

VANTAGENS TÉCNICAS DA ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE: COMPLEMENTAÇÃO HORÁRIA E ALTO FATOR DE CAPACIDADE

PAULO ROBERTO F. DE M. BASTOS, LUCIANA MARTINEZ, ANDRÉ P. N. TAHIM

Universidade Federal da Bahia
Rua Aristides Novis, n.º 2, Federação, Salvador-BA, Brasil, 40210-630
E-mails: pbastos@ufba.br, lucianam@ufba.br

Abstract— In the last years, the wind power electric generation has shown a significant growth in Brazil, especially in the Northeast region of the country. The main goal of this paper is to verify the technical advantages of wind generation that are associated with the Northeast region of Brazil. Here, the wind energy production in the different regions of the country are analyzed. The used data base were provided by the National System Operator. A comparison between the average annual capacity factor values of wind plants installed in the Northeast region and in other regions of Brazil are presented. Results showed a reasonably higher average annual capacity factor in the case of the Northeast region. According to the analyzed data, it was possible to observe the existence of hourly complementation between plants of different states of the Brazilian Northeast. The average power from the wind energy in this region presents a smaller variation during daily hours, similar to the daily regularization of the energy produced. There is also a great penetration of wind energy in the Northeast region, which will soon require reinforcements in the transmission system.

Keywords— Wind energy, alternative energy sources, capacity factor, complementation of the generation.

Resumo— A geração de energia elétrica de origem eólica tem sofrido forte expansão no Brasil nos últimos anos, em especial na região Nordeste do país. O principal objetivo deste trabalho é verificar possíveis vantagens técnicas associadas à região Nordeste no que diz respeito à geração eólica. Neste estudo são analisados dados de produção de energia eólica no país, com base em informações disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema. Aqui são comparados valores de fator de capacidade médio anual de usinas ou parques eólicos instalados na região Nordeste em relação ao de usinas eólicas localizadas em outras regiões do Brasil. Resultados mostraram fator de capacidade médio anual razoavelmente superior no caso da região Nordeste. De acordo com os dados analisados, pôde-se verificar ainda a existência de complementação horária entre usinas de diferentes estados do Nordeste brasileiro. A potência média oriunda da energia eólica nesta região apresenta uma menor variação ao longo das horas do dia, similar a regularização diária da energia produzida. Verifica-se ainda grande penetração da energia eólica no Nordeste, o que demandará, em breve, reforços no sistema de transmissão.

Palavras-chave— Energia eólica, fontes alternativas de energia, fator de capacidade, complementação de geração.

1 Introdução

No Brasil, no início deste século XXI, foi instituído o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia, conhecido como PROINFA, criado pela Lei 10.438, de 2002 (Brasil, 2002), voltado ao incentivo à geração de fontes eólica, biomassa e hidráulica, especificamente as pequenas centrais hidrelétricas. Tal Programa previa inicialmente a instalação de 1.100MW de cada uma destas fontes alternativas de geração, e o incentivo estava na garantia de aquisição da energia produzida, pela ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), por um período de 15 anos, a preço atrativo. Após um primeiro edital do programa em 2004, houve um segundo edital, chegando à captação de mais que 1.500MW de geração de usinas eólicas, que deveriam ter entrado em operação até o ano de 2009. Entretanto, por fatores diversos que não cabe aqui examinar, ao final do ano de 2011 o Brasil não havia atingido 1.000 MW de potência instalada em centrais eólicas.

A segunda reforma do setor elétrico brasileiro, ocorrida em 2004 e implantada nos anos seguintes, associada à crise econômica mundial de 2008 e 2009, durante a qual a menor expansão de geração eólica na Europa e América do Norte levou as empresas produtoras dos aerogeradores e acessórios a buscarem novos mercados, foram fundamentais para a mudança no perfil deste tipo de geração no Brasil.

Em sucessivos leilões de energia o preço da energia eólica no Brasil sofreu quedas e, conseqüentemente, entre 2011 e 2017 a potência instalada de energia eólica no país cresceu consideravelmente. A Figura 1 ilustra a expansão da potência em usinas e conjuntos eólicos no país acompanhados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) entre os anos 2011 e 2017 (ONS, 2018).

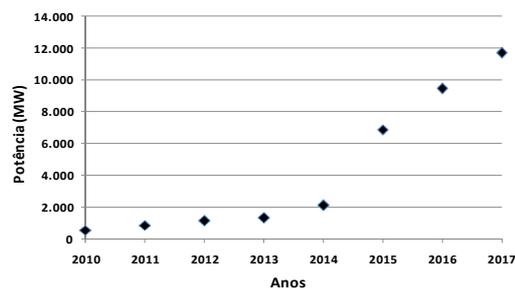


Figura 1- Potência eólica instalada em usinas e conjuntos tipo I (programação e despacho centralizados) no Brasil (fonte: ONS, 2018).

A potência instalada total eólica no Brasil tem sido entre 6% a 10% maior que o total relativo às usinas e conjuntos acompanhados pelo ONS. Por exemplo, a potência instalada eólica no país em 2017 foi de 12.763 MW (GWS, Global Wind Statistics 2017), enquanto a potência nos conjuntos acompanhados pelo ONS foi de 11.679,9 MW, representando cerca de 92% do total instalado.

Atualmente o Brasil já é o oitavo país em capacidade instalada acumulada em energia eólica, e foi o sexto em acréscimo de potência em 2017 (GWS, Global Wind Statistics 2017), devendo crescer mais ainda com a instalação das centrais já leiloadas e com operação prevista até 2021, o que poderá conduzir o país à sexta posição em potência instalada.

Em termos de energia eólica, em 2015 foram produzidos 22.055,9 GWh nos conjuntos acompanhados pelo ONS e o total de energia eólica no país atingiu 23.531,1 GWh, o que mostra o volume significativo dos grandes parques monitorados pelo ONS em relação ao total do Brasil (ONS, 2015). O rápido crescimento pode ser comprovado pela energia produzida em 2017 nos conjuntos acompanhados pelo ONS, que atingiu 39.618,0 GWh, um aumento de 79,6% em dois anos (ONS, 2017).

Este artigo objetiva identificar vantagens técnicas da instalação de energia eólica na região Nordeste do Brasil comparativamente a outras regiões do país. Os dados de usinas e conjuntos eólicos utilizados no estudo proposto foram retirados dos boletins mensais de geração eólica, disponíveis na página do ONS (ONS, 2018). Tais boletins são citados no texto pelo respectivo mês/ano tendo como referência bibliográfica a página do Operador Nacional do Sistema Elétrico. Dados de localização e altimetria aqui utilizados foram retirados da literatura (domínio público).

Com base nas análises realizadas, verifica-se que nos últimos anos as usinas ou conjuntos instalados no Nordeste têm apresentado um fator de capacidade médio anual razoavelmente superior ao de usinas em outras regiões, bem como a existência de uma complementação horária entre conjuntos em distintas áreas nordestinas. Esta complementação horária dentro da própria região funciona aumentando o fator de capacidade do conjunto, de modo similar a regularização, ou seja, elevando a energia firme do sistema.

Na seção seguinte são feitos comentários gerais com base nos boletins mensais de geração eólica divulgados pelo ONS. A seção 3 apresenta a justificativa para a escolha das usinas aqui consideradas e a descrição da metodologia utilizada. A seção 4 apresenta a discussão quando a complementação diária da energia eólica gerada no Nordeste e o fator de capacidade das usinas consideradas. A seção 5 traz as conclusões.

2 Os Boletins Mensais do ONS

Historicamente o Operador Nacional do Sistema (ONS) divulga o “Boletim Mensal de Geração Eólica”, no qual coloca um resumo dos dados verificados relativos à produção de energia elétrica pelas usinas tipo I (programação e despacho centralizados), tipo II (programação centralizada e despacho não centralizado) e conjuntos que possuem relacionamento com o Operador (ONS, 2018).

Uma usina tipo I é aquela que está conectada a rede básica, independente da potência injetada. As usinas conectadas à rede básica podem afetar, ou

não, a operação hidráulica e energética do Sistema Interligado Nacional (SIN), mas devido a sua conexão, têm impacto na segurança da rede de operação (ONS, 2018). Já a usina tipo II, embora não conectada à rede básica, pode afetar ou não, a operação hidráulica e energética do SIN e dependendo da sua localização podem impactar, ou não, a segurança da rede de operação (ONS, 2018). O conjunto reúne um grupo de usinas cuja injeção de potência é significativa em determinada subestação do SIN.

De início tais boletins de geração apresentavam dados apenas das usinas tipo I, aquelas que estão interligadas ao SIN, trazendo acompanhamento mensal por usina. Assim, por exemplo, o boletim mensal de dezembro/14 traz dados da potência e geração das usinas Faísas I até Faísas V, no Ceará, que totalizam uma potência instalada de 136,5 MW. Após a ampliação do parque, atingindo a potência instalada de 227,8 MW, em maio/17, os boletins mensais passaram a tratar como tais usinas como “Conjunto Faísas”. Atualmente, embora os dados de acompanhamento dos boletins mensais do ONS contemplem as usinas tipo I e os conjuntos, as informações da capacidade instalada das usinas do tipo II e mesmo tipo III (programação e despacho não centralizados) são mostradas nas páginas iniciais dos mencionados boletins.

De acordo com o boletim mensal de dezembro/12, existiam 9 conjuntos do tipo I em operação no país, sendo 6 localizados no Nordeste e 3 na Região Sul, correspondendo a uma potência instalada de 769 MW e 360MW, respectivamente, totalizando 1.129 MW à capacidade instalada brasileira. Em dezembro/2017, a potência instalada ainda nas usinas tipo I atingiu 11.679,9 MW, dos quais 9.546,4 MW no Nordeste, 1.942,2 MW na Região Sul e o restante na Norte, sendo o número de conjuntos iguais a 79, 12 e 1, nestas regiões respectivamente.

As primeiras usinas eólicas da região Nordeste do Brasil foram instaladas nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, entre agosto de 2009 e o ano de 2011. Já as primeiras usinas de maior porte instaladas na Bahia foram instaladas na região de Brotas de Macaúbas, entrando em operação em julho/12.

3 Usinas selecionadas e metodologia

Neste trabalho foram selecionadas como estudo de casos, usinas eólicas localizadas no interior da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte, que apresentassem dados para um período superior a um ano. Foram consideradas oito usinas eólicas no estado da Bahia (Alvorada, Licínio de Almeida, Nossa Senhora da Conceição, Guiripá, Planaltina, Curva dos Ventos, Serra Azul e Gentio do Ouro I), dois Conjuntos no Ceará (Faísas e Santa Rosália), e sete no Rio Grande do Norte (Alegria I, Mangue Sêco I, União dos Ventos, Modelo, Morro dos Ventos, Santa Clara e Campo dos Ventos).

Dentre estas usinas e conjuntos eólicos, durante os anos de 2016 e 2017, as usinas de Serra Azul e Gentio do Ouro I (Bahia) foram ampliadas, bem

como Faísas I (Ceará), Mangue Sêco I, União dos Ventos, Morro dos Ventos, e Campos dos Ventos (Rio Grande do Norte).

Em termos metodológicos, com base sempre nos boletins mensais de geração eólica disponibilizados pelo ONS (ONS, 2018), buscou-se características relativas à potência instalada, energia produzida e fator de capacidade das usinas, realizando-se uma análise com base em dados anuais e por região brasileira, visando identificar a maior produção no Nordeste, isto é, o maior fator de capacidade anual.

O fator de capacidade é definido como a relação entre a potência média gerada no período e a potência instalada, sendo dado por

$$FC = \frac{EGp / Tp}{PI} \quad (1)$$

onde, FC é o fator de capacidade; EGp é a energia produzida no período analisado (MWh); Tp representa o período sob análise (h) e PI é a potência total instalada na usina (MW).

Em geral o fator de capacidade é associado a uma usina, ou um conjunto, ou a uma fonte de energia, podendo ter periodicidade considerada como anual, mensal, ou mesmo diária.

A Figura 2 apresenta o fator de capacidade médio horário relativo a dezembro de 2013, para as usinas eólicas de Macaúbas e Seabra, ambas no interior do estado da Bahia, tendo sido elaborada a partir de dados contidos no boletim mensal de geração eólica (página 15, relativo a dezembro/13 (ONS, 2018)).

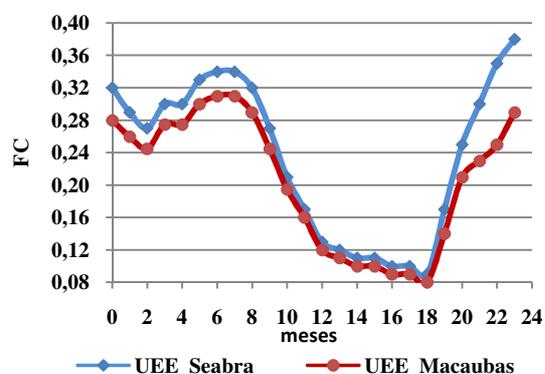


Figura 2. Fator de capacidade médio horário relativo a dezembro/2013 para duas usinas na Bahia (Brotas de Macaúbas). (Fonte: ONS, 2018).

A fim de se identificar a complementação horária entre usinas eólicas ou conjuntos na região Nordeste foram analisadas as ocorrências de geração máxima ao longo dos meses, de modo a verificar se a produção de eletricidade da usina ocorre mais no período diurno ou noturno. Para esta análise foram examinados dados mensais de geração das usinas, procurando-se identificar a máxima energia produzida e o horário em que a mesma ocorreu, para todos os 17 conjuntos e usinas selecionados. Havendo predominância de ocorrências de geração máxima entre 19 horas e 6 horas da manhã, a usina é caracterizada como de produção noturna. Geração máxima

verificada fora deste intervalo caracteriza a usina como de produção diurna.

4 Análise da complementação horária e do fator de capacidade das usinas

No que segue são apresentados as análises da complementação horária de geração e do fator de capacidade das usinas selecionadas como estudo de caso. Os dados dessas usinas e conjuntos eólicos foram retirados dos boletins mensais de geração eólica disponibilizados pelo ONS (ONS, 2018).

4.1 Análise da complementação horária

A partir da análise de dados do perfil horário de geração de energia das primeiras usinas em operação nos estados do Nordeste, de acordo com os gráficos do boletim mensal de geração eólica publicado ONS (ONS, 2018), uma interessante característica pôde ser observada: Usinas do litoral do Ceará e Rio Grande do Norte apresentavam maior geração de energia durante o período diurno, enquanto as do interior da Bahia tinham um perfil de maior produção a noite. A maior geração durante a noite também acontece em usinas do Piauí.

Após a edição do novo Atlas Eólico do Estado da Bahia (SECTI, 2013), pode-se verificar a informação de que regiões do interior do Estado, como a Chapada Diamantina e o entorno de Jacobina, apresentam uma predominância de ventos mais fortes, podendo-se citar, dentre as áreas com maior potencial, as regiões da Serra Azul, Serra do Tombador, Serra do Espinhaço, Morro do Chapéu, Novo Horizonte e Brotas de Macaúbas.

Assim, a fim de se identificar a complementação horária entre usinas eólicas ou conjuntos, na região Nordeste, foram analisadas as ocorrências de geração máxima ao longo dos meses, de modo a verificar se a produção de eletricidade da usina ocorre mais no período diurno (entre 7hrs e 18hrs) ou noturno (entre 19hrs e 6hrs).

Para esta análise foram examinados todos os meses dos anos de 2016 e 2017, procurando-se identificar a máxima energia produzida e o horário em que a mesma ocorreu, para todos os 17 conjuntos e usinas selecionados. A análise ficou restrita aos 24 meses dos anos de 2016 e 2017, visto que para estes anos os dados são mais consistentes, e verifica-se uma uniformização da apresentação dos mesmos nos mencionados boletins mensais (ONS, 2018).

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise no período considerado. Nos conjuntos como Serra Azul, Gentio do Outro I, Santa Rosália e Campo dos Ventos, as ocorrências diurnas e noturnas não somam 24, devido a entrada em operação das usinas ter acontecido ao longo de 2016. Vale observar que o ONS informa que o conjunto Gentio do Ouro I entrou em operação em março/16, porém só apresenta dados operativos do mesmo a partir de outubro/16.

Verifica-se que todas as usinas localizadas na Bahia apresentam características de máxima geração no período noturno (pico produtivo entre 19h e 6h, devido a ventos mais intensos durante a noite ou a madrugada). Estas usinas situam-se na região sertaneja da Bahia (exceção das duas últimas que estão na Microregião de Irecê, Centro-Norte do Estado), em locais com variações altimétricas em 750 a 1.000 metros acima do nível do mar. Dentre as usinas localizadas no Ceará, Faísa tem máximo durante o dia e o conjunto Santa Rosália apresenta geração máxima durante a noite.

Tabela 1 – Ocorrências de máximos mensais conforme as horas do dia (período 2016/2017).

Estado	Usina	Número de máximos	
		7h às 18h	19h às 6h
Bahia	Alvorada	5	19
	Licínio	3	21
	N. S. Conceição	5	19
	Guirapá	3	21
	Planaltina	7	17
	Curva dos ventos	4	20
	Serra Azul	3	16
	Gentio do Ouro I	1	14
Ceará	Faísa I	24	0
	Cj. Sta. Rosália	1	15
Rio Grande do Norte	Alegria I	24	0
	Mangue Seco I	16	8
	Cj. União dos Ventos	22	2
	Cj. Modelo	4	20
	Cj. Morro dos Ventos	14	10
	Cj. Santa Clara	17	7
	Cj. Campo dos Ventos	14	7

Os sete conjuntos localizados no Rio Grande do Norte apresentam características diurnas, com exceção de Modelo. Cabe destacar que embora o conjunto Morro dos Ventos apresente uma predominância diurna, os dados não se mostraram tão pronunciados quanto nos demais conjuntos. No conjunto União dos Ventos foram 22 máximos ocorridos durante o dia, enquanto em Morro dos Ventos apenas 14. Com exceção de Modelo e Morro dos Ventos, que estão situados no município de João Câmara, todos os demais se situam na região costeira, caracterizada por pequenas altitudes, inferiores a 100 metros.

Até maio de 2017 o Conjunto Faísa, no Ceará, era considerado pelo ONS como cinco usinas eólicas (Faísa de I a V), com potências entre 25,2 MW e 29,4 MW, que totalizavam 136,5 MW, sendo que seus picos de geração ocorriam no mesmo período. Com sua expansão em maio/17, o mesmo passou a ser considerado como Conjunto, pelo ONS. O Parque Conjunto Faísa está na região costeira, com altimetria não superior a 100 metros, enquanto Santa Rosália no município de Tianguá, Serra de Ibiapaba, em área com perfil planialtimétrico mais ondulado.

Para realçar o efeito da complementação horária, foram consideradas as 5 usinas localizadas na Bahia (5 primeiras linhas da Tabela I), denominando-se este novo conjunto de “Igorapã I - 69 kV” (Igorapã, é

o ponto comum de conexão das usinas, e 69kV é a tensão), e o parque Faísa, no Ceará. Isto combina parques no interior baiano cujas altitudes são mais elevadas e o Faísa, na região costeira cearense. Estes dois conjuntos teriam potência instalada de 294,4 MW e 227,8 MW, respectivamente. Tomando-se como referência horária a geração de energia referente a dezembro/17 (vide Figuras 74 e 80 do boletim mensal de geração eólica do ONS relativo a dezembro/17), as potências produzidas neste mês seriam como mostrado na Figura 3.

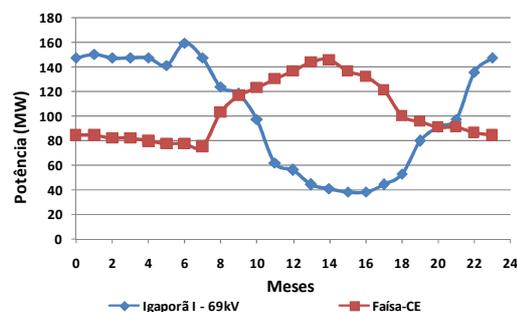


Figura 3. Potência gerada (MW) em um dia médio de dezembro/17 em conjuntos analisados na Bahia e Ceará (Fonte: ONS, 2018).

Pode-se observar que em dezembro/17, no conjunto Igorapã I - 69kV, a potência produzida estaria entre um máximo de 159,0 MW e um mínimo de 38,3 MW. Percentualmente em relação à potência instalada no conjunto, estes valores representam uma variação entre 54% e 13%, respectivamente. Já em Faísa, Ceará, a geração teria um máximo de 145,8 MW e um mínimo de 75,23 MW. Em percentual relativo à potência instalada, estes valores representam uma variação entre 64% e 33%, respectivamente.

Ao se considerar estes dois conjuntos como um “Parque Equivalente”, a potência instalada total seria 522,2 MW. Para o mesmo dia médio considerado na Figura 3, agora a potência gerada corresponderia a um máximo de 236,4 MW e um mínimo de 153,2 MW, correspondendo a uma variação entre 45,3% e 29,3% da potência instalada, como apresentado na Figura 4.

Para este Parque Equivalente o fator de capacidade deste dia seria 39,3%. Observa-se, de acordo com a Figura 4, que a complementação existe e é altamente benéfica ao sistema, visto que funciona como se houvesse uma regularização diária natural, aumentando a energia firme.

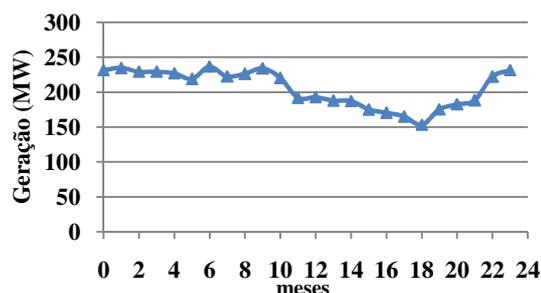


Figura 4. Potência gerada (MW) em um dia médio de dezembro/17 para o Parque equivalente aos conjuntos Bahia e Ceará (Fonte: ONS, 2018).

É forte a contribuição da energia eólica na região Nordeste do Brasil, representando mais que 60% da carga atendida na região (base diária) em alguns dias dos meses de setembro e outubro de 2017, correspondendo a mais que 6.000 MW médios. Mesmo no total de energia do Brasil, houve dias que a contribuição da fonte eólica foi maior que 10% (Boletins diários da operação (ONS, 2018)).

É importante observar que devido a sucessivos anos secos a contribuição hídrica na mátria elétrica tem caído e, especialmente no Nordeste, as usinas eólicas e termelétricas evitaram um racionamento de energia, mesmo assim tem sido grande o fluxo de eletricidade no sentido Norte-Nordeste.

Assim, esta complementação horária entre as usinas eólicas do Nordeste contribui para que atualmente a energia eólica produzida seja melhor absorvida na própria região Nordeste, exigindo menores intercâmbios diários com os sistemas vizinhos.

Outro modo de melhorar o desempenho dos sistemas de geração elevando o fator de capacidade é através do armazenamento de energia; tecnologias diversas tem sido objeto de estudo, a exemplo das baterias de lítio ou de sódio enxofre, armazenamento de hidrogênio e gás natural, e ar comprimido, dentre outras. Recentemente, a Agência nacional de Energia Elétrica (ANEEL) fez uma chamada pública objetivando um projeto estratégico de pesquisa e desenvolvimento que visasse à “proposição de sistemas de armazenamento de energia de forma integrada e sustentável, buscando criar condições para o desenvolvimento de base tecnológica e infraestrutura de produção nacional”. (ANEEL, 2016). Considerando a complementação aqui demonstrada menos armazenamentos seriam necessários nos sistemas eólicos.

4.2 Análise do fator de capacidade

Para análise do fator de capacidade, a Tabela 2 apresenta os fatores de capacidade recentes, referentes aos anos de 2016 (FC16) e 2017 (FC17) e a potência instalada atual (P.Inst.), para cada uma das usinas e dos conjuntos selecionados, sendo tais dados obtidos do boletim mensal da geração eólica referente a dezembro de 2017 (ONS, 2018). As primeiras 14 linhas da Tabela 2 se referem a usinas e conjuntos da região Nordeste anteriormente considerados, e as 6 últimas linhas são relativas a parques situados na região Sul do país, especificamente, no estado do Rio Grande do Sul (escolhidas aquelas usinas que encontram-se em operação desde 2013 ou 2014).

Observa-se que o melhor fator de capacidade dentre as usinas do Sul em 2016 (39,6%) é menor do que o verificado em 10 dos 14 conjuntos da região Nordeste. Em 2017, o melhor valor de capacidade da região Sul (43,0%) também é excedido por 9 dos conjuntos da região Nordeste.

De acordo com a Figura 5 pode-se observar que ao longo de todo o período o fator de capacidade médio anual para os parques eólicos da região Nordeste foi maior que o da região Sul, em todos os anos considerados. A relação é tal que uma usina eólica de

mesma potência instalada na região Nordeste teria produzido 25% a mais de energia elétrica em 2013, e 28% em 2017 do que se instalada na região Sul. Vale observar que nos anos de 2015 e 2016, os fatores de capacidade na região Sul foram baixos, 22,3% e 29,1% respectivamente, o que aumentaria ainda mais a discrepância entre a porcentagem de energia gerada nas duas regiões.

Tabela 2 – Potência instalada e fator de capacidade.

Estado	Usina	P. Inst. (MW)	FC16	FC17
Bahia	Alvorada	38,4	42,9	56,8
	Licínio	73,6	42,5	49,9
	N. S. Conceição	76,8	45,7	55,3
	Guirapá	52,8	45,4	52,5
	Planaltina	52,8	51,5	62,3
	Curva dos ventos	56,4	46,6	53,4
	Serra Azul	60,0	45,0	46,2
	Gentio do Ouro I	188	62,5	55,0
Ceará	Faixa I	227,8	37,4	35,4
	Cj. Sta. Rosália	130,1	44,5	49,4
Rio Grande do Norte	Alegria I	51,0	33,7	32,4
	Mangue Seco I	104	38,8	36,7
	Cj.União dos ventos	234,7	49,8	46,9
	Cj Modelo	56,4	55,9	52,9
	Cj. Morro dos Ventos	173,4	41,6	41,0
Rio Grande do Sul	Cj. Santa Clara	188	37,9	36,6
	Cj. Campo dos Ventos	105,6	49,6	49,9
	UEE Xangri-lá		30,9	32,7
	Cj. Livramento 2		37,7	40,3
	Cj. Atlântica		38,7	43,0
	Cj. Quinta 138kV		39,6	41,6
	Cj. Quinta 69kV		34,2	38,3
Cj. Sta. Vitória Palmar		34,9	38,2	

A Figura 5 apresenta uma análise da evolução do fator de capacidade médio das usinas tipo I para as regiões Nordeste e Sul do país, desde o ano 2012 até 2017, com base nos boletins mensais do ONS referentes a cada mês de dezembro (ONS, 2018).

Esta diferença de fator de capacidade, devido aos ventos mais constantes na região Nordeste, é que conduziu os empreendedores ao longo destes anos a investirem mais na região. Em 2013 a capacidade instalada em usinas tipo I na região Nordeste representava 69,0% em relação ao total brasileiro e em 2017 esta participação já havia alcançado 81,7%.

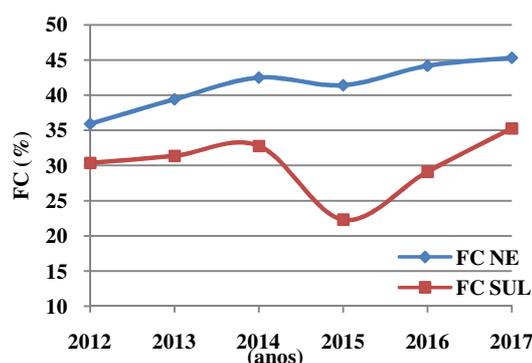


Figura 5. Fator de capacidade (%) médio anual para as usinas Tipo I nas regiões Nordeste e Sul do Brasil (Fonte: O.N.S., 2018).

Assim, verifica-se que o fator de capacidade para parques eólicos na região Nordeste em geral apresentam valores superiores àqueles da região Sul. Cabe destacar que não há ainda usinas em número significativo nas demais regiões para permitir comparações semelhantes.

5 Conclusão

Este trabalho buscou verificar possíveis vantagens técnicas associadas à região Nordeste no que diz respeito à geração de origem eólica, com base na análise de dados de produção de energia eólica no país, disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema. Foram estudados a complementação horária entre usinas e o fator de capacidade médio anual de usinas e parques eólicos instalados na região Nordeste e Sul do país.

Resultados mostraram uma complementação horária entre usinas dos diversos estados da região Nordeste. Examinados 17 parques eólicos localizados nos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte, 10 apresentaram característica de maior produção de eletricidade no período noturno. Em especial, as usinas na Bahia apresentaram pico de geração a noite, enquanto a maioria das usinas localizadas no Rio Grande do Norte gera mais energia durante o dia. As usinas localizadas na Bahia situam-se em regiões com altitude entre 750 a 1 mil metros e bastante distante do litoral, enquanto as usinas do Rio Grande do Norte e Ceará, com maior produção diurna, estão localizadas próximas ao litoral, em região costeira.

Esta complementação horária faz com que a potência oriunda da energia eólica na região apresente menor variação ao longo das horas do dia, como se houvesse uma troca de potência entre usinas, possibilitando uma maior regularização da energia diária produzida. A comprovação da complementação horária entre usinas de diferentes estados do Nordeste brasileiro é bastante relevante no momento em que diversos países estão pesquisando armazenamento de grandes blocos de energia, justamente visando aproveitar excessos de potência eólica devido a melhores ventos horários. Não foi possível verificar a complementação entre ventos costeiros e ventos da região interiorana do Nordeste pela dificuldade na obtenção dos dados de medição.

Examinados os fatores de capacidade de várias usinas eólicas durante os anos de 2016 e 2017, foi possível verificar valores razoavelmente superiores nos conjuntos instalados no Nordeste quando comparados com aqueles instalados no Sul do Brasil. Pode-se concluir que se parques eólicos idênticos fossem instalados no Sul e no Nordeste do país, aquele localizada no Nordeste estaria gerando cerca de 25% a mais de energia em 2013, podendo atingir 29,1% em 2017.

Constatou-se ainda que já foi alcançada grande penetração da energia eólica no Nordeste brasileiro, superando 60% da carga em vários dias dos meses de setembro e outubro de 2017. Diante deste cenário,

em breve novos reforços no sistema de transmissão serão necessários, visando permitir maiores intercâmbios entre diferentes regiões do país.

Referências Bibliográficas

- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, Chamada 021/2016, Projeto estratégico: Arranjos técnicos e comerciais para a inserção de sistemas de armazenamento de energia no setor elétrico brasileiro, 2016; disponível em http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-promove-chamada-de-projetos-para-sistemas-de-armazenamento-de-energia/656877?inheritRedirect=false, acesso em 23.03.18.
- Brasil (2002), Lei.10.438, de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília DF, 30 jul. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm, acesso em 23/3/2018.
- GWS, Global Wind Statistics 2017, publicado por Global Wind Energy Council em 14.02.18, disponível em http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf, acesso em 12.03.18.
- ONS (2018), Operador Nacional do Sistema Elétrico, disponíveis em <http://www.ons.org.br/>, consulta em 08.01.18.
- ONS (2015), Operador Nacional do Sistema Elétrico, Boletim Mensal de Geração Eólica Dezembro de 2017; disponível em http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumento_sEPublicacoes/Boletim_Eolica_dez_2017.pdf
- ONS (2017), Operador Nacional do Sistema Elétrico, Boletim Mensal de Geração Eólica Dezembro de 2015; disponível em http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumento_sEPublicacoes/Boletim_Eolica_dez_2015.pdf.
- SECTI, Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação do Governo do Estado da Bahia, Atlas Eólico: Bahia, elaborado por Camargo-Schubert Engenheiros Associados et al, 96p. e 7f. Salvador, 2013.