



Empresa de Pesquisa Energética

CÁLCULO DE MONTANTE DE GARANTIA FÍSICA DE ENERGIA

***Cálculo de Garantia Física para fins de
comercialização de energia no Ambiente
de Contratação Livre – Parques Eólicos:
Casqueira I e II***

Outubro de 2022

Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Adolfo Sachsida

Secretário Executivo
Hailton Madureira de Almeida

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
José Guilherme de Lara Resende

Secretário de Energia Elétrica
Gentil Nogueira de Sá Júnior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
Rafael Bastos da Silva

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Pedro Paulo Dias Mesquita



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretora de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível
Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa
Angela Regina Livino de Carvalho

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e
Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Praça Pio X, nº 54 - Centro
20091-040- Rio de Janeiro - RJ

CÁLCULO DE MONTANTE DE GARANTIA FÍSICA DE ENERGIA

Cálculo de Garantia Física para fins de comercialização de energia no Ambiente de Contratação Livre – Parques Eólicos: Casqueira I e II

Coordenação Geral e Executiva
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva
Bernardo Folly de Aguiar
Thiago Ivanoski Teixeira

Equipe Técnica
Anderson da Costa Moraes
Luiz Felipe Froede Lorentz
Mauro Rezende Pinto
Gustavo Pires da Ponte
Fernanda Gabriela B. dos Santos

Nº EPE-DEE-RE-0XX/2022-r0
Data: 13 de outubro de 2022

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	13/10/2022	Publicação Original

Índice

APRESENTAÇÃO	5
1. <i>Objetivo</i>	6
2. <i>Histórico</i>	6
3. <i>Metodologia de Cálculo de Garantia Física</i>	7
4. <i>Considerações da análise</i>	8
5. <i>Características Técnicas dos Projetos Associados às GF calculadas</i>	9
6. <i>Sistema de Transmissão de Interesse Restrito</i>	10
7. <i>Identificação de Interferências</i>	12
8. <i>Conclusão</i>	12
9. <i>Lista de documentos e e-mails solicitados e recebidos pela EPE durante a análise</i>	13
9.1 <i>Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise</i>	13
9.2 <i>Lista de e-mails enviados e recebidos pela EPE durante a análise</i>	13
Anexo 1 – Cálculo da Garantia Física dos Parques Eólicos Casqueira I e II	14

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra os cálculos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para a definição dos montantes de garantia física de energia dos empreendimentos Casqueira I e II, para fins de comercialização de energia no Ambiente de Contratação Livre - ACL.

Os cálculos apresentados seguem a metodologia estabelecida no Anexo 1 da Portaria MME nº 101, de 22 de março de 2016, de acordo com solicitação do Ministério de Minas e Energia – MME por meio do Ofício nº 226/2022/DPE/SPE-MME, datado de 22 de julho de 2022.

1. Objetivo

Este documento tem por objetivo atender à solicitação do MME de cálculo da garantia física de energia dos empreendimentos Casqueira I e II, para fins de comercialização de energia no ACL, respectivamente, pelas empresas Central Geradora Eólica Casqueira I e Central Geradora Eólica Casqueira II, titulares dos empreendimentos, representadas por sua controladora Voltalia Energia do Brasil LTDA, conforme processo encaminhado à EPE.

As análises visam, basicamente, avaliar as características técnicas dos empreendimentos que influenciam no cálculo dos montantes de garantia física, se as possíveis perdas energéticas por efeito esteira envolvendo parques eólicos vizinhos foram consideradas na estimativa de produção de energia apresentada, bem como questões relativas à conexão elétrica.

Vale ressaltar que o cálculo dos montantes de garantia física dos empreendimentos eólicos seguiu o estabelecido na referida Portaria MME nº 101/2016, tendo sido considerados os dados apresentados por ocasião da solicitação pelo empreendedor, bem como os documentos solicitados pela EPE durante as análises das características técnicas.

2. Histórico

As eólicas Casqueira I e II foram autorizadas pela ANEEL para estabelecerem-se como Produtores Independentes de Energia Elétrica através dos seguintes atos:

- Resolução Autorizativa nº 10.268, de 06/07/2021 – EOL Casqueira I;
- Resolução Autorizativa nº 10.269, de 06/07/2021 – EOL Casqueira II.

As empresas Central Geradora Eólica Casqueira I e Central Geradora Eólica Casqueira II, titulares dos empreendimentos, representadas por sua controladora Voltalia Energia do Brasil LTDA, solicitaram ao Ministério de Minas e Energia - MME a definição dos montantes de garantia física de energia das usinas Casqueira I e II, através da Carta REG-017-22 (SEI nº 0649819), datada de 15 de julho de 2022.

Por meio do Ofício nº 226/2022/DPE/SPE-MME, datado de 22 de julho de 2022, foram encaminhados à EPE os processos referentes às solicitações de cálculo de garantia física de energia dos empreendimentos eólicos.

Observa-se que os projetos analisados que fundamentaram o cálculo de garantia física dos empreendimentos do Complexo Eólico desta Nota Técnica, têm as mesmas coordenadas aprovadas nas Resoluções Autorizativas citadas.

Destaca-se que os documentos complementares e esclarecimentos adicionais encaminhados pelos representantes do empreendedor durante a análise, estão disponíveis e podem ser acessados pelo MME através do Sistema AEGE, conforme lista de documentos apresentada no item 9 desta Nota Técnica, cabendo ressaltar que os últimos documentos recebidos datam de 03 de outubro de 2022 e as últimas correções de dados no Sistema AEGE datam de 05 de outubro de 2022.

3. Metodologia de Cálculo de Garantia Física

A garantia física de um empreendimento de geração é definida como a máxima quantidade de energia que este pode comercializar por meio de contratos no Sistema Interligado Nacional - SIN, segundo o Decreto nº 5.163/2004.

Conforme definido no item 2.2 do Anexo 1 da Portaria MME nº 101/2016, o cálculo da garantia física de empreendimentos eólicos segue a formulação a seguir apresentada:

$$GF = \frac{[P90_{ac} \times (1 - TEIF) \times (1 - IP) - \Delta P]}{8760}$$

Sendo:

GF: garantia física de energia, em MW médio;

P90ac: Produção Anual de Energia Certificada, referente ao valor de energia anual que é excedido com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a (90%) noventa por cento para um período de variabilidade futura de vinte anos, que deve constar do documento de Certificação de Medições Anemométricas e de Produção Anual de Energia Elétrica, considerando as características técnicas autorizadas pela ANEEL, expresso em Megawatts hora por ano - MWh/ano;

TEIF: taxa equivalente de indisponibilidade forçada, por unidade - pu;

IP: indisponibilidade programada, por unidade - pu;

ΔP : estimativa anual do consumo interno e perdas elétricas até o ponto de medição individual - PMI da usina, em MWh; e

8760: número de horas por ano.

Destaca-se que os valores de produção anual de energia certificados já são expurgados das perdas decorrentes da disposição dos aerogeradores, das condições meteorológicas locais, da densidade do ar, da degradação das pás e perdas aerodinâmicas do próprio parque e dos parques vizinhos (efeito esteira e turbulência).

Considerando garantias físicas atribuídas no ponto de medição individual – PMI das usinas, as perdas na rede desde este ponto até o centro de gravidade do submercado não foram abatidas da garantia física, sendo de responsabilidade do empreendedor.

4. Considerações da análise

A fim de subsidiar a análise descrita nesta Nota Técnica, foi tomado como referência o seguinte documento:

- “Relatório da Produção de Energia – Certificado das Medições Anemométricas e da Produção Anual de Energia das EOL Casqueira I e Casqueira II” – Documento: “VOLTALIA_Vilas_202009_Casqueira-I-II_EPRforEPE-BR_Portugues_2020-09-30.pdf”.

A certificação foi cadastrada pelo representante do empreendedor no Sistema AEGE e posteriormente, verificada via Consulta Processual da ANEEL, sendo citada na Nota Técnica nº 371/2021-SCG/ANEEL (48524.005471/2021-00) de 24 de junho de 2021 como documento de referência para a análise de Casqueira I e II. Destaca-se que a Nota Técnica supracitada embasou a decisão de autorização para implantar e explorar, sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica, os parques eólicos de que trata o presente documento.

Em 18/08/2022 foram enviados pela EPE para o empreendedor, os emails de criação dos projetos de ACL para fins de Cálculo de Garantia Física, contendo a solicitação do carregamento de todos os arquivos obrigatórios para o processo de análise (diagramas unifilares, memorial descritivo, documento de acesso válido e certificação de medições anemométricas e de produção de energia).

A EPE solicitou ao empreendedor as seguintes providências:

- 01/09/2022 – preenchimento dos campos de perdas até o ponto de conexão individual;
- 14/09/2022 – preenchimento dos campos com as informações da aba “Conexão” no AEGE;
- 20/09/22 – apresentação do Parecer de Acesso, vinculado ao CUST;

- 03/10/22 - compatibilização do campo referente à extensão da linha de transmissão de interesse restrito com o que consta no Parecer de Acesso.

Cumprindo o prazo estabelecido pela EPE até 05 de outubro de 2022, a representante do empreendedor retificou os dados solicitados no Sistema AEGE e entregou a documentação pendente.

A partir das informações recebidas, os valores das garantias físicas de energia dos empreendimentos eólicos supracitados foram calculados, sendo apresentados no **Anexo 1**.

5. Características Técnicas dos Projetos Associados às GF calculadas

A seguir, são apresentadas as principais características dos projetos propostos pelos titulares dos parques eólicos para o cálculo de garantia física.

a) Localização – Município / UF:

Parque Eólico	Município / U.F.
Casqueira I	Areia Branca / RN
Casqueira II	Areia Branca / RN

b) Características Técnicas e Coordenadas dos Aerogeradores

As características técnicas e o posicionamento georreferenciado dos aerogeradores são os mesmos constantes dos atos autorizativos citados no item 2.

As características técnicas principais estão descritas na tabela abaixo.

Parque Eólico	Potência Total (KW)	Nº aerogeradores	Potência unitária (kW)	Fabricante/ Modelo	Altura do eixo do rotor (m)	Diâmetro do rotor (m)
Casqueira I	42000	7	6000	Gamesa SG 6.0-170	115	170
Casqueira II	48000	8	6000	Gamesa SG 6.0-170	115	170

c) Garantia Física de Energia

Os valores calculados de garantia física são apresentados no item 8 e no Anexo 1, bem como todas as informações energéticas necessárias para aplicação da metodologia estabelecida na Portaria MME nº 101/2016.

Observa-se que os montantes de consumo interno mais perdas elétricas até o PMI, declarados pelo agente e utilizados nesta avaliação, são os apresentados a seguir:

Parque	Consumo interno + perdas [MWh]	P90 [MWh]	% P90
Casqueira I	2973,2	205261,8	1,45
Casqueira II	3043,8	204438,4	1,49

O montante de consumo interno somado ao valor das perdas elétricas até o ponto de medição individual (PMI) declarado pelo agente, corresponde ao percentual de 1,45% do valor de Produção Certificada (P90) anual do parque Casqueira I e de 1,49% para Casqueira II.

Os valores informados de perdas elétricas e de consumo interno foram considerados compatíveis com a topologia do sistema de interesse restrito de cada usina e, por este motivo, não foram elaboradas as planilhas de estimativa de perdas elétricas.

6. Sistema de Transmissão de Interesse Restrito

O Sistema de Transmissão de Interesse Restrito é constituído por uma subestação coletora denominada SE Serra do Mel I, contendo 3 transformadores 34,5/500 kV de 300 MVA e 1 transformador 34,5/500 MVA de 370 MVA além de uma linha de transmissão em 500 kV em circuito simples e extensão aproximada de 49,4 km, interligando a SE Serra do Mel I à SE Açú. Tal sistema é compartilhado entre diversos empreendimentos, conforme detalhado na tabela que segue:

Instalação	Empreendimentos que compartilham
SE Serra do Mel I Transformador TR1 (34,5-34,5/500 kV - 300 MVA)	CGEs Toda Energia do Brasil, Vila Maranhão I, II, III, Vila Ceará I, Ventos de Vila Ceará I, II, Ventos de Vila Paraíba I, II
SE Serra do Mel I Transformador TR2 (34,5-34,5/500 kV - 300 MVA)	CGEs Vila Piauí I, II, III, Vila Sergipe I, II, III, Vila Rio Grande do Norte I, II
SE Serra do Mel I Transformador TR3 (34,5-34,5/500 kV - 300 MVA)	CGE Toda Energia do Brasil e UFVs Serra do Mel I, II e Solar Serra do Mel III
SE Serra do Mel I Transformador TR4 (34,5-34,5/500 kV - 370 MVA)	CGEs Casqueira I, Casqueira II e UFVs Serra do Mel III, V, VI e Solar Serra do Mel III
LT 500 kV Serra do Mel I – Açú III	Todos os empreendimentos citados acima e também os empreendimentos CGEs Potiguar B31, B32, B33, Ventos de Vila Mato Grosso I, Vila Espírito Santo I a V, Vila Alagoas II e UFVs Serra do Mel VII, VIII, IX e X

Documento de Acesso:

Os Contratos de Uso do Sistema de Transmissão CUSTs Permanentes N.º 084/2022 e N.º 085/2022, celebrados entre o ONS e o empreendedor de geração e, o Parecer de Acesso Permanente DTA-2022-PA-0007-R0 encontram-se na documentação disponibilizada e disciplinam o acesso ao sistema de transmissão, sendo os Montante de Uso de Sistema de Transmissão - MUSTs contratados de 42 MW e 48 MW para as CGEs Casqueira I e II respectivamente e as cargas próprias declaradas de 0,000 MW para ambas as usinas. Nestes documentos o ONS faz ressalva de que são esperadas limitações no sistema de transmissão da região onde serão implantadas as eólicas Casqueira I e II que impossibilitam o escoamento pleno da geração local, acarretando restrição do despacho de geração de usinas eólicas e fotovoltaicas na região, seja em condições normais de operação seja em situações de contingência de elementos da rede.

A entrada em operação das eólicas Casqueira I e II, injetando até 90 MW na rede, embora não acarrete problemas adicionais de sobrecarga ou de controle de tensão nas instalações do sistema de transmissão, agravará os já esperados sem a presença dessas centrais geradoras, tanto em condições normais de operação como em contingências simples. Tais problemas são: (i) sobrecarga em condições normais de operação no único transformador 500/230 kV - 450 MVA da SE João Pessoa II, que é agravada quando da contingência da LT 500 kV Campina Grande III – Pau Ferro; (ii) sobrecarga em condições normais de operação nos circuitos 04V1 e 04V2 da LT

230 kV Paraíso – Campina Grande II; e (iii) sobrecarga inadmissível no circuito remanescente da citada linha de 230 kV, quando da contingência de um de seus dois circuitos. As eólicas Casqueira I e II ficarão sujeitas à restrição parcial ou total de geração, tanto em condições normais de operação como em situações de contingência simples no sistema de transmissão, situação essa que permanecerá até: (i) a entrada em operação do 2º (segundo) transformador 500/230 kV - 450 MVA na SE João Pessoa II, prevista para ocorrer até abril/2024; e (ii) a implantação de uma solução estrutural de transmissão, ainda a ser definida pela EPE, que resolva os problemas de sobrecarga relacionados à LT 230 kV Paraíso – Campina Grande II.

7. Identificação de Interferências

A avaliação de interferências por efeito esteira foi realizada pela ANEEL, quando da emissão das resoluções autorizativas citadas no item 2.

8. Conclusão

Ressalvadas observações relativas ao escoamento de energia recomendadas pelo ONS, considerando o compartilhamento do Sistema de Transmissão de Interesse Restrito entre os empreendimentos listados no item 6, os montantes de garantia física são apresentados a seguir:

CEG	Usina	GF (MWmed)
EOL.CV.RN.050082-8.01	Casqueira I	22,3
EOL.CV.RN.050083-6.01	Casqueira II	22,2

9. Lista de documentos e e-mails solicitados e recebidos pela EPE durante a análise

9.1 Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise

- i. Memorial Descritivo - Complexo Casqueira (4).pdf;
- ii. Diagrama unifilar da subestação elevadora - EOL-CSQ00-EB-PB-ELE-DU-002-R0.pdf;
- iii. Diagrama unifilar da rede coletora de média tensão - EOL-CAS00-EB-PB-RMT-DU-003-R0.pdf;
- iv. Certificação de medições anemométricas e de produção de energia - VOLTALIA_Vilas_202009_Casqueira-I-II_EPRforEPE-BR_Portugues_2020-09-30.pdf;
- v. Parecer de Acesso DTA-2022-PA-0007-R0 vinculado ao CUST.

9.2 Lista de e-mails enviados e recebidos pela EPE durante a análise

- i. **E-mails 18.08.2022.pdf – Enviado pela EPE** – Email de criação dos projetos de ACL para fins de Cálculo de Garantia Física. Solicitação do carregamento de todos os arquivos obrigatórios para o processo de análise (diagramas unifilares, memorial descritivo, documento de acesso válido e certificação de medições anemométricas e de produção de energia);
- ii. **E-mail 01.09.2022.pdf- Enviado pela EPE** – Exigências para preenchimento de campos do AEGE de características técnicas - informações energéticas - perdas até o ponto de medição individual (mwh/ano);
- iii. **E-mail 14.09.2022.pdf- Enviado pela EPE** - Exigências para preenchimento de campos da aba conexão do AEGE;
- iv. **E-mail 20.09.2022.pdf- Enviado pela EPE** – Solicitação para a apresentação do Parecer de Acesso DTA-2022-PA-0007-R0 vinculado ao CUST;
- v. **E-mail 03.10.2022.pdf- Enviado pela EPE** – Solicitação para compatibilização do campo referente à extensão da linha de transmissão de interesse restrito com o que consta no Parecer de Acesso (49,4 km).

Anexo 1 – Cálculo da Garantia Física dos Parques Eólicos Casqueira I e II

Tabela 1 – Informações Energéticas considerando o projeto associado à garantia física calculada

CEG	Usina	Ambiente	Potência (kW)	P50 _{CERT} (MWh/ano)	Incerteza Padrão (%)	P90 _{CERT} (MWh/ano)	TEIF (%)	IP (%)	ΔP (MWh/ano)	Ponto de Ref.	GF (MWmed)
EOL.CV.RN.050082-8.01	Casqueira I	ACL	42000	228710,1	8,0	205261,8	2,5	1,0	2973,2	PMI	22,3
EOL.CV.RN.050083-6.01	Casqueira II	ACL	48000	234145,2	9,9	204438,4	2,5	1,0	3043,8	PMI	22,2

Tabela 2 – Garantia Física Sazonalizada em MWh

CEG	Nome	GF Sazonalizada (MWh)											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
EOL.CV.RN.050082-8.01	Casqueira I	14729	11933	11333	10787	13549	15818	18601	20621	20045	20554	19488	17698
EOL.CV.RN.050083-6.01	Casqueira II	14187	11322	10689	10214	13069	15636	18761	21425	20798	21105	19681	17402

Tabela 3 – Garantia Física Sazonalizada em MWmédios

CEG	Nome	GF Sazonalizada (Mwmed)											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
EOL.CV.RN.050082-8.01	Casqueira I	19,8	17,8	15,2	15,0	18,2	22,0	25,0	27,7	27,8	27,6	27,1	23,8
EOL.CV.RN.050083-6.01	Casqueira II	19,1	16,8	14,4	14,2	17,6	21,7	25,2	28,8	28,9	28,4	27,3	23,4

