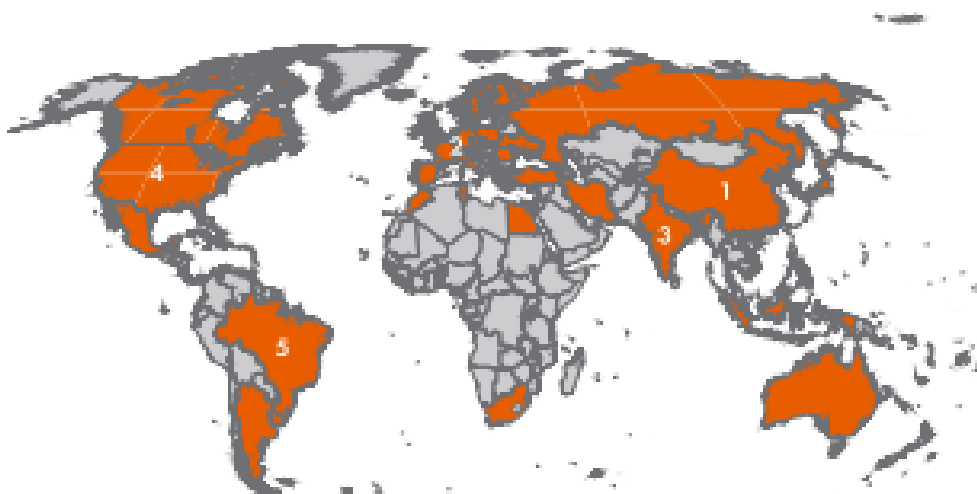
No Rio Grande do Norte, estimou-se o potencial eólico *onshore*, com velocidade de vento acima de 7,0 m/s, de 56,50 GW a 100 m de altura, de 82,88 GW a 140 m de altura, e 93,91 GW a 200 m de altura (ISI-ER, 2022). Se a velocidade de vento for superior a 7,5 m/s, a capacidade instalada estimada cresce significativamente. Trata-se de uma informação importante, porque a velocidade de vento no Estado atinge patamares elevados em determinadas áreas do Rio Grande do Norte, correspondente a cerca de 25% de todo o território do Estado (ISI-ER, 2022), especialmente entre os meses de julho a novembro, quando o fator de capacidade costuma atingir mais de 50%, demonstrando assim uma produtividade importante e decorrente da constância dos ventos alísios e da capacidade tecnológica instalável dos aerogeradores, tendo em vista que “hoje já é uma realidade turbinas eólicas com mais de 6 MW de potência nominal” (ISI-ER, 2022, p. 171).

2. INSERÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL: CONSIDERAÇÕES SOBRE A CADEIA DE SUPRIMENTO.

O setor eólico brasileiro iniciou a produção de eletricidade por fonte eólica a partir da implementação de políticas específicas para o desenvolvimento do setor. Em 2002, o governo federal criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) e, em 2009, o mecanismo de leilões específicos de energia para a contratação da referida fonte no ambiente regulado.

O PROINFA proporcionou incentivos que buscaram estimular e fomentar a produção eólica no país, que tem nas empresas multinacionais do setor forte dependência em relação ao acesso aos componentes específicos que compõem os aerogeradores. Estas empresas definem suas pesquisas, desenvolvimento e inovação (P&DI) tendo por base seus mercados específicos. Elas são líderes na fabricação de componentes tais como pás, eixos, geradores, redutores, freios, entre outros componentes elétricos. Aos países, receptores desses investimentos, e localizados nos países em desenvolvimento, resta montar os equipamentos nos espaços onde a instalação dos parques eólicos são determinados pela constância dos ventos alísios existentes, logo, não permitindo que se beneficiem de elos importantes da cadeia produtiva da indústria eólica, apenas adaptá-los, quando necessário, às condições específicas do lugar.

Figura 1 - Os cinco principais centros de produção de turbinas eólicas e componentes do mundo, por produção anual

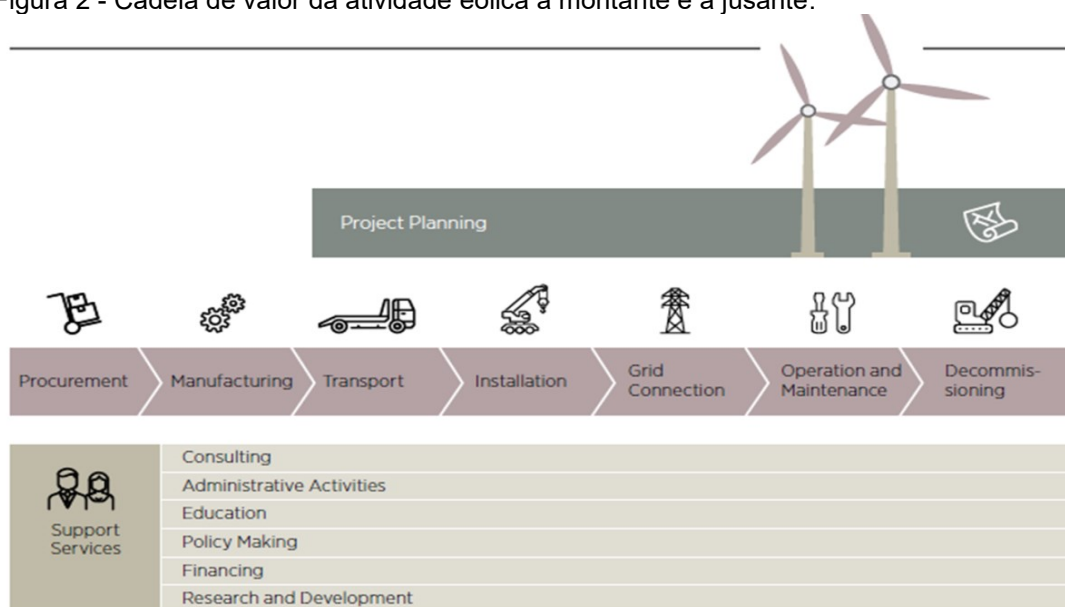


Fonte: GWEC (2023).

A Figura 1 apresenta informações sobre a localização dos principais players em termos de produção de turbinas eólicas e componentes do setor. Por meio da figura, observa-se a China como sendo não apenas a principal base de fabricação de turbinas eólicas do mundo, como também o maior centro de produção de componentes-chave e matérias-primas; a Índia, como o segundo maior centro da Ásia-Pacífico (APAC), em termos de montagem de turbinas e produção de componentes-chave, a terceira no ranking mundial; a Europa, na segunda posição, possui uma cadeia de suprimentos madura, que vai desde as naceles até os principais componentes e matérias-primas; na quarta posição e quinta posição encontram-se, respectivamente, países que compõem a América do Norte e América do Sul, basicamente os EUA e o Brasil.

Ainda com base nas informações da GWEC (2023), enfatiza-se que, embora a maioria dos fornecedores da indústria eólica ainda esteja localizada na Ásia do Pacífico, Europa e Américas, novos entrantes também surgiram na região do Oriente Médio e Norte da África. Isso se deve a um movimento que vem ocorrendo a partir da entrada destes países no circuito da produção de energia eólica, o qual “sob um recorte regional, a África e o Oriente Médio tiveram a maior taxa de crescimento de instalações eólicas em 2021, com aumento de 120%” (UDOP, 2022), o que implica, certamente, estes países investirem no setor de energia eólica para além da geração de eletricidade, de modo a contemplar também a cadeia produtiva.

Figura 2 - Cadeia de valor da atividade eólica a montante e a jusante.



Fonte: IRENA, 2017, p. 9.

Do ponto de vista da cadeia de produção do setor eólico, destaca-se na fase de implantação dos parques eólicos uma maior demanda por mão de obra. Nesse estágio, as atividades são mais intensivas em trabalho, isso porque a contratação de pessoas se direciona para a preparação do solo e construção das fundações necessárias à instalação dos aerogeradores, não se verificando esta dinâmica a partir da operação comercial, pois, aqui, o tipo de atividade é mais intensivo em tecnologia e capacitação técnica, especialmente nas funções específicas, ancoradas no processo Operação e Manutenção (O&M) dos parques eólicos.

O International Renewable Energy Agency (IRENA, 2017) apresentou a composição da cadeia de produção composta de planejamento do projeto, aquisição, fabricação, transporte, instalação e conexão à rede, operação e manutenção (O&M) e de descomissionamento (Figura 2). Estas atividades oferecem oportunidades consideráveis para a criação de investimentos lucrativos, especialmente na fase de O&M, ou seja, a jusante da cadeia produtiva, cujas funções abarcam uma série de atividades, tais como as elencadas no Quadro 1. Assim, se as atividades a montante são regidas por um forte poder de mercado por parte das maiores empresas que comandam a cadeia de fornecimento dos equipamentos eólicos, as atividades a jusante são dominadas também, quase inteiramente, pelas empresas que fornecem os equipamentos eólicos, cuja adição de postos de trabalhos, nas economias locais, é relativamente pequena.

Nesse contexto, entende-se a atividade eólica como uma oportunidade para diversificar a matriz elétrica nacional a partir da intensidade no uso de fontes renováveis, o que implica o Brasil ser detentor de um diferencial importante no contexto da matriz energética para o enfrentamento das mudanças climáticas; porém, quando entendida sob a perspectiva dos estados detentores desses investimentos, como o Rio Grande do Norte (RN), o qual possui a maior representatividade na região Nordeste em termos de capacidade fiscalizada em operação de energia eólica, esta atividade vem, ao longo dos últimos 15 anos, apresentando características de enclave, o que significa dizer que os benefícios socioeconômicos da cadeia de produção a montante e a jusante não incorpora elementos da endogeneização no estado, pois a geração de emprego e renda, quando ocorre, se localiza essencialmente na parte de implantação dos parques, e essa etapa dura em média 4 meses, oferecendo pouca

capacidade de sustentar economicamente uma fonte de renda destinada a captar mão de obra local, especialmente em atividades intensivas em capital e tecnologia.

Quadro 1 – Etapas a jusante da implantação dos parques eólicos

Operação e Manutenção	Exploração	Outros Serviços
Operação do parque	Comprovação de garantias	Treinamento
Serviços de controle integrado e monitoramento remoto	Ensaio de rendimento	Certificações de turbinas, componentes e projetos
Comunicação NOS (Operador Nacional do Sistema)	Vigilância ambiental na exploração	Estudos de inteligência de mercado, estudos sobre políticas e regulação
Análise e desempenho da produção		Seguros/gestão de sinistro/gerenciamento de risco
Análise da disponibilidade		Financiamento de projetos
Medições e controle de grandezas elétricas		Projetos dos aerogeradores e seus componentes
Medições acústicas		
Medições de curva de potência		
Inspeção preventiva		
Manutenção preventiva e corretiva		
Diagnóstico de falhas		
Auditoria de qualidade e segurança		
Limpeza e tratamento de superfície das turbinas/alpinismo		
Grandes reparações de aerogeradores		

Fonte: ABDI (2014). Elaboração própria.

No RN, os parques eólicos estão localizados tanto na faixa litorânea do estado como na região central, tendo como resultante dos investimentos oriundos da instalação dos parques eólicos a realização de vários cursos de formação de profissionais para o setor (Quadro 2), é o caso do SENAI/CTGAS-ER e IFRN. Estas instituições vem envidando esforços no processo de obtenção de conhecimento e aprendizado específicos da cadeia eólica, permitindo ao RN se tornar um polo de conhecimento setorial na região, especialmente direcionado para o desenvolvimento das atividades e funções de Operação e Manutenção do setor de energia eólica *onshore* e de Instalação, Operação e Manutenção das atividades que compõem o setor de energia solar fotovoltaica, funcionando como exportador de mão de obra qualificada para outros estados da região, e mesmo do país.

Quadro 2 – Rio Grande do Norte - Cursos de formação em energia eólica *onshore*.

Nível	Cursos	Instituições
Iniciação Profissional	Fundamentos das Tecnologias de Energia Renovável (20h); Introdução à Energia Eólica	
Aperfeiçoamento Profissional	Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades – Parques Eólicos (40h) ; Ensaio e Verificações na Montagem de Aerogeradores (60h); Gestão de Meio Ambiente e Saúde (40h); Inglês Técnico para Energia Eólica (120h); Inspeção e Manutenção de Pás e Nacele de Aerogeradores (80h); Legislação Ambiental Aplicada a Implantação de Parques Eólicos (20h); Medição Anemométrica para Energia Eólica (40h); Montagem Elétrica de Equipamentos em Aerogeradores (80h); Montagem Mecânica de Equipamentos em Aerogeradores (92h); Montagem Mecânica de Sistemas Hidráulicos em Aerogeradores (72h); Movimentação de Cargas na Montagem e na Instalação de Aerogeradores (24h); Normalização e Desempenho de Aerogeradores (20h); Operação de Parques Eólicos – Procedimentos Operacionais e Sistemas Supervisórios (40h); Planejamento da Montagem de Componentes em Aerogeradores (20h); Planejamento de Manutenção e Técnicas Preditivas para Parques Eólicos (40h); Produção de Materiais Compósitos – Pás para Aerogeradores (160h); Sistemas Elétricos Aplicados a Parques Eólicos (20h); Técnicas de Manutenção a Sistemas Elétricos em Parques Eólicos (160h); Técnicas de Manutenção a Sistemas Hidráulicos em Parques Eólicos (80h); Técnicas de Manutenção a Sistemas Mecânicos em Parques Eólicos (160h); Técnicas de Torqueamento para Aerogeradores (16h); Tecnologia em Energia Eólica (32h); Trabalho em Altura para Parques Eólicos (28h).	CTGÁS; Senai
Especialização	Especialização Tecnológica em Energia Eólica (Lato Sensu) (393h); Especialização Técnica em Energia Eólica (380h).	CTGÁS
Tecnólogo	Energias Renováveis (324h).	IFRN
Graduação	Engenharia de Energia (4.124h).	IFRN

Fonte: SENAI/CTGAS-ER (2020), IFRN (2015). Elaboração própria.

Estas atividades são importantes, porque, ao alterar o ambiente, criam-se oportunidades de geração de renda e criação/ampliação de negócios produtivos e de serviços. Contudo, a geração de emprego acaba sendo mais temporária do que permanente, pois a cadeia eólica demanda uma maior contratação de pessoas na fase de implantação dos parques eólicos, como já enfatizado, quando se criam empregos diretos e indiretos; entretanto, na fase de operação dos parques, a contratação de pessoa arrefece, o que desencadeia uma emigração de pessoas para outros espaços onde estão sendo implantados os parques, ou mesmo para outras atividades e regiões do país.

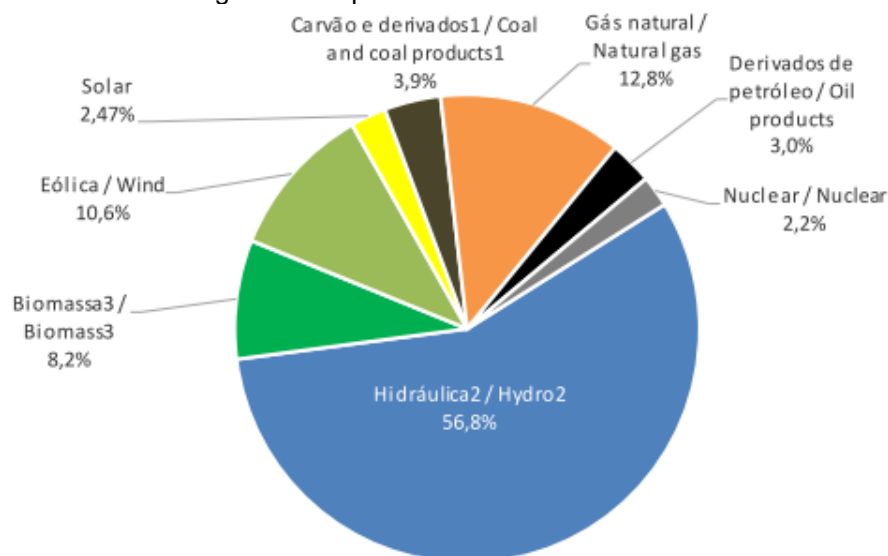
3. EXPANSÃO DA POTÊNCIA INSTALADA DA ENERGIA EÓLICA ONSHORE NO PAÍS E NO RIO GRANDE DO NORTE.

A atividade eólica vem, ao longo dos últimos 15 anos, se destacando no país, de modo que regiões, como o Nordeste e o Sul, passam a apresentar condições propícias para a ampliação da geração de energia de eletricidade por esse tipo de fonte. É importante destacar que tais espaços são importantes para a expansão do mercado eólico nacional, em função da abundância de vento existente em determinados espaços. Entretanto, não diferente em relação às outras fontes de geração de energia, é necessário que o setor elétrico brasileiro possa ter clareza da importância desta fonte, e de outras com suas especificidades, apontando mecanismos capazes de desenvolver a geração de energia eólica e, com ela, sua estrutura produtiva a montante e a jusante, o que implica ter que criar e expandir um setor industrial e de serviços no campo do setor energético e que seja capaz de substanciar a implantação dos parques eólicos nas fases de geração, operação e distribuição da eletricidade proveniente desse tipo de fonte.

Mas, sobretudo, deve-se também ter em conta a natureza dos espaços onde os parques estão sendo instalados. Ou seja, não basta gerar eletricidade e distribuí-la no Sistema Interligado Nacional (SIN), deve-se, de igual forma, contribuir para o adensamento da cadeia produtiva, gerando, por esse meio, emprego e renda. Só assim, um país poderá se beneficiar da geração dos recursos renováveis para além do aumento da oferta interna de eletricidade.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2022), cerca de 80% da oferta interna de energia elétrica por fonte é proveniente de recursos renováveis existentes no país. Isso se deve a significativa capacidade de geração de eletricidade por fonte hídrica, cuja representatividade alcançou, em 2021, cerca de 57% do total de capacidade instalada em MW, bem como ao aumento da participação percentual das fontes renováveis modernas, como a eólica e a solar fotovoltaica, biomassa que, juntas, perfizeram uma participação percentual mais de 20%, no ano citado (Figura 3).

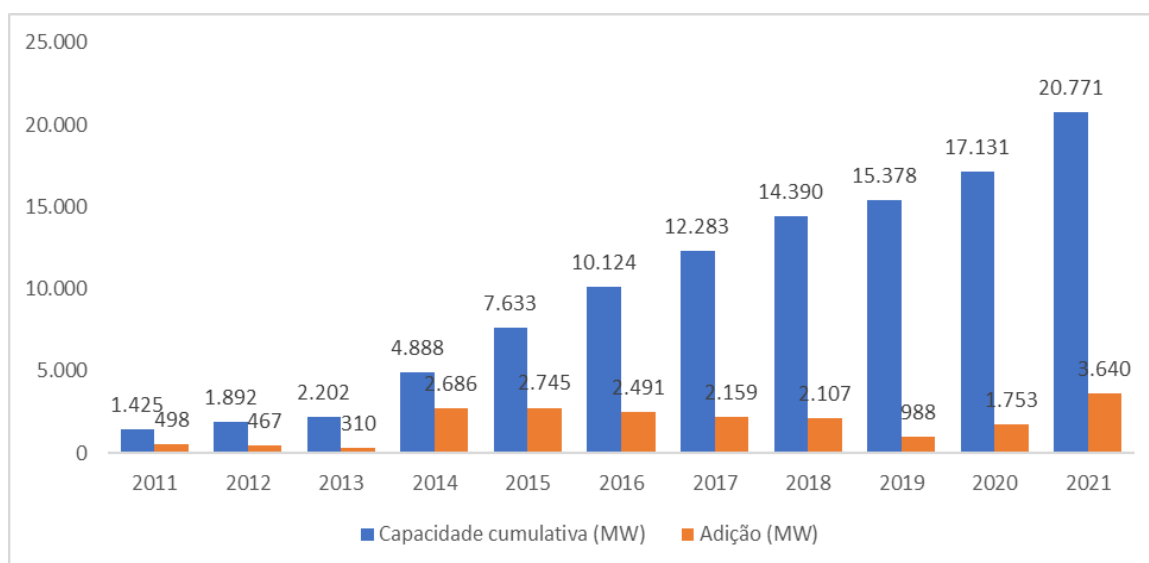
Figura 3 – Oferta interna de energia elétrica por fonte.



Fonte: EPE (2022).

Entre as novas fontes renováveis de geração de energia elétrica, destaca-se a fonte eólica *onshore*, cuja participação na matriz elétrica nacional ultrapassou os 11%, em 2021 (Figura 4), e vem destacando-se ao longo dos anos. No período 2011 a 2021, a taxa média de crescimento da capacidade de geração de energia eólica no país atingiu cerca de 31%, cuja participação no total da capacidade instalada de energia elétrica saltou de 1,2%, em 2011, para 11,4%, em 2021, atingindo 20.771 MW, assim como a maior adição de capacidade nos anos considerados, conforme demonstram os dados da Figura 4.

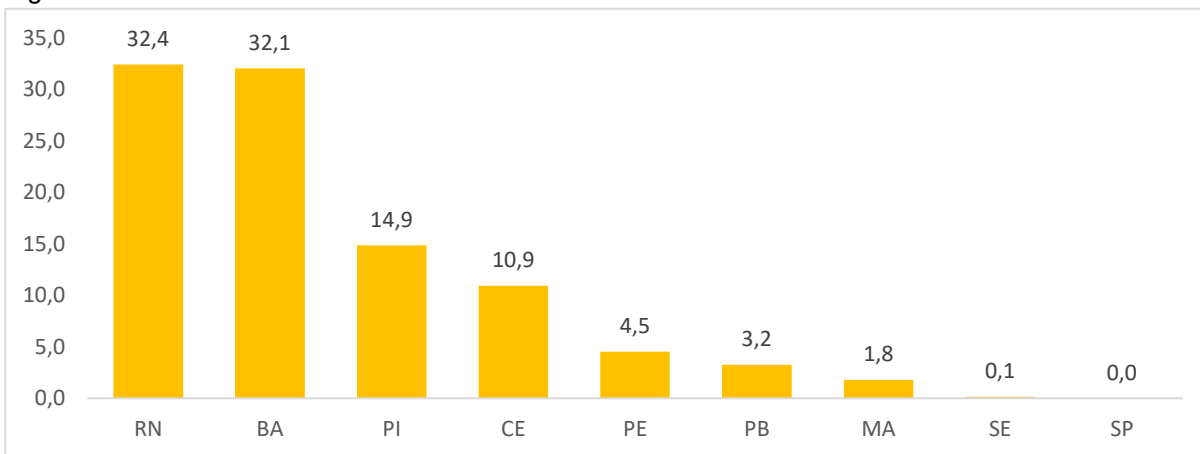
Figura 4 – Brasil - Evolução da capacidade instalada de energia eólica *onshore*.



Fonte: EPE (2022). Elaboração própria.

No Brasil, o Nordeste representa mais de 90% da capacidade instalada de energia eólica *onshore*, destacando-se na região o Rio Grande do Norte, com 32,4% de capacidade fiscalizada, Bahia, Piauí e Ceará (ANEEL, 2023), considerando o total de empreendimentos em operação, construção e não iniciados (Figura 5).

Figura 5 – Energia eólica *onshore* no Nordeste – Participação % do total da capacidade fiscalizada na região.



Fonte: ANEEL (2023). Elaboração própria.

Os projetos em construção e não iniciados de energia eólica *onshore* demonstram a força da região para a expansão continuada da geração de eletricidade por esse tipo de fonte. Dados da ANEEL (2023) revelam o estado da BA como o estado que possui a maior representatividade no país (41,2%), sendo seguido pelo RN (23,8%), PI (13,5%), CE (11,8%) e PB (6,7%), que juntos representam 97% no total do Brasil.

No Nordeste, os maiores empreendimentos em operação no sistema centralizado, e em termos de potência fiscalizada (kW), estão localizados nos municípios da BA e no RN. Os três municípios com mais de 1,1 GW de potência instalada em kW no país, Sento Sé (BA), Serra do Mel (RN) e Morro do Chapéu (BA), demonstram que o Nordeste é merecidamente reconhecido como a região dos ventos e sua posição no país, no contexto da geração de energia renovável, precisa alcançar posições mais promissoras também no adensamento de elos da cadeia produtiva, para que assim o setor eólico se transforme em atividade econômica de forma desconcentrada, incluindo não apenas os grandes players do setor, mas, sobretudo, as populações e comunidades diretamente impactadas por esse tipo de investimento.

No Rio Grande do Norte, sua representatividade no país, em termos de capacidade instalada de geração de energia eólica, vem transformando este espaço

em receptor de investimento para a implantação dos parques eólicos. Contudo, esse processo de entrada de novas fontes de recursos produtivos não tem se transformado em adensamento de parte da cadeia setorial da geração de energia eólica.

O que se observa, em curto e médio prazo, é a contratação temporária de mão de obra local; a geração de renda localizada em decorrência do arrendamento de terras; e o atendimento à demanda por energia elétrica no Nordeste, em geral, e no RN, em especial, alcançando, por vezes, cerca de 70% (ou mais) no acumulado no dia em MW médios (ONS, 2023) nos meses onde se verifica um aumento da produtividade de energia eólica no subsistema Nordeste, em decorrência da constância dos ventos mais fortes, notadamente a partir de julho e agosto, como já enfatizado, quando a produção por esse tipo de fonte alcança patamares mais significativos de representatividade na capacidade total de geração de eletricidade no país.

Tabela 1 – Geração total de eletricidade

Geração Centralizada	2021		2026		2031	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Hidráulica ⁽¹⁾	416	62	490	61	502	53
Gás Natural	50	7	25	3	67	7
Carvão	9	1	7	1	6	1
Nuclear	14	2	14	2	33	4
Biomassa	36	5	44	5	44	5
Eólica	67	10	96	12	114	12
Solar (centralizada)	7	1	15	2	22	2
Outros ⁽²⁾	9	1	11	1	15	2
Subtotal (atend. Carga)	608	90	701	87	804	85
Autoprodução & Geração Distribuída	2021		2026		2031	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Biomassa (biogás, bagaço de cana, lixívia e lenha)	30	4	40	5	56	6
Solar	9	1	29	4	45	5
Eólica	0,1	0	0,5	0	1,3	0
Hidráulica	4	1	4	1	5	1
Não renováveis	24	4	29	4	34	4
Subtotal (autoprod. & GD)	67	10	103	13	141	15
Total	674	100	805	100	945	100

Fonte: MME/EPE, 2022.

Em termos de projetos em operação, construção e não iniciados, no Rio Grande do Norte, dados da ANEEL (2023) assinalam que se encontram localizados no semiárido, espaço de clima semiárido e de fortes estiagens, 85% dos projetos em

operação; 62,5% em construção; e 76,5% do total de projetos não iniciados no país. Tais espaços são detentores das seguintes atividades que entram no cômputo do PIB: Administração, Indústrias extrativas, Eletricidade e Gás, Produção florestal, Pesca, Aquicultura, Agricultura, Comércio e demais serviços (IBGE, 2023).

Em suma, não é difícil enfatizar a importância da fonte eólica para a geração de eletricidade no país, cuja perspectiva é de crescimento continuado, conforme mostram os dados da Figura 6, onde estima-se uma expansão da geração total de eletricidade por esse tipo de fonte, entre 2021 e 2031, com variação percentual no período de 70,1%, podendo alcançar uma participação percentual de 12%, em 2031, contra 10%, em 2021, como demonstrado no documento citado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Este artigo teve como objetivo realizar um panorama da geração de energia eólica *onshore* no país, tomando-se como base o Rio Grande do Norte (RN). A partir da discussão realizada, fica evidente a continuidade da participação de fontes renováveis na matriz elétrica nacional, a realização de investimentos em fontes renováveis modernas e a criação de novas oportunidades de qualificação em termos de cursos técnicos e de graduação no RN

Assim, observa-se que o Brasil vem explorando as oportunidades que a energia eólica trouxe desde 2002, quando foi implementado o PROINFA, o que implica que Unidades da Federação, como o RN, sejam reconhecidas como detentoras de capacidade de produção de energia renovável, e, portanto, como receptores de grandes volumes de recursos financeiros para o desenvolvimento dos parques de geração de eletricidade por fonte renovável moderna.

Porém, em termos de geração de emprego e renda, tais investimentos se mostram implicitamente concentrador de renda, pois a contratação de mão de obra local é muito mais temporária que permanente, tendo em vista a natureza das atividades da cadeia produtiva de geração de energia eólica – intensiva em capital e tecnologia, logo, possui uma capacidade de contratação de pessoas relativamente menor quando comparado à outras atividades desenvolvidas no RN, como a fruticultura irrigada, atividades extrativas e salineiras, confecções etc.

De maneira diferenciada, o setor eólico encontra-se consolidado no país, cuja capacidade adicional de 4,1 GW, em 2022 (GWEC, 2023), permitiu ao Brasil assumir

a terceira posição em termos de novas instalações *onshore*, estando atrás dos EUA e da China, mas à frente da Suécia, Finlândia e Alemanha.

Ressalta-se, que não se pode abandonar as políticas específicas que objetivam fortalecer o setor eólico ao longo do tempo. Tais políticas e investimentos são imprescindíveis para a maturação do setor e continuidade do processo de investimentos e desenvolvimento da cadeia, visando, sobretudo, assegurar a eficiência técnico-produtiva do sistema elétrico do país, face ao esgotamento progressivo da principal fonte de geração de eletricidade, a hídrica.

Além do mais, a geração de energia eólica tem impactado os espaços receptores desses investimentos, como no Rio Grande do Norte, especialmente no tocante às questões socioambientais, e de forma negativa, em que pese, entre outros impactos, problemas de saúde, destruição da flora e a questão do acesso à terra para implantação dos parques eólicos (HOFSTAETTER, 2016, 2021; GORAYEB; BRANNSTROM; MEIRELES, 2019; MACEDO, 2015; PESSOA et al., 2022), promovendo, assim, o aprofundamento das vulnerabilidades já existentes (HOFSTAETTER, 2016), como às relacionadas ao campo socioeconômico, isso porque o setor emprega muito pouco e de forma concentrada na fase de instalação dos parques, que é quando ocorre a maior contratação de mão de obra, tanto local como de outros estados do país. Configuração essa que não se sustenta na fase de O&M dos parques.

Por isso, a importância da legislação ambiental, dos órgãos fiscalizadores, da atuação conjunta do poder público local, sociedade, empresas no sentido de fazer com que o desenvolvimento da energia eólica seja também vetor de desenvolvimento local/regional naqueles segmentos capazes de serem potencializadores de mudança qualitativa e quantitativa do espaço gerador de potencialidade de desenvolvimento geração de energia elétrica por fonte renovável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI)/MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. ABDI, 2014.

AMARANTE, O. A. C; ZACK, M. B. J.; DE SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: MME, 2001.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE)/MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021**: ano base 2020. 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 24 de julho de 2023).

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de Informações de Geração da Aneel**. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso: 31 de maio de 2023.

BRASIL. **Mercado**. Atualizado em 31/03/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/>. Acesso em: 22 de julho de 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional 2022: ANO-BASE 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. 290 p.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC). Global Wind Report 2023. Disponível em <https://gwec.net/>. Acesso em: 23 de julho 2023.

GORAYEB, A. BRANNSTROM, C. MEIRELES, A. J. de A. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

HOFSTAETTER, M. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte**. 2016. 160f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HOFSTAETTER, M. **Turismo e parques eólicos no litoral norte potiguar: espaços de valorização do capital e do aprofundamento das vulnerabilidades**. 2021. 313f. Tese (Doutorado em Turismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

IFRN. **Guia do Setor Eólico do Rio Grande do Norte**. Natal: IFRN, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Série históricas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 de julho de 2023.

INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS (ISI-ER). Atlas eólico e solar do Estado do Rio Grande do Norte. Governo do Estado do Rio Grande do Norte. Natal: ISI-ER, 2022. 212p.

IRENA (2017), Renewable energy benefits: Leveraging local capacity for onshore wind, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

MACEDO, L. D. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte**. Campinas: Instituto de Economia. 2015. (Tese de Doutorado).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME)/EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME/EPE, 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Energia agora**. Disponível em: <https://www.ons.org.br/>. Acesso em: 31 de julho de 2023.

PESSOA, Z. P.; MACEDO, L. D.; TEIXEIRA, R. L. P.; HOFSTAETTER, M.; SANTOS, Y. C.; CARVALHO, E. F.; MELO, A. A. de O. **Relações entre Descarbonização, Vulnerabilidades Socioambientais e Impactos Regionais da Energia Eólica no Contexto do Nordeste do Brasil: o Caso do Rio Grande do Norte**. In: BRANNSTROM, Christian; SEGHEZZO, Lucas; GORAYEB, Adryane. (Orgs.). *Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina*. Mossoró: Edições UERN, 2022, p. 329-353.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI)/CENTRO DE TECNOLOGIA DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS (CTGAS-ER). **Cursos**. Disponível em: <https://www.rn.senai.br/ctgas-er/>. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

UNIÃO NACIONAL DA BIONENERGIA (UDOP). **Energia**. 04/04/2022. Disponível em: <https://www.udop.com.br/>. Acesso em: 23 de julho de 2023.

ZAPAROLLI, D. **Ventos promissores a caminho**. Atualizado em 11 de julho de 2019. In: *Revista Fapesp*. Edição 275, jan. 2019.

Recebido em: junho de 2020
Aceito em: outubro de 2021