

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA BAHIA

Energia para a Bahia em 2030

Sumário

Antonio Expedito Gomes de Azevedo

Antonio Santos Sánchez

Carine Tondo Alves

Douglas Bitencourt Vidal

Ednildo Andrade Torres

Fábio Matos Fernandes

Francisco Gaudêncio Mendonça Freires

José Alexandre Ferraz de Andrade Santos

José Ricardo Uchoa Cavalcanti Almeida

Luís Oscar Silva Martins

Milton José Porsani (Coordenador)

Paulo Roberto Ferreira de Moura Bastos

Pieter de Jong

Kleber Freire da Silva

2022

Introdução

Em uma era cada vez mais digital e com população crescente, é mais do que claro que a demanda energética brasileira tem tendência de aumento. E, com a urgência de mitigar a crise ambiental, as fontes renováveis de energia ganham mais relevância. Com grande contribuição à matriz energética nacional, a atual produção de energia da Bahia tem forte predominância de fontes não renováveis (66,8%), com grande concentração em derivados de petróleo. As fontes renováveis representam apenas 19,5%, e o restante é composto por outras fontes fósseis — estas tiveram crescimento significativo entre 1999 e 2015, principalmente por conta do gás natural e do petróleo e seus derivados.

Apesar do pioneirismo da Bahia na produção nacional de petróleo e de seu sucesso no aproveitamento da Bacia do Recôncavo, hoje a situação é outra: a exploração, produção, refino e distribuição do óleo estão em declínio, assim como as atividades de apoio ao setor de petróleo e gás natural (P&G). Essa queda, é claro, afeta diretamente a atividade socioeconômica dos municípios produtores, tendo sérias consequências para suas populações e para o estado. A recuperação das iniciativas de P&G requer investimentos em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) nas áreas relacionadas ao setor.

A Bahia, no entanto, tem diversos caminhos para tornar o perfil da matriz energética nacional mais sustentável, reduzindo seus impactos ambientais. Um exemplo é a energia solar: o estado se destaca na área, tendo ótimo potencial para geração fotovoltaica, podendo contribuir no suprimento das demandas atuais e futuras por energia elétrica no país, seja por meio da geração centralizada (GC) ou distribuída (GD). A biomassa é outra importante (e disponível) alternativa de fonte primária e renovável de energia, com uma série de vantagens ambientais — entre elas, as possibilidades de reciclagem e reutilização.

O potencial hidrelétrico é mais um destaque da Bahia, e do Nordeste como um todo, principalmente nas usinas do rio São Francisco. Atualmente, o local passa por uma das mais graves crises hídricas do país. Estudos apontam que as vazões médias do rio entre 1984 e 2013 são muito inferiores aos números registrados de 1931 a 1983. Neste sentido, o estado também tem a contribuição da ciência: a Bahia reúne grupos de pesquisadores com inserção internacional, elevada competência e boa infraestrutura laboratorial. São núcleos instalados em diversos centros da Universidade Federal da Bahia (UFBA), no Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai/Cimatec) e no Parque Tecnológico da Bahia. Há, ainda, um esforço na formação de pessoal especializado no setor energético, com cursos de graduação e programas de pós-graduação na

UFBA, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e no Senai/Cimatec com foco em energias renováveis.

O sucesso da evolução da matriz energética depende da elaboração de políticas que foquem as alternativas renováveis. É de grande relevância a promoção de iniciativas, por parte do governo estadual, que favoreçam as conexões entre os setores acadêmico e industrial por meio da proposição de editais, da celebração de convênios, do estabelecimento de acordos de cooperação para financiar projetos de pesquisa e desenvolvimento, da abertura de linhas de crédito que apoiem a criação de empresas nacionais.

Para oferecer um retrato da matriz energética do estado da Bahia, apresentamos, a seguir, informações sobre as energias eólica, solar, da biomassa, hidrelétrica, fóssil e nuclear. Destacamos sua importância e analisamos questões estratégicas ligadas à pesquisa em C&T e à formação de recursos humanos, além de apontar as principais limitações e desafios do desenvolvimento de projetos na Bahia. O documento traz, ainda, uma avaliação das tendências do cenário energético e propostas que devem ser úteis na orientação de políticas públicas para o estado.

Energia eólica na Bahia

Entre as várias fontes de energia renovável, a energia eólica vem se tornando uma boa opção para substituir a geração convencional de energia elétrica e, consequentemente, mitigar as mudanças climáticas globais (SAIDUR *et al.*, 2010). Desde 2009, a Bahia tem atraído investimentos no setor de geração eólica, tornando-se líder nacional de comercialização de parques eólicos nos leilões de energia da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O estado tem cerca de um terço dos contratos da Agência, além de ter liderança em capacidade outorgada. É o maior estado produtor de energia eólica do Brasil (ANEEL, 2021): dados de 2020 mostram que a geração eólica baiana totalizou 16,22 TWh, o que representa cerca de 30% da produção nacional por essa fonte (ABEEólica, 2021). Além disso, a produção energética teve crescimento de 16,3% entre 2019 e 2021, passando de 3.267,86 MW para 2.809,77 MW médios gerados por mês (ONS, 2021).

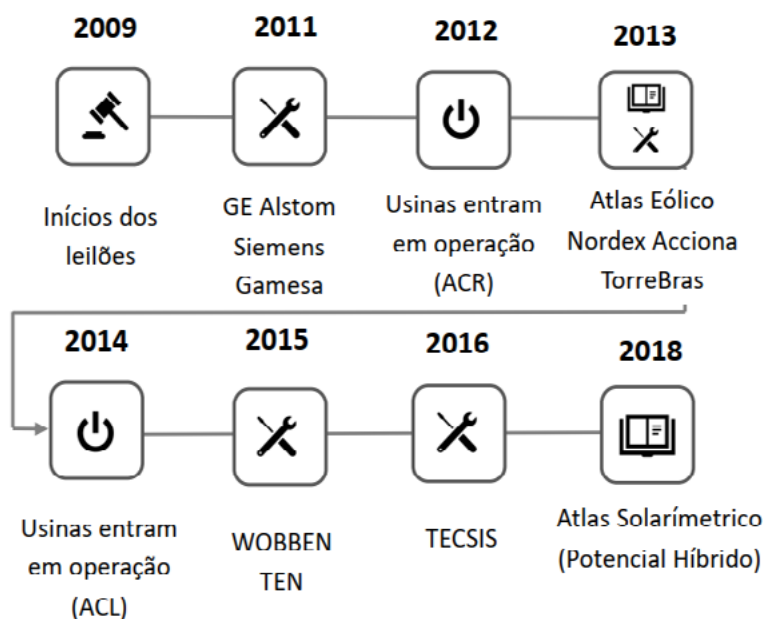


Figura 1. Linha do tempo da energia eólica na Bahia
Fonte: SDE (2019).

Segundo relatórios do Operador Nacional Sistema Elétrico (ONS), o fator de capacidade médio de energia eólica da Bahia em 2020 foi de 43,6%. O número supera o fator de capacidade médio nacional do período (40,6%). Apesar de ser uma performance considerável, a tendência é de aumento: De Jong *et al.* (2017) estimaram que o fator de capacidade médio anual dos parques eólicos instalados até 2020 na Bahia pode chegar a 50% — e o crescimento em 2021 confirma os bons ventos.

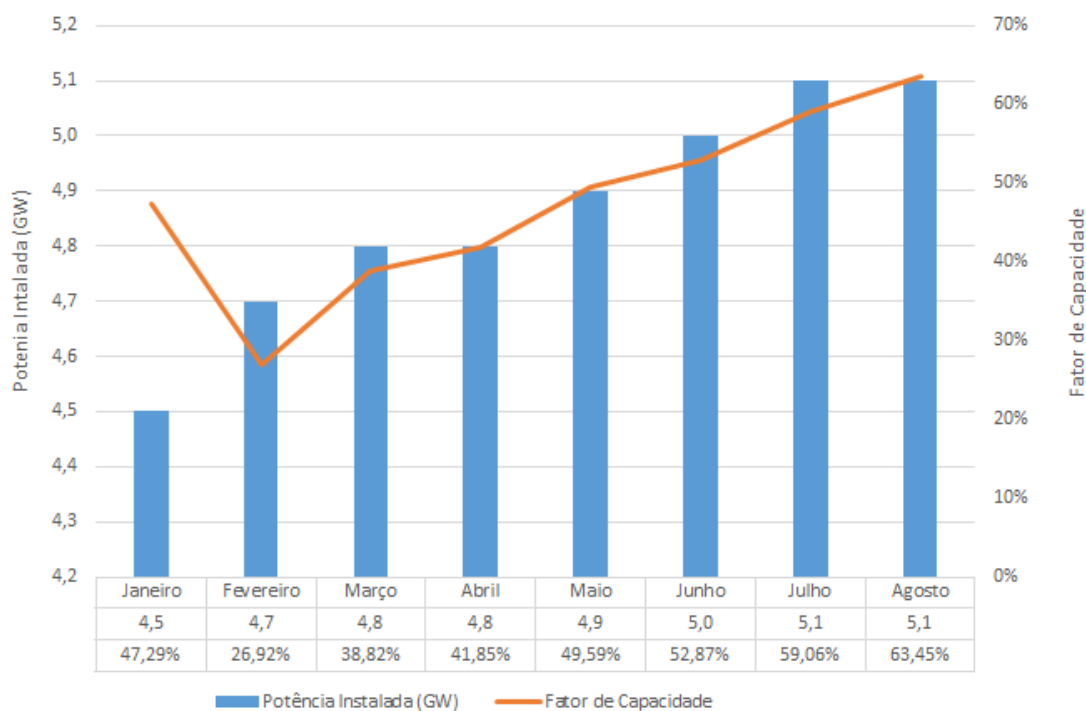


Figura 2. Fator de capacidade para meses do ano de 2021
Fonte: Adaptado de ONS (2021).

De acordo com o Atlas do Vento da Bahia, o potencial de energia eólica do estado é estimado em 70.000 MW, considerando uma altura de *hub* de 100 metros acima do solo (SCHUBERT, 2013). Combinado a tecnologias de armazenamento de energia, esse potencial poderia suprir a demanda de eletricidade das regiões Nordeste e Norte. São dados expressivos, e que ainda não levam em consideração o potencial de geração eólica *offshore* pela indisponibilidade de dados. O próprio Atlas de Energia Eólica Brasileiro (CEPEL, 2017) contabiliza apenas dados de simulações de velocidade do vento *offshore* — isso porque não há medição de dados em estações anemométricas para a categoria. Estudos de estimativa de potencial *offshore* são atualmente desenvolvidos por instituições como a UFBA, por meio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial.

Segundo dados de 2021 da Aneel, a Bahia conta com 208 parques eólicos em operação, 77 em construção e 81 com projetos finalizados, mas com construção ainda não iniciada. Os investimentos superam a marca de R\$ 15 bilhões, com cerca de 60 mil empregos gerados. Há previsão de novos investimentos de aproximadamente R\$ 7 bilhões e de geração de mais 22,8 mil empregos diretos e indiretos, beneficiando 24 municípios do estado (ABEEólica, 2019; SDE, 2019). Além dos parques eólicos distribuídos na região do semiárido, a Bahia tem um parque industrial voltado para a produção de equipamentos do setor eólico na região litorânea. Essa estrutura é composta por seis grandes empreendimentos: GE/Alstom, Siemens/Gamesa, Nordex/Acciona, Torrebras, Torres Eólicas do Nordeste e Wobben Windpower. No total, o parque industrial soma investimentos de R\$ 704 milhões (SEPLAN, 2019), consolidando o território baiano como principal polo nacional na fabricação desses componentes.

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 aponta que a fonte eólica tem se mostrado extremamente competitiva frente às demais tecnologias. É o recurso com maior participação na expansão da matriz para atender à demanda de energia mensal, com 10.000 MW de capacidade instalada, além de montante já contratado e que se encontra em construção. Esse crescimento fará a participação da fonte eólica subir para 12% da capacidade instalada do Sistema Integrado Nacional (SIN) em 2027.

Com capacidade instalada total de 5395 MW de energia eólica e de 1307 MW de energia solar na Bahia (ANEEL, 2021), as fontes renováveis já mostram seu potencial no estado: estima-se que, juntas, elas geraram aproximadamente 65% e 8%, respectivamente, da demanda de eletricidade do estado em 2020. Os desafios da integração, transmissão e armazenamento em grande escala de energia eólica e solar requerem mais pesquisas. Para um melhor equilíbrio entre oferta e demanda, é necessário um manejo de fontes: a geração de energia solar na Bahia tem espaço para crescer, mas, ao menos em determinados momentos, a energia eólica precisará ser transmitida a outros esta-

dos e regiões do Brasil. Nesse sentido, várias combinações de integração e suavização de fontes de energia renovável podem ser investigadas, observando-se os custos e a penetração máxima alcançável.

Recomendações

O contínuo desenvolvimento tecnológico e econômico deste setor está diretamente ligado às contratações nos leilões de energia promovidos pela Aneel.

O aperfeiçoamento da metodologia e de ferramentas utilizadas na expansão da geração e transmissão de energia devem abarcar, significativamente, as novas tecnologias. Isso não envolve apenas a modelagem das fontes renováveis intermitentes (como a eólica e a fotovoltaica e sua transmissão), mas as Redes Elétricas Inteligentes, incluindo o gerenciamento da demanda, das tecnologias de eficiência energética e da Geração Distribuída (PDE, 2018).

As condições hidrológicas da bacia do rio São Francisco e o desenvolvimento da expansão eólica no Nordeste podem fazer com que uma parcela significativa dessa expansão seja localizada na Bahia (DE JONG, 2019). Para tanto, é necessário o desenvolvimento de estudos integrados de geração e transmissão que permitam avaliar a capacidade do sistema elétrico em desempenhar este papel.

A mitigação das mudanças climáticas exige a geração de eletricidade livre de emissões — uma das soluções para isso é o aumento da geração hidrelétrica. No entanto, as próprias mudanças climáticas têm gerado a queda do potencial hidrelétrico do rio São Francisco — o que se deve à redução das chuvas e do fluxo de água (DE JONG et al., 2017 e DE JONG et al., 2018). Esse é um fator importante para a geração eólica, que tem relação de interdependência com a hidroeletricidade: o armazenamento e a flexibilidade da energia hidrelétrica são ideais para integrar fontes renováveis variáveis, enquanto a energia eólica poderá substituir, ainda que parcialmente, a energia hidrelétrica perdida (SCORAH et al, 2012).

Energia solar na Bahia

Com posição privilegiada para a incidência de sol, o Brasil tem grande potencial para a geração de energia solar. Estudos como o projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (MARTINS et al., 2004; 2007) e análises da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que o país pode manter alta produtividade de geração solar fotovol-

taica. A EPE (TOLMASQUIM, 2016; EPE, 2012) e Santos e Torres (2017) apontam que grande parte das áreas de maior irradiação solar está concentrada na região Nordeste (figura 1), havendo destaque para o estado da Bahia. Nessas regiões, a produtividade média teria variação de 1.260,0 a 1.420,0 Wh/Wp/ano, com fator de capacidade médio entre 14,4 e 16,2%.

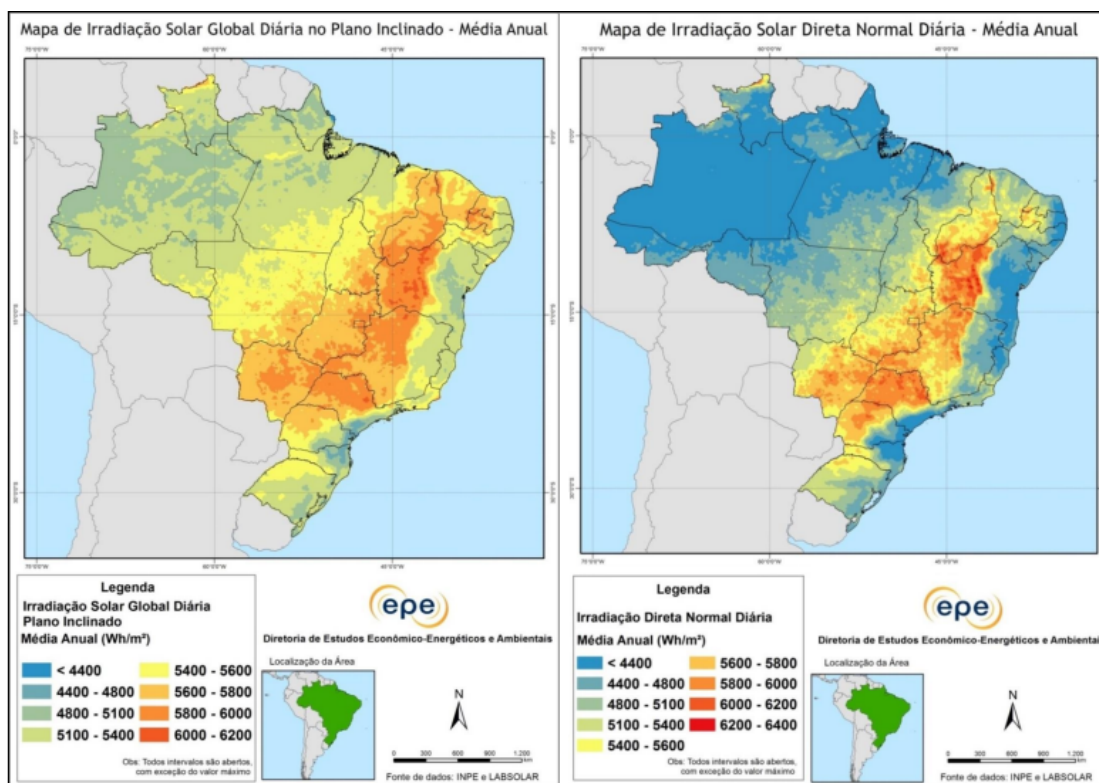


Figura 1. Mapas das irradiações solares globais anuais no plano inclinado e direto no Brasil
 Fonte: Tolmasquim (2016, adaptado).

Considerando restrições ambientais, a faixa de maior irradiação solar no Brasil apresenta média de 6.000 a 6.200 Wh/m²/dia, criando um potencial técnico solar para geração centralizada fotovoltaica de 307 GWp (aproximadamente 506 TWh/ano) em áreas já antropizadas (figura 2). Deste montante, 260 GWp estão localizados na Bahia. Além disso, o estado tem, durante todo o ano, um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar em sua região semiárida, o que gera menor variação na produtividade fotovoltaica anual (SANTOS e TORRES, 2016a).

Tais características fazem da Bahia o estado nordestino com maior área geográfica e maior potencial de geração solar fotovoltaica. Segundo Imperial e Pereira (2014), o maior índice estadual de irradiação solar no plano inclinado, com média anual máxima de 6,1 kWh/m², está na porção oeste do estado – uma região caracterizada pelo clima semiárido, favorável à implantação de usinas fotovoltaicas para geração concentrada.

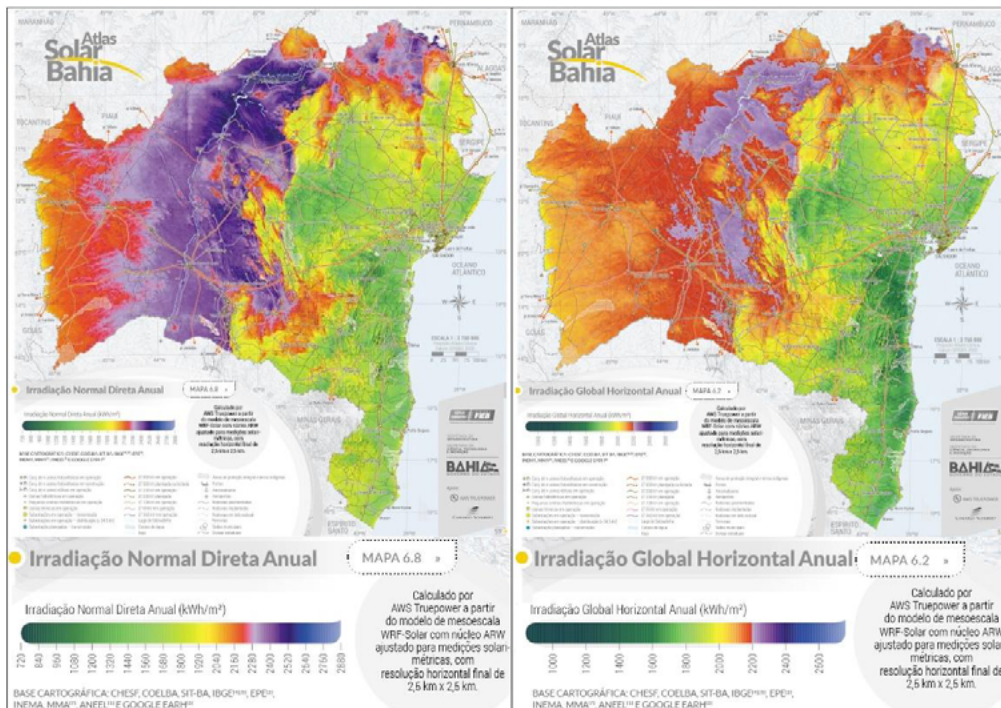


Figura 2. Mapa dos potenciais de irradiação solar na Bahia
 Fonte: AWS TRUEPOWER *et al.* (2018, adaptado).

A Resolução Normativa nº 482/2012 da Aneel pode ser considerada o marco regulatório inicial da GD no Brasil. Ela estabeleceu o sistema de compensação de energia elétrica (*Net metering*) e as condições gerais para o acesso de micro e minigeração transmitidas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (SANTOS *et al.*, 2019; LUNA *et al.*, 2018; ANEEL, 2012). Atualmente, o crescimento da GD fotovoltaica tem sido expressivo, registrando visível predominância entre as usinas de GD no Brasil e na Bahia (tabela 1).

Tipo de Usinas de GD no Brasil	Quantidade	Quantidade de unidades consumidoras que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	Percentagens das Potência Instalada
Pequena Central Hidrelétrica	72	16.896	65.851,07	0,77%
Usina Eólica	83	152	15.032,95	0,18%
Usina Solar Fotovoltaica	750.844	942.938	8.316.384,89	97,70%
Usina Termelétrica	372	6.569	115.202,65	1,35%
Total Brasileiro	751.371	966.555,00	8.512.471,56	100,00%
Tipo de Usinas de GD na Bahia	Quantidade	Quantidade de unidades consumidoras que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	Percentagens das Potência Instalada
Pequena Central Hidrelétrica	0	0	0,00	0,0%
Usina Eólica	2	2	8,20	0,003%
Usina Solar Fotovoltaica	29.465	32.003	287.288,57	99,41%
Usina Termelétrica	4	828	1.700,00	0,59%
Total Baiano	29.471	32.833	288.996,77	100,00%
Relação Bahia/Brasil	3,9%	3,4%	3,4%	

Tabela 1. Geração Distribuída no Brasil e na Bahia em 31/12/2021
 Fonte: ANEEL (2021a).

Segundo a EPE (2019), a Bahia tinha 5.919.837 unidades consumidoras em 2017, sendo que, no fim de 2021, 32.833 unidades consumidoras de GD estavam registradas na Aneel (2021a) (tabela 1). Ou seja, aproximadamente 0,5% dos consumidores baianos utilizavam GD em 2021. O número pode parecer baixo, mas mostra um crescimento expressivo: em um intervalo de quatro anos, o uso de GD aumentou dez vezes. Esses dados indicam um potencial significativo para o consumo de GD na Bahia até 2030.

A velocidade e a intensidade do crescimento da GD no estado dependem das revisões dos marcos legais realizadas pelo poder público. Em janeiro de 2022, a lei 14.300 foi sancionada pelo governo federal, instituindo "o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)" e proporcionando segurança jurídica setorial para viabilizar uma maior expansão da GD na Bahia e no Brasil.

Em termos de GC, segundo Santos e Torres (2016b, 2017), a energia solar fotovoltaica ganhou destaque a partir de 2014, com a realização do primeiro leilão de energia. Na ocasião, foram contratados grandes empreendimentos dessa fonte energética. Segundo a Aneel (2021b), no fim de 2021 o Brasil tinha 5.918 empreendimentos solares fotovoltaicos (34.841,3 MW) contratados (tabela 2) — destes, 165 (5.995,7 MW) estão situados na Bahia.

Local	Tipo	Quantidade de Usinas GC	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	% de Potência Fiscalizada
Brasil	Em operação	5144	4.632.245,56	4.632.245,56	100%
	Em construção	94	3.755.170,00	-	-
	Construção não iniciada	680	26.453.905,00	-	-
	Total	5918	34.841.320,56	4.632.245,56	
Bahia	Em operação	44	1.354.744,75	1.354.744,75	100%
	Em construção	20	625.000,00	-	-
	Construção não iniciada	101	4.015.936,00	-	-
	Total	165	5.995.680,75	1.354.744,75	
Relação Bahia/Brasil		2,8%	17,2%	29,2%	

Tabela 2. Geração centralizada solar no Brasil e na Bahia em 31/12/2021
 Fonte: ANEEL (2021b).

Segundo a Confederação Nacional das Indústrias (2021), o Brasil tem uma das tarifas de energia elétrica mais caras do mundo (figura 3), sendo que a taxa média de energia elétrica para indústria no mercado cativo foi de R\$ 684,77/MWh em agosto de 2021. As tarifas para usuários residenciais e comerciais também são elevadas, o que motiva consumidores de todo o país a aderir à GD.

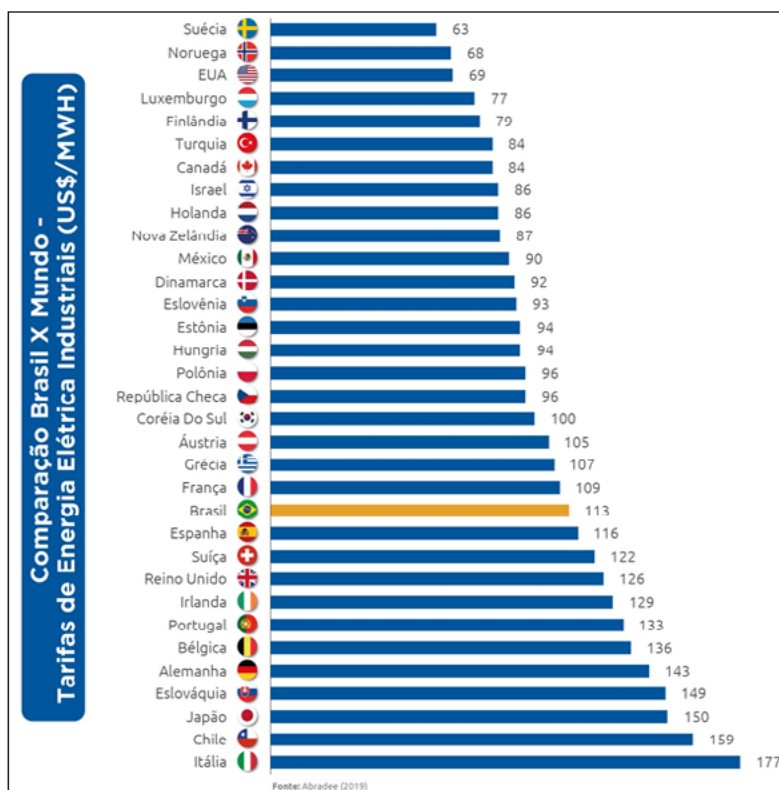


Figura 3. Comparativo de tarifas elétricas entre o Brasil e outros países (agosto de 2021)
Fonte: CNI (2021).

A importância estratégica de investimentos em geração elétrica por novas fontes renováveis nesta região joga luz sobre o enorme potencial solar ainda inexplorado no Nordeste (Santos e Torres, 2016a). Segundo De Jong *et al.* (2013) e Pereira (2009), além de ser uma fonte renovável e competitiva, a energia solar é convenientemente complementar às energias eólica e hídrica.

Recomendações

Frente às ótimas perspectivas da GD no Brasil, recomenda-se a criação de linhas de crédito para financiamento de sistemas de geração solar fotovoltaica. De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE) 2050, e levando-se em conta a atual política de leilões do governo federal, a capacidade instalada na Bahia poderá ter, na próxima década, um acréscimo de 3.900 MW a 9.100 MW FV. Isso significa um aumento de 6,5 TWh a 15,1 TWh de eletricidade em relação à geração registrada em 2017.

Nos cenários projetados para 2030, no entanto, a Bahia permaneceria deficitária em eletricidade frente ao SIN, considerando um consumo médio estadual de 5% do consumo nacional. Dessa forma, a geração centralizada de energia solar fotovoltaica poderia atender entre 0,8% e 2,2% da demanda brasileira e entre 15% e 44,8% da demanda baiana.

A GC solar fotovoltaica tem características de sustentabilidade, podendo garantir vantagens econômicas, sociais e ambientais significativas para a Bahia nos próximos anos. Em termos de ganhos econômicos, os investimentos poderão variar entre R\$ 18,3 bilhões e R\$ 42,8 bilhões — um aporte que, distribuído ao longo dos anos, pode ter efeito substancialmente positivo no PIB baiano.

Em relação aos ganhos sociais, o setor poderá criar e manter de 9.900 a 23.100 postos de trabalho, além da dinamização da economia no interior do estado por meio de arrendamentos de propriedades rurais. Empresas do ramo e o governo poderão criar programas de ação social voltados para melhoria da condição de vida das populações no entorno dos parques geradores.

Por fim, no que tange aos ganhos ambientais, estima-se uma redução total de emissões gases de efeito estufa (GEE) entre 1,0 e 2,3 Gt CO₂, além de uma economia total de água de 6,9 a 16 trilhões de litros para as usinas hidrelétricas da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) em 2030.

De maneira geral, considerando que a Bahia tem aproximadamente 0,5% de suas unidades consumidoras usufruindo da GD fotovoltaica, o potencial de expansão da modalidade no estado é muito significativo. O cenário é ainda mais promissor levando-se em conta as condições de previsibilidade e a garantia jurídica que o novo marco regulatório assegurará em termos de taxa de retorno de investimento.

Energia da biomassa na Bahia

Um dos maiores problemas ambientais que o mundo enfrenta hoje são as mudanças climáticas — e o uso da energia da biomassa tem se mostrado uma boa alternativa para mitigar a questão. A biomassa é uma fonte de energia renovável, tem níveis de emissões de GEE muito baixos, e pode substituir combustíveis fósseis em muitas aplicações que requerem alta temperatura (como eletricidade, sinterização, fusão e calcinação, entre outras). Além disso, a biomassa é biodegradável, não gera resíduos contaminantes de alto risco e tem baixa permanência no ambiente. Sua disponibilidade é ampla, o que minimiza a distância de transporte e reduz o custo monetário, o gasto de energia e as emissões de GEE por logística. No âmbito socioeconômico, sua utilização promove a criação de cadeias de valor locais, gera empregos e alavanca o desenvolvimento regional, fazendo a renda circular entre as indústrias, consumidores urbanos, o campo e os produtores rurais.

O aproveitamento de biomassa para produção de energia vem despertando cada vez mais interesse no Brasil e, mais especificamente, na Bahia. O estado tem grande po-

tencial para utilização de fontes renováveis, mas ainda convive com o desperdício e a falta de consciência de grande parte da população. O uso dessa fonte de energia é uma tendência global: o aumento do uso de *pellets* (combustível orgânico cilíndrico obtido a partir da compressão da biomassa), por exemplo, é cada vez maior na União Europeia.

O estado da Bahia é estratégico na produção de energia renovável e sustentável. Além de deter as maiores gerações de energia elétrica a partir de energia solar e eólica do Brasil, tem considerável potencial de aproveitamento da biomassa, tanto de fontes cultivadas (como cana-de-açúcar, eucalipto e soja) quanto de fontes nativas (recursos florestais da caatinga e do cerrado).

Um bom exemplo desse potencial é o eucalipto. Hoje, a Bahia é o quarto maior estado no plantio da espécie, mantendo um cultivo de aproximadamente 660 mil hectares. Além disso, o setor prevê um investimento total de US\$ 22 bilhões entre 2019 e 2024. Atualmente, 634 empresas de base florestal atuam no estado, produzindo derivados da madeira nos segmentos de papel e celulose, madeira sólida e material energético. Juntos, esses cultivos respondem por 7% da produção nacional de madeira e por 15% da celulose gerada do país. Esse uso múltiplo e sustentável do eucalipto é um dos principais responsáveis pelo avanço significativo do uso de biomassa para a geração de energia na Bahia.

O estado já utiliza a biomassa como fonte importante de energia primária no processamento de minerais metálicos e não metálicos, alimentos e bebidas, açúcar e álcool, e em outras atividades do setor industrial. Além disso, uma parcela significativa da energia consumida no setor domiciliar é oriunda da biomassa. Sua produção para energia é uma importante fonte de trabalho e renda na zona rural, que carece de outras alternativas.

Recomendações

A estratégia proposta parte da elaboração de estudos que avaliam o desenvolvimento de cenários, análises prospectivas, formação e manutenção de bancos de dados, balanços energéticos dos ciclos de vida das cadeias produtivas do agronegócio, nichos de mercado e oportunidades para atração de investimentos, aplicações em logística e monitoramento de atividades. A meta é aumentar a participação da energia da biomassa na matriz energética estadual até 2030. Para isso, recomenda-se:

- Criação de um marco regulatório seguro e estável, com regras claras e mecanismos de desoneração fiscal e tributária (Regimes Tributários Especiais) de

longo prazo para gerar confiança nos investidores privados e assegurar o aumento da participação de energias renováveis na matriz energética estadual.

- Promoção da integração entre os diferentes instrumentos de planejamento e gestão ambiental do estado, como o Zoneamento Econômico-Ecológico, os Planos de Bacias Hidrográficas e as Avaliações Ambientais Estratégicas Regional e Setorial.
- Adensamento das cadeias produtivas relacionadas à biomassa.
- Implantação de sistemas descentralizados de produção de bioenergia nos diversos territórios.
- Modernização de procedimentos e requisitos do ciclo de licenciamento ambiental, eliminando conflitos de competências e o atraso na emissão de licenças. Neste sentido, também é recomendada a ampliação das exigências de salvaguardas ambientais e de condicionantes com respaldo legal, sempre considerando as vulnerabilidades locais.
- Ampliação do volume de recursos destinados a CT&I e formação de capital humano qualificado nas áreas de P&D, transferência tecnológica, prestação de serviços especializados etc.
- Criação de um edital temático no âmbito da Fapesb específico para a energia da biomassa, contemplando diversas áreas do conhecimento.

Energia hidrelétrica na Bahia

Conforme o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional do ano base 2020 (BEN, 2021), a geração hidráulica de energia elétrica no Brasil reduziu, entre 2019 e 2020, de 397.877 GWh para 396.381 GWh — uma queda de 0,4%. A baixa se deu, principalmente, pelos efeitos da pandemia de Covid-19. Deste total de energia elétrica, cerca de 95% são produzidos nas centrais de geração pública, enquanto o restante é produzido por autoprodutores de energia, com geração para consumo nas próprias instalações.

Em termos de energia elétrica produzida por fonte hidráulica em 2020, o Brasil teve produção de 396.381 GWh, dos quais 40.048 GWh (10% do total do país) foram produzidos na região Nordeste e 14.142 GWh foram produzidos na Bahia — o que faz o estado responsável por cerca de 35% da energia hidrelétrica gerada pelo Nordeste.

De fato, essa fonte de energia é relevante no estado, que tem capacidade instalada de 40,76% em relação ao Nordeste. Esse potencial se deve, principalmente, à bacia

de captação hidrográfica do rio São Francisco, onde importantes aproveitamentos hidrelétricos estão em operação. Exemplos são o Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso (Usinas de Paulo Afonso I, II, III e IV) e as usinas hidrelétricas de Moxotó, Sobradinho, Xingó e Itapebi.

A perspectiva de expansão da geração hidrelétrica no Brasil, e, conseqüentemente, na Bahia, deve levar em conta a estrutura de geração já instalada. Hoje, a Bahia tem usinas hidrelétricas de grande porte (UHE), pequenas centrais hidrelétricas (PCH, com reservatório de até 3 km² e potências de 1 MW até 30 MW) e centrais geradoras hidráulicas (CGH, com potências de até 1 MW). A figura 1 ilustra uma UHE e, a figura 2, uma PCH.



Figura 1. Usina hidrelétrica de Paulo Afonso, propriedade da Chesf
Fonte: Chesf.



Figura 2. PCH Cachoeira da Lixa (14,8 MW), extremo sul da Bahia
Fonte: Renova Energia.

As CGH e as PCH têm algumas vantagens sobre as usinas de grande porte: geram impactos ambientais menores, são mais facilmente conectadas ao sistema elétrico, têm incentivos financeiros, tecnologia 100% nacional e menor tempo de construção do empreendimento (normalmente inferior a dois anos, enquanto as UHE podem levar oito anos em edificação). Apesar dessas vantagens, a Bahia conta com apenas dez PCHs em operação. Seis delas têm potência superior a 10 MW (Funil, Alto das Fêmeas, Sítio Grande, Colino I e II, e Cachoeira da Lixa) e as outras quatro têm potência entre 1 e 10 MW (Presidente Goulart ou Correntina, Piloto de Paulo Afonso, Santa Cruz e Fazenda Novo Oeste). A figura 2 mostra a PCH Cachoeira da Lixa, instalada no extremo sul da Bahia.

Segundo a Eletrobras, o total de reserva provada de potência hidráulica da Bahia é de 12.205,05 MW, sendo que, deste total, 6.869,51 MW estão em operação, 3.037,90 MW em viabilidade, 1.590,99 MW em inventário e 382,17 MW se encontram em projeto básico.

Dessa forma, o estado conta com um grande potencial hidráulico a ser aproveitado por empreendimentos de geração hidrelétrica. No total, a Bahia tem capacidade para produzir uma potência de 5.000 MW, principalmente em hidrelétricas a fio d'água, categoria na qual praticamente inexistem reservatórios de energia, fazendo com que a produção utilize a vazão do próprio curso d'água e sua variação normal ao longo dos meses do ano — o que torna possível o aproveitamento de cursos d'água de diversas microrregiões do estado.

Recomendações

Segundo dados da Aneel (SIGA/ANEEL), a fonte hídrica de energia está em queda no Brasil. Atualmente, o país tem 348 empreendimentos em construção, correspondendo a 13.594 MW. Destes empreendimentos, apenas 37 são hidrelétricas, somando participação de 585 MW. Considerando empreendimentos outorgados ou leiloados de todas as fontes e com construção não iniciada, o Brasil tem 1.031 usinas com potência instalada total de 41.875 MW, das quais 86 são hidrelétricas, com potência de 1.479 MW. A maioria expressiva é de PCHs (82 usinas, totalizando 1.215 MW) — nenhuma delas está prevista para operar no Nordeste.

Informações da EPE, de 2019, divulgadas pela revista *Valor Setorial — Infraestrutura e logística*, contabilizam cerca de 200 potenciais hidrelétricos de médio e grande portes mapeados no Brasil, com potência total de 52.000 MW a ser desenvolvida. Ainda segundo a publicação, 23% desse total não apresentam interferência em áreas indíge-

O sucesso da atividade petrolífera na Bahia é fortemente vinculado à história da Petrobras. O atual plano de negócios da estatal direciona suas atividades exploratórias exclusivamente a campos gigantes do pré-sal, impactando grande parte da atividade de petróleo no estado. Esses espaços serão destinados a pequenos e médios produtores, para os quais a atividade pode ser bastante atrativa e rentável. A iniciativa é, também, de interesse da Bahia visto que a exploração e produção de petróleo e gás natural alimenta uma vasta rede de serviços e de fornecedores, assegurando dinamismo ao comércio e favorecendo o desenvolvimento socioeconômico dos municípios e do país. Torna-se, portanto, importante e necessária a ação do Estado para a promoção de mecanismos de apoio à exploração e produção, à formação de pessoal especializado e à execução de projetos de CT&I para o setor de P&G.

No que tange aos reservatórios não convencionais, o foco de estudos recentes é o gás de folhelho (*shale gas*). Trata-se de um tema relevante: o gás pode suprir a demanda energética em escala global nos próximos 20 anos. O grande potencial das bacias brasileiras — marítimas ou terrestres —, a versatilidade de uso e as taxas menores de emissões de dióxido de carbono favorecem o uso do gás natural.

A extração e produção do gás de folhelho encontraram terreno fértil na Bacia do Recôncavo, principalmente por sua localização privilegiada (próxima de centros consumidores), que reduz custos de distribuição. No entanto, apesar da vasta ocorrência de folhelhos gasógenos, o método de fraturamento das rochas (*fracking*) utilizado na produção do gás de folhelho tem causado grande preocupação pelo risco de contaminação de aquíferos. As rochas potencialmente geradoras de gás são os folhelhos da Formação Candeias, que, em grande parte, ocorrem abaixo da Fm. São Sebastião — esta abriga o sistema aquífero que abastece a região metropolitana de Salvador. Nessa formação, a geometria da rocha geradora, o mapeamento do topo, base, e estruturas internas e falhas precisam ser conhecidos para orientar as perfurações e evitar que as operações de fraturamentos ocorram nas proximidades dessas estruturas. A avaliação do potencial exploratório das reservas do gás de folhelhos deverá, entre outros fatores, incluir a execução de poços de amostragem, análises químicas, estudos geofísicos, avaliação dos potenciais impactos ambientais e definição de políticas públicas associadas à exploração e produção do gás gerado em reservatórios de baixa permoporosidade.

Hoje, não existe, no Brasil, uma regulamentação específica para a exploração do gás de folhelho. Para assegurar a atividade, mantendo riscos mínimos ambiental e de contaminação dos aquíferos, é preciso estabelecer um protocolo de exploração. Neste sentido, estudos hidrogeológicos, geoquímicos e geofísicos são necessários para a identificação de potenciais riscos e para o desenvolvimento de técnicas de extração que os minimizem.

Recomendações

Recomenda-se o aporte de investimentos em CT&I, dando apoio à interação entre os setores acadêmico e industrial, com proposição de convênios e acordos de cooperação para projetos de P&D e programas de formação de recursos humanos para o setor de P&G. Essas iniciativas são especialmente relevantes para os seguintes desafios:

- Aumento dos índices de recuperação de poços em campos produtores.
- Estabelecimento de um protocolo de exploração de gás de folhelho.
- Redução dos riscos ambiental e de contaminação de aquíferos na exploração de gás de folhelho.
- Redução do risco exploratório de reservatórios convencionais e não convencionais.
- Incentivo à criação de empresas nacionais, incluindo as startups de exploração e produção de petróleo e gás natural.
- Mapeamento do potencial de gás das bacias terrestres brasileiras.

Energia nuclear

Em seu artigo 21, item XXIII, a Constituição estabelece que compete à União explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento, o reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados. Dessa forma, não cabe aos estados o protagonismo no desenvolvimento da área estrita da energia nuclear, a não ser na utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais. É no estado da Bahia, no entanto, que se encontra uma das principais jazidas de urânio do Brasil, na Província Uranífera de Lagoa Real (figura 3), no município de Caetité. Trata-se da única mina em operação para a extração de minério e produção de concentrado de urânio pelas Indústrias Nucleares do Brasil.

Embora pertença à União, o monopólio sobre as atividades da área nuclear está relacionado ao estado da Bahia, que deve apoiar atividades de pesquisa e de formação de pessoal para o setor. Neste contexto, a Bahia pode contribuir com o levantamento de anomalias radioativas no estado, com a participação em levantamentos geofísicos e geológicos para reconhecimento das áreas potenciais de produção de urânio e tório, e com o apoio a grupos de pesquisa de universidades.



Figura 3. Mina de urânio em Caetité (BA)
Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Um ponto de grande relevância sobre o uso de energia nuclear é a segurança radiológica. Cabe ao estado da Bahia acompanhar de perto a atenção dada a esse tema, incluindo o desenvolvimento de atividades de preservação, recuperação e educação ambiental. A energia nuclear é uma das componentes da geração de energia de baixo carbono, e seu uso irá contribuir para a redução das emissões de GEE e, consequentemente, para o alcance dos objetivos do acordo de Paris.

Desde a década de 1950, o Brasil vem desenvolvendo a tecnologia nuclear. Esse processo, no entanto, teve diversas interrupções, principalmente por conta de problemas econômicos. Atualmente, o Ministério de Minas e Energia trabalha em um projeto para a retomada da mineração de urânio e a instalação de mais seis usinas nucleares espalhadas pelas regiões Nordeste e Sudeste. A previsão é de que o planejamento do setor nuclear seja detalhado no Plano Nacional de Energia 2050, que deve ser divulgado ainda neste ano. A integração da fonte nuclear com os sistemas eólico e solar garante um balanço entre a demanda e o fornecimento de energia.

Recomendações

Frente ao atual cenário da área nuclear, recomendam-se as seguintes ações:

- Organização de um grupo de trabalho para acompanhar o projeto nacional nesse campo, avaliando suas consequências e estabelecendo a participação da Bahia na iniciativa.
- Aumento da produção de radiofármacos para expandir a capacidade de utilização em exames diagnósticos por imagem.
- Incentivo da instalação da Comissão Nacional de Energia Nuclear na Bahia, tendo o Laboratório de Física Nuclear Aplicada da UFBA como possível centro de integração.
- Avaliação de interesse do uso de reatores nucleares modulares de pequena potência, com sistemas de segurança passivos e com composições mais simples. Esses reatores podem ser utilizados em diferentes aplicações, como produção de água potável por dessalinização, armazenamento e cogeração de energia.

Energia das ondas

A energia das ondas é renovável — e tem imenso potencial. Sua obtenção vem da transformação da energia mecânica em energia elétrica, podendo ser realizada por dispositivos instalados na costa marítima (*shoreline*), próximos a ela (*nearshore*) ou mesmo em alto mar (*offshore*).

A conversão da energia das ondas depende de uma série de fatores, entre eles a altura da onda, o intervalo entre frentes de onda consecutivas e, principalmente, o dispositivo que realiza a conversão em energia útil. Os maquinários *shoreline* têm a vantagem de ser facilmente instalados e ter fácil acesso para manutenção, mas estão localizados onde as ondas já sofreram perda de energia pelo atrito com o assoalho marinho. O mecanismo de conversão mais utilizado nesses dispositivos é o *Oscillating Water Column* (OWC) ou Coluna de Água Oscilante: em seu funcionamento, o ar fica aprisionado em uma câmara com uma abertura de entrada e saída, e em contato com a superfície do mar. A oscilação da superfície do mar gera uma pressão que força o ar a se deslocar pela abertura, onde encontra e movimenta uma turbina. A figura 4 ilustra o funcionamento desse dispositivo.

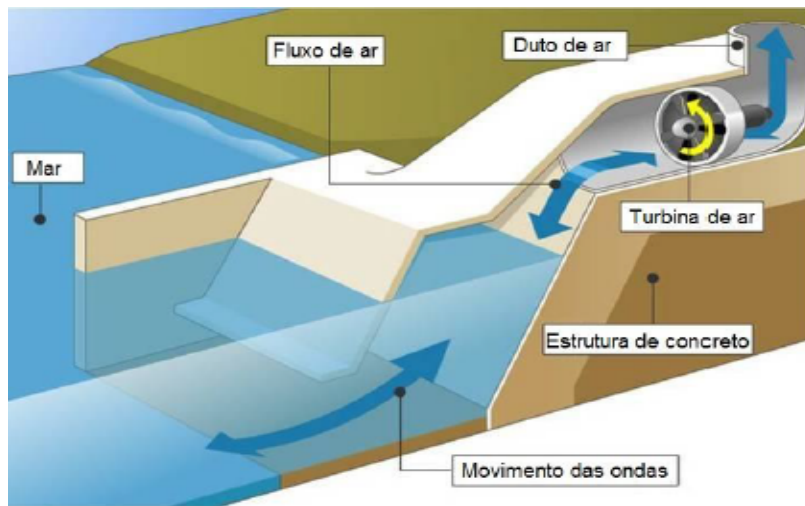


Figura 4. Esquema de um dispositivo de geração costeiro do tipo OWC
 Fonte: Trujillo e Thurman (2011).



Figura 5. Usina de ondas no porto de Pecém
 Fonte: Coppe (2012).

Estruturas costeiras projetadas para a contenção das ondas marinhas, como espigões e quebra-mares, também podem facilitar a geração de energia elétrica. No Brasil, foi instalada a primeira usina da América Latina movida pela força das ondas do mar — ela está no Porto de Pecém, no litoral do Ceará, a cerca de 60 km de Fortaleza. A usina foi desenvolvida pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e consiste, basicamente, em braços mecânicos com um flutuador no extremo. Esses braços mecânicos estão apoiados num quebra-mar. Com o movimento das ondas, os flutuadores fazem com que os braços se movimentem como pistões para pressurizar água doce.

A água pressurizada é armazenada num acumulador conectado a uma câmara hiperbárica que, posteriormente, forma um jato para movimentar uma turbina (Costa, 2004) com capacidade de 100 kW, conforme ilustrado na figura 5.

A usina piloto de Pecém foi desativada em 2016 e reativada em períodos intermitentes a partir de 2017. Existe um novo projeto de usina ondomotriz em curso no Rio de Janeiro: a parceria entre a Furnas e a empresa *Seahorse Wave Energy* propõe uma estrutura *offshore* a 14 km da costa com capacidade de 100 kW. A geração de energia da usina se dará a partir da movimentação vertical de um flutuador de onze metros de altura e 4,5 metros de diâmetro, impulsionado pelas ondas do mar.

Recomendações

As ondas são uma fonte de energia promissora, embora intermitente e pouco previsível. O aproveitamento dessa fonte renovável tem duas frentes de trabalho: de um lado, o desenvolvimento de dispositivos de conversão eletromecânica cada vez mais econômicos e eficazes. De outro, a criação de métodos para avaliar, com precisão, o potencial energético de possíveis localizações de usinas. O elevadíssimo potencial energético dessa fonte, que, em um local não muito destacado pelas ondas (Praia do Forte, na Bahia) revelou uma produção estimada em 6 MWh por metro de frente, convida a sonhar com uma nova solução renovável a ser integrada à matriz elétrica brasileira.

Eficiência energética e armazenamento de gás na Bahia

O Programa de Conservação de Energia (Procel) foi criado em 1985 pelo governo brasileiro, sendo coordenado pelo Ministério das Minas e Energia (MME) e executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras). Seu objetivo é promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Os resultados obtidos pelas ações do programa contribuem para a eficiência dos bens, equipamentos e serviços, além de possibilitar a manutenção de investimentos em iniciativas de geração de energia, reduzindo, assim, os consequentes impactos ambientais.

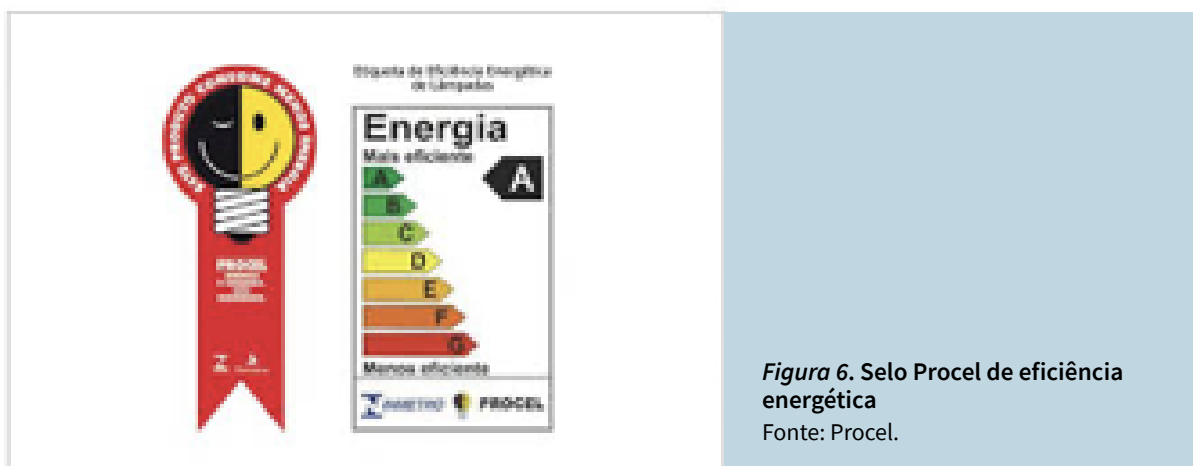
Desde a criação do Procel, a Eletrobrás já investiu cerca de R\$ 3 bilhões em ações de eficiência energética do programa, contando com recursos ordinários próprios e da Reserva Global de Reversão (RGR) obtidos por meio da lei 13.280/2016. Em parte, o

investimento também vem de fundos internacionais. Destaca-se que, além dos investimentos diretos em projetos de eficiência energética, são realizadas aplicações em infraestrutura, laboratórios em universidades e instituições de pesquisa e formação de recursos humanos necessários à condução do programa, entre outras áreas.

Considerando os resultados totais acumulados do Procel de 1985 (ano de sua criação) a 2018, a economia de energia total obtida foi de cerca de 150 bilhões de kWh — o equivalente a 32% do atual consumo total de eletricidade no Brasil por ano.

Com base em estimativas de mercado e metodologias de medição e avaliação de resultados, estima-se que, em 2018, o Procel tenha gerado economia de energia de aproximadamente 23 bilhões de kWh. Essa economia colaborou para que o país evitasse a liberação de 1,7 milhão tCO₂ equivalentes na atmosfera. Trata-se de um impacto correspondente às emissões de quase 600 mil veículos automotores durante um ano.

Estima-se, também, que as ações fomentadas pelo Procel ajudaram a reduzir a demanda de potência em 7257 MW. Ainda em 2018, o Brasil registrou economia de 4,87% no consumo total de energia elétrica e de 16,9% no consumo total residencial. Para se ter uma dimensão do potencial econômico, a energia economizada seria suficiente para manter o funcionamento de mais de 12 milhões de residências.



Em termos monetários, os resultados do Procel em 2018 representaram economia de R\$ 5,3 bilhões. O valor é próximo dos investimentos feitos pela Eletrobras no programa: no período, foram aplicados R\$ 5,77 milhões, destinados a recursos humanos, instalações prediais mais eficientes e insumos de gestão (PROCEL 2019).

Recomendações

Os principais resultados alcançados pelo Procel devem-se, fundamentalmente, à aplicação da Lei de Eficiência Energética (10.295/2001), implementada por meio do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) e sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME). Essa lei está relacionada ao Selo Procel e à Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence), concedida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

Para uma maior disseminação da eficiência energética no estado da Bahia, propõe-se que os mecanismos citados sejam cada vez mais empregados de forma a estimular a utilização de equipamentos e produtos mais eficientes. Isso deve ser feito com o apoio de uma rede de laboratórios que possibilite o ensaio e a certificação de equipamentos, considerando seus principais indicadores de eficiência energética e qualidade.

No que tange ao armazenamento de energia na Bahia, observa-se que, juntas, a energia eólica e solar no estado terão penetração bruta combinada de mais de 73%. No entanto, durante períodos de baixa demanda e alta produção de energia eólica, será necessário exportar excedentes para outros estados. Por isso, é importante calcular as quantidades e os tempos de geração excedente de usinas renováveis variáveis para planejar os requisitos de infraestrutura de transmissão e armazenamento.

Dada a infraestrutura hidrelétrica já instalada no Brasil, o armazenamento hidrelétrico bombeado pode ser uma maneira econômica de utilizar energia eólica e solar excedente — desde que as barragens existentes possam ser adaptadas. Hunt et al. (2016) propuseram uma nova planta de armazenamento hidrelétrico bombeado sazonal a ser construída em Muquém, na Bahia, perto do rio São Francisco. A estrutura poderia reduzir significativamente a evaporação do reservatório de Sobradinho e armazenar o excedente de energia dos vários parques eólicos e usinas solares na área circundante. Mais pesquisas neste campo precisam ser realizadas para avaliar a viabilidade e pesar os benefícios da instalação de uma nova usina hidrelétrica deste tipo na Bahia ou, em alternativa, a retroinstalação de barragens hidrelétricas existentes.

Estocagem subterrânea de gás natural

Com as novas descobertas de gás associado dos campos do pré-sal, está previsto um aumento da oferta e, conseqüentemente, um incremento de sua participação na matriz energética brasileira nos mais diversos segmentos. Neste contexto, um destaque é a possibilidade de inserção de termelétricas a gás natural no SIN.

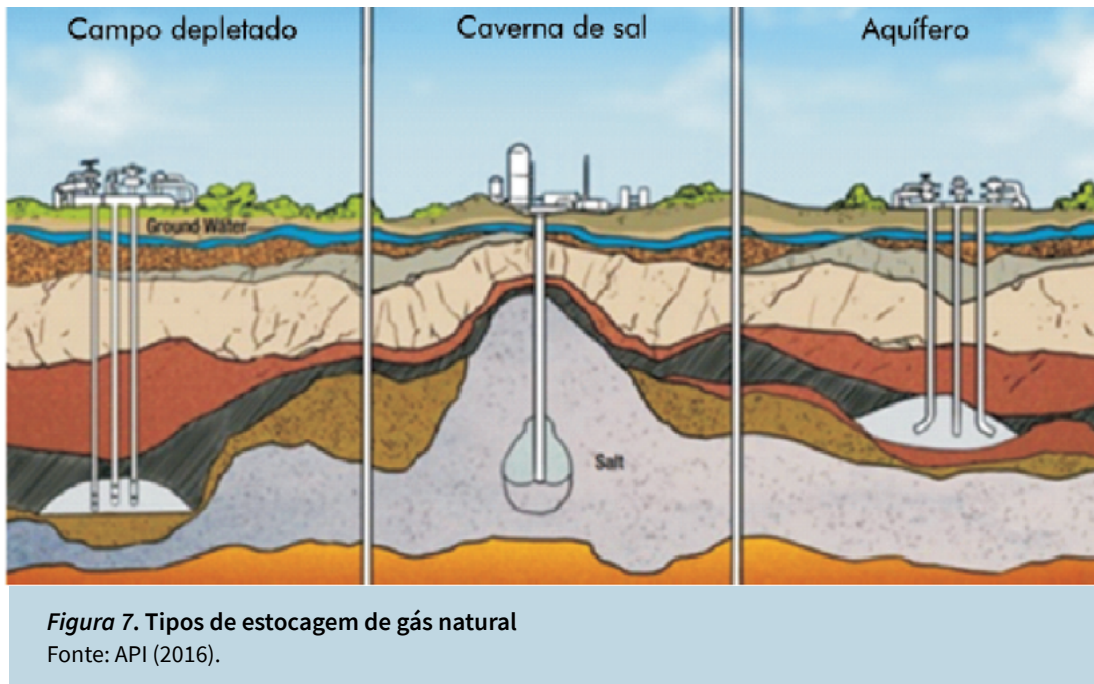
Os campos no pré-sal são majoritariamente de gás associado, o que torna ainda mais importante o consumo constante do combustível. Isso porque sua obtenção requer a extração de petróleo e a queima e reinjeção do gás natural, tornando complexa a existência de excedentes. Dessa forma, a Estocagem Subterrânea de Gás Natural (ESGN) surge como alternativa para conferir flexibilidade operativa ao sistema, sem necessariamente reduzir o fluxo de produção dos campos de gás natural. Isso permitiria uma otimização para produtores e consumidores de gás natural.

Hoje, o Brasil não conta com ESGN. Normalmente, essas instalações são localizadas nas proximidades de seus principais centros de carga industriais e urbanos, por razões econômicas e técnicas. As ESGN são geralmente constituídas:

- a) em reservatórios naturais de óleos e gás natural já depletados;
- b) em aquíferos com estruturas anticlinais constituídas por rochas de porosidade elevada e capeadas por camadas pouco permeáveis;
- c) em cavernas artificiais construídas por meio de lixiviação de espessas camadas de rochas salinas e
- d) em cavidades de minas subterrâneas abandonadas.

A correta seleção de reservatórios candidatos é importante para permitir uma operação apropriada e econômica em projetos de longo prazo. Assim, são bastante diversos os temas de P&D que devem ser abordados para viabilizar a aplicação de ESGN no Brasil.

A seguir, são descritos os aspectos de reservatórios que devem ser considerados quando se analisa a aplicação da estocagem. Tais aspectos incluem a análise da capacidade de armazenamento, a manutenção de longo prazo da injetividade e produtividade, e os problemas que podem estar associados à presença de água livre ou hidrocarbonetos no reservatório (sejam móveis ou imóveis), bem como danos à formação associados à perfuração e completação de novos poços nos reservatórios para ESGN.



A grande maioria desses reservatórios é de campos de gás depletados até a pressão de abandono durante sua produção convencional, e que são, agora, utilizados para estocagem de gás.

Para um reservatório ser um candidato à estocagem de gás, os seguintes critérios devem ser satisfeitos:

1. Volume de reservatório suficiente para permitir o armazenamento da quantidade exigida de gás, sem exceder a pressão de confinamento e sem requerer compressões não econômicas para níveis de pressão muito altos;
2. Condição de selagem satisfatória pela competência das rochas capeadoras (superiores e inferiores);
3. Permeabilidade suficiente para permitir injeção e produção em níveis de vazões exigidos durante os períodos de oferta e picos de demanda;
4. Sensibilidade limitada para reduções de permeabilidade (injetividade/produzibilidade) relacionadas a:
 - presença de água (móvel ou imóvel);
 - presença de hidrocarbonetos (móveis ou imóveis);
 - tamponamento da região próxima aos poços por óleo lubrificante de compressores ou outros líquidos introduzidos na corrente de gás;

- flutuação nas tensões das rochas-reservatório durante os sucessivos ciclos de pressão.
- 5. Ausência de gás sulfídrico (natural ou gerado por ação bacteriana);
- 6. Possibilidade de perfurar e completar poços adicionais sem causar severo dano às formações (devido às condições de pressão extremamente baixas que podem ser encontradas nesses reservatórios).

Por fim, o Brasil possui potencial geológico para a atividade de ESGN, especialmente em bacias terrestres maduras, com histórico de produção, dados geológicos e proximidade de estruturas gaseíferas ou de centros consumidores, como as bacias de Alagoas, Espírito Santo, Potiguar e o Recôncavo Baiano.

Considerações finais e recomendações

A matriz energética da Bahia tem forte predominância de fontes não renováveis: juntas, elas representam 66,8% do total, com grande peso para os derivados de petróleo. As fontes renováveis somam apenas 19,5%. Com o desinvestimento da Petrobras na exploração da Bacia do Recôncavo e demais bacias terrestres, a exploração, produção, refino e distribuição do óleo entraram em declínio. Neste contexto, abre-se um espaço para os pequenos e médios produtores de petróleo e gás natural.

Desperta atenção o programa de revitalização da atividade de exploração e produção de petróleo e gás natural em áreas terrestres (REATE 2020), lançado pelo governo federal. Seu objetivo principal é fortalecer a atividade de extração e produção de P&G em áreas terrestres do país. É importante frisar, no entanto, que a reativação das atividades do setor demanda investimentos em CT&I nas diversas áreas de sua cadeia produtiva.

No âmbito da geração de energia, um tema atual e de particular interesse para a Bahia é o estudo dos reservatórios não convencionais da Bacia do Recôncavo. A avaliação das reservas disponíveis pode viabilizar o aproveitamento econômico de forma sustentável de gás de folhelho, com o apoio de uma regulação e aspectos legais adequados.

Para fazer frente aos desafios do setor energético no estado, reiteramos a importância de investimentos em pesquisa e na formação de recursos humanos especializados para apoiar o campo.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração. 2021. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/CapacidadeEstado.cfm>. Acesso em 6 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Outorgas e Registros de Geração: Micro e Minigeração Distribuída (REN 482/2012). Informações institucionais, 2021a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao>. Acesso em 31 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Outorgas e Registros de Geração: Sistema de Informações de Geração da ANEEL. Informações institucionais, 2021b. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em 31 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Banco de dados de exploração e produção. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/dados-tecnicos>.

AWS TRUEPOWER; CAMARGO-SCHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS; FIEB/SENAI CIMATEC; SECTI; SEINFRA. Atlas Solar Bahia. Curitiba e Salvador, 2018. Disponível em: <http://www.senaicimatec.com.br/download/Atlas-Solar-Bahia-2018.pdf>. Acesso em 17 jun. 2019.

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Balanço do mar se transforma em energia elétrica no litoral do Ceará. Rio de Janeiro, 2012.

COSTA, P.R. Energia das ondas do mar para geração de eletricidade. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

DE JONG, P.; SÁNCHEZ, A. S.; ESQUERRE, K.; KALID, R. A.; TORRES, E. A. Solar and wind energy production in relation to the electricity load curve and hydroelectricity in the northeast region of Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. vol. 23, p. 526-535. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.050>.

DE JONG, P.; TORRES, E. A. Economic analysis of renewable energy generation technologies in the Northeast of Brazil. *Proceedings of 2014 International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2014)*. Melbourne, 2014. Disponível em: <http://www.ipcbee.com/vol61/005-ICFEE2014-S014.pdf>.

- DE JONG, P. *et al.* Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. *Renewable energy*, 2019. v. 141, p. 390-401.
- DE JONG, P. *et al.* Forecasting high proportions of wind energy supplying the Brazilian Northeast electricity grid. *Applied energy*, 2017. v. 195, p. 538-555.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional de 2021. Balanço Energético Nacional. Brasil, 2021.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Projetos Fotovoltaicos nos Leilões de Energia: Características dos empreendimentos participantes nos leilões de 2013 a 2018. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-330/EPE-DEE-NT-091_2018-r0.pdf. Acesso em 29 out. 2019.
- HUNT, J.D.; DE FREITAS, M.A.; JÚNIOR, A.O. Usinas Hidrelétricas Reversíveis Sazonais no Rio São Francisco: Aumentando o armazenamento energético e diminuindo a evaporação”, *Sustentabilidade em Debate*. Brasília, 2016. v. 7, n.3, p. 18-33.
- IMPERIAL, L. C. C.; PEREIRA, O. L. S. Análise do potencial do recurso solar na Bahia a partir de software de informação geográfica baseado na WEB. V Congresso Brasileiro de Energia Solar 2014. Recife, 2014.
- INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Minera%C3%A7%C3%A3o>.
- LUNA, M. A. R.; CUNHA, F. B. F.; MOUSINHO, M. C. A. M.; TORRES, E. A. Solar Photovoltaic distributed generation in Brazil: The Case of Resolution 482/2012. *Energy Procedia, Applied Energy Symposium and Forum Renewable Energy Integration with Mini/Microgrid 2018*. Rhodes, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.036>.
- MARTINS, F. R., PEREIRA, E. B., S. L. ABREU. Satellite-derived solar resource maps for Brazil under SWERA project. *Solar Energy*, 2007. vol. 81 p. 517–528. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.07.009>.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário – o Projeto SWERA. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Boletim Mensal de Geração Eólica. 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=Boletim+Mensal+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+E%C3%B3lica>. Acesso em 6 dez. 2021.

PEREIRA, O. L. S. Potencial das Energias Renováveis no Nordeste. 10^a Reunião do Fórum Baiano de Mudanças Climáticas Globais e de Biodiversidade. 2009.

PORSANI, M.J.; HOLZ, M. Potencial de exploração de não-convencionais - Bahia. http://https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_desenvolvimento_da_exploracao_de_recursos_nao-convencionais_no_brasil.pdf. Cadernos FGV Energia, 2021. v. 12, p. 49-58.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Centrais Elétricas Brasileiras. Procel. Resultados do Ano Base 2018. Brasília, 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Relatório do Subcomitê Potencial de Petróleo e Gás Onshore. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/relatorios-do-comite-reate-2020>

SAIDUR, R. *et al.* A review on global wind energy policy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2010. v. 14, n. 7, p. 1744-1762.

SANTOS, J. A. F. A.; TORRES, E. A. Expansão da Geração Elétrica na Bahia até 2050 com base nas Novas Energias Renováveis. III Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu, 2016b. Disponível em: <http://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/eletrica/expans%C3%A3o%20da%20gera%C3%A7%C3%A3o%20el%C3%A9trica%20na%20bahia%20at%C3%A9%202050%20com%20base%20nas%20novas%20energias%20renov%C3%A1veis.pdf>.

SANTOS, J. A. F. A.; TORRES, E. A. Projeções da Ampliação da Geração Elétrica através da Energia Solar Fotovoltaica na Bahia. X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético 2016. Gramado, 2016a.

SANTOS, J. A. F. A.; LUNA, M. A. R.; CUNHA, F. B. F.; SILVA, M. S.; TORRES, E. A. Geração Distribuída no Brasil: Análise de sua Evolução e Aspectos Regulatórios. Anais do X Congresso Brasileiro de Regulação. Brasília, 2017. v. Único. p. 1322-1336. Disponível em: http://abar.org.br/wp-content/uploads/2017/12/ANAIS_ABAR.pdf.

SANTOS, J. A. F. de A.; TORRES, E. A. Potencial e inserção de novas energias renováveis na matriz elétrica baiana para geração elétrica centralizada até 2050. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, 2017. v. 27, n. 1, p. 144-173, EISSN 2595-2064. Disponível em: <http://publicacoes.sei.ba.gov.br/index.php/bahiaanaliseedados/article/view/74>

SCORAH, H.; SOPINKA, A.; CORNELIS VAN KOOTEN, G. The economics of storage, transmission and drought: integrating variable wind power into spatially separated electricity grids. *Energy Economics*, 2012. v. 34, n. 2, p. 536-541.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Apresentação sobre Geração Distribuída na Bahia. Governo do Estado da Bahia. 2019. Disponível em: <http://ipolitecnicobahia.org/wp-content/uploads/2019/07/Gera%C3%A7%C3%A3o-Distribu%C3%ADda-BA.pdf>.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DA BAHIA. 2019. Disponível em: <http://www.seplan.ba.gov.br/2019/04/809/Conjunto-Eolico-entra-em-operacao-na-Bahia-com-R-18-bi-em-investimentos.html>. Acesso em 2 out. 2019.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/livro-sobre-energia-renovavel-hidraulica-biomassa-eolica-solar-oceanica>. Acesso em 30 out. 2019.

TRUJILLO, A.P.; THURMAN, H.V. *Essentials of Oceanography*. 10^a ed., Prentice Hall, 2011.