

CÁLCULO DE MONTANTE DE GARANTIA FÍSICA DE ENERGIA

***Cálculo de Garantia Física para fins de
comercialização de energia no Ambiente de
Contratação Livre - Usinas Fotovoltaicas
Arinos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23
e 24***

Junho de 2023



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Efrain Pereira da Cruz

Secretário de Planejamento e

Transição Energética

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Biocombustíveis**

Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Vitor Eduardo de Almeida Saback



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

Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor 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 - Usinas Fotovoltaicas Arinos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23 e 24

Coordenação Geral e Executiva

Angela Regina Livino de Carvalho

Coordenação Executiva

Bernardo Folly de Aguiar

Equipe Técnica

Bruno Cesar Mota Maçada

Bruno Faria Cunha

Rafaela Veiga Pillar

Nº EPE-DEE-RE-019/2023-r0

Data: 05 de junho de 2023

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	05/06/2023	Publicação Original

Índice

APRESENTAÇÃO.....	5
1. <i>Objetivo.....</i>	<i>6</i>
2. <i>Histórico.....</i>	<i>6</i>
3. <i>Metodologia de Cálculo de Garantia Física.....</i>	<i>7</i>
4. <i>Considerações da análise.....</i>	<i>8</i>
5. <i>Características Técnicas dos Projetos Associados a GF calculada.....</i>	<i>8</i>
6. <i>Sistema de Transmissão de Interesse Restrito.....</i>	<i>10</i>
7. <i>Conclusão.....</i>	<i>12</i>
8. <i>Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise.....</i>	<i>13</i>
Anexo 1 – Cálculo das Garantias Físicas dos Empreendimentos Fotovoltaicos Arinos 1 a 17 e 21 a 24.....	14

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra os procedimentos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para o cálculo dos montantes de garantia física de energia dos empreendimentos de fonte fotovoltaica Arinos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23 e 24 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 12/2023/DPE/SPE-MME, de 19 de janeiro de 2023, recebido na EPE em 10 de fevereiro de 2023, em formato digital.

1. Objetivo

Este documento tem por objetivo atender à solicitação do MME de cálculo da garantia física de energia dos empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11 a 17 e 21 a 24, para fins de comercialização de energia no ACL, pela Enel Brasil S.A., empresa controladora dos empreendimentos, conforme processo encaminhado à EPE.

As análises visam, basicamente, avaliar as características técnicas dos empreendimentos que influenciam no cálculo dos montantes de garantia física, bem como questões relativas à conexão elétrica.

Vale ressaltar que o cálculo dos montantes de garantia física dos empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11 a 17 e 21 a 24 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 Centrais Geradoras Solares Fotovoltaicas Arinos 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 foram autorizadas pela ANEEL, sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica, através das Resoluções Autorizativas nº 10.178, nº 10.179, nº 10.180, nº 10.181, nº 10.182, nº 10.183 e nº 10.184, de 15 de junho de 2021, respectivamente.

As Centrais Geradoras Solares Fotovoltaicas Arinos 21, 22, 23 e 24 foram autorizadas pela ANEEL, sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica, através das Resoluções Autorizativas nº 11.348, nº 11.349, nº 11.350 e nº 11.411, de 22 de março de 2022, respectivamente.

A empresa Enel Brasil, controladora das empresas Usina Fotovoltaica Arinos E 11 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 12 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 13 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 14 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 15 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 16 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 17 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 21 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 22 Ltda., Usina Fotovoltaica Arinos E 23 Ltda. e Usina Fotovoltaica Arinos E 24 Ltda., solicitou ao Ministério de Minas e Energia - MME a definição do montante de garantia física de energia das usinas fotovoltaicas Arinos 11 a 17 e 21 a 24, por meio da Carta GPG-004-RB-2023, de 09 de janeiro de 2023.

Por meio do Ofício nº 12/2023/DPE/SPE-MME, de 19 de janeiro de 2023, foram encaminhados à EPE os processos referentes à solicitação de cálculo de garantia física de energia dos empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11 a 17 e 21 a 24.

Ressalta-se ainda que serão disponibilizados ao MME os documentos complementares e esclarecimentos adicionais encaminhados durante a análise, conforme lista de documentos apresentada no item 8 desta Nota Técnica, cabendo ressaltar que o último documento recebido do empreendedor data de 05 de junho de 2023.

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 2.3 do Anexo 1 da Portaria MME nº 101/2016, o cálculo da garantia física de empreendimentos fotovoltaicos segue a formulação a seguir apresentada:

$$GF = \frac{[P50_{ac} \times (1 - TEIF) \times (1 - IP) - \Delta P]}{8760}$$

Sendo:

GF: garantia física de energia, em MW médio;

P50ac: Produção Anual de Energia Certificada, referente ao valor de energia anual que é excedido com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a (50%) cinquenta por cento para um período de variabilidade futura de vinte anos, que deve constar do documento de Certificação de Dados Solarimétricos 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 nos valores de produção anual de energia certificados já são abatidas as perdas relacionadas à temperatura, sujeira, sombreamento, angulares, espectrais, degradação dos módulos, mismatch, tolerância sobre a potência nominal dos módulos, ôhmicas na cablagem, eficiência do inversor e controle de potência máxima, degradação inicial dos módulos, nível de irradiância, entre outras.

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, foram tomados como referências os seguintes documentos:

- “Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia – Usinas Fotovoltaicas Arinos 1 a 31” (AERO_CERTSOL711_ARINOS_A), de 21 de janeiro de 2021, elaborado por Aeroespacial Tecnologias em Energia e Sistemas Renováveis Ltda, para os empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11 a 17.
- “Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia – Usinas Fotovoltaicas Arinos 1 a 31” (AERO_CERTSOL741_ARINOS_A), de 30 de março de 2021, elaborado por Aeroespacial Tecnologias em Energia e Sistemas Renováveis Ltda, para os empreendimentos fotovoltaicos Arinos 21 a 24.

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

5. Características Técnicas dos Projetos Associados a GF calculada

A seguir, são apresentadas as principais características do projeto proposto pelo titular da usina fotovoltaica para o cálculo de garantia física.

a) Localização – Município / UF:

Tabela 1 – Localização

Usina Fotovoltaica	Município
Arinos 11	Arinos-MG
Arinos 12	Arinos-MG
Arinos 13	Arinos-MG
Arinos 14	Arinos-MG
Arinos 15	Arinos-MG
Arinos 16	Arinos-MG
Arinos 17	Arinos-MG
Arinos 21	Arinos-MG

Arinos 22	Arinos-MG
Arinos 23	Arinos-MG
Arinos 24	Arinos-MG

b) Características Técnicas

As características técnicas principais são as mesmas constantes do ato autorizativo citado no item 2 e estão descritas na tabela a seguir.

Tabela 2 – Características Técnicas

Usina Fotovoltaica	Potência Total (KW)	Nº unidades geradoras	Potência unidade geradora (kW)	Módulo	Inversor
Arinos 11	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 12	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 13	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 14	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 15	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 16	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 17	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 21	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 22	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 23	48.118	14	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30
Arinos 24	41.244	12	3.437	Jinko Solar JKM520M-7TL4-TV	Sungrow SG3125HV-30

c) Garantia Física de Energia

Os valores calculados de garantia física para os empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11, Arinos 12, Arinos 13, Arinos 14, Arinos 15, Arinos 16, Arinos 17, Arinos 21, Arinos 22, Arinos 23 e Arinos 24, assim como as informações energéticas necessárias para aplicação da metodologia estabelecida na Portaria MME nº 101/2016, estão apresentados no **Anexo 1**.

A tabela a seguir apresenta os montantes de consumo interno somados às perdas elétricas até o ponto de medição individual (PMI) das usinas, declarados pelos agentes e utilizados nesta avaliação:

Tabela 3 – Consumo interno e perdas elétricas até o PMI

Usina Fotovoltaica	Consumo interno + perdas [MWh]	P50 [MWh]	% P50
Arinos 11	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 12	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 13	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 14	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 15	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 16	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 17	1.160	145.000,0	0,80%
Arinos 21	1.160	145.012,7	0,80%
Arinos 22	1.160	145.012,7	0,80%
Arinos 23	1.160	145.012,7	0,80%
Arinos 24	994	124.296,6	0,80%

Para os empreendimentos fotovoltaicos Arinos 11 a 17 e Arinos 21 a 24, esses montantes, correspondentes a 0,80% do valor de sua Produção Certificada (P50) anual, foram considerados compatíveis com a topologia do sistema de interesse restrito das usinas.

6. Sistema de Transmissão de Interesse Restrito

A conexão das UFV Arinos 1 a 24 na Rede Básica será feita radialmente no barramento de 500 kV da SE Arinos 2 500 kV, de propriedade da Veredas Transmissora de Eletricidade S.A. Para tanto, será construída uma linha de transmissão em 500 kV, circuito simples, com cerca de 1,0 km de extensão, derivada da subestação coletora dessas usinas fotovoltaicas denominada SE Solar Arinos.

O sistema de transmissão de interesse restrito e uso compartilhado pelas UFV do Complexo Fotovoltaico Solar Arinos, será composto por:

a) Instalações de transmissão de uso compartilhado pelas UFV Arinos 1 a 24:

- 01 (um) módulo de entrada de linha no barramento de 500 kV da SE Arinos 2, compatível com o arranjo em barra dupla com disjuntor e meio – DJM;
- LT 500 kV Arinos 2 – Solar Arinos, em circuito simples, com cerca de 1,0 km de extensão;
- Setor de 500 kV da SE Solar Arinos, contendo: 04 (quatro) módulos de conexão de transformador e 01 (um) módulo de entrada de linha, compatíveis com o arranjo em barra dupla em anel com possibilidade de evolução para disjuntor e meio – DJM;

b) Instalações de transmissão de uso compartilhado pelas UFV Arinos 1 a 7:

- 01 (um) transformador elevador TR1: 34,5-34,5/500 kV – 222 / 296 / 370 MVA (ONAN / ONAF 1 / ONAF 2);
- Setor de 34,5 kV: 02 (dois) módulos de conexão de transformador, compatíveis com o arranjo em barra simples.

c) Instalações de transmissão de uso compartilhado pelas UFV Arinos 8 a 14:

- 01 (um) transformador elevador TR2: 34,5-34,5/500 kV – 222 / 296 / 370 MVA (ONAN / ONAF 1 / ONAF 2);
- Setor de 34,5 kV: 02 (dois) módulos de conexão de transformador, compatíveis com o arranjo em barra simples.

d) Instalações de transmissão de uso compartilhado pelas UFV Arinos 15 a 21:

- 01 (um) transformador elevador TR3: 34,5-34,5/500 kV – 222 / 296 / 370 MVA (ONAN / ONAF 1 / ONAF 2);
- Setor de 34,5 kV: 02 (dois) módulos de conexão de transformador, compatíveis com o arranjo em barra simples.

e) Instalações de transmissão de uso compartilhado pelas UFV Arinos 22 a 24:

- 01 (um) transformador elevador TR4: 34,5-34,5/500 kV – 222 / 296 / 370 MVA (ONAN / ONAF 1 / ONAF 2);
- Setor de 34,5 kV: 02 (dois) módulos de conexão de transformador, compatíveis com o arranjo em barra simples.

Adicionalmente às instalações de transmissão de uso compartilhado acima citadas, serão implantados 95 (noventa e cinco) alimentadores em 34,5 kV, sendo 04 (quatro) para cada uma das UFV Arinos 1 a 23 e 03 (três) para a UFV Arinos 24. Cada usina terá seu conjunto de alimentadores unificados e ligados em 04 (quatro) conexões nos setores de 34,5 kV da SE Solar Arinos.

Tabela 4 – Sistema de Transmissão de Interesse Restrito

Instalação	Descrição
SE Solar Arinos	Subestação coletora 34,5/500 kV contendo: • 4 transformadores 34,5/500 kV de 370 MVA;
LT de Interesse Restrito	Linha de transmissão no nível de tensão de 500 kV; • 1 circuito simples • Comprimento: 1,0 km

Parecer de Acesso

Os empreendimentos Arinos 1 a 20 possuem Parecer de Acesso Permanente (DTA-2021-PA-0164-R0), emitido em dezembro de 2021, enquanto os empreendimentos Arinos 21 a 24 possuem Parecer de Acesso Permanente DTA-2022-PA-0114-R0, emitido em agosto de 2022. Ambos declaram que a entrada em operação dessas usinas fotovoltaicas agravará problemas na rede de transmissão e poderão sofrer restrição de geração, visto que o sistema de transmissão da região norte de Minas Gerais já apresenta limitações que impossibilitam o escoamento pleno da geração local, acarretando restrição do despacho de usinas fotovoltaicas na região, seja em condições normais de operação seja em situações de contingência de elementos da rede.

7. Conclusão

Os valores de garantia física são apresentados a seguir:

Tabela 5 – Garantia Física

Usina	GF (MWmed)
Arinos 11	16,3
Arinos 12	16,3
Arinos 13	16,3
Arinos 14	16,3
Arinos 15	16,3
Arinos 16	16,3
Arinos 17	16,3
Arinos 21	16,3
Arinos 22	16,3
Arinos 23	16,3
Arinos 24	14,0

8. Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise

- i. E-mail_01_2023-03-22 – Enviado pela EPE** – Solicitação do documento de Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia.
- ii. E-mail_02_2023-03-27 – Recebido pela EPE** – Documento de Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia e informações sobre mudança de titularidade.
- iii. E-mail_03_2023-05-12 – Enviado pela EPE** – Solicitação da retificação de valores de consumo interno e perdas para as UFV Arinos 21 a 24.
- iv. E-mail_04_2023-06-05 – Recebido pela EPE** – Valores de consumo interno e perdas para as UFV Arinos 21 a 24.

Anexo 1 – Cálculo das Garantias Físicas dos Empreendimentos Fotovoltaicos Arinos 1 a 17 e 21 a 24

Tabela 6 – Informações Energéticas considerando o projeto associado à garantia física calculada

CEG	Usina	Ambiente	Potência (kW)	P50 _{CERT} (MWh/ano)	TEIF (%)	IP (%)	ΔP (MWh/ano)	GF (MWmed)
UFV.RS.MG.047307-3.01	Arinos 11	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047308-1.01	Arinos 12	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047309-0.01	Arinos 13	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047310-3.01	Arinos 14	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047311-1.01	Arinos 15	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047312-0.01	Arinos 16	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.047313-8.01	Arinos 17	ACL	48.118	145.000,0	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.050840-3.01	Arinos 21	ACL	48.118	145.012,7	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.050841-1.01	Arinos 22	ACL	48.118	145.012,7	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.050842-0.01	Arinos 23	ACL	48.118	145.012,7	0,45	0,25	1.160	16,3
UFV.RS.MG.050843-8.01	Arinos 24	ACL	41.244	124.296,6	0,45	0,25	994	14,0