

# ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA EM CONSUMIDORES DO GRUPO A, COM INSERÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Cleiton José Rodrigues dos Santos<sup>1</sup>

João Gabriel Correia Vieira<sup>2</sup>

Engenharia Elétrica



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Atualmente, o Brasil possui mais de 10 GW de potência instalada de geração distribuída fotovoltaica, um valor bem significativo para o cenário energético, desse modo essa energia impacta as contas de várias formas, seja reduzindo custos para pequenos e grandes consumidores ou gerando multa para clientes que possuem um grande consumo. No Brasil, o limite de um fator de potência aceitável é 0,92, seja ele indutivo ou capacitivo. Este fator é a relação entre a energia ativa e a reativa fornecida ao consumidor, valores inferiores a esses sofrem penalizações financeiras por parte da concessionária, devido ao sistema solar ser uma fonte genuína de energia ativa. O equipamento que realiza essas medições para faturamento da conta de energia enxerga essa ausência de energia ativa como um desbalanceamento na unidade consumidora pelo fato de fornecer uma parcela de energia reativa significativamente grande em comparação com a ativa. Realizado o estudo de caso numa indústria alimentícia, detentora de uma Geração Distribuída, com o auxílio de um analisador de energia para coletar os dados do fator de potência da instalação notou-se que, a inserção da energia fotovoltaica reduz, consideravelmente, o fator de potência medido pela concessionária, gerando assim custos maiores no faturamento de energia reativa.

## PALAVRAS-CHAVE

Reativo. Fator de Potência. Geração Distribuída. Fotovoltaico.

## ABSTRACT

Currently, Brazil has more than 10 GW of installed power of distributed photovoltaic generation, a very significant value for the energy scenario, thus this energy impacts the bills in various ways, either reducing costs for small and large consumers or generating a fine for customers who have a large consumption. In Brazil, the limit of an acceptable power factor is 0.92, whether inductive or capacitive. This factor is the relationship between active energy and the reactive energy provided to the consumer, values lower than these suffer financial penalties on the part of the concessionaire, due to the solar system being a genuine source of active energy. The equipment that performs these measurements for billing the energy bill sees this lack of active energy as an unbalance in the consumer unit because it provides a significantly large share of reactive energy compared to the active one. The case study was carried out in a food industry, which has a Distributed Generation, with the help of an energy analyzer to collect the data of the power factor of the installation, it was noticed that the insertion of photovoltaic energy considerably reduces the power factor measured by the concessionaire, thus generating higher costs in the reactive energy billing.

## KEYWORDS

Reactive. Power Factor. Distributed Generation. Photovoltaic.

## 1 INTRODUÇÃO

É evidente o aumento da instalação de energia fotovoltaica no cenário energético brasileiro, denominadas Geração Distribuída (GD), esse processo era esperado mediante a todos os incentivos dados para a produção de energia limpa, com redução de impostos, dentre outros pontos. As chamadas GD, são unidades consumidoras que geram sua energia conectadas à rede elétrica, divididos de acordo com sua faixa de geração, abaixo de 75 KW microgeração, acima de 75 KW e menor de 5 MW mini-geração, e acima de 5 MW é chamado geração centralizada (ANEEL, 2021).

A instalação para clientes do grupo B – definidos como clientes majoritariamente residenciais e alguns comércios, escolas e igrejas, além daqueles que não possuem um consumo muito grande – promove um impacto no valor pago pelo consumo da energia utilizada, ou seja, será incidido sobre o consumo daquela unidade consumidora; em clientes do grupo A – indústrias, fábricas, concessionárias, postos de combustíveis, dentre outros – a GD tem uma análise um tanto diferenciada, visto que esses clientes não são cobrados apenas pela energia utilizada, mas também incide sobre eles energia perdida, definida como energia reativa. Ademais, deve-se considerar a eficiência dos seus equipamentos, medida pelo Fator de Potência (FP), essa categoria de cliente compreende um grande consumo, e possuem demanda contratada, estabelecendo limites para utilização da energia.

Com base nisso, foi-se elaborado um estudo para demonstrar toda a relação entre a energia fotovoltaica em clientes do grupo A e a redução do FP, visto que é a relação entre a energia ativa e reativa, sendo a GD uma fonte genuína de potência ativa, o seu desbalanceamento inesperado deve ocasionar uma alteração no FP, causando uma oneração não esperada (FILHO, 2017). Por meio de dados coletados com o auxílio de um analisador de energia e do monitoramento da geração do inversor fotovoltaico elaborou-se esse estudo para demonstrar a característica de funcionamento dos equipamentos da GD e os impactos causados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os Geradores Fotovoltaicos Conectados à Rede elétrica (GFVCR) são uma realidade no Brasil, que, a cada ano, incorpora uma potência crescente e cujo acumulado já é presente no leque das fontes geradoras de energia elétrica no país (MOREIRA, 2021). Graças à sua estrutura modular, o sistema fotovoltaico é, dentre as tecnologias com fontes renováveis, a que oferece maior possibilidade para aplicações com diferentes potências instaladas, que vão desde poucos watts (W) e até vários megawatts (MW). Esta característica contribuiu para um crescimento significativo de sua capacidade instalada ao nível mundial (VIAN, 2021).

A solução técnica de um projeto de um sistema fotovoltaico dependerá da potência instalada do sistema e da energia que será gerada por ele nas condições de instalação durante um ano, avaliando-se a influência na produção em função da fração da irradiação solar durante as diferentes estações do ano. Integram como aspectos fundamentais desta avaliação a escolha dos painéis fotovoltaicos em função da tendência, rendimento e área, as associações em série e paralelo, além da escolha do número de inversores (MOREIRA, 2021).

A energia elétrica possui duas formas distintas: energia ativa e energia reativa. A energia ativa é a parcela dessa energia que produz o efeito útil, como a energia mecânica no eixo de um motor elétrico e a energia luminosa em sistemas de iluminação. A energia reativa (magnetização) é a responsável pelo campo magnético necessário em vários usos finais para produzir o efeito útil, por exemplo, o campo magnético em motores elétricos e nos reatores utilizados em lâmpadas de descarga (fluorescente, vapor de mercúrio, vapor de sódio e outras). A composição dessas duas formas de energia determina a energia aparente (total). O fator de potência é, então, o índice que aponta quanto da energia total é convertida em energia ativa, e este índice varia entre 0 e 100%. O valor de 100% indica que a conversão de energia elétrica para o efeito útil foi realizada completamente, como num chuveiro elétrico.

Valores inferiores a 100% indicam que nem toda a energia foi aproveitada, como em motores elétricos. Não se deve confundir este valor com o rendimento energético do uso final, mas sim entender que sua tecnologia permite um determinado valor de conversão, porém, o uso final pode apresentar perdas antes da entrega de seu efeito útil (DOS JR; REIS, 2016).

Por intermédio da análise do fator de potência de uma instalação é possível saber se eles estão sendo utilizados eficientemente para obter maior viabilidade econômica, evitando desperdícios e gastos desnecessários de energia elétrica. Um baixo fator de potência causa grandes problemas à instalação elétrica, como sobrecarga nos cabos e nos transformadores, aumento de queda de tensão, além do aumento da conta de energia elétrica (FRANCHI, 2014).

### 3 METODOLOGIA

Com base na problemática abordada para o tema, foram cumpridas etapas a fim de obter dados energéticos de uma indústria de alimentos localizada no Distrito Industrial, na cidade de Nossa Senhora do Socorro, Sergipe. Essa indústria é beneficiária do sistema de geração distribuída, conectada à rede desde o dia 6 de junho de 2020, cadastrada como minigeração, sua geração não possui potência suficiente para abater 100% o consumo, permitindo conduzir uma análise mais direta nos dados energéticos do local. Como consumidor do grupo A, possui uma tarifa horária Verde, com demanda contratada apenas para o fora ponta de 169 KW.

É atendida por uma rede trifásica na média tensão em 13,8 KV e possui uma subestação aérea particular, com um transformador de 225 KVA, do ponto de transformação até o quadro geral de derivação os cabos seguem de forma enterrada, sendo 2 condutores por fase de 185 mm<sup>2</sup> e 95 mm<sup>2</sup> para o neutro e o aterramento, a proteção dos cabos é realizada por um disjuntor termomagnético tripolar de 600A, que suporta uma corrente de curto-circuito de 10KA, neste quadro existem as conexões para alimentação da fábrica e para os equipamentos de energia solar.

Para o quadro geral de cargas os condutores seguem semelhantes aos da alimentação, derivando então para outros 3 quadros, sendo um quadro geral das cargas e outros dois quadros de distribuição. A alimentação para o quadro fotovoltaico é feita por apenas um condutor por fase de 185 mm<sup>2</sup> e 95 mm<sup>2</sup> para o cabo de aterramento, existindo também um disjuntor trifásico de 300 A / 10 KA para efetuar a proteção. Vale salientar que em sua instalação não existe nenhum banco de capacitores instalados.

Para realizar as análises necessárias, foi utilizado um analisador portátil comparador de grandezas elétricas (analisador de energia), modelo P54, da Primata Tecnologia Eletrônica para coletar todos os dados pertinentes que tenham influência na análise de energia ativa, reativa e fator de potência da unidade consumidora, foi utilizado também o monitoramento via wi-fi do inversor fotovoltaico da instalação, por meio dele é possível verificar a inserção de energia ativa no estabelecimento proveniente de GD, esse monitoramento é efetuado por meio da plataforma virtual da Isolar Cloud, instalado pela empresa contratada para implementar o sistema solar.

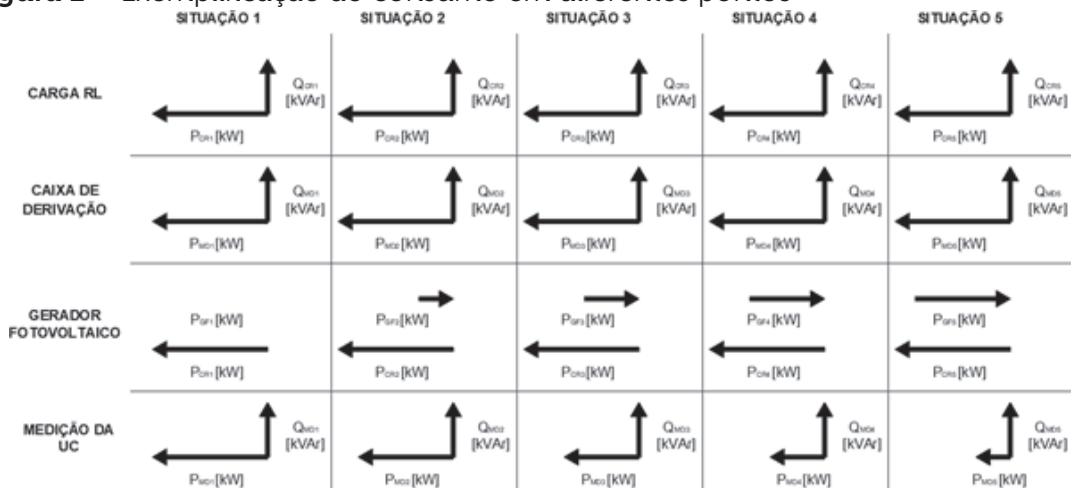
A instalação elétrica do local permite realizar uma análise do consumo e geração sem realizar o desligamento dos equipamentos de geração, já obtendo os dados da geração por meio do monitoramento, o analisador de energia foi instalado em dois pontos no mesmo quadro de derivação. O primeiro ponto foi imediatamente após a

medição, para que a leitura realizada informe o quanto de energia ativa e reativa está sendo utilizada da rede da concessionária, bem como o fator de potência medido pela concessionária, o segundo ponto é nos cabos que estão sendo derivados para o quadro geral das cargas, com o intuito de verificar a energia ativa e reativa necessária para alimentar toda a indústria, e verificar a diferença dos dados coletados pela concessionária e dos dados da indústria.

O analisador coleta esses dados a cada 15 minutos pelo período de uma semana, havendo expediente apenas de segunda a sexta das 8 horas às 18 horas, e ao final foi feita a comparação para 30 dias de consumo, simulando um ciclo de faturamento da concessionária.

Com base nesses dados coletados em três pontos diferentes foi calculado o impacto da energia solar no faturamento da energia elétrica, visto que a redução na medição da energia ativa fornecida pela concessionária impacta o cálculo do fator de potência realizados pelos equipamentos da mesma, causando assim uma oneração maior por ficar abaixo do limite padrão de 0,92. De posse dos dados gerados em formato de gráficos, foi possível visualizar o percentual em energia ativa e reativa que está sendo fornecido pela concessionária, unir com os valores de geração apresentados pelo inversor fotovoltaico e comparar com a energia que está sendo necessária para alimentar toda a indústria, a diferença causada no triângulo de potência pode exemplificar a diferença desse percentual de energia ativa e reativa, conforme mostra na Figura 1.

**Figura 1** – Exemplificação do consumo em diferentes pontos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Finalizada toda a parte de coleta e análise dos dados obtidos, ficou clara a diferença entre o fator de potência que é visto pela medição da concessionária e o fator de potência real das cargas e a influência da energia solar nesses clientes. Essa coleta de dados e análise dos resultados busca mensurar o impacto da fonte de energia ativa existente na edificação, por meio da geração fotovoltaica, sem a existência de

equipamentos que minimizem esses impactos, isso gera um descompasso energético no âmbito de faturamento de energia. Esta pesquisa não tem como propósito atestar a eficiência do sistema FV, mas sim, garantir uma eficiência energética para consumidores do grupo A que tenham interesse em inserir uma GD sem realizar um desbalanceamento de suas cargas, na visão da concessionária.

#### 4 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

De acordo com a proposta estabelecida, o analisador de energia da Primata Tecnologia Industrial, apresentado na Figura 2, utiliza os seguintes itens:

- 3 TC (Para realizar a medição da corrente em cada uma das fases);
- 4 Agarras tipo Golfinho (Para medir a tensão em cada fase);
- 1 Pen drive (Para armazenar as informações coletadas);
- 1 Analisador P54.

**Figura 2** – Analisador de Energia Primata P54



Fonte: PRIMATA (2022).

Além desses materiais que foram utilizados para realizar as medições, a instalação possui também alguns equipamentos do sistema fotovoltaico, a exemplo dos módulos fotovoltaicos apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Dados Técnicos dos Módulos Fotovoltaicos

<b>Fabricante</b>	<b>Canadian Solar</b>
Modelo	CS6U
Potência Nominal (Wp)	335 Wp
Quantidade de Módulos	402
Potência Total (KWp)	134,67 KWp

Fonte: CANADIAN SOLAR (2016).

Além deles, existe também o inversor fotovoltaico, tipo string, de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Dados Técnicos do Inversor Fotovoltaico

Fabricante	Canadian Solar
Modelo	CS6U
Potência Nominal (Wp)	335 Wp
Quantidade de Módulos	402
Potência Total (KWp)	134,67 KWp

Fonte: SUNGROW (2019).

## 5 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE

Para realizar a coleta de dados *in loco*, foram definidos dois pontos de análise específicos para obter a energia consumida que efetivamente passa pelo medidor da concessionária e a energia necessária para alimentar todos os equipamentos da indústria, visto que instalado a energia fotovoltaica no quadro de barramento a energia ativa gerada vai primeiro ser consumida na instalação – autoconsumo remoto – para em seguida ser exportada para a rede da concessionária, em caso de excedente. Não havendo excedente, o saldo total de energia gerada é utilizado instantaneamente, e não sendo a mesma suficiente, será necessária uma quantidade fornecida pela concessionária e que passará pelo contador efetivando assim um consumo medido naquele instante de tempo.

O princípio do cálculo do fator de potência é apresentado de acordo com a Equação 1.

$$FP = \frac{\text{Potência Aparente}}{\sqrt{\text{Potência Ativa}^2 + \text{Potência Reativa}^2}} \quad (1)$$

É preciso verificar que nessa instalação existem dois fatores de potências distintos, o medido pela concessionária e o fator de potência real das cargas, sendo assim a ideia de energia consumida segue de acordo com a Equação 2.

$$\text{Energia Necessária} = \text{Energia Gerada} + \text{Energia Fornecido Pela Concessionária} \quad (2)$$

Momentos em que não houver geração de energia solar, a indústria se comporta de acordo com a Equação 3.

$$\text{Energia Necessária} = \text{Energia Fornecido Pela Concessionária} \quad (3)$$

E em momentos em que a geração for maior que o consumo instantâneo, todo o excedente de energia gerada é destinado à rede da concessionária, conforme a equação 4 e garantindo os créditos excedentes para utilização em até 60 meses, por meio do sistema de compensação da minigeração.

$$\text{Energia Gerada} = \text{Energia Necessária} + \text{Excedente exportado para rede} \quad (4)$$

Os dados de energia consumida, medida pela concessionária, é importante pois conforme a resolução normativa da ANEEL nº1000, de 7 de dezembro de 2021, consumidores do grupo A que possuírem fator de potência abaixo de 0,92 sofrerão cobranças proporcionais ao montante de energia elétrica consumida durante o período de 1 hora em que a leitura tenha sido realizada, sendo das 6:30h até as 00:30h uma cobrança mediante ao reativo indutivo e das 00:30h até as 6:30h uma cobrança referente ao reativo capacitivo, seguindo as informações da Tabela 3, e realizando o cálculo de acordo com a Equação 5.

Tabela 3 – Legenda para a equação do cálculo de reativos excedentes da unidade consumidora

Ere	Valor em reais, referente a quantidade de energia elétrica consumida nos momentos de fator de potência abaixo de 0,92
Eacum	Montante de energia elétrica consumida durante o intervalo de tempo de 1 hora
FPr	Fator de potência referência (0,92)
FPreal	Fator de potência real da instalação
VRtf	Valor da tarifa de energia elétrica referente ao grupo A4 (Tarifa Verde)

Fonte: Elaborado pelos autores.

$$\text{Ere} = \left( \text{Eacum} * \left( \frac{\text{FPr}}{\text{FPreal}} - 1 \right) \right) * \text{VRtf} \quad (5)$$

O valor da tarifa de referência, estando alocado no grupo A e não havendo demanda contratada na ponta, é de R\$0,30341 para o consumo de KWH, para todos os horários de medições de energia elétrica.

Esse cálculo é feito a cada hora do dia que o fator de potência estiver abaixo de 0,92 durante o período de uma semana, para verificar em reais o quanto atualmente está sendo pago pelo excedente de energia reativa e o quanto seria pago se o fator de potência das cargas estivesse sido igual ao fator de potência medido pela concessionária, atribuindo assim um somatório de valores conforme a Equação 6.

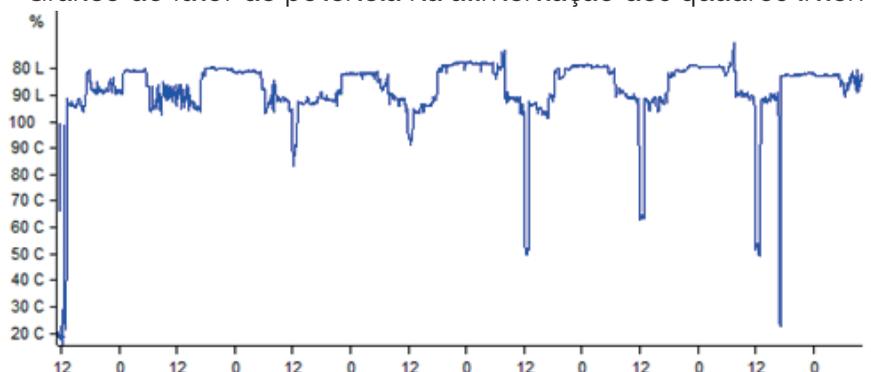
$$\text{Pagamento do Exced. de Reativo} = \sum_{T=1}^N = 1 \text{ Ere} \quad (6)$$

## 6 RESULTADOS

Ao analisar os dados coletados por meio do analisador de energia foi possível atestar a seguinte situação: a fonte geradora fotovoltaica é majoritariamente uma fornecedora de energia ativa, existindo alguns momentos em que proporciona a rede uma quantidade relevante de energia reativa capacitiva – isso se dar pelo fato de ter o fator de potência do equipamento fixado em 1, mesmo que em alguns momentos seja constatado o 0,99 capacitivo – não gerando influência na análise do fator de potência.

A primeira medição foi feita nos condutores que derivam para os quadros internos da indústria, como mostra na Figura 3, foi posto o analisador para averiguar as potências, energia consumida e fator de potência demandado para a carga, ou seja, a real energia necessária para alimentar todo maquinário, essa energia é igual à resultante da energia gerada pelo sistema fotovoltaico em momentos que possua eração e a energia que está sendo consumida da concessionária.

**Figura 3** – Gráfico do fator de potência na alimentação dos quadros internos



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura acima mostra a curva do fator de potência das cargas, é possível ver que todos os momentos que o mesmo fica abaixo de 0,92 capacitivo não encaixam na faixa de horário que seria cobrado por reativo capacitivo, das 00:30h às 6:30h, e os principais momentos com a curva abaixo de 0,92 indutivo, coincidem justamente em momentos que a taxaço do reativo ocorre sobre e capacitivo.

Ou seja, no horário onde o reativo indutivo é cobrado e a indústria apresenta um fator de potência abaixo de 0,92, ele se configura como capacitivo, e nos horários que o reativo capacitivo é cobrado o fator de potência apresentado abaixo de 0,92 é indutivo.

Ainda com uma curva ideal, houve momentos em que ele ultrapassou a faixa o 0,92, sendo penalizado por essa ultrapassagem, e fazendo a estimativa para um mês de consumo, com base na Equação 7.

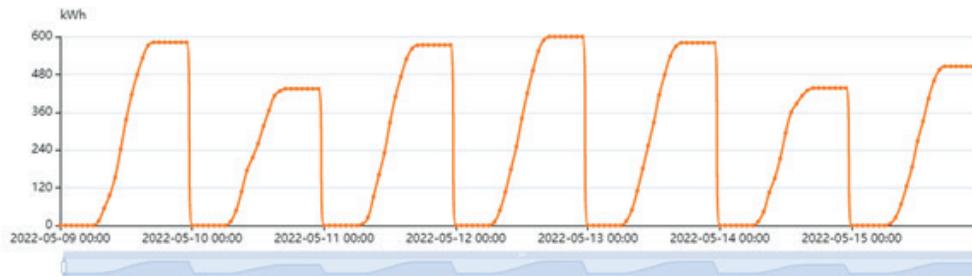
$$E_{re1} = \left( E_{acum} * \left( \frac{FPr}{FPreal} - 1 \right) \right) * VR_{tf}$$

$$E_{re1} = R\$ 605,62$$

Esse seria o valor referente ao montante de energia elétrica consumida nos períodos que o FP foi abaixo de 0,92 indutivo se fosse considerado o fator de potência real das cargas da indústria.

Existem duas fontes que podem prover essa energia: concessionária e a GD; A Geração Distribuída fornece um montante de energia em momentos que existe irradiação solar, que gera uma curva de geração de energia elétrica como apresentado na Figura 4.

**Figura 4** – Gráfico de geração de energia dos dias 09-16 de maio



Fonte: ISOLAR CLOUD (2022).

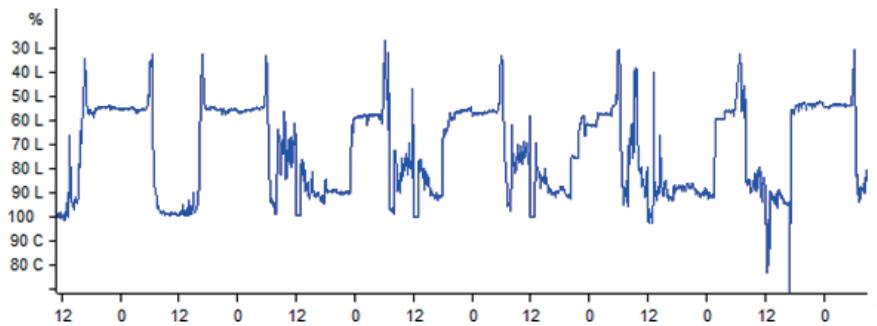
E também é visto na Figura 5, todos os dados energéticos do inversor quando estiver em funcionamento, além de apresentar uma média de rendimento diário do equipamento, bem como o fator de potência fixo do equipamento, num valor igual a 1.

**Figura 5** – Dados do equipamento às 11:30 do dia 21 de maio

Informações gerais do dispositivo				Falha em andamento				Histórico de falhas				Gráfico			
Parâmetro do ponto de medição								Tempo de atualização de dados: 2022-05-21 11:15							
Visão geral															
Rendimento diário	115,2 kWh	~	Potência ativa total	37,263 kW	~	Geração de energia total	440,64 MWh	~	Potência CC total	37,788 kW	~				
Tensão da Fase A	223,2 V	~	Tensão da fase B	224,8 V	~	Tensão da fase C	226,4 V	~	Status do dispositivo	Operação conectada à rede	🕒				
Corrente da fase A	55,9 A	~	Corrente da fase B	54,8 A	~	Corrente da fase C	54,9 A	~	Modo de potência limitada	--	🕒				
Potência reativa total	-0,056 kvar	~	Impedância de isolamento de matriz quadrada	174 kΩ	~	Frequência CA da rede	60,03 Hz	~	Fator de potência total	1	~				

Fonte: ISOLAR CLOUD (2022).

A outra fonte de energia para a indústria é a concessionária, essa sim, realiza medições a cada 15 minutos da energia ativa e reativa fornecida, permitindo assim calcular o fator de potência conforme apresentado na Figura 6.

**Figura 6** – Gráfico do fator de potência no ponto de entrega de energia

Fonte: Elaborado pelos autores.

É perceptível que o fator de potência medido pela concessionária destoa consideravelmente do medido no quadro interno das cargas, isso é ocasionado pela fonte geradora solar que supre a maioria da energia necessária, precisando assim de pouca energia elétrica da concessionária em certos momentos, isso faz com que o medidor enxergue a grande inserção de reativos e reduza drasticamente o FP.

Essa redução interfere nos valores a serem pagos, pois, o FP medido é posto em conta para atribuir valores em reais, fazendo a mesma consideração para medir os valores pagos caso a medição fosse realizada no quadro interno, aplicou-se a mesma fórmula para analisar os valores que serão repassados para a indústria, por parte da concessionária pelo baixo fator de potência, apresentado na Equação 8.

$$Ere2 = \left( Eacum * \left( \frac{FP_r}{FP_{real}} - 1 \right) \right) * VR_{tf} \quad (8)$$

$$Ere2 = R\$ 3.524,76$$

Houve uma certa disparidade, observando os dois valores de pagamentos, justificando o valor por intermédio das análises efetuadas em pontos diferentes, sendo Ere1, o valor a ser pago se o fator de potência cobrado fosse igual ao fator de potência da carga e Ere2, o valor a ser pago mediante ao fator de potência enxergue pela concessionária, essa diferença é vista por meio da Equação 9.

$$Ere = Ere2 - Ere1 \quad (9)$$

$$Ere = R\$ 2.919,14$$

A mesma se justifica por meio dos cálculos e comprovada por meio dos gráficos, onde a curva do fator de potência do ponto de entrega apresentou uma tendência a <0,92 indutivo, enquanto o gráfico referente às cargas ficou mais próximo do 0,92, e nos momentos de maiores oscilações resultou em um FP capacitivo abaixo de 0,92 quando a multa recairá sobre indutivo.

## 7 CONCLUSÃO

Isto posto, baseado nos resultados obtidos foi perceptível o impacto da geração de energia solar em um cenário de clientes pertencentes ao grupo A, a cobrança do reativo nesses consumidores se torna um ponto fora da curva quando o assunto é economia de energia por meio da geração distribuída. Essa situação não torna a mini-geração inviável, é apenas uma parcela não atendida a caráter de eficiência energética.

A diferença no valor diz muito a respeito do funcionamento da energia solar, sua inserção sem averiguar as características elétricas da instalação, pode gerar esse descompasso com a eficiência. A descentralização da geração junto a carga pode apresentar uma alternativa para futuras instalações como essa, baseado no princípio de que a futura indústria receberá apenas o saldo, deixando-o acumulado, e não mais a energia diretamente. Bem como a inserção de bancos de capacitores junto ao barramento de derivação, para compensar a quantidade de excedente de reativos que esteja sendo necessário consumir da concessionária.

Para análises futuras essas duas possibilidades tendem a ser mais aplicadas, já que a reformulação da taxa da energia solar impacta diretamente no payback de uma instalação, forçando aos responsáveis idealizar a ideia de eficiência energética, onde a economia deve ser progressiva em todos os possíveis aspectos.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução normativa nº1000. 2021.

CANADIAN SOLAR. 2016. Disponível em: <https://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto34226IdArquivo4451.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

DOS JR, Arlindo P.; REIS, Lineu Belico. **Energia e sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761313/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

FILHO, João M. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2017. 9788521633730. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521633730/>. Acesso em: 7 maio 2022.

FRANCHI, Claiton M. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Saraiva, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536505602/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

ISOLAR CLOUD. 2022. Disponível em: [https://portal.isolarcloud.com.hk/#/plantDetail/deviceList?psId=965227&ps\\_country\\_id=30&ps\\_type=4&selectPsType&ps\\_status=1&sn\\_like&ps\\_name=FEIJ%C3%83O%20NOTA%2010](https://portal.isolarcloud.com.hk/#/plantDetail/deviceList?psId=965227&ps_country_id=30&ps_type=4&selectPsType&ps_status=1&sn_like&ps_name=FEIJ%C3%83O%20NOTA%2010). Acesso em: 21 maio 2022.

JOHSON *et al.* **Fundamentos de análises de circuitos elétricos**. 4. ed. São Paulo: LTC, 1990.

MOREIRA, José Roberto S. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. São Paulo: Grupo GEN, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636816/>. Acesso em: 18 mar. 2022.

SUNGROW. 2019. Disponível em: <https://sicensolar.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ficha-tecnica-sg110cx.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

VIAN, Angelo. **Energia solar: fundamentos tecnologia e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555500592/>. Acesso em: 18 mar. 2022.

---

**Data do recebimento:** 7 de Março de 2022

**Data da avaliação:** 20 de Abril de 2023

**Data de aceite:** 20 de Abril de 2023

---

---

1 Departamento de Engenharia elétrica, Universidade Tiradentes – UNIT/SE.

E-mail: [cleiton.rodrigues@souunit.com.br](mailto:cleiton.rodrigues@souunit.com.br)

2 Acadêmico de Engenharia elétrica, Universidade Tiradentes – UNIT/SE.

E-mail: [joao.gcorreia@souunit.com.br](mailto:joao.gcorreia@souunit.com.br)