

A MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE: UM ESTUDO SOBRE AS ENERGIAS RENOVÁVEIS DOS MUNICÍPIOS DEFRONTANTES COM O MAR¹

Diogo Felipe Santos de Moura²

Adriano Lima Troleis³

Bruno Lopes da Silva⁴

Resumo: Diversas fontes de energia no Brasil ajudam a suprir as necessidades de produção energética do país. Os 24 municípios defrontantes com o mar do Rio Grande do Norte (RN), apresentam matrizes energéticas renovável e não renováveis que contribuem na geração de energia do território potiguar e brasileiro. Diante disso, esse estudo visa analisar as fontes de energia dos municípios defrontantes com o mar do RN. Na metodologia, foi realizado um levantamento bibliográfico através da Empresa de Pesquisa Energética (2019) e Ministério de Minas e Energia (2016 e 2019). Também foi utilizado dados da ANEEL (2020) e as séries temporais da matriz energética brasileira e do RN. Nos resultados, constatou-se que a energia eólica é a mais utilizada no litoral potiguar, o qual apresenta um potencial de crescimento de 30% até 2030. As maiores potências outorgadas estão concentradas no litoral setentrional, em função da quantidade de aerogeradores usados na energia eólica.

Palavras-chave: Produção de energia; Ventos; Radiação solar; Litoral.

THE ENERGY MATRIX OF THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE: A STUDY ON RENEWABLE ENERGY IN THE MUNICIPALITIES FACING THE SEA

Abstract: Several energy sources in Brazil help to meet the country's energy production needs. The 24 municipalities facing the sea in Rio Grande do Norte (RN) have renewable and non-renewable energy matrices that contribute to the generation of energy in the potiguar and Brazilian territories. Therefore, this study aims to analyze the energy sources of the municipalities facing the sea in RN. In the methodology, a bibliographical survey was carried out through the Energy Research Company (2019) and Ministry of Mines and Energy (2016 and 2019). Data from ANEEL (2020) and the time series of the Brazilian and RN energy matrix were also

¹ O presente artigo foi redigido com base em alguns dos resultados obtidos na pesquisa acadêmica sobre a potencialidade econômica da Amazônia Azul fronteira leste brasileira. Pesquisa desenvolvida pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com recursos oriundos do Ministério do Desenvolvimento Regional. Número do convênio: 7944.21.1420; Número de Instrumento Acadêmico: 7944.21.1420.

² Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp/SP). Email: d203561@dac.unicamp.br

³ Professor Associado I da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/RN). Email: adrianotroleis@gmail.com

⁴ Doutor em Geografia Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/RN). Email: brunogeografialopes@gmail.com

used. In the results, it was found that wind energy is the most used on the potiguar coast, which has a potential for growth of 30% until 2030. The highest powers granted are concentrated on the northern coast, due to the number of wind turbines used in energy wind.

Keywords: Energy production; Winds; Solar radiation; Coast.

INTRODUÇÃO

Define-se a matriz energética como o “conjunto de fontes disponíveis em um país, estado, ou no mundo, para suprir a necessidade (demanda) de energia” (Empresa de Pesquisa Energética, 2019). Uma das formas de categorização mais utilizadas para classificar uma matriz produtora de eletricidade de um país, é defini-las em fontes de energia: renováveis e não renováveis.

A principal diferenciação desses dois tipos de matriz está baseada no tempo de reposição de onde os recursos energéticos são extraídos. No caso das fontes renováveis, a reposta ocorre num curto espaço de tempo pela natureza, como por exemplo, a biomassa, hidroeletricidade, solar, geotermal, eólica e maremotriz das ondas. As fontes não renováveis, por sua vez, são aquelas que para serem repostas na natureza, exigem um longo horizonte de tempo geológico, como o carvão mineral; petróleo e derivados; gás natural; e matérias fósseis (energia gerada pela fissão nuclear). (Goldemberg e Lucon, 2006-2007).

Segundo Andrade e Mattei (2013), as energias renováveis do Brasil têm sua importância reconhecida no cenário internacional devido à crise do petróleo de 1970 e por causa dos fatores econômicos e geográficos, ou seja, diversidade de bacias hidrográficas espalhadas por todo território que potencializam a geração de energia no país através das usinas hidroelétricas.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2022), no Brasil, a soma das energias renováveis produzidas no país (lenha, carvão vegetal, hidráulica, derivados da cana-de-açúcar e demais tipo) representa 48,3%, ou seja, quase a metade de toda a matriz energética brasileira. Isso porque nos últimos anos, a energia eólica cresce e contribui para que a matriz elétrica do país continue, em sua maior parte, sendo renovável,

Além dessas fontes de energia renováveis descritas, o território nacional tem apresentado um crescimento considerável no uso da energia solar e biomassa. A energia solar, por exemplo, é gerada quando nos painéis fotovoltaicos, a radiação solar interage com um material semicondutor, produzindo eletricidade diretamente. Tal processo de geração de energia pode ser realizado também em usinas solares que são chamadas de usinas hipotérmicas (Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Segundo dados da Aneel (2020), entre os anos de 2008 e 2013, a quantidade de conexão de energia solar no Brasil era tímida, sendo implantadas nesse período um total de 72 centrais fotovoltaicas. Mas o período com elevados investimentos nesse tipo de fonte de energia renovável, ocorreu entre os anos de 2014 e 2020. Com isso, o Brasil apresentou até o ano de 2020, um quantitativo total de 302.625 centrais fotovoltaicas que estão produzindo energia por radiação solar em 5.027 municípios e que têm uma potência instalada de 3.672.638,05 Kw. Vale destacar que dessa totalidade de unidades fotovoltaicas implantadas em todo o território do brasileiro, 15% dessas centrais estão localizadas na região nordeste, (Aneel, 2020).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2019), a energia eólica é produzida por meio do aproveitamento do vento, o qual faz girar as hélices dos aerogeradores e promove a transformação da energia dos ventos em energia elétrica. Com um total de 395 usinas em operação e potência total de 9,6 GW, o Brasil é o 8º maior produtor do mundo em geração eólica, e o 4º maior em expansão dessa fonte (Ministério de Minas e Energias, 2016).

A cana-de-açúcar, largamente cultivada na faixa oriental leste do território brasileiro, tem como um de seus elementos contribuintes, as condições de precipitação e temperatura do litoral do país, principalmente na região nordeste. Nesse sentido, a biomassa, diz respeito à matéria vegetal e orgânica da cana, que após sua decomposição produz gases que podem ser usados para gerar energia. Uma dessas matérias vegetais orgânicas é o bagaço de cana-de-açúcar, que após ser processado pode originar o etanol, os óleos vegetais e as gorduras, os quais ao serem submetidos a procedimentos industriais específicos, poderão ser utilizados como combustíveis (Empresa de Pesquisa Energética, 2019). Um exemplo do uso da biomassa são as termelétricas instaladas no território nacional que já somam 531 usinas utilizando a biomassa como fonte renovável de energia.

Portanto, as fontes renováveis solar, eólica e biomassa, apresentam características locais que estão diretamente ligadas a singularidades geográficas da região Nordeste e em destaque no Rio Grande do Norte (RN). Algumas dessas condicionantes são a elevada incidência de radiação solar; a existência de correntes de ar no litoral setentrional e terrenos com 100 m de altitudes (Furtado, Soares e Nogueira, 2017); e as características de precipitação, temperatura e tipo de solo, que favorecem o plantio da cana-de-açúcar e a produção de biomassa no litoral oriental do estado potiguar.

Com isso, a análise que será realizada do setor energético (eólico, solar e biomassa), dos municípios defrontantes com o mar no litoral do RN, levou em consideração os seguintes aspectos: crescimento populacional e econômico; industrialização; taxas de urbanização e metropolização. Esses aspectos servem de parâmetro para a definição da matriz energética de um determinado território, pois tende a colocar em evidência as atividades e segmentos sociais que mais consomem energia, bem como as fontes energéticas mais representativas e utilizadas pela população.

Diante disso, o objetivo dessa discussão foi analisar as fontes de energia solar; eólica e biomassa dos municípios defrontantes com o mar. Para alcançar esse objetivo foram utilizados um conjunto de procedimentos metodológicos, que definiram as bases conceituais utilizadas e o tratamento dos dados. Assim, a partir desses procedimentos, propõe-se uma discussão referente a estrutura e produção dessas três fontes de energias renováveis no contexto do litoral do estado.

METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico dessa discussão, visando alcançar o objetivo proposto, ocorreu através da adoção de quatro estratégias: 1) A definição de uma base teórica; 2) O gerenciamento de uma base de dados; 3) Aplicação de técnicas para o tratamento dos dados; e o 4) Uso de ferramentas de representação dos dados.

A base teórica desenvolvida foi construída através de uma pesquisa bibliográfica acerca dos seguintes eixos temáticos: matriz energética; fontes de

energias renováveis; bem como os conceitos de energia solar, energia eólica, e biomassa. Esse aporte teórico construído baseou-se em uma série de órgãos públicos e pesquisadores da área de recursos energéticos, tais como a Empresa de Pesquisa Energética (2019); Goldemberg e Lucon (2006-2007); Andrade & Mattei (2013); Ministério de Minas e Energia (2016 e 2019); e Furtado, Soares e Nogueira (2017).

Além disso, foi realizado o gerenciamento de uma base de dados, por meio da coleta de informações quantitativas junto aos órgãos responsáveis pelo gerenciamento das fontes de energia, no contexto nacional (Brasil) e estadual (RN). Três bases de dados específicas foram consultadas, para a obtenção de informações sobre a potência outorgada dos empreendimentos energéticos; tipo de combustíveis gerados; fases dos empreendimentos energéticos; e quantitativo das usinas e estruturas energéticas de fontes eólicas, solares e biomassa. As bases de dados consultadas foram o Sistema de Informação de Geração de Energia da Aneel (2020); e as séries temporais da matriz energética brasileira e do RN, da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2019); e os dados das fontes energéticas renováveis do território norterriograndense fornecidos pelo Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (Cerne, 2017).

As técnicas de estatística empregadas para o tratamento desses dados obtidos no website da ANEEL, CERNE e EPE, englobaram um conjunto de operações, tais como: a seleção de variáveis representativas das energias eólicas, solar e biomassa; o cálculo das frequências de distribuição dos valores percentuais das fontes de energias renováveis, desagregado pelo tipo de empreendimento energético (eólica, solar, e biomassa) e por município; quantificação das proporções das potências outorgadas (KW) dos empreendimentos energéticos dos municípios defrontantes com o mar; e análise das fases operacionais desses empreendimentos.

Após o emprego dessas técnicas, foram utilizadas como ferramentas de representação dos dados, gráficos e mapas temáticos. Os gráficos colocaram em evidência a capacidade instalada de cada fonte renovável da matriz energética do RN, bem como os percentuais de geração de energia de cada uma das fontes dessa matriz.

Além dos gráficos, elaborou-se produtos cartográficos temáticos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), no qual foi aplicado as ferramentas de vetorização, criação de *shapefile* e *symbolology*. Através dessas técnicas foi possível representar espacialmente a potência outorgada dos empreendimentos energéticos em cada município defrontante com o mar, no litoral do estado. Juntamente com essa informação espacializou-se a origem e o tipo dos combustíveis gerados pelos empreendimentos energéticos, em nível municipal (na área litorânea do RN); como também, as fases em que se encontram os empreendimentos energéticos em cada município; haja vista que existem empreendimentos em operação, em construção, e outros cuja construção ainda não foi iniciada.

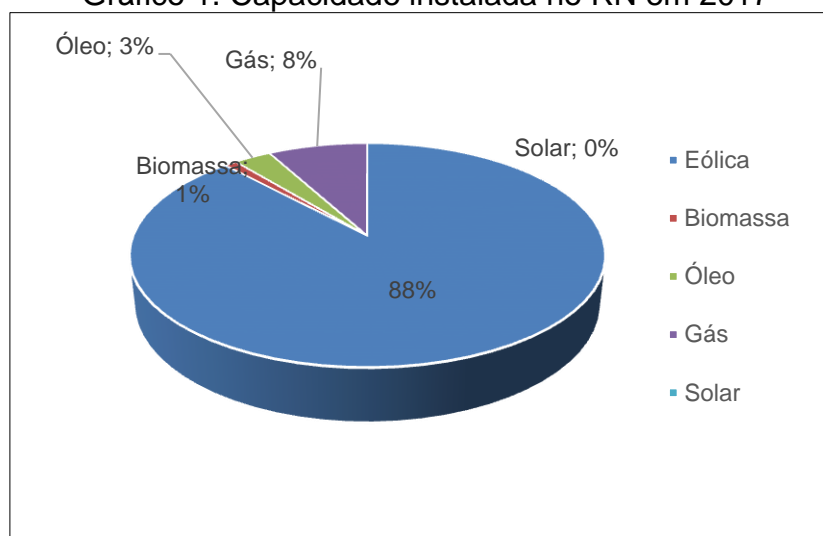
As próximas seções mostrarão as análises e considerações finais sobre a matriz energética e fontes de energias renováveis que estão distribuídas espacialmente dentro dos vinte e quatro municípios defrontantes com o mar do estado do RN, Brasil.

MATRIZ ENERGÉTICA E FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NOS MUNICÍPIOS DEFRONTANTES COM O MAR DO RN

A compreensão da matriz energética do estado do RN, no que se refere as fontes renováveis envolve a análise e interpretação de uma série de indicadores de desempenho estatístico, que evidenciaram a capacidade produtiva dessas fontes. Partindo desse princípio, caracterizou-se o cenário e estruturação dessas energias renováveis no contexto do estado, para posteriormente, focar na análise dos municípios defrontantes com o mar, situados no litoral.

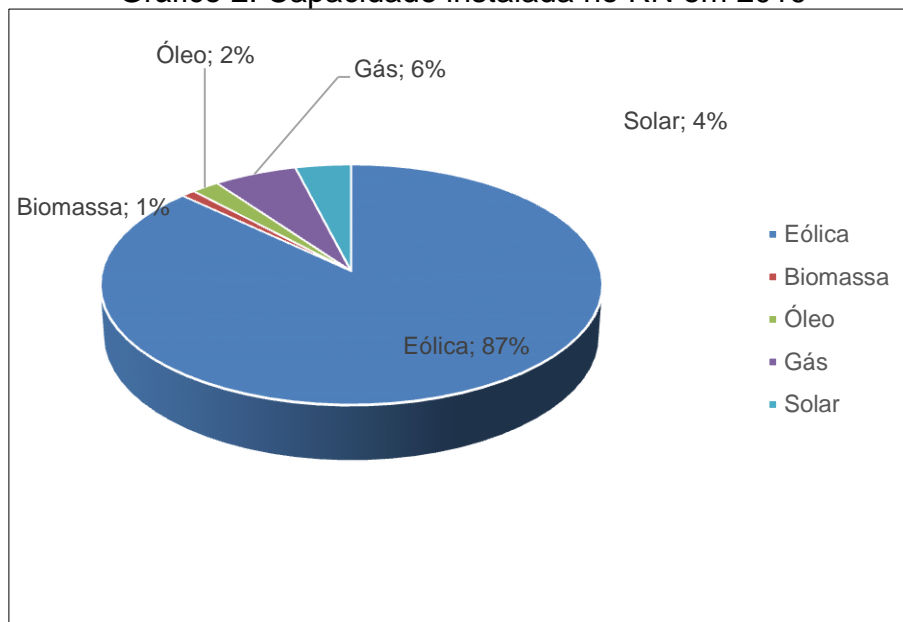
Nesse sentido, os gráficos 1, 2, 3 e 4, apresentam informações sobre capacidade instalada, geração aproximada e capacidade projetada ou estimada para o estado do RN:

Gráfico 1. Capacidade instalada no RN em 2017



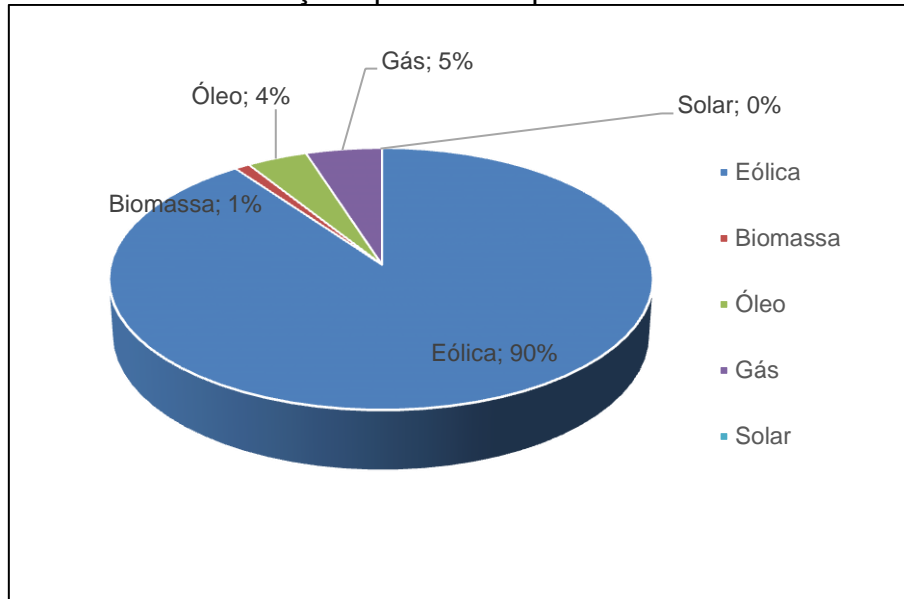
Fonte: CERNE, 2017

Gráfico 2. Capacidade instalada no RN em 2019



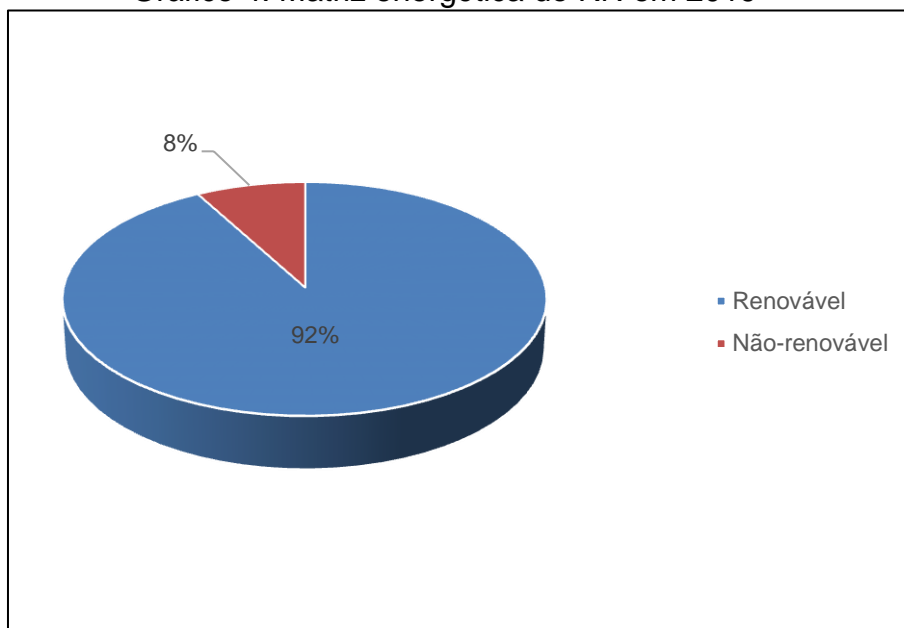
Fonte: CERNE, 2017

Gráfico 3. Geração aproximada para o RN em 2017



Fonte: CERNE, 2017

Gráfico 4. Matriz energética do RN em 2019



Fonte: CERNE, 2017

A análise dos gráficos 1, 2, 3 e 4 colocam em evidência as características da matriz energética do estado do RN, no contexto das fontes renováveis. Percebe-se nesses gráficos que a matriz energética estadual é composta predominantemente por fontes renováveis, com destaque para a energia eólica, que em 2019, representou 87% da capacidade energética instalada no território potiguar. Além da energia eólica, uma outra possibilidade de crescimento energético tem sido projetada para a energia solar, que em 2019, representou 4% da capacidade instalada do estado, como mostra o gráfico 2.

Além das três matrizes energéticas (biomassa, solar e eólica) o RN também produz o Petróleo (óleo) e o Gás, como as duas fontes de energia não renovável

que estão localizadas, principalmente, nos municípios defrontantes com o mar do litoral setentrional do estado.

Nesses territórios da zona costeira setentrional, existem 1.429 poços e uma refinaria de Petróleo. Os limites territoriais de Macau e Areia Branca são os dois municípios com os maiores quantitativos de poços do litoral norte-rio-grandense.

De acordo com a capacidade instalada (gráficos 1 e 2) dessas duas fontes de energia não renováveis, no ano de 2017 o gás representou 8% e o óleo 3%. Entretanto, quando comparado com o ano de 2019, o quantitativo das duas energias não renováveis diminuiu, ficando o gás com 6% e o óleo com 2%.

A capacidade total instalada no RN projetada para 2019, foi de 5.404,5 MW. Esse valor, desagregado por fonte de energia, apresenta o seguinte cenário quantitativo: Eólica – 4700 MW; Solar – 200 MW; Biomassa – 62,5 MW; Óleo (Diesel) – 119 MW; e Gás Natural – 323 MW (Cerne, 2017).

A caracterização e o funcionamento das fontes de energia solar, eólica, e biomassa no RN, apresentam um contraponto: por um lado, tem-se a elevada capacidade instalada das fontes de energia eólica; e por outro, a tendência de crescimento da energia solar e biomassa, a médio e longo prazo, e que no momento possuem baixo potencial de geração de energia no contexto da matriz energética potiguar. Uma das hipóteses que justifica esse contraponto, são as inúmeras fragilidades e dificuldades que ainda existem no setor energético do estado e que acabam dificultando o crescimento da produção de energia. Outro aspecto que pode explicar a lentidão da ampliação dessas fontes de energia é que o sistema brasileiro de energia elétrica é integrado, viabilizando assim a produção de energia em uma localidade do país e o seu consumo em outra área do território nacional.

Os principais entraves que tem dificultado o crescimento energético do RN, segundo (Furtado, Soares e Nogueira, 2017), tem sido os seguintes:

- Atraso nas obras de transmissão para escoamento de energia eólica; e não existência de tributos ou compensação financeira para os municípios e estado pela instalação de fontes renováveis de energia;
- Impedimento de participação em leilões de energia, em decorrência dos atrasos nas obras de transmissão;
- Dificuldade de financiamento para equipamentos de geração, principalmente a individual;
- Falta de indústrias de equipamentos para as fontes de geração de energia solar e eólica.

Essas dificuldades apontadas dizem respeito ao estado do RN como um todo, mas é preciso analisar o desempenho do setor energético, e constatar de que forma esses entraves têm afetado determinadas porções do território estadual. Sendo assim, é de suma importância que se analise como têm sido o desenvolvimento e a estruturação da matriz energética norte-rio-grandense, dessas fontes renováveis (solar, eólica e biomassa), nas regiões do estado de maior dinamismo econômico, pois o crescimento da economia é uma das variáveis que implica na demanda e consumo de energia.

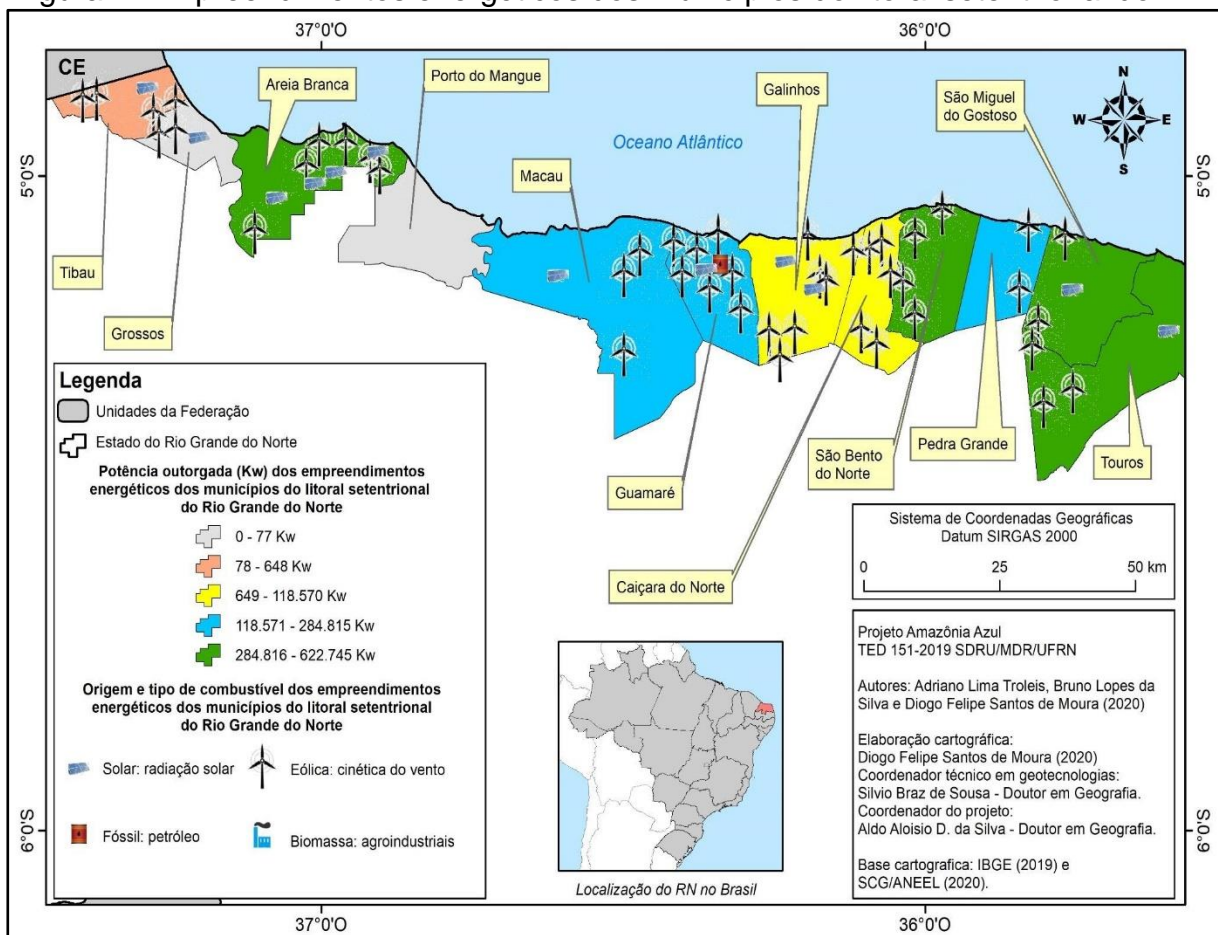
Uma das regiões de maior dinamismo econômico e urbano, é o litoral do estado do RN, o qual dispõe de inúmeras praias e uma ampla rede hoteleira que contribuem para o desenvolvimento do turismo, geração de renda, empregos e riqueza; assim como, a grande possibilidade de expansão do setor imobiliário, motivado principalmente pela aplicação de capital estrangeiro, aspectos esses que associados ao investimento e produção das fontes renováveis irão promover um desenvolvimento regional de significativa relevância para o RN e conseqüentemente

para o Brasil. Assim, os municípios que se localizam ao longo dessa porção regional do estado (municípios defrontantes com o mar), exigem uma análise mais aprofundada, com relação a estrutura e caracterização das fontes de energias renováveis, em especial a solar, eólica e biomassa (Fonseca, Santos Junior e Nunes, 2016).

Nesse contexto, a sequência de figuras que será apresentada, coloca em evidência o cenário da matriz energética dos municípios defrontantes com o mar, no que tange à disposição espacial dos empreendimentos de energia solar, eólica, e biomassa, bem como, a potência outorgada para o funcionamento dessas fontes renováveis em cada um desses municípios.

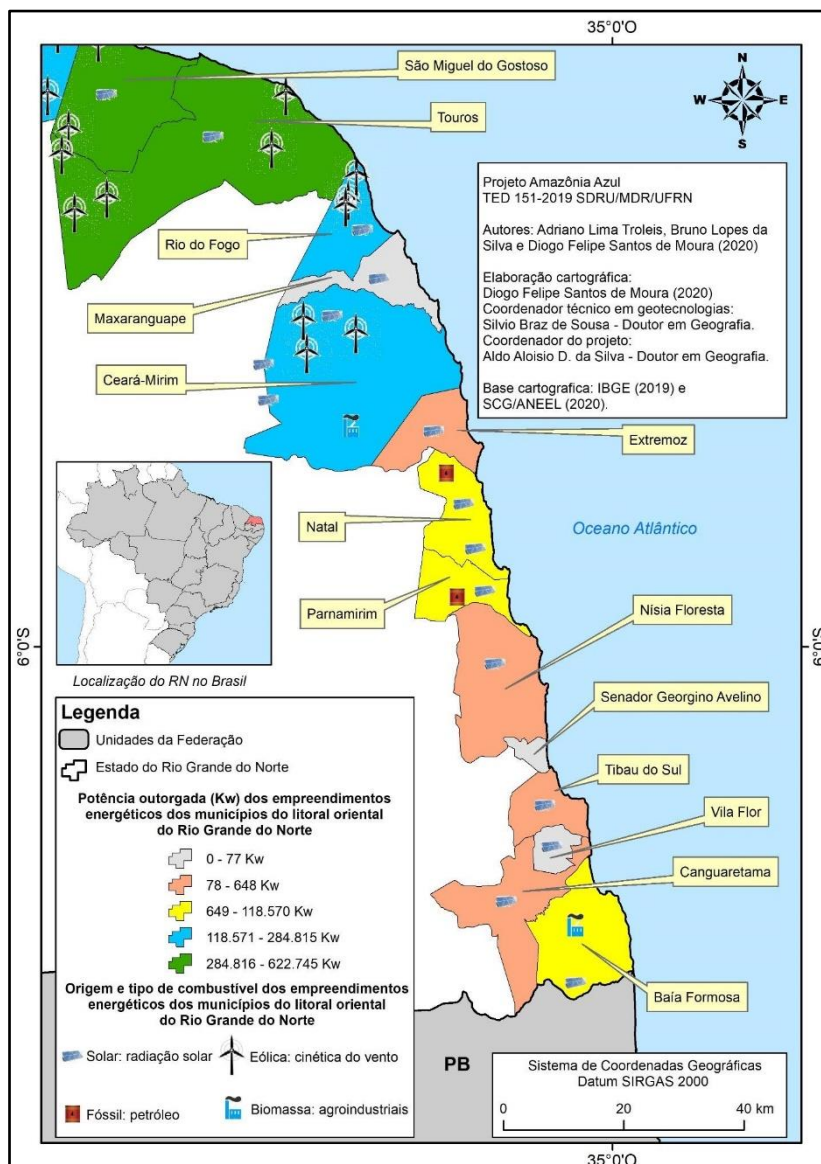
As figuras 1 e 2 trazem informações sobre a potência outorgada dos empreendimentos energéticos, bem como as fontes de energia geradas por eles, tanto no litoral oriental quanto setentrional do RN:

Figura 1. Empreendimentos energéticos dos municípios do litoral setentrional do RN



Fonte: Elaborado pelos autores (2020) com base na ANEEL (2020)

Figura 2. Empreendimentos energéticos dos municípios do litoral oriental do RN



Fonte: Elaborado pelos autores (2020) com base na ANEEL (2020)

A análise das figuras 1 e 2 mostram a potência outorgada (KW) e os tipos de empreendimentos energéticos existentes nos municípios defrontantes com o mar no litoral do RN. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2017), a potência outorgada (em KW) é definida no ato de concessão do serviço de exploração, referente ao somatório das potências elétricas ativas nominais das unidades geradoras principais da central de transmissão. Assim, em alguns casos, esse conceito envolve os empreendimentos que ainda não estão em funcionamento, ou seja, leva em consideração também usinas e estruturas energéticas que não estão instaladas, e que foram apenas aprovadas ou tiveram suas licenças concedidas. Assim, caso haja necessidade de expansão da estrutura, o licenciamento já estará autorizado.

A potência outorgada (KW) dos empreendimentos energéticos no litoral do RN, apresentam variações, quando se analisa as diferentes localidades (oriental e setentrional). É possível perceber na figura 2 que os valores de potência outorgada nos municípios do litoral oriental são menores do que os valores identificados no litoral setentrional.

Os valores outorgados nos municípios do litoral oriental variam de 0 a 210.000 KW, que na escala regional considerada (litoral do RN), correspondem a valores de níveis

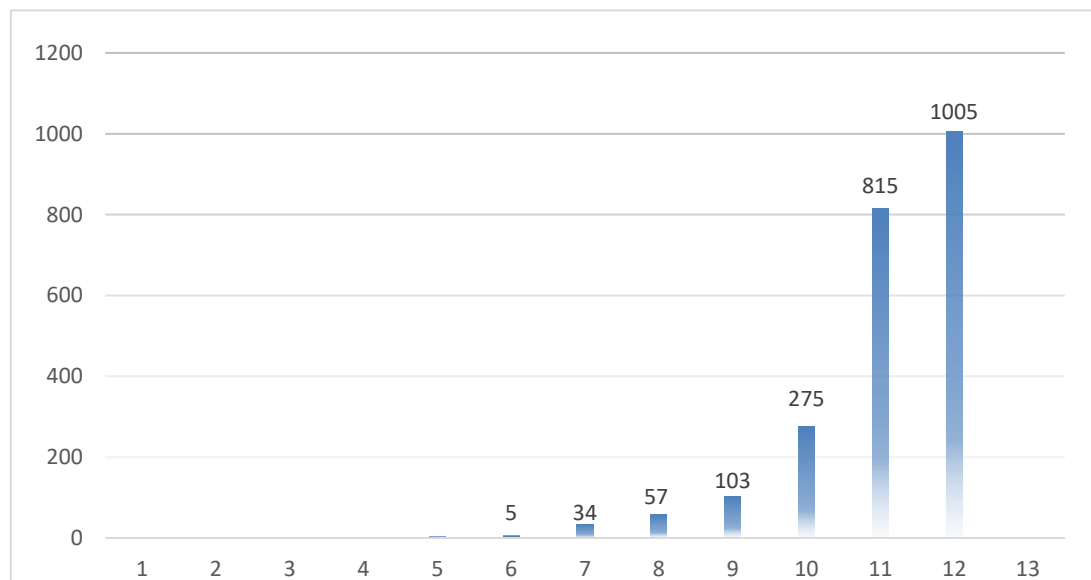
baixos e médios. Dentre os municípios que apresentam os maiores valores outorgados de potência, estão Baía Formosa (8.963 a 40.000 KW); Ceará-Mirim e Rio do Fogo (40.000 a 210.000 KW). Uma das hipóteses que explica esse valor da potência outorgada nesses municípios, é a existência de empreendimentos energéticos com produções expressivas, na escala municipal. No caso de Baía Formosa e Ceará-Mirim, destacam-se respectivamente, a Usina Bio Formosa com potência instalada de 40 MW e a Usina Agropaulo com potência instalada de 5,2 MW (Cerne, 2017).

Além disso, no município de Ceará-Mirim, assim como, em Rio do Fogo, outro empreendimento energético que têm contribuído para o aumento das potências outorgadas de fontes renováveis, são as estruturas de geração de energia eólica. Assim, conclui-se que as maiores potências outorgadas nos municípios defrontantes com o mar, no litoral oriental, estão relacionadas a produção de biomassa, dos complexos agroindustriais (usinas de cana-de-açúcar); e a energia eólica, que produz energia cinética por meio da movimentação dos ventos.

Nos demais municípios do litoral oriental, que apresentam potências outorgadas menores, sobretudo, os que estão compreendidos entre Canguaretama e Extremoz, percebe-se o predomínio de produção da energia solar. Uma das explicações para a distribuição dessa fonte de energia renovável nesses municípios, é a disseminação dos autoprodutores, ou seja, empreendimentos particulares que têm instalado os equipamentos fotovoltaicos para captação de radiação solar.

De modo geral, desde 2013 quando houve as primeiras implantações das centrais fotovoltaicas no litoral oriental e setentrional, a faixa litorânea do RN vem apresentando crescimento no quantitativo de conexões de unidades produtoras de energia, conforme mostra o gráfico 5.

Gráfico 5. Quantidade anual de conexão das unidades fotovoltaicas nos municípios defrontantes com mar no RN



Fonte: Elaborado pelos autores (2020), com base nos dados da ANEEL (2020)

Esse crescimento destacado desde 2013 até o ano de 2020, vêm acontecendo dentro dos 24 municípios defrontantes com o mar. Juntos, esses limites territoriais litorâneos apresentam um quantitativo total de 2.297 centrais fotovoltaicas que geram aproximadamente 29.028,45 Kw de potência de energia. Desse quantitativo de produção energética, Natal e Parnamirim estão nos limites territoriais defrontantes com o mar que mais geram energia por radiação solar (Natal=17.044,80 Kw / Parnamirim= 7.230,82 Kw).

Os municípios do litoral setentrional (Caiçara do Norte, Pedra Grande, Porto do Mangue, São Bento do Norte) e do litoral oriental (Senador Georgino Avelino), ainda não tiveram nenhum investimento para implementação, seja privada ou pública, desse tipo de energia renovável oriunda da radiação solar.

Destaca-se que o governo do estado do RN junto com os gestores públicos de alguns municípios defrontantes com o mar, têm realizado em conjunto políticas públicas que incentivam o investimento seja do setor privado (residencial, comercial ou industrial) ou público (sedes administrativas, hospitais, unidades de saúde dentre outros). Vale ressaltar que esse setor energético apresenta grande potencial de crescimento, pois o estado por conta de sua localização geográfica próxima a linha do Equador, recebe diariamente uma quantidade de radiação solar com maior intensidade, favorecendo assim, a geração desse tipo de energia.

Com relação aos municípios que utilizam derivados de petróleo para a geração de energia, destacam-se Natal e Parnamirim. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2020) no município de Natal, os empreendimentos que realizam esse processo de geração de energia, são os hipermercados, os *shoppings centers*, e os hotéis. Foram contabilizados pela Aneel (2020) um total de 13 empreendimentos dessa natureza, que produzem energia elétrica a partir de derivados de combustíveis fósseis.

Em Parnamirim, foram identificados 08 empreendimentos que geram energia elétrica, a partir de derivados do petróleo. Destacam-se nessa categoria, os hipermercados, as indústrias; e a base Aérea de Parnamirim-RN, antigo Aeroporto Augusto Severo (Aneel, 2020). O fato dos outros municípios do litoral leste não apresentarem empreendimentos de grande porte, como shopping centers, indústrias, e hipermercados, como Natal e Parnamirim, pode se constituir uma hipótese explicativa, para justificar a inexistência de formas de produção de energia elétrica por meio dos derivados de petróleo, nesses municípios. Assim, a produção de energia através de derivados de petróleo, nesses dois municípios, está associada a grandes empreendimentos, dos ramos de comércio, serviço e indústria.

Já no litoral setentrional, o cenário energético apresenta características diferentes, quando comparado com o litoral oriental. A primeira diferença que pode ser observada são os valores da potência outorgada (KW), por município, que são maiores. Os municípios que têm as maiores potências outorgadas são Touros; São Miguel do Gostoso; Pedra Grande; São Bento do Norte; Caiçara do Norte; Galinhos; Guamaré; e Macau (com potências entre 40.001 e 513.140 KW). Porto do Mangue; Grossos, Tibau apresentam valores menores de potência outorgada (entre 0 e 40.000 KW).

O principal empreendimento energético desses municípios do litoral setentrional são os aerogeradores, porém apesar da energia eólica estar em grande expansão, outros tipos de fonte de energia são utilizados nesses territórios. Um exemplo é o município de Guamaré, onde a exploração de derivados de petróleo ocorre em grande escala na Refinaria Clara Camarão, que produz diesel, nafta petroquímica, querosene de aviação e, desde setembro de 2010, gasolina automotiva. A implantação dessa refinaria, e a consequente produção de derivados de petróleo, tornou o RN o único estado do país autossuficiente na produção de todos os tipos de derivados do petróleo (PETROBRÁS, 2020).

Além dessas fontes mencionadas, nos municípios do litoral setentrional há também a produção de energia solar, por meio de estruturas fotovoltaicas usadas por autoprodutores dos mais diversos ramos. A disposição espacial por município, o quantitativo de empreendimentos e a potência (Kw), podem ser identificadas no quadro 1, ao longo do litoral potiguar.

Quadro 1. Quantitativo dos empreendimentos energéticos dos municípios defrontantes com o mar

| Município | Eólica (EOL) | Solar (UFV) | Biomassa (UTE) | Fóssil (UTE) | Total de Empreendimentos | Potência (KW) |
|--------------------------|--------------|-------------|----------------|--------------|--------------------------|---------------|
| AREIA BRANCA | 70 | 28 | 0 | 0 | 98 | 317.400 |
| BAÍA FORMOSA | 0 | 3 | 1 | 0 | 4 | 40.000 |
| CAIÇARA DO NORTE | 90 | 0 | 0 | 0 | 90 | 92.300 |
| CANGUARETAMA | 0 | 20 | 0 | 0 | 20 | 315 |
| CEARÁ-MIRIM | 65 | 58 | 1 | 0 | 124 | 145.800 |
| PARNAMIRIM | 0 | 677 | 0 | 8 | 685 | 5.196 |
| EXTREMOZ | 0 | 38 | 0 | 0 | 38 | 648 |
| GALINHOS | 149 | 1 | 0 | 0 | 150 | 118.570 |
| GROSSOS | 11 | 3 | 0 | 0 | 14 | 77 |
| GUAMARÉ | 132 | 4 | 0 | 1 | 137 | 284.815 |
| MACAU | 149 | 19 | 0 | 0 | 168 | 200.470 |
| MAXARANGUAPE | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 28 |
| NATAL | 0 | 1067 | 0 | 13 | 1080 | 8.962 |
| NÍSIA FLORESTA | 0 | 45 | 0 | 0 | 45 | 541 |
| RIO DO FOGO | 107 | 7 | 0 | 0 | 114 | 148.600 |
| PEDRA GRANDE | 164 | 0 | 0 | 0 | 164 | 283.600 |
| PORTO DO MANGUE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIBAU | 21 | 7 | 0 | 0 | 28 | 134 |
| SÃO BENTO DO NORTE | 238 | 0 | 0 | 0 | 238 | 622.745 |
| SÃO MIGUEL DO GOSTOSO | 166 | 16 | 0 | 0 | 182 | 513.140 |
| SENADOR GEORGINO AVELINO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TIBAU DO SUL | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 473 |
| TOUROS | 296 | 11 | 0 | 0 | 307 | 309.305 |
| VILA FLOR | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 33 |
| TOTAL | 1658 | 2046 | 2 | 22 | 3728 | 3.093.152 |

Fonte: ANEEL (2019)

A análise quantitativa do quadro 1 mostra que o número de empreendimentos energéticos nos municípios do litoral oriental apresenta um forte predomínio das estruturas relacionadas a energia solar. Natal, Parnamirim, Nísia Floresta e Tibau do Sul, apresentam as maiores quantidades, que equivalem respectivamente a 1067; 677; 45; e 36 empreendimentos de energia solar. Uma das explicações para essa concentração de estruturas fotovoltaicas nesses municípios é o fato deles possuírem elevada potencialidade de exploração do setor turístico, o que tende a atrair grande quantidade de pessoas e de capitais para esse setor. Tal cenário implica em um maior consumo de energia, exigindo assim, a utilização de fontes alternativas e de menor custo para produção e geração de eletricidade.

Por outro lado, a biomassa está presente em apenas dois empreendimentos nos municípios do litoral oriental, que são as usinas existentes em Baía Formosa e em Ceará-Mirim. Cenário parecido identifica-se com relação aos combustíveis fósseis, pois somente em Natal e Parnamirim têm esses tipos de geração de energia em seus respectivos territórios.

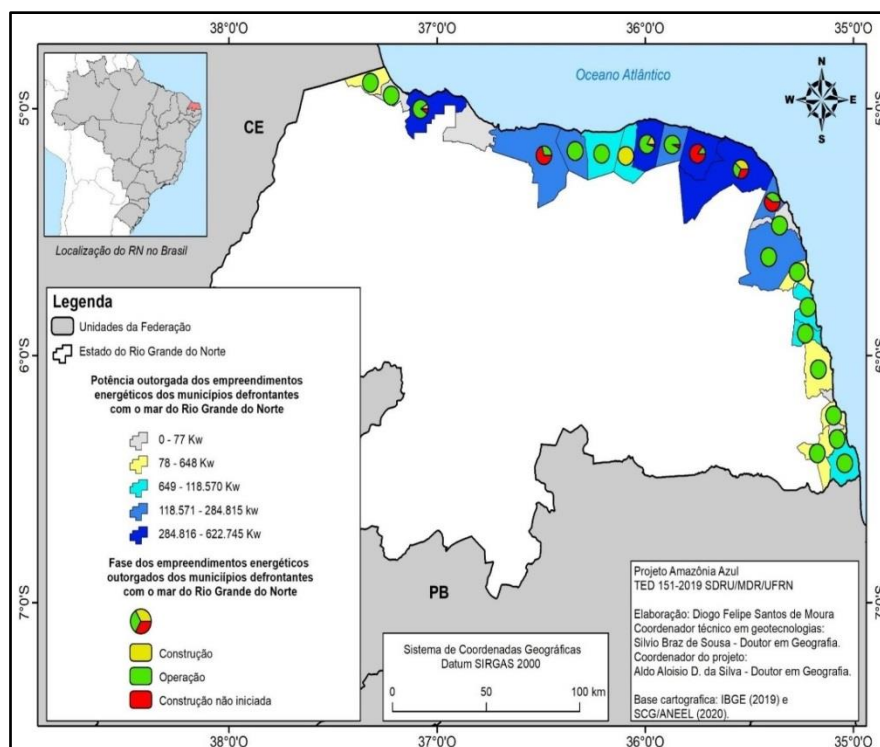
Entretanto, quando se analisa os valores dos empreendimentos em energia eólica, nos municípios defrontantes com o mar no litoral setentrional, o quantitativo altera-se significativamente. Os municípios com maior quantidade de aerogeradores são: Touros (296); São Bento do Norte (238); São Miguel do Gostoso (166); Pedra Grande (164); Macau (149); Galinhos (149); Guamaré (132); e Rio do Fogo (107). Esses dados mostram que a concentração espacial dos aerogeradores, bem como as maiores possibilidades de exploração e de geração de energia elétrica, está na faixa territorial compreendida entre Touros e Guamaré. As condições de circulação atmosférica e os níveis de altitude do terreno, favoreceram a exploração eólica, o que gera uma elevada concentração dos aerogeradores nessa área.

Outro aspecto importante refere-se à distribuição dos níveis de potência outorgada, por município, tendo os municípios citados os maiores valores. De acordo com o quadro 1, enquadram-se nessa situação os municípios de Areia Branca (317.400 KW); Ceará-Mirim (145.800 KW); Galinhos (118.570 KW); Guamaré (284.815 KW); Macau (200.470 KW); Rio do Fogo (148.600 KW); Pedra Grande (283.600 KW); São Bento do Norte (622.745 KW); São Miguel do Gostoso (513.140 KW); e Touros (309.305 KW).

Por outro lado, há municípios em que a potência outorgada ainda é nula, ou seja, não existem empreendimento energético de grande porte em funcionamento, como é o caso das usinas eólicas em Tibau e Senador Georgino Avelino. Outros municípios já possuem potência outorgada, como é o caso de Vila Flor; Maxaranguape e Grossos, porém os valores ainda são aquém do esperado, o que requer uma maior exploração das fontes energéticas nesses municípios.

Vale ressaltar, que o fato desse quantitativo considerar também os empreendimentos com potências outorgadas, e que não estão em funcionamento, significa dizer que os números informados podem se referir a estruturas com fases distintas de operação. Logo, a figura 3 expressa as fases operacionais dos empreendimentos por município, atreladas as potências outorgadas.

Figura 3. Fases dos empreendimentos energéticos nos municípios defrontantes com o mar do RN



Fonte: Elaborado pelos autores (2020) com base na ANEEL (2020)

A figura 3 evidencia as fases operacionais dos empreendimentos energéticos nos municípios defrontantes com o mar. É possível identificar nessa análise, três estágios distintos dos empreendimentos: em construção; em operação; e construção não iniciada, apenas com a outorga concedida. Considerando o recorte regional costeiro, em duas partes, litoral oriental e setentrional, nota-se diferenças nas fases de cada empreendimento, por município.

Todos os municípios do litoral oriental apresentam empreendimentos em funcionamento, isto é, todos estão operando plenamente. Diferente desses municípios, em Rio do Fogo, mais de 50% dos empreendimentos outorgados ainda não estão em operação. Considerando o fato de Rio do Fogo já apresentar 148.600 KW de potência outorgada, possuir 107 estruturas de captação e geração de energia eólica, e ainda não está com 100% de sua potência em funcionamento, pressupõe-se que esse município tende a apresentar valores ainda maiores de produção energética para os próximos anos, uma vez que, a produção apresentada atualmente por esse município, é resultado da operação de pouco menos de 50% dos empreendimentos outorgados.

Outro aspecto a ser destacado refere-se a alguns municípios do litoral setentrional, com empreendimento energético em plena fase de operação como é o caso de Galinhos, Guamaré, Tibau e Grossos. Há também municípios com a quase totalidade dos empreendimentos em funcionamento, como pode ser observado em Pedra Grande, São Bento do Norte, e Areia Branca. Já no município de Caiçara do Norte, todos os empreendimentos outorgados estão em fase de construção, conforme mostra o mapa 3.

Touros tem uma situação totalmente diferente dos demais municípios, pois dos empreendimentos energéticos outorgados, a proporção é praticamente a mesma entre os empreendimentos em construção; em operação; e com construção não iniciada. Essa situação contrasta com a identificada em Pedra Grande e em Macau, pois nesses municípios, a maior parte dos empreendimentos estão em fase de construção.

Tal cenário mostra que o litoral setentrional além de possuir os maiores valores de potência outorgada, dispõe de situações heterogêneas, entre os municípios, com relação as fases de cada empreendimento energético. Nesse contexto, o cenário energético no litoral potiguar evidencia a existência e o predomínio de fontes renováveis específicas, sendo que, as de maior produção estão nos municípios de Touros; São Miguel do Gostoso; Pedra Grande; São Bento do Norte; Caiçara do Norte; Galinhos; Guamaré; e Macau. Outro aspecto de grande relevância é que há para os próximos anos, uma projeção de aumento significativo de geração de energia eólica para o estado como um todo, o que é importante dentro do cenário econômico, de geração de empregos diretos e indiretos e de desenvolvimento regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, ao analisar as fontes de energia solar; eólica e biomassa dos municípios defrontantes com o mar, no litoral do Rio Grande do Norte, os resultados obtidos apontaram que a matriz energética do RN, tem apresentado nos últimos anos, um uso crescente de fontes de energias renováveis. A maior parte dessas matrizes, são compostas por energias do tipo eólica, solar e biomassa.

A capacidade instalada, a geração aproximada e a matriz energética do RN, estão alicerçadas predominantemente na energia eólica, que é a principal fonte de energia renovável utilizada atualmente no estado. A partir de 2011, o percentual de participação dos empreendimentos eólicos no estado praticamente duplicou.

A energia solar apesar de ter um significativo potencial, apresenta poucos empreendimentos de grande porte no estado, sendo que a maior parte da geração desse tipo de energia ainda está associada aos autoprodutores. As projeções apontam que a

partir de 2030 essa fonte de energia alcançará um crescimento da ordem de 30%. As políticas Públicas de incentivo a investimentos no aumento da produção de energia solar são importantes para o desenvolvimento regional do RN.

O setor de biomassa tem sua produção restrita aos complexos agroindustriais (usinas) relacionados a cana-de-açúcar. Com relação a matriz energética de fontes renováveis nos municípios defrontantes com o mar, no litoral do RN, constatou-se que as energias solar, eólica e de biomassa, foram as que apresentaram maior participação, em termos de geração e produção de energia.

Com relação a potência outorgada, nos municípios do litoral oriental, os que apresentam os maiores valores foram Ceará-Mirim e Rio do Fogo, o que está associado aos empreendimentos de energia eólica. Nos municípios de Parnamirim e Natal, há a geração de energia elétrica através de combustíveis fósseis, principalmente em hipermercados, shoppings centers, indústrias, e outros serviços.

As maiores potências outorgadas estão concentradas nos municípios do litoral setentrional, em função da grande quantidade de aerogeradores usados para produção de energia eólica. Esse cenário foi identificado principalmente nos municípios de Touros; São Miguel do Gostoso; Pedra Grande; São Bento do Norte; Caiçara do Norte; Galinhos; Guamaré; e Macau. A área compreendida pelo território desses municípios tem sido a mais propícia para a instalação de aerogeradores, devido as condições de circulação atmosférica e de altitude do terreno.

A maioria dos municípios do litoral oriental potiguar possuem empreendimentos que estão operando plenamente. No litoral setentrional muitos municípios também já dispõem de empreendimentos energéticos em plena fase de operação. Além disso, no litoral setentrional, há uma maior proporção de empreendimentos que ainda não tiveram sua construção iniciada, quando comparados com o litoral oriental.

De acordo com as projeções e cenários evolutivos das fontes de energia renovável do RN, elaborados por Furtado, Soares e Nogueira (2017 p. 17 e p. 94) é possível concluir que: a energia eólica tem um lugar de destaque no cenário energético do estado desde 2007; a energia Solar até 2023, terá uma taxa de crescimento na ordem de 23%, podendo a partir de 2024 atingir o crescimento de 30%; e a biomassa embora pequena no RN, é previsto para o ano de 2026; e uma contribuição de 33 MW de geração por meio da utilização do bagaço de cana-de-açúcar.

De acordo com LOCATEL (2018), a distribuição espacial da cana-de-Açúcar sempre apresentou uma expressiva concentração na faixa litorânea do estado, mas o seu desenvolvimento foi acentuando-se no ano de 2015 devido à presença de importantes empresas, como o grupo BIOSEV que comprou a Usina Estivas e trouxe técnicas mais modernas de cultivo voltada para a produção de açúcar e álcool. Mas além desses fatores econômicos, a produção da cana está muito interligada com a condicionante ambiental precipitação, que conforme Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2013), as áreas das lavouras se concentram no leste do RN por conta que nessa região apresenta as chuvas com maior intensidade a partir de maio a agosto pelo fato do aquecimento do Oceano Atlântico e condições de solo que permite o cultivo de tipo de lavoura.

Tais considerações mostram que os municípios e os empreendimentos que utilizam fontes renováveis de energia possuem características heterogêneas na matriz energética no contexto da área litorânea do estado do RN. Identifica-se assim, uma desigualdade regional, caracterizada pelos altos valores de potência outorgada no litoral setentrional, em detrimento de valores menores no litoral oriental. Assim, um planejamento territorial do setor energético, no litoral do estado, deve considerar como um ponto fundamental, essa discrepância territorial, que tem como hipótese, a concentração de aerogeradores em municípios do litoral setentrional. Outro aspecto diz respeito a possibilidade de ampliação do uso da energia solar e de biomassa, ambas disponíveis em grande escala no território

potiguar e que contribuiriam de forma significativa para o desenvolvimento energético e econômico do estado.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, André Luiz Campos de; MATTEI, Lauro. A (in)sustentabilidade da matriz energética Brasileira. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 19, N. 2, 2013, pp. 9-36.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Plano de dados abertos 2016-2017**. ANEEL, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de informação de geração de energia da ANEEL SIGA. SGC- Superintendência de Concessão e Autorizações de Gerações**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9> . Acesso em: 27. Set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de informação de geração de energia da ANEEL SIGA. SGC- Superintendência de Concessão e Autorizações de Gerações**. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view>> Acesso em: 25. Jul. 2020.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Projeto Amazônia Azul: pesquisa sobre a potencialidade econômica dos municípios defrontantes com o mar do estado do Rio Grande do Norte**. Natal: Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura, 2020.

CELSO, Donizete Locatel. **Uso do território e agricultura no Rio Grande do Norte: materialidades e estruturas**. Revista *Confins* [Online], 34, 2018.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA (CERNE). **Resumo executivo do setor energético do Rio Grande do Norte**. Natal: CERNE, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: CONAB, v1, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 22 Jul. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 18 ago. 2022.

FONSECA, Maria Aparecida Pontes da; SANTOS JÚNIOR, Ary Pereira dos; NUNES, Maria Rita de Oliveira. Reestruturação produtiva, turismo e investimentos internacionais no litoral potiguar. **Revista Formação**, n.23, volume 1, 2016, p. 158 – 176.

FURTADO, Ricardo Cavalcanti; SOARES, Flávia Gama; NOGUEIRA, Gustavo Maurício Filgueiras. **Plano de energia elétrica do RN: eixos integrados de desenvolvimento**. Natal: EGRN, 2017.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energias renováveis: um futuro sustentável. **REVISTA USP**, São Paulo, n.72, p. 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. **Atlas de energia elétrica: fontes de energia elétrica no Brasil**. Banco de Informações da Geração, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. **Resenha energética brasileira**. Brasília: MME, 2019.

PETROBRÁS. **Refinaria potiguar Clara Camarão**. 2020. Disponível em: <petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-potiguar-clara-camarao> Acesso em: 27 Jul. 2020.