

## Investimento: Parque Solar x Eólico (1)

Mauro Iwanow Cianciarullo

Como entender a opção pelo investimento em energia renovável em um parque solar ou um parque eólico? Alguns parâmetros podem explicar as tendências e a evolução das opções disponíveis e é isto que vamos explorar a seguir, identificando similaridades e contrapontos que atraem ou repelem o investidor através de desenvolvimento ou fusões e aquisições neste mercado.

As diferenças entre as duas fontes geradoras são evidentes, mas o potencial estimado para os próximos anos em investimentos eólicos supera em três vezes o previsto para parques solares. Como entender esta diferença? Contextualizando a criação de um parque de energia pode-se analisar comparativamente as principais diferenças e traçar um panorama da atratividade de cada tipo de empreendimento.

A começar pela fonte geradora, ambas possuem potencial diferenciado no Brasil, sobretudo na região nordeste, em localidades muitas vezes idênticas.

Na identificação das micro áreas e início da formação de um parque começam a aparecer as diferenças. Um parque solar é concentrado, assim a tendência é resolver-se o fundiário com poucos proprietários. Já o eólico, devido ao espaçamento das torres apresenta uma conformação mais espalhada e conseqüentemente quantidade maior de negociações e propriedades envolvidas.

Com relação aos acessos, o parque solar não demanda grandes equipamentos de montagem durante a construção e a operação, assim geralmente os acessos existentes atendem a necessidade do empreendimento sem melhorias significativas como no caso dos parques eólicos.

Para a composição de um parque solar citam-se como principais componentes os painéis, inversores, cabos, conexões e estrutura de suporte com ou sem giro em ao menos um eixo. Já um parque eólico é composto por estruturas maiores e mais pesadas como a nacelle que pode ultrapassar 70 toneladas, as pás, torre, rede de média tensão e plataformas de montagem. A fundação das duas opções nem se compara, visto que apenas um aerogerador pode chegar a mais de 500 m<sup>3</sup> de concreto na base e uma estrutura com alguns painéis possui menos de 1 m<sup>3</sup>.

O custo de implantação de 1 MW solar gira em torno de US\$ 1,1 mi enquanto no eólico US\$ 1,4 mi. Entretanto, a forma mais usual de comparar a competitividade de diferentes tecnologias de geração é através do conceito de LCOE (Levelized Cost of Energy) que mede a competitividade através de fatores como custo de capital, fator de capacidade, custos operacionais e eficiência descontados no tempo de vida útil do empreendimento. Para o caso solar o LCOE está em cerca de 25 US\$/MWh e o eólico em 30 US\$/MWh.

Discorrendo um pouco sobre a tendência tecnológica das placas solares, vimos que se dá pelo aumento da eficiência energética com a utilização de componentes e materiais que aproveitem melhor a energia solar. A eficiência dos módulos é tipicamente menor que 20%, ou seja, para cada um milhão de fótons que atingem a placa, apenas 200 mil se convertem em energia elétrica corrente contínua (CC), o restante perde-se em calor.

Interessante notar que este calor provoca aumento de temperatura nos módulos solares o que reduz a eficiência do processo, assim a conformação das placas solares, distanciamento, ângulo e posicionamento das mesmas impacta diretamente no fluxo do vento e redução do calor por convecção em até 45% com um potencial aumento de 5% na capacidade de geração e ainda redução na degradação do painel em cerca de 0,3% por ano. Esta é uma das vantagens de se integrarem parques solares em localidades aonde existam parques eólicos instalados o que garante a presença de ventos.

A tecnologia em energia solar tem apresentado desenvolvimento considerável nos últimos anos e o tipo de material aumenta o rendimento da produção de energia. No Brasil as placas dominantes são com módulos de 72 células em silício policristalino com tensão máxima no sistema de 1500V o que reduz o cabeamento, porém deixa o sistema mais propenso a ocorrência de PID (potential induced degradation). Nos EUA os módulos de 60 e 72 células dominam o mercado e começam a aparecer os painéis bifaciais com aproveitamento de reflexão do solo ou material de base das instalações. Interessante notar que para 2020 a expectativa de exportação de um dos maiores fornecedores da China para os EUA é de 99% dos módulos monocristalinos de alta eficiência.

Outro fator levantado é a configuração de projeto dos inversores trabalhando em capacidade mais próxima do limite. O FDI (fator de dimensionamento do inversor) que indica a razão entre a potência em CA (corrente alternada) de saída e a potência em CC (corrente contínua) proveniente dos painéis, têm-se mostrado mais carregado indicando a utilização de inversores menores e mais baratos com operação mais eficiente, porém impondo limitações ao sistema como perdas por sobrepotência. A apresentação de um FDI menos elevado, ou seja, uma potência em CA entregue ao sistema mais distante da potência em CC gerada pelo parque tende a apresentar uma produção mais constante em períodos com menor insolação, o que potencializa a produção fora do pico.

Lembrando aqui que a medida de potência do painel solar dá-se em Wp (Watt peak) que caracteriza-se pelo maior potencial de geração com configuração de incidência ideal prevista em laboratório, assim quanto mais próximo desta potência maior será a eficiência do parque e parques mais próximos do equador apresentam incidência mais próxima da maior eficiência.

Outro diferencial são os painéis com eixo móvel de acompanhamento da incidência solar otimizando o aproveitamento o que está refletido na quase totalidade dos projetos inscritos em leilões anteriores. A utilização de 2 eixos móveis pode crescer até 7% em geração mensal quando comparado a apenas 1 eixo. Também a elevação do potencial por área tem apresentado placas mais potentes reduzindo-se as áreas necessárias para a geração de maior energia com expectativa de se chegar a placas com 600 W já em 2022.

Em termos de controle remoto, a energia solar tem apresentado um diferencial que é a utilização de BIG DATA para análise e otimização de sua produção e estudos envolvendo IOT, nuvem e segurança dos sistemas.

Já o parque eólico, como discutido em artigos anteriores, desafia a altura de projeto e o tamanho dos aerogeradores aonde a uniformidade e constância dos ventos traz geração de energia durante tempo mais prolongado.

No Brasil os últimos leilões tiveram 827 projetos cadastrados em parques solares e 845 em eólicos e os valores médios alcançados foram respectivamente de 84 R\$/MWh e 99 R\$/MWh. Para habilitação técnica no leilão são exigidos 36 meses de levantamento de ventos com estações que abrangem 10 km de raio e no caso solar apenas 12 meses e mesmo raio. O tipo do ambiente de contratação adotado para os estudos das solares esteve entre 30% e 50% para o ambiente de contratação regulado (ACR) e o restante para o livre (ACL).

Analisando de forma macro, parece haver muito mais vantagens para a implantação de um parque solar, porém a alternativa eólica continua sendo a preferência tanto por investidores como nas bases dos leilões. Quais os motivos disto? Em primeiro lugar devemos lembrar que o mercado eólico já é um mercado consolidado no mundo, com parques implantados desde a década de 80 alguns em fase final de vida útil por substituição, recuperação ou desativação. Muitos fornecedores estão implantados no Brasil e a cadeia é bem desenvolvida.

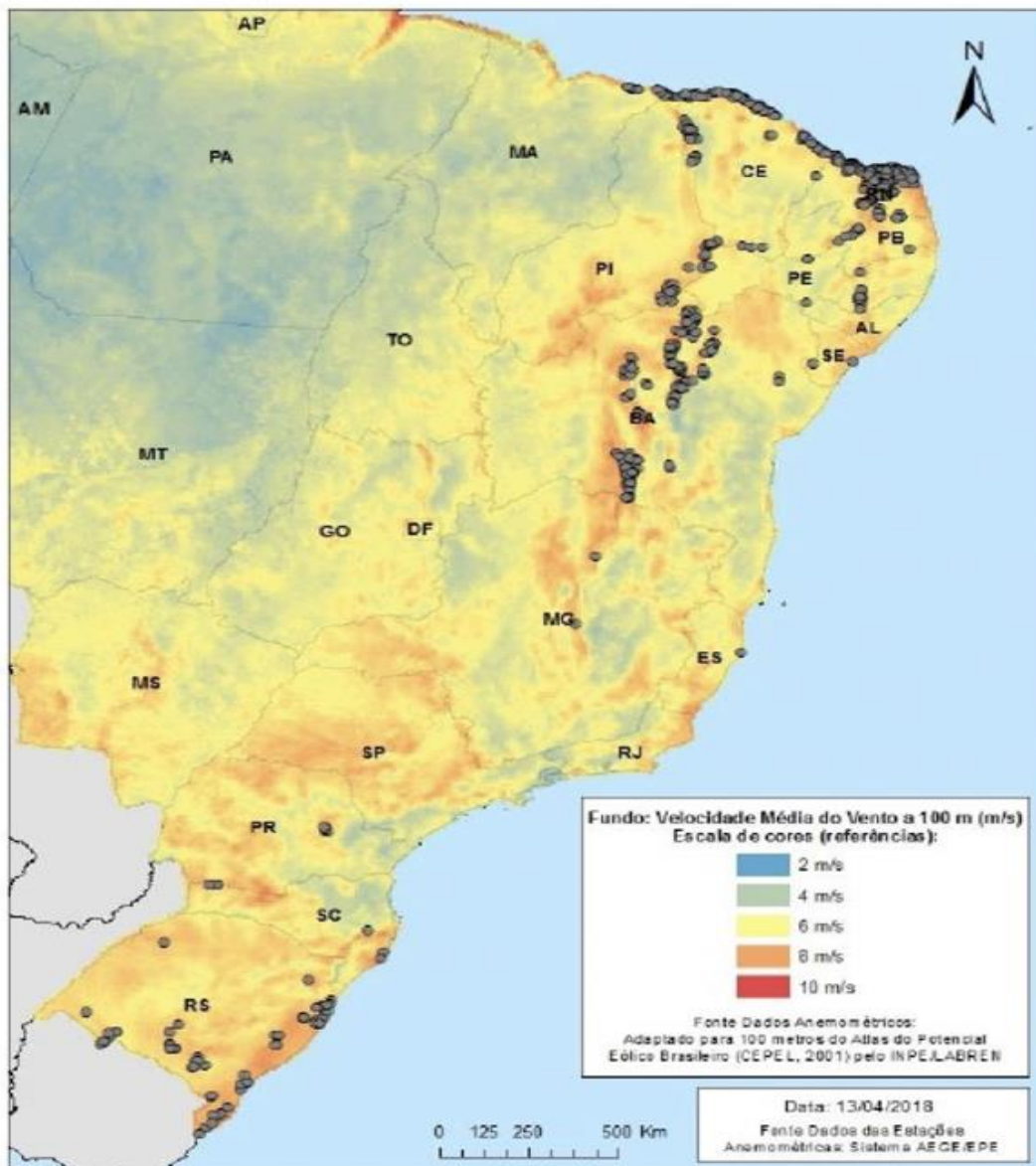
Já no caso solar, a indústria apresenta um desbalanço com concentração dos principais fornecedores na China e dos principais investidores na China também, representando cerca de 25% do crescimento do mercado mundial em 2019 e capacidade instalada de mais de 200 GW, ou quase um terço da capacidade instalada no mundo. Vimos também que a concorrência por preços menores nos painéis devido ao esfriamento da demanda chinesa quebrou bons fornecedores chineses o que de certa forma impacta a confiabilidade de um investimento que necessita de manutenção, substituição de peças e com uma vida útil média potencial de até 30 anos. O câmbio é outro fator que não tem contribuído

para este mercado, sendo que a desvalorização do real e a valorização do dólar nos últimos anos deveria incentivar de forma mais expressiva o investimento em produção no Brasil sendo este o quinto maior produtor de sílica no mundo.

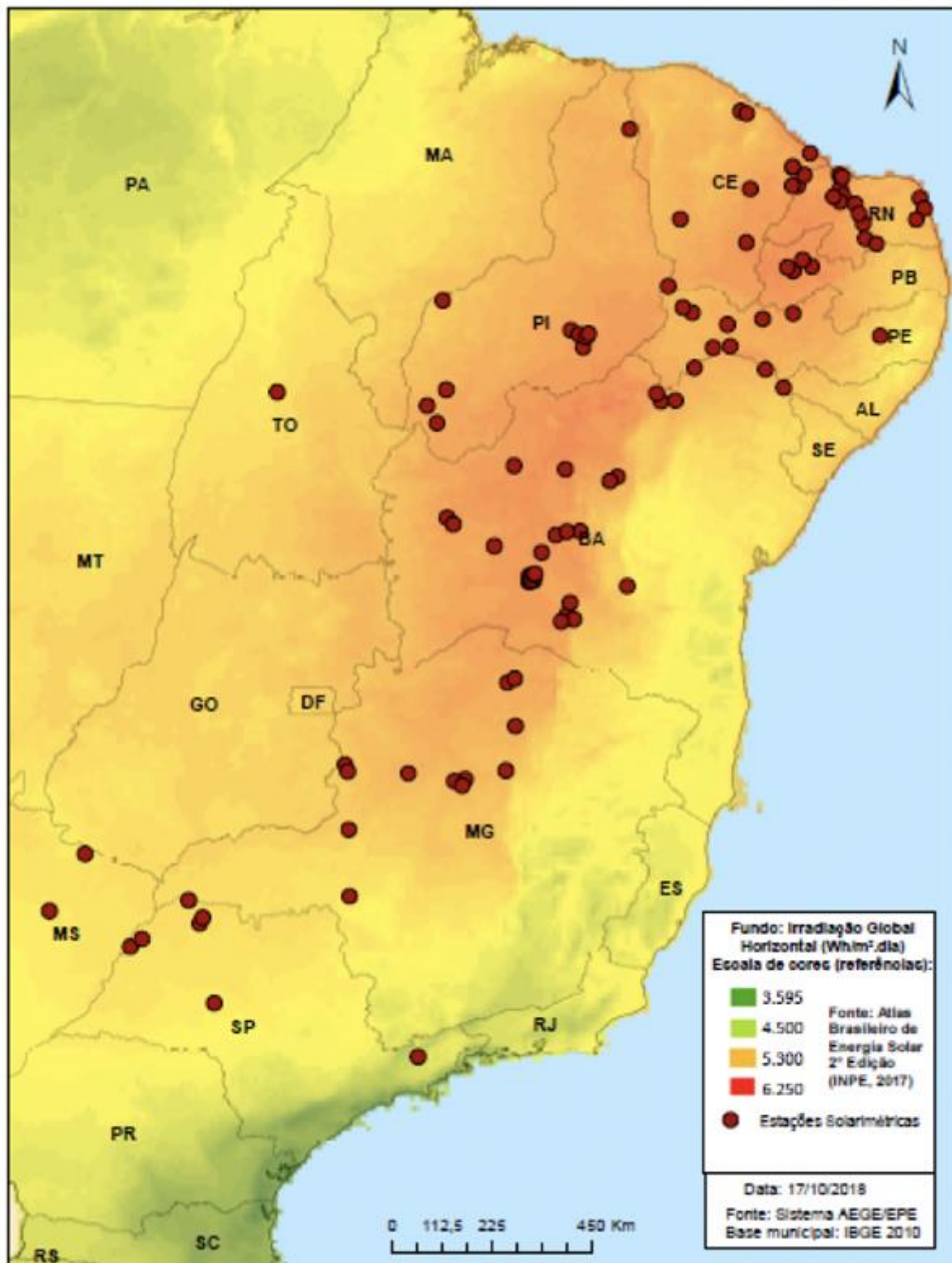
Além disto, a deterioração da placa solar devido a intempéries reduz a produção em cerca de 0,5% ao ano ou cerca de 15% durante a vida útil do parque, reduzindo também a energia garantida para disputa de leilões. Os atrativos na agilidade de implantação parecem concorrer com as dificuldades de utilização, apesar da manutenção ser muito menos complexa que os parques eólicos, com serviços como limpeza e substituição de componentes, sobretudo inversores, como principais atividades e custos.

Em ambos os modelos de parque (Solar x Eólico) as dificuldades de conexão ao SIN através das subestações e linhas de transmissão são as mesmas. Porém empresas especializadas estão desenvolvendo estudos avaliando o potencial complementar dos parques eólicos e subestações existentes de forma a viabilizar a complementaridade das fontes com a inserção de parques solares junto as fontes eólicas sem a necessidade de grandes alterações nos conjuntos para a transmissão e interligação ao sistema nacional. Dos principais desafios para esta complementaridade podemos citar a variação da voltagem devido a variação do vento e da incidência solar, a variação da frequência em função de mudanças abruptas na potência ativa das cargas, harmônicos devido aos componentes eletrônicos e aplicações não lineares, impactos da intermitência da energia elétrica na segurança do sistema e sincronização.

As figuras a seguir destacam regiões de maior potencial eólico e solar no Brasil:

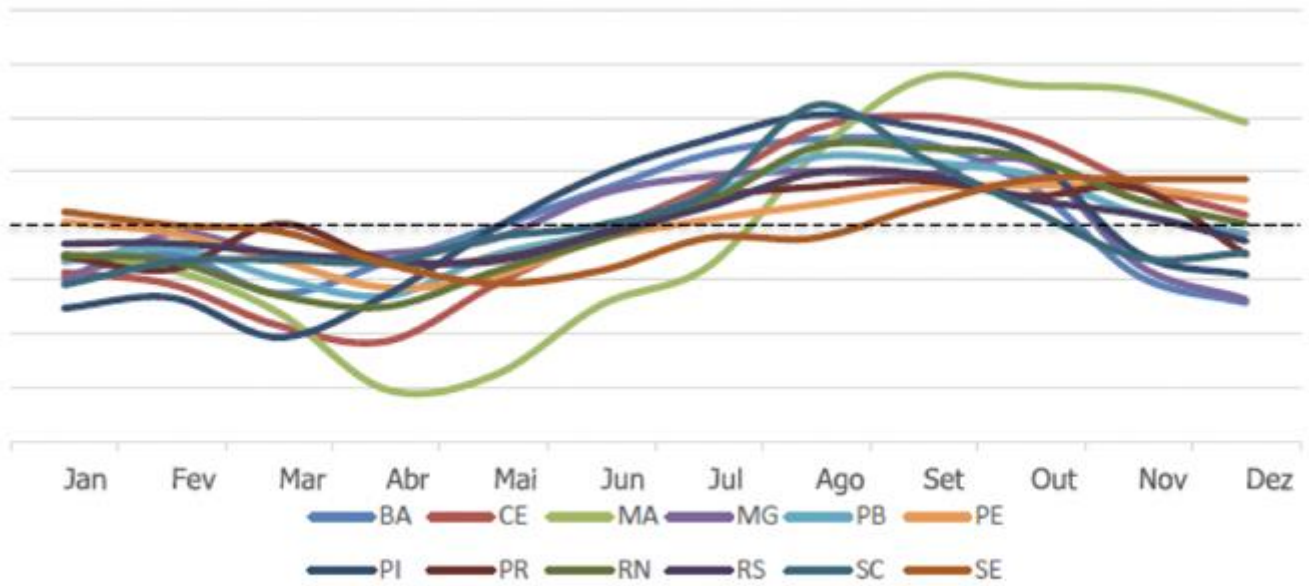


Estações Anemométricas e Velocidade dos ventos no Brasil. Fonte: EPE.

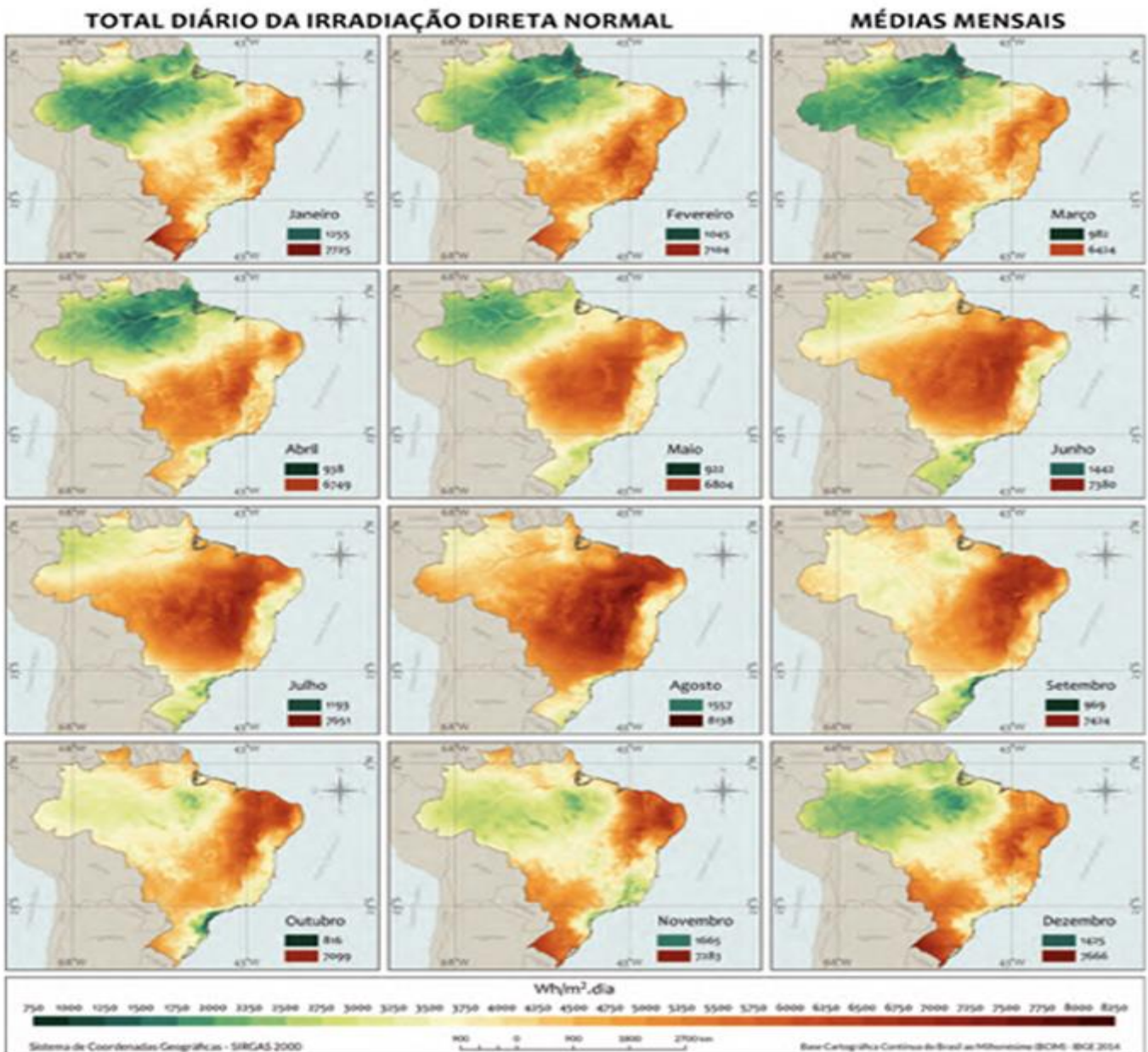


## Estações Solarimétricas e Irradiação no Brasil. Fonte: EPE.

De maneira geral, os ventos no Nordeste têm maior incidência nos meses de julho a novembro enquanto que a incidência solar apresenta boa condição no ano inteiro com maior potência para os mesmos meses.



Sazonalidade Eólica. Fonte: EPE.



Sazonalidade Solar. Fonte: INPE.

Interessante lembrar também que os incentivos tarifários nas linhas para energias renováveis tinham como fator limitador a dimensão dos parques em 30 MW, apoiando o investimento num mercado a ser desenvolvido, porém tirando a competitividade provinda do ganho de escala do investimento, o que

deve começar a aparecer em maior quantidade nos próximos anos. O incentivo fiscal trouxe coragem ao investidor pioneiro que agora fazendo parte do mercado poderá reduzir sua percepção de risco e desenvolver parques maiores.

Resumidamente podemos apresentar então os principais fatores que diferenciam a implantação destes parques pelo tipo de geração conforme a seguir:

<b>PARQUE DE GERAÇÃO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>EÓLICA ONSHORE</b>	<b>SOLAR</b>
Tempo de lavantamento de dados (meses)	36	12
Prazo de execução (meses)	24 a 36	10 a 18
Capex (US\$/KW)	1400	1100
Opex (aa)	2 a 3 %	0,5 a 1 %
Impacto Câmbio	menor	maior
Fator de Capacidade	60%	20 a 25 % (CC)
LCOE (US\$/MWh)	30	25
Prazo dos Projetos (anos)	20	20
Durabilidade / Deteriorização (anos)	20 a 25	30 (com 85% eficiência)
Benefícios Fiscais	REIDI / ICMS	REIDI / ICMS
Uso da terra (km <sup>2</sup> /MW)	0,8	0,03
Principal componente no custo	Nacele (> 50 %)	Módulo Fotovoltaico (> 50 %)
N.º interessados A-6 2019	845	827
Preço teto A-6 2019 (R\$/MWh)	189	209
Resultado A-6 2019	44 empreendimentos (181 MW médios) 99,88 R\$/MWh médios	11 empreendimentos (59,5 MW médios) 84,38 R\$/MWh médios
Tipo de Contrato	Quantidade (ICB)	Quantidade (ICB)

**Quadro Comparativo Solar x Eólica. Fonte: Autor.**

Assim, dada a diferença na idade de desenvolvimento das tecnologias pode-se entender um pouco

sobre a perspectiva dos próximos anos de um mercado consolidado para parques eólicos e um grande potencial da energia solar para ocupar espaço como alternativa energética na matriz brasileira. Podemos citar que entre 2009 e 2019 a energia solar no mundo passou de 23 GW instalados para 627 GW um crescimento de 27 vezes, que se realizou junto com o desenvolvimento tecnológico e consolidação de módulos e painéis, principalmente na China e aparentemente, nos últimos anos, vem se espalhando no mundo e agora de forma mais contundente no Brasil.

## **Bibliografia:**

Atlas Brasileiro de Energia Solar, Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) (2017). [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html)

CEPAL / Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), “Indicadores de desempenho associados a tecnologias energéticas de baixo carbono no Brasil e evidências para um grande impulso energético”, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/73; LC/BRS/TS.2020/5), Santiago, 2020. <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45943-indicadores-desempenho-associados-tecnologias-energeticas-baixo-carbono-brasil>

Cianciarullo, M.I.; Construção de Parques Eólicos: Equipamento do Caminho Crítico. Canal Energia (2020) <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53142797/construcao-de-parques-eolicos-equipamento-do-caminho-critico>

Cianciarullo, M.I.; Torres Eólicas: Aço x Concreto. Canal Energia (2020). <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53151165/torres-eolicas-aco-x-concreto>

EPE – Informe Leilões de Geração de Energia Elétrica, EPE-DEE-IT-104/2019-r0. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (2019) [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-451/Informe%20Leil%C3%B5es%202019\\_v3.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-451/Informe%20Leil%C3%B5es%202019_v3.pdf)

EPE – Participação de Empreendimentos Eólicos nos Leilões de Energia no Brasil, EPE-DEE-NT-041/2018-r0. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (2018) [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-394/NT\\_EPE-DEE-NT-041\\_2018-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-394/NT_EPE-DEE-NT-041_2018-r0.pdf)

EPE – Projetos Fotovoltaicos nos Leilões de Energia, EPE-DEE-NT-091/2018-r0. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (2018) [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-110/topico-418/EPE-DEE-NT-091\\_2018-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-110/topico-418/EPE-DEE-NT-091_2018-r0.pdf)

EPE – Retrato dos Novos Projetos Solares Fotovoltaicos no Brasil, EPE-DEE-NT-030/2017-r0. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (2017). [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-78/NT\\_EPE-DEE-NT-030\\_2017-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-78/NT_EPE-DEE-NT-030_2017-r0.pdf)

Feldman, David, and Margolis, Robert. Mon . Q1/Q2 2020 Solar Industry Update. United States. NREL/PR-6A20-77772. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/77772.pdf>

Glick, A., Ali, N., Bossuyt, J. et al. Utility-scale solar PV performance enhancements through system-level modifications. Sci Rep 10, 10505. Nature (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66347-5>

Nascimento, R.Limp: Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas, Estudo Técnico – Câmara dos Deputados (2017) <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259>

NREL / National Renewable Energy Laboratory, Sandia National Laboratory, SunSpec Alliance, and the SunShot National Laboratory Multiyear Partnership (SuNLaMP) PV O&M Best Practices Working

Group. 2018. Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems; 3rd Edition. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-7A40-73822. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73822.pdf>.

NREL/Sandia/Sunspec Alliance SuNLaMP PV O&M Working Group. 2016. Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance, 2nd Edition. NREL/ TP-7A40-67553. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. [www.nrel.gov/docs/fy17osti/67553.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67553.pdf)  
Rashid Al Badwawi, Mohammad Abusara & Tapas Mallick (2015) A Review of Hybrid Solar PV and Wind Energy System, Smart Science, 3:3, 127-138, DOI: 10.1080/23080477.2015.11665647

REN21. 2020. Renewables 2020 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf)

(1) Artigo publicado na Agência CanalEnergia. Disponível em:

<https://www.canalenergia.com.br/artigos/53157456/investimento-parque-solar-x-eolico>. Acesso em 11 de dezembro de 2020.