

AUMENTO DA CAPACIDADE OPERATIVA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO APLICADA A GERAÇÃO EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO

Deivid SOUZA MARINS (ufc) - deividmarins@yahoo.com.br

Fernando Luiz Marcelo Antunes (UFC) - fantunes@dee.ufc.br

Resumo:

O potencial eólico do Nordeste torna a região um atrativo para construção de empreendimentos de geração eólicos e, conseqüentemente, traz a necessidade de investimentos em novas Linhas de Transmissão que atendam essa alta na demanda de geração. Este artigo apresenta o estudo de caso do aumento da capacidade de operação de uma linha de transmissão em 230 kV no estado do Pernambuco, responsável pelo escoamento de geração de um parque eólico, sob diferentes velocidades de vento. O estudo analisa o impacto das variações de velocidade do vento na ampacidade das linhas de transmissão aéreas. São realizadas análises do atlas eólico do estado do Pernambuco e informações da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Os resultados demonstraram que a elevação na velocidade do vento em até 4,0 m/s traz um aumento da capacidade instalada no parque eólico, com ganhos aproximados de 70% de geração.

Palavras-chave: *Energia Eólica, Linhas de Transmissão, Ampacidade*

Área temática: *Outras fontes renováveis de energia*

Subárea temática: *Simulação, análise, equipamentos e sistemas de conversão eólica para eletricidade*

AUMENTO DA CAPACIDADE OPERATIVA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO APLICADA A GERAÇÃO EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO

Deivid Souza Marins – deividmarins23@gmail.com

INOVA Energy Fortaleza

Fernando L. M. Antunes – fantunes@dec.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. O potencial eólico do Nordeste torna a região um atrativo para construção de empreendimentos de geração eólicos e, conseqüentemente, traz a necessidade de investimentos em novas Linhas de Transmissão que atendam essa alta na demanda de geração. Este artigo apresenta o estudo de caso do aumento da capacidade de operação de uma linha de transmissão em 230 kV no estado do Pernambuco, responsável pelo escoamento de geração de um parque eólico, sob diferentes velocidades de vento. O estudo analisa o impacto das variações de velocidade do vento na ampacidade das linhas de transmissão aéreas. São realizadas análises do atlas eólico do estado do Pernambuco e informações da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Os resultados demonstraram que a elevação na velocidade do vento em até 4,0 m/s traz um aumento da capacidade instalada no parque eólico, com ganhos aproximados de 70% de geração.

Palavras-chave: Energia Eólica, Linhas de Transmissão, Ampacidade

1. INTRODUÇÃO

O potencial eólico do Nordeste torna a região um atrativo constante para construção de empreendimentos de geração dessa fonte de energia. Nessa vertente, torna-se indispensável maiores investimentos em novas Linhas de Transmissão (LT) para atender essa produção de energia e escoá-la ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (Junior e Domingues, 2015). Essa necessidade traz desafios como nova infraestrutura, entaves fundiários, além da expansão de barramentos nas subestações para ancoragem das linhas.

O estudo de alternativas que possibilitem o aproveitamento de infraestruturas existentes contribui para postergar a necessidade de ampliação desses ativos (Oliveira e Asano, 2019).

Os limites térmicos da LT são estabelecidos conforme recomendações da NBR 5422, onde, dentre outros parâmetros, há limitação quanto a velocidade de vento para resfriamento dos condutores, não podendo ultrapassar 1,0 m/s (Junior e Domingues, 2015). Esse fator restritivo é aplicado a todas as linhas do território brasileiro, independente das condições climáticas de instalação.

Entretanto, os ventos predominantes nas regiões onde são instalados os parques eólicos, em geral estão entre 8 m/s a 12 m/s (Junior e Domingues, 2015). Para linhas construídas próximos a esses parques, é razoável estimar uma capacidade de transmissão superior ao previsto na NBR 5422.

Com base nessa problemática, este artigo apresenta o estudo de caso do aumento da capacidade de operação de uma linha de transmissão em 230 kV no estado do Pernambuco, responsável pelo escoamento de geração de um parque eólico, sob diferentes velocidades de vento.

Foram utilizados dados mais atuais do atlas eólico do estado do Pernambuco, bem como comparados aqueles coletados em torres meteorológicas convencionais próximas ao empreendimento, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Por fim, são apresentados os resultados do aumento da ampacidade da linha refletido ao ganho de geração eólico do empreendimento em operação.

2. CÁLCULO DA AMPACIDADE

A ampacidade de uma linha de transmissão é definida como sua capacidade de carregamento em períodos de longa duração, com condutores operando em condições ambientais específicas (ANEEL, 2005).

As metodologias difundidas por (IEEE, 2013) e (CIGRE, 2002), para definição da capacidade operativa das linhas aéreas, afirma que os maiores responsáveis pela variação da temperatura do condutor são o carregamento dos cabos e as condições ambientais. O modelo desenvolvido por ambos utiliza o princípio de regime permanente, onde a corrente elétrica, a temperatura do condutor e as condições ambientais são consideradas estáticas em todo o processo de operação

da linha (IEEE, 2013). Assim, conforme sumarizado em (ANEEL, 2005), a relação que define o comportamento térmico dos cabos é dada por:

$$Q_J + Q_S = Q_C + Q_R \quad (1)$$

Na Eq. (1), Q_J (W/m) é o ganho de calor por efeito Joule, Q_S (W/m) é o ganho de calor por aquecimento solar, enquanto Q_C (W/m) e Q_R (W/m) são, respectivamente, os valores de calor dissipado por convecção e radiação.

O ganho de calor por efeito Joule é definido como:

$$Q_J = I_{DC}^2 \cdot \underbrace{R_{DC} \cdot [1 + \alpha_{DC}(T_C - 20)]}_{R_{TDC}} \quad (2)$$

Na Eq. (2), I_{DC} (A) é a corrente contínua (CC), R_{DC} (Ω) é a resistência CC do condutor a 20°C, R_{TDC} (Ω/km) a resistência do condutor CC para temperatura de projeto T_C (°C), α_{DC} é o coeficiente de variação da resistência CC.

A corrente I_{DC} é definida em função da corrente I_{AC} em Eq. (3).

$$I_{AC} = \frac{I_{DC}}{\sqrt{1,0123 + 2,36 \cdot 10^{-5}}} \quad (3)$$

Quando se dispõe dos valores de resistência alternada, o ganho de calor Q_J será dado por:

$$Q_J = I_{AC}^2 \cdot R_{TAC} \quad (4)$$

O ganho de calor por aquecimento solar é dado por:

$$Q_S = \alpha_S \cdot D \cdot I_B \quad (5)$$

Na Eq. (5), α_S é o coeficiente de absorvidade do condutor, D (m) seu diâmetro externo e I_B (W/m²) a intensidade de radiação solar.

As perdas de calor por convecção são dadas por:

$$Q_C = \pi \cdot \left[2,42 \cdot 10^{-2} + 7,2 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{T_C + T_A}{2} \right) \right] \cdot (T_C - T_A) \cdot Nu \quad (6)$$

Na Eq. (6), T_A é a temperatura ambiente e Nu o número de Nusselts, que varia com a velocidade de vento, conforme enumerado itens a seguir.

- **Para velocidades de vento acima de 0,5 m/s** - Nesse caso, Nu será dado por:

$$Nu = B_2 \cdot \left(\frac{D \cdot V \cdot e^{-1,16 \cdot 10^{-4} \cdot H}}{1,32 \cdot 10^{-5} + 9,5 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{TC + TA}{2} \right)} \right)^{m_2} \quad (7)$$

Na Eq. (7) B_2 e m_2 são coeficientes dependentes da rugosidade da superfície, V (m/s) é a velocidade do vento e H (m) é a altitude da LT.

- **Para velocidades de vento nula.** Nesse caso, Nu será dado mediante cálculo dos Números de Prandtl (N_{PRA}) e Grashof (G_R), onde:

$$N_U = A_2 \cdot (G_r \cdot N_{PRA})^{m^2} \quad (8)$$

$$Nu = A_2 \cdot \left[\frac{D^3 \cdot (T_C - T_A) \cdot g}{\left[\left(\frac{T_C + T_A}{2} \right) + 273 \right] \cdot \left[1,32 \cdot 10^{-5} + 9,5 \cdot 10^{-8} \left(\frac{T_C + T_A}{2} \right) \right]^2} \right] \cdot \left[0,715 - 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{T_C + T_A}{2} \right) \right]^{m_2} \quad (9)$$

Gr N_{PRA}

Nas Eq. (8) e Eq. (9), A_2 e m_2 dependem de N_{PRA} e Gr .
A perda de calor por radiação solar é dada por:

$$Q_R = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot \pi \cdot D \cdot [(T_C + 273)^4 - (T_A + 273)^4] \quad (10)$$

Onde, ε é a emissividade do condutor.

Dessa forma, com base nas Eq. (4), Eq. (5), Eq. (6) e Eq. (10), a capacidade operativa de longa duração do condutor é dada por:

$$I_{AC} = \sqrt{\frac{Q_C + Q_R - Q_S}{R_{TDC}}} \quad (11)$$

3. METODOLOGIA

3.3 Atlas eólico do Pernambuco

O vento no Estado do Pernambuco apresenta pouca variação em direção, girando em torno do quadrante sudeste a maior parte do ano, considerado como vento de altitude, entrando pela costa e se intensificando continente adentro. Em alturas mais baixas, entre 10 e 50 metros, é possível identificar o efeito de circulação de brisa na faixa litorânea, possibilitando um forte aproveitamento para geração distribuída (Studzinski et al, 2017).

O Atlas Eólico e Solar de Pernambuco, que concentra as informações meteorológicas da região, foi elaborado em parceria com institutos estaduais e com o INMET. Os dados passaram por análises e validações conforme preconizado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável Americanos (NREL) (Studzinski et al, 2017).

Assim sendo, foram disponibilizados mapas climatológicos para diversas regiões do estado. A Fig. 1 mostra o mapa da velocidade de vento anual da região, a uma altura de 30 metros do solo. A escolha da altura se deu buscando aproximação da altura de fixação dos cabos condutores de uma linha de transmissão 230 kV típica. Na mesma figura é indicada a região de encaminhamento da LT, foco de estudo desse artigo, com velocidades de vento média anual de 4 a 6 m/s.

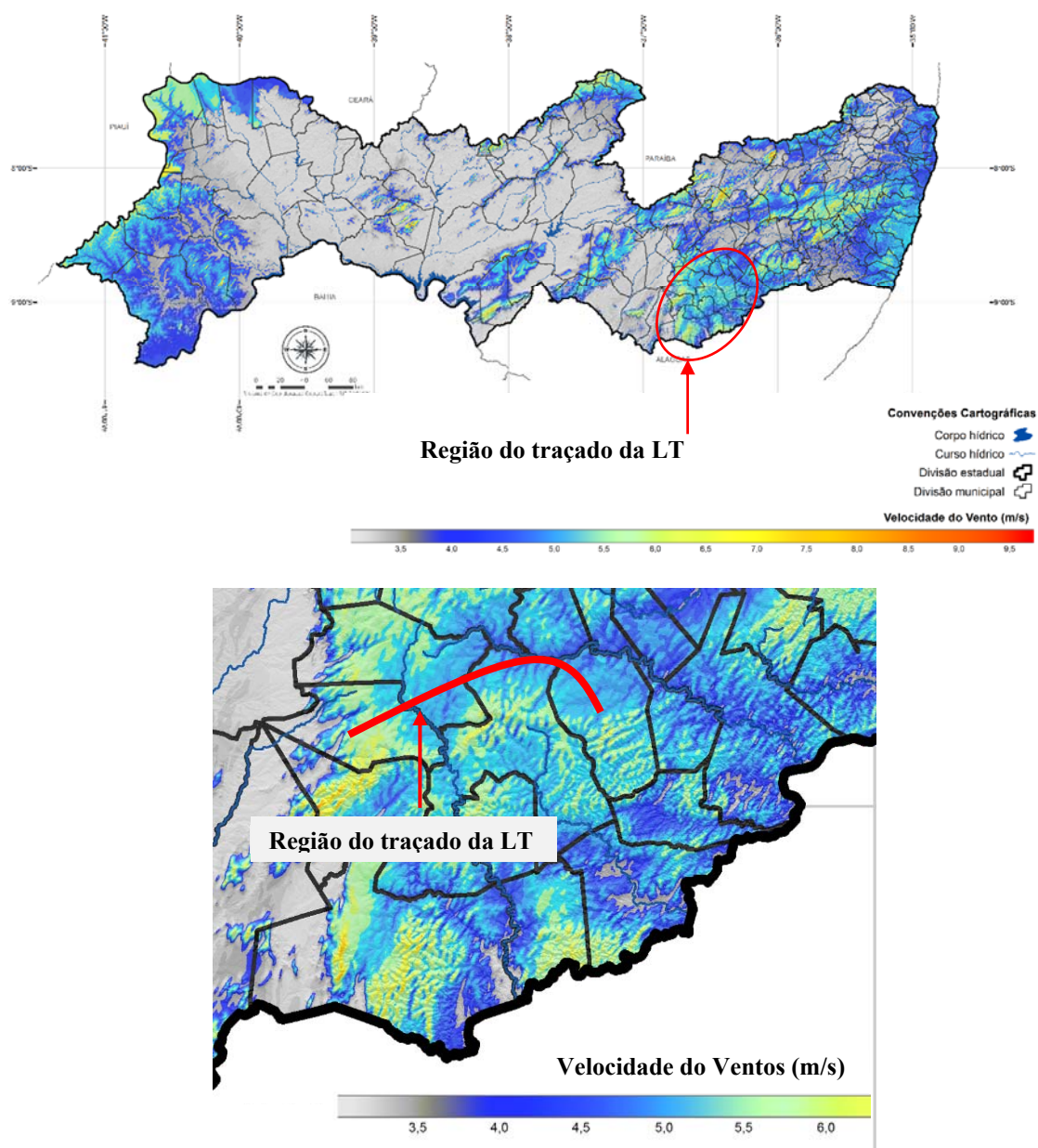


Figura 1 – Mapa de Velocidade de Vento a 30 m de altura no estado do Pernambuco (Fonte: (Studzinski et al, 2017))

3.4 Medições anemométricas

A linha de transmissão descrita neste artigo está localizada entre os municípios de Paratama e Garanhuns, ambos no estado do Pernambuco. A LT 230 kV foi construída ao longo dos seus 50 km com capacidade máxima de longa duração projetada de 245 MVA, sendo responsável pelo escoamento da geração de um parque eólico.

Com o objetivo de avaliar as condições de vento ao longo do traçado do empreendimento, assim como compará-los aos valores apresentados pelo mapa eólico da região, foram coletados da base de dados do INMET medições horárias de velocidade do vento de 3 (três) estações anemométricas mais próximas ao empreendimento. Os resultados são sumarizados na Tab. 1.

Tabela 1 - Dados das estações meteorológicas mais próximas da Linha de Transmissão 230 kV

Estação	Coordenadas		Início de Operação	Período dos dados	Qtd. De Dados	Distância (km)	Vel. do Vento (m/s)	
	Latitude	Longitude					Média	Máxima
Garanhuns - PE (OMM: 82893)	-8.88	-36.51	01/02/1913		39579	6.7	3.45	14
ARCOVERDE - PE (OMM: 82890)	-8.41	-37.08	01/02/1973	01/01/1900 - 01/12/2019	32634	74.7	3.67	10
PALMEIRA DOS INDIOS - AL (OMM: 82992)	-9.44	-36.7	01/01/1928		37561	70.5	2.9	14

É possível ver que os valores médios de velocidade de vento horários se encontram dentro do intervalo de 0 a 4 m/s. Sendo assim, buscando condições mais favoráveis para operação da LT do que aqueles apresentados na NBR 5422, foi contemplado nesse trabalho um estudo do ganho de ampacidade da linha de transmissão operando com velocidades de vento não superiores a 4,0 m/s.

Devido à grande quantidade de informações coletadas nas estações, acima de 30 mil cada, as velocidades de vento foram divididas em intervalos e os dados reagrupados em categorias menores, conforme apresentado em Tab. 2 à Tab. 4 e Fig. 2.

Tabela 2 – Agrupamento de dados da estação meteorológica Garanhuns

Número do Intervalo	Intervalo (m/s)	Velocidade média (m/s)	Qtd de Dados	Participação
i1	0	0	417	10%
i2	0 - 0.5	0.35	832	
i3	0.5 - 1.0	0.92	2642	
i4	1.0 - 1.5	1.27	656	56%
i5	1.5 - 2.0	1.80	4108	
i6	2.0 - 2.5	2.39	2408	
i7	2.5 - 3.0	2.94	6886	
i8	3.0 - 3.5	3.30	4700	
i9	3.5 - 4.0	3.80	3343	
i10	> 4	5.27	13587	34%
Total			39579	100%

Tabela 3 – Agrupamento de dados da estação meteorológica Arcoverde

Número do Intervalo	Intervalo (m/s)	Velocidade média (m/s)	Qtd de Dados	Participação
i1	0	0	44	2%
i2	0 - 0.5	0.37	168	
i3	0.5 - 1.0	0.81	491	
i4	1.0 - 1.5	1.30	635	60%
i5	1.5 - 2.0	1.72	2478	
i6	2.0 - 2.5	2.35	2826	
i7	2.5 - 3.0	2.81	2993	
i8	3.0 - 3.5	3.30	6615	
i9	3.5 - 4.0	3.78	4134	
i10	> 4	5.04	12250	38%
Total			32634	100%

Tabela 4 – Agrupamento de dados da estação meteorológica Palmeira dos Índios

Número do Intervalo	Intervalo (m/s)	Velocidade média (m/s)	Qtd de Dados	Participação
i1	0	0	1256	
i2	0 - 0.5	0.38	1084	17%
i3	0.5 - 1.0	0.87	4150	
i4	1.0 - 1.5	1.28	2998	
i5	1.5 - 2.0	1.82	4355	
i6	2.0 - 2.5	2.33	2894	56%
i7	2.5 - 3.0	2.84	3910	
i8	3.0 - 3.5	3.31	3660	
i9	3.5 - 4.0	3.81	3187	
i10	> 4	5.08	10067	27%
Total			37561	100%

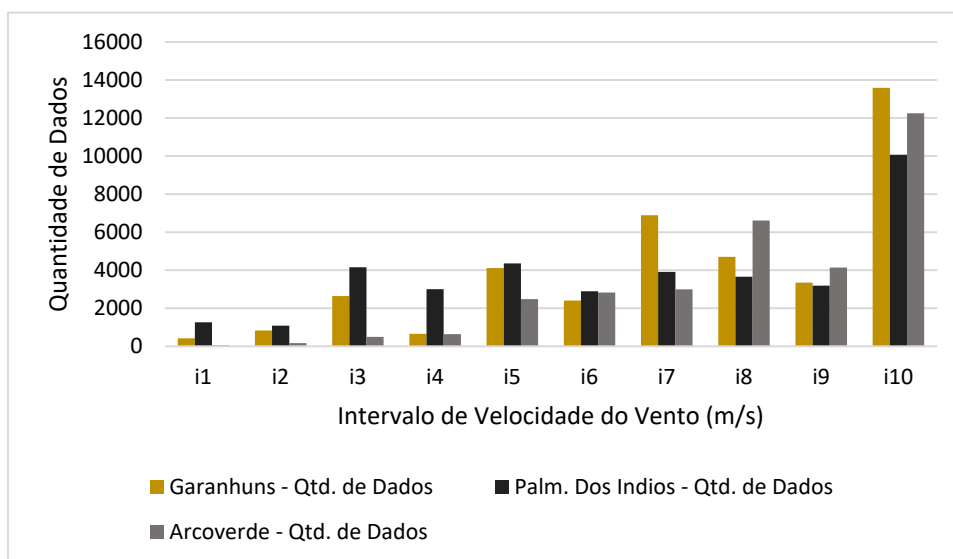


Figura 2 - Agrupamento de dados das estações meteorológicas Garanhuns, Arcoverde e Palmeira dos Índios

A divisão em intervalos de operação contempla valores médios das velocidades de vento dentro do período, assim como as correspondentes quantidade de dados coletados. Nessa vertente são considerados 3 cenários, são eles:

Velocidade de vento no período 0 – 1 m/s (intervalo i_1 – i_3). Este intervalo contempla a faixa de velocidade de vento recomendada em normas nacionais e internacionais, sendo amplamente utilizada por projetistas de linhas de transmissão por abordar uma vertente mais conservadora. A quantidade de dados encontrados nesse período constata a baixa quantidade de horas que a linha de transmissão opera sob efeito de ventos reduzidos. Para as estações Garanhuns, Arcoverde e Palmeira dos Índios, esse intervalo corresponde a 10%, 2% e 17% respectivamente.

Velocidade de vento no período 1 – 4 m/s (intervalo i_4 – i_9). Este intervalo contempla a faixa de velocidade de vento objeto desse estudo. A quantidade de dados medidos nesse período constata, para todas as estações, a maior quantidade de horas de operação da linha de transmissão. As participações percentuais para as estações Garanhuns, Arcoverde e Palmeira dos Índios correspondem, respectivamente, a 56%, 60% e 56%.

Velocidade de vento no período > 4 m/s (intervalo i_{10}). Esse intervalo contempla a segunda maior quantidade de dados medidos. Esse período, por estar acima dos valores médios encontrados, não foi considerado neste trabalho para análise da ampacidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados coletados das estações e no limite de velocidade de vento estabelecido no item 3, foram calculadas as capacidades operativas de longa duração da linha de transmissão, conforme Fig. 3, considerando os dados de projeto da Tab. 5.

Tabela 5 – Dados de projeto da LT 230 kV em operação

Descrição	Valor de Projeto
Potência (MW)	200
Nível de Tensão (kV)	230
Condutor	CAL Flint
Cabos por fase	1
Comprimento (km)	50
Temp. Ambiente (°C)	30
Temp. de Projeto (°C)	60
Vel. Vento (m/s)	1.0
Fator de Pot.	0.95
Irrad. Solar (W/m ²)	1000
Absortividade	0.9
Emissividade	0.7
Altitude (m)	800
Coefficiente B2	0.641
Coefficiente m2	0.471
Perda de Calor Q _c (W/m)	48.76
Perda de Calor Q _R (W/m)	12.13
Ganho de Calor Q _S (W/m)	22.64
R _{DC} (Ω/km)	0.0892

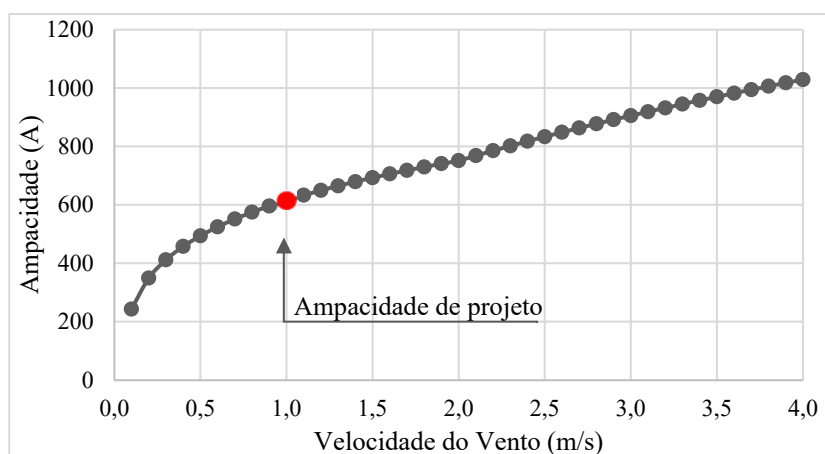


Figura 3 – Variação da capacidade operativa de longa duração da LT 230 kV

O gráfico apresentado na Fig. 3 representa o comportamento da capacidade de corrente do condutor da LT com o aumento gradual da velocidade de vento. Segundo (Sakagami, 2010), em baixas velocidades, entre 0,1 m/s e 0,5 m/s, o cabo condutor passa por um processo de convecção mista, ocasionando um ganho exponencial de ampacidade. Para valores acima de 0,5 m/s, o comportamento do condutor tende a um equilíbrio com a temperatura ambiente, causando uma tendência mais linear.

Para alguns valores de velocidade de vento, foram estudados os ganhos percentuais de capacidade da linha e os resultados apresentados na Tab. 6.

Tabela 6 – Ganho de ampacidade da Linha de Transmissão 230 kV

Vel Vento (m/s)	Capacidade Operativa (MVA)	Capacidade (A)	Ganho (A)	Ganho (MVA)	Ganho (%)
1.0	245	615			
1.5	276	693	78	31	13%
2.0	299	752	136	54	22%
2.5	332	833	218	87	35%
3.0	361	905	290	116	47%
3.5	386	970	355	141	58%
4.0	410	1029	414	165	67%

Como exemplo, o aumento de 0,5 m/s no intervalo entre 1,0 m/s a 1,5 m/s resulta em um ganho de 78 A na ampacidade, representando 13% em relação a condição atual de operação. Esse ganho pode chegar na ordem de 70% quando na variação de 1,0 a 4,0 m/s.

O impacto positivo no ganho da capacidade de transmissão resulta num aumento da capacidade instalada do parque eólico, uma vez que a LT se destina exclusivamente ao escoamento da geração do empreendimento. Deste modo, foi estimada a quantidade de aerogeradores a serem instalados para suprir a carga excedente. Foram utilizadas modelos de aerogeradores de potência 4,2 MW, 5,5 MW e 6,0 MW com mesmo fator de potência e os resultados apresentados na Tab. 7.

Tabela 7 – Quantidade de aerogeradores excedentes para o ganho de ampacidade da Linha de Transmissão 230 kV

Vel Vento (m/s)	Capacidade Operativa (MVA)	Ganho (MVA)	Qtd de Aerogeradores		
			AEG 4.2 MW	AEG 5.5 MW	AEG 6.0 MW
1.0	245				
1.5	276	31	7	5	5
2.0	299	54	12	9	9
2.5	332	87	20	15	14
3.0	361	116	26	20	18
3.5	386	141	32	24	22
4.0	410	165	37	28	26

Isto posto, é possível constatar que pequenas variações de velocidade de vento, acima do estabelecido por (IEEE, 2013), (CIGRE, 2002) e NBR 5422, trazem ganhos significativos na capacidade operativa de longa duração das linhas de transmissão aéreas, devido ao processo de convecção forçada, ou seja, resfriamento dos condutores.

Para parques eólicos já em operação, esse benefício permite o aproveitamento das instalações de transmissão existentes para ampliação da capacidade instalada do parque, bem como posterga a necessidade de altos investimentos na construção de novas LT. Para o empreendimento eólico em estudo, o ganho real de capacidade traz não apenas aumento da capacidade instalada, podendo ultrapassar 30 novos equipamentos, mas evita perdas de despacho de energia excedente quando a geração ultrapassar os limites de carregamento da LT projetada.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o estudo do ganho de capacidade operativa de longa duração de uma linha de transmissão em 230 kV, responsável exclusivamente pelo escoamento de geração de um parque eólico no estado do Pernambuco. Foram realizadas análises das informações fornecidas no atlas eólico da região e do banco de dados do INMET, assim como a avaliação do impacto na LT existente.

A análise teórica demonstrou que pequenas variações de velocidade de vento, acima do estabelecido na NBR 5422, trazem ganhos significativos na ampacidade das linhas de transmissão aéreas, devido ao processo de resfriamento dos condutores.

O estudo dos dados coletados no atlas eólico do Pernambuco demonstrou similaridade aos valores de velocidade de vento médios anuais da base de dados do INMET. Isto permitiu estabelecer que o limite normativo de velocidade de vento para projetos de linha de transmissão de 1,0 m/s pudesse ser estendido até 4,0 m/s.

As simulações demonstraram que a elevação na velocidade do vento resultou no aumento da capacidade instalada no parque eólico, com ganhos variando de 13% a 67% de geração.

Por fim, para parques eólicos já em operação, esse benefício permite o aproveitamento das instalações de transmissão existentes para ampliação da capacidade instalada do empreendimento, bem como evita perdas de despacho de energia excedente quando a geração ultrapassar os limites de carregamento da LT projetada.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da INOVA Energy Fortaleza.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Nota Técnica nº 038/2005–SRT/ANEEL, 2005:21.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), (1985). NBR 5422: “Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica”. Rio de Janeiro.
- IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors. IEEE Std 738-2012 (Revision of IEEE Std 738-2006 - Incorporates IEEE Std 738-2012 Cor 1-2013) 2013:1-72.
- CIGRE, 2002. "Thermal behaviour of overhead conductors", 22.12 WG.
- Junior, O.R., Domingues, L.A.M.C., Aumento das capacidades de linhas de transmissão de conexão de parques eólicos através da correlação de variáveis ambientais, correntes e temperaturas nos condutores, XXIII SNPTEE, 2015, Foz do Iguaçu, PR
- Oliveira, J.C., Asano, P.T.L., Sistemas de monitoramento e Ampacidade de LTs: uma correlação entre geração eólica e o aumento da capacidade de transmissão da rede, XXV SNPTEE, 2019, Belo Horizonte, MG
- Sakagami, Y., "Mapeamento do risco térmico em linhas aéreas de transmissão com base em dados de modelo numérico atmosférico", Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- Studzinski, C., et al., 2017. Atlas Eólico e Solar de Pernambuco. Pernambuco. Disponível em: <<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/index.html>>

POWER CAPACITY UPGRADE OF OVERHEAD TRANSMISSION LINES APPLIED TO WIND GENERATION IN BRAZILIAN NORTHEAST REGION

Abstract. *The Brazilian northeast wind resource makes the region attractive for the construction of wind generation projects and consequently brings the need for investments in new transmission lines to supply this increase in generation demand. This paper presents the case study of the increased ampacity of a 230 kV overhead transmission line in the state of Pernambuco, responsible for the generation flow of a wind farm under different wind speeds. The study analyzes the impact of wind speed variations on the power transmission capacity. Analyzes of the wind atlas of the state of Pernambuco and information from the National Institute of Meteorology database are performed. The results showed that the increase in wind speed up to 4.0 m / s results in the increase of wind farm installed capacity, with approximately 70% generation gains.*

Key words: *Wind Energy, Overhead Transmission Line, Ampacity*