

## Perspectivas da Energia Eólica offshore

CASTRO, Nivalde de; LIMA, Antônio; HIDD, Gabriel; VARDIERO, Pedro. "Perspectivas da Energia Eólica offshore". Agência Canal Energia. Rio de Janeiro, 06 de agosto de 2018.

### 1. Cenário de energia eólica no mundo

O uso do vento para fins de geração de energia elétrica teve início no século XIX, na Dinamarca e nos Estados Unidos da América (EUA), a partir de máquinas que convertem vento em eletricidade. No entanto, é a partir da primeira crise do petróleo, em 1973, que o governo dos EUA realizou um firme e consistente esforço ao criar ações de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento da energia eólica. O resultado foi um boom de parques eólicos na década de 1980, atingindo 1,8 GW de capacidade instalada no país. Nesse mesmo período, a Europa também realizou investimentos em energia eólica, motivada pela necessidade estratégica de aumentar a sua segurança energética e, posteriormente, por preocupações ambientais, com foco na redução nas emissões de gases de efeito estufa. Na década de 1990, o mercado europeu de energia eólica se consolidou, tanto a nível de instalações, como de criação de uma cadeia produtiva de peças, componentes e softwares, derivada dos fortes incentivos das políticas públicas por parte de governos locais.

O aproveitamento da energia eólica para geração elétrica tem crescido exponencialmente no mundo nos últimos anos, em razão de três drivers: segurança energética, cadeia produtiva e mitigação do impacto ambiental. A capacidade instalada mundial era de 23,9 GW, em 2001, passando, em 2016, para 486,7 GW, o que representa um crescimento de quase 2.000% no período (GWEC, 2017). A maior parte dos parques eólicos está instalada em terra (onshore), porém vários parques têm sido implantados no mar (offshore), devido à redução de locais apropriados e disponíveis em terra para novos empreendimentos (notadamente na Europa, com destaque para Alemanha) e pela possibilidade de serem utilizadas torres mais altas e com maior capacidade produtiva, impossível de serem instaladas onshore.

Do total da capacidade instalada mundial em 2017, 84,62% está localizada em apenas dez países, sendo os três maiores a China (34,88%), os EUA (16,51%) e a Alemanha (10,40%) (GWEC, 2017). O Brasil ocupa o oitavo lugar da lista, com 2,37% do total da capacidade instalada mundial, colocando o país em uma posição de destaque no cenário global, e com grande potencial de crescimento pela dimensão continental e pela qualidade dos ventos.

Cabe ressaltar e reafirmar que o grande crescimento da energia eólica no mundo foi fruto de políticas públicas de promoção e de inserção de energias renováveis, como as adotadas na União Europeia (European Parliament and Council of the European Union, 2001; 2009), e a implementação de vários mecanismos de apoio, como o corte de impostos para renováveis, o mercado de crédito de carbono, as taxas de carbono, os sistemas de preços (i.e. tarifas feed-in) e os sistemas de quotas (i.e. leilões de renováveis).

Além das políticas públicas e dos mecanismos de apoio, pode-se afirmar que outros dois fatores também são relevantes para a expansão da fonte eólica no mundo,

quais sejam, a redução dos custos da fonte eólica e o aumento do seu fator de capacidade.

Quanto à redução dos custos, daqueles referentes à energia eólica onshore caíram 23%, de 2010 até 2017, com uma média de US\$ 0,06 por kWh, o que ocorreu, em parte, devido à diminuição de, aproximadamente, 50% do preço das turbinas eólicas no mercado global, no mesmo período (IRENA, 2018). As turbinas correspondem ao maior item de custo de um projeto eólico, situando-se entre 64% e 84%, nos projetos onshore, e entre 30% e 50%, nos projetos offshore (Blanco, 2009).

O Fator de Capacidade (FC) da fonte eólica representa a proporção entre a geração efetiva da torre eólica e a capacidade total em um determinado período de tempo, sendo uma medida de produtividade. No mundo, o FC vem aumentando devido aos avanços tecnológicos, tanto em materiais, quanto no porte das instalações, o que permite um melhor aproveitamento dos ventos. Destaca-se que o FC médio mundial, para 2015, foi de 23,80%.

## 2. Cenário de energia eólica no Brasil

No Brasil, o desenvolvimento do Setor Elétrico foi fortemente pautado por grandes usinas hidrelétricas com amplos reservatórios de água. Entretanto, devido ao avanço das pressões ambientais e ao esgotamento do potencial hídrico, constata-se o fim da hegemonia das centrais hidrelétricas na expansão da matriz. Desta forma, verifica-se uma tendência crescente e inexorável da diversificação da matriz elétrica brasileira, sendo que uma das principais e mais relevantes fontes neste processo de diversificação foi, é e será a expansão da energia eólica no Brasil.

A participação da fonte eólica vem crescendo na matriz elétrica nacional, saindo de 0,25% (237 MW), em 2006, para 6,73% (10.124 MW), em 2016. Entre os anos de 2007 e 2016, a taxa média de crescimento anual da capacidade instalada dos parques eólicos foi de 48,43%, sendo a fonte que apresentou a maior expansão neste período (EPE, 2017).

De acordo com a última versão do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2026), principal estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre a expansão do Setor Elétrico, a participação eólica na matriz, em 2026, será de 16,14% (28.470 MW). Assim, a fonte eólica deverá superar a fonte termelétrica em termos de potência instalada, em 2026, ficando atrás apenas da energia hidrelétrica. A política energética brasileira teve importante papel no fomento da energia eólica. Em 2002, foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei nº 10.438/2002. Este programa de política pública, além de viabilizar a contratação de uma grande quantidade de parques eólicos, introduziu regras de conteúdo local, com o objetivo de estimular uma cadeia produtiva nacional.

Outros instrumentos importantes de política pública foram os leilões, vinculados a um planejamento sério e consistente por parte das distribuidoras e da EPE, o que permitiu, via competição entre os agentes econômicos, a redução de custos da energia eólica contratada. Considerando os resultados dos leilões de energia elétrica realizados entre 2005 e 2017, os preços médios reais de contratação foram: 178,03 R\$/MWh para eólicas, 313,80 R\$/MWh para solares, 223,60 R\$/MWh para térmicas, 221,56 R\$/MWh para pequenas centrais hidrelétricas e 155,74 R\$/MWh para hidrelétricas (ANEEL, 2018). Desta forma, com exceção das usinas hidrelétricas de maior porte, os empreendimentos eólicos foram os mais competitivos.

O fato de o Fator de Capacidade da energia eólica nacional apresentar a maior média mundial é outro elemento importante que explica o crescimento desta fonte no país. O FC evoluiu de 32,42%, em 2012, para 41,6%, em 2016 (MME, 2017), percentual quase duas vezes maior do que a média mundial. A sazonalidade da fonte eólica, no Brasil, acarreta o aumento do FC nos meses secos, de maio a

novembro, e a sua diminuição nos meses úmidos, entre dezembro e abril. Pode-se afirmar que um aspecto positivo desta sazonalidade é a sua complementariedade com a fonte hídrica, a qual concentra a maior parte da geração no período úmido do ano. Deste modo, estimular a fonte eólica contribui ainda mais para a sua participação no balanço energético nacional.

### 3. Energia eólica offshore na Europa

A energia eólica offshore constitui uma tecnologia relativamente recente, mas de rápido desenvolvimento, e se encontra no limiar da produção em larga escala. As primeiras turbinas de teste foram instaladas nos mares da Europa, na década de 1990. Desde então, e principalmente ao longo da última década, o crescimento das instalações no continente tem sido vertiginoso.

A energia eólica offshore, no continente, registrou um recorde de 3.148 MW de capacidade instalada adicional, em 2017, o que corresponde a 560 novas turbinas eólicas em 17 parques eólicos. Atualmente, a Europa tem uma capacidade total instalada de energia eólica offshore de 15.780 MW, vinculada a 4.149 turbinas conectadas à rede elétrica em 11 países, sendo a líder mundial isolada. Deste modo, constata-se que houve um aumento exponencial da capacidade instalada offshore, a qual, até 2011, não chegava a 1.000 MW (Wind Europe, 2018).

Porém, a capacidade total instalada de energia eólica offshore encontra-se concentrada em poucos países do continente, sendo que 98% do seu total localiza-se em cinco países. Dois países têm quase 80% das instalações offshore: o Reino Unido concentra 43% das instalações, com uma capacidade instalada de 6.835 MW, e a Alemanha possui 34% das instalações, com 5.355 MW de capacidade instalada. A Dinamarca, a Holanda e a Bélgica possuem, respectivamente, 8%, 7% e 6% das instalações.

Em 2017, foram definidos novos projetos de energia eólica offshore, os quais representaram novos investimentos de 7,5 bilhões de euros e que vão agregar um acréscimo de 2,5 GW de capacidade instalada (Wind Europe, 2018). Os países que mais realizaram aumentos de capacidade instalada foram o Reino Unido, com 1.679 MW, a Alemanha, com 1.247 MW, a Bélgica, com 165 MW, e a Finlândia, com 60 MW (Wind Europe, 2018). A região com mais instalações, em 2017, foi o mar do Norte, com 67% do total de instalações.

Com relação aos fabricantes, dentre os dez maiores atores da indústria de energia eólica, seis são europeus: Siemens, EEW Group e ENERCON, da Alemanha, Vestas e Dong Energy, da Dinamarca, e Senvion, de Luxemburgo. Os fabricantes europeus são líderes internacionais na maioria dos componentes e das áreas tecnológicas-chave, como as turbinas eólicas offshore, as fundações, as plataformas, as embarcações e os cabos.

Hoje, a energia eólica offshore tem custos mais elevados do que outras fontes de energia renováveis, como a solar e a própria eólica onshore. No entanto, é possível afirmar que a energia eólica offshore constitui uma tecnologia com desenvolvimento a nível industrial relativamente recente e o potencial de redução de custos por meio de economias de escala e de aprendizado é grande. Destaca-se que este potencial pode ser plenamente concretizado por meio da implementação de políticas públicas de longo prazo (Foundation Offshore Wind Energy, 2014).

Os regimes de apoio à energia eólica offshore são, geralmente, estabelecidos a nível nacional na Europa, além de serem financiados pelos consumidores de energia elétrica e pelos contribuintes dos respectivos países. No entanto, essas políticas de apoio precisam cumprir a legislação da União Europeia, a Internal Electricity Market Directive (2009/72/EC) e a Renewable Energy Directive (2009/28/EC).

De acordo com Fichtner e Prognos (2013), o custo de energia elétrica de novos

parques eólicos offshore poderia diminuir de 32% a 39%, até 2023, se equiparando, portanto, às outras fontes de energia. Além disso, é possível afirmar que o custo de capital também diminuirá para projetos offshore, devido ao aumento da experiência referente a estes projetos e aos efeitos da curva de aprendizado derivados de um ambiente de mercado estável (Foundation Offshore Wind Energy, 2014).

As inovações regulatórias desempenharam um papel positivo no apoio ao crescimento em larga escala da energia eólica offshore. Em anos recentes, houve mudanças na forma como a maioria dos países concede subsídios para projetos eólicos offshore, impulsionados pela necessidade de aumentar a concorrência e de diminuir os custos desta fonte. Alguns países europeus que apoiam a energia eólica offshore, como a Dinamarca e os Países Baixos, realizam leilões para locais offshore, com a concessão de autorizações de forma simultânea (plug-and-play), o que reduz o tempo de desenvolvimento e os custos. A Alemanha também está migrando para um sistema baseado em leilões, o qual, após um período de transição, deverá entrar em vigor em 2026.

#### 4. Projetos piloto de energia offshore no Brasil

No Brasil, a Petrobras está fazendo os primeiros investimentos em turbinas offshore. A licitação para um projeto piloto, no Rio Grande do Norte, deverá ocorrer ainda em 2018, com o objetivo de instalar aerogeradores em campos de águas rasas, com a previsão para entrada em operação em 2022. A principal vantagem da operação offshore é o maior FC das turbinas, o que se traduz como uma maior produtividade do aerogerador. Além disso, o aproveitamento offshore permite o emprego de turbinas de maior porte. Segundo o presidente do Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (Cerne), Jean-Paul Prates, a média da potência instalada dos aerogeradores brasileiros em terra é de, aproximadamente, 2 MW, enquanto que no mar a capacidade das turbinas alcança 8 MW.

Nesta planta-piloto, destacam-se dois aspectos principais. O primeiro é o fato de uma grande empresa estatal da área de energia estar liderando o movimento para a exploração eólica no mar, atendendo, em parte, as necessidades de energia elétrica não poluidoras offshore. O segundo seria a incerteza em relação aos retornos do projeto, considerando que, apesar de o mar oferecer um espaço maior e menos obstrução ao vento, a operação offshore é mais complicada, devido, sobretudo, a peculiaridades na forma de operação, manutenção e transmissão.

Entretanto, se o projeto se comprovar economicamente viável, a expectativa da Petrobras é expandir sua operação offshore. Neste sentido, visando o sucesso destes empreendimentos, a companhia tem buscado parcerias com empresas com experiência neste tipo de tecnologia e de operação, como a norueguesa Equinor (ex-Statoil).

#### 5. Considerações finais

No caso do Brasil, é possível afirmar que há diversos benefícios da inserção da fonte eólica na matriz elétrica, devido à complementaridade com o regime hidrológico e ao seu caráter renovável e sustentável. Além disso, apesar de razões e motivações distintas, o país está seguindo os caminhos que a Europa trilhou na década de 1990, buscando maior aproveitamento da geração eólica e diversificando a matriz elétrica nacional. Pode-se destacar, ainda, a elevada produtividade que os aerogeradores brasileiros apresentam, resultando na maior média de FC no mundo, acima de 40%.

Em termos da produção offshore, quem inicia o processo de investimentos é a Petrobras e, através de projetos piloto, a estatal visa adquirir conhecimento e experiência para este tipo de geração. Adicionalmente, do ponto de vista estratégico da Petrobras, a geração eólica em alto mar pode ter seus custos reduzidos em virtude de economias de escopo, advindas do aproveitamento conjunto com plataformas de petróleo já existentes.

Assim, observando o potencial brasileiro e o caminho que diversos países europeus têm trilhado, destaca-se que a expansão da geração elétrica brasileira poderá contar com o desenvolvimento da energia eólica offshore.

**Nivalde de Castro é professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do GESEL- Grupo de Estudos do Setor Elétrico. Antonio Lima é mestrando do PPED-Instituto de Economia da UFRJ e pesquisador do GESEL. Gabriel Hidd é doutorando do PPED-IE-UFRJ e pesquisador do GESEL. Pedro Vardiero é doutorando do PPE-COPPE-UFRJ e pesquisador do GESEL.**