

# ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DE UMA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE 75 KW INSTALADA NO IFCE - CAMPUS CEDRO

Mateus Diniz de Oliveira - mateusdiniz.if@gmail.com

Marcos Vinicius Amancio da Silva - marcosbrisa61@gmail.com

Filipe Peixoto da Silva - filipe.silva08@aluno.ifce.edu.br

Douglas Aurélio Carvalho Costa - douglas.aurelio@ifce.edu.br

Moisés Gomes de Lima - moisesgomes@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Cedro

014, Conversão fotovoltaica: Aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos instalados.

**Resumo.** A energia solar está em constante avanço na matriz energética brasileira, sendo considerada uma alternativa promissora para o suprimento energético do país devido as boas condições para a sua expansão, como condições climáticas, localização geográfica e os esforços para sua regulamentação. A procura pela geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) têm aumentado, com objetivo de diminuir os custos na fatura de energia elétrica e proporcionar um desenvolvimento sustentável, reduzindo as emissões de dióxido de carbono, aumentando a oferta de energia provenientes de fontes renováveis e diversificando a matriz de energia elétrica. Nesse sentido o estudo realizado nesse trabalho tem como objetivo investigar a viabilidade técnica e financeira do sistema de geração solar fotovoltaica (FV) instalado no IFCE - Campus Cedro. Para isso são analisadas as faturas de energia elétrica do IFCE - Campus Cedro do ano de 2019, período pré-pandemia e último ano com dados de consumo sem restrições antes do início do estudo, e os dados de geração do SFCR do ano de 2021, primeiro ano de geração do sistema. O SFCR do presente estudo é considerado uma microgeração de energia elétrica e é composto por 2 subsistemas, denominados SFCR 1 e SFCR 2, somando 237 módulos FV, com uma potência total instalada de 92,43 kWp, sendo 157 módulos conectados a um inversor de 50 kW no SFCR 1 com potência de 61,23 kWp, e 80 módulos no SFCR 2 conectados a um inversor de 25 kW com potência de 31,20 kWp. Com isso, diante da análise financeira realizada percebe-se que o SFCR que teve um investimento inicial de R\$ 380.659,66 é um investimento viável, pois apresenta resultados satisfatórios, com payback de aproximadamente 7 anos, valor presente líquido (VPL) de R\$ 844.287,158 e taxa interna de retorno (TIR) de 26,72%.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Sistema Fotovoltaico, Geração Distribuída.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica no mundo está crescendo incessantemente, um fenômeno diretamente associado aos avanços econômicos, sociais e ao aumento das atividades industriais, bem como à expansão do número de residências conectadas à rede elétrica. Esse aumento na demanda de eletricidade está intrinsecamente relacionado ao consumo de energia, uma vez que o progresso nas esferas econômica e social impulsiona a necessidade de mais energia para alimentar o funcionamento de sistemas e o conforto de populações em constante expansão (Sá, 2016).

Nesse contexto, a geração distribuída desempenha um papel crucial à medida que avança e se torna mais popular. A GD refere-se à produção de eletricidade em pequena escala. Ela está relacionada ao aumento da demanda de diversas maneiras como oferecendo custos de instalação reduzidos devido ao uso de fontes de energia renovável acessíveis, proximidade com os locais de consumo para reduzir perdas de transmissão e sistemas de maior durabilidade, garantindo um suprimento elétrico confiável ao longo do tempo. Diversos países estão realizando esforços a fim de obter avanços tecnológicos capazes de reduzir a produção do dióxido de carbono, possibilitando um desenvolvimento sustentável e uma geração de energia limpa, permitindo que a demanda de energia elétrica seja suprida de forma sustentável (Sá, 2016; Franco, 2021).

A geração hidroelétrica é hoje responsável pela maior parte da geração de energia elétrica no Brasil, sendo ela responsável por cerca de 56,8% da produção nacional (EPE, 2022). Apesar de ser uma forma de geração de energia elétrica renovável, esse tipo de geração vem acompanhado de algumas problemáticas, como os impactos ambientais, devido as áreas alagadas por seus reservatórios, perda da vegetação nativa e redução na fauna e flora (Caballero, 2016). O crescimento populacional e econômico do Brasil nas últimas décadas influenciou o aumento da demanda por energia elétrica, portanto, sendo necessário o investimento em fontes alternativas de energia, a fim de descentralizar e diversificar nossa matriz de energia elétrica, para evitar uma forte dependência da fonte hídrica, além de uma busca contínua por meios sustentáveis de geração de energia e redução dos impactos ambientais à medida que a oferta de energia elétrica aumenta (EPE, 2010).

Nesse contexto, são analisados meios para uma diversificação na matriz de energia elétrica, baseado na geração distribuída de fontes renováveis de energia (FRE), a fim de se obter alternativas para solucionar problemas futuros de suprimento energético no país e fornecer segurança energética. Tal preocupação em relação ao meio ambiente e a eficiência energética, tem impulsionado para que haja um desenvolvimento acelerado das FRE, tanto em nível nacional quanto mundial, outro fator que também é levado em consideração é o aumento da demanda por eletricidade e o aumento

do preço do kWh acima da inflação, pois acredita-se que as FRE podem diminuir o custo da energia elétrica (Montenegro, 2013).

Desse modo, tendo em vista às vantagens fornecidas pela Resolução Normativa nº1059 de 7 de fevereiro de 2023 (REN 1.059/2023) e pela Lei 14.300/2022, que visam o melhoramento das condições para que a população possa produzir sua própria energia, através da possibilidade de conectar o SFV à rede do concessionário. A conexão de SFV à rede do concessionário é possível devido ao sistema de compensação de energia, sistema no qual a energia elétrica ativa é injetada por unidade consumidora à rede da concessionária local através da microgeração ou minigeração distribuída. A energia é cedida a título de empréstimo gratuito e posteriormente utilizada para compensar o consumo de energia elétrica ativa ou contabilizada como crédito de energia de unidades consumidoras participantes do sistema. (Aneel, 2023; Brasil 2022)

No Brasil, os índices de irradiação solar são elevados por conta da sua localização geográfica perto da linha do equador, sendo que a irradiação global média diária varia de 4,32 kWh/m<sup>2</sup> para regiões localizadas no Sul e Sudeste do país e até 5,59 kWh/m<sup>2</sup> no Nordeste (Costa, 2019; Pereira *et al*, 2017).

A geração distribuída (GD) solar fotovoltaica são classificadas em micro e mini GD (MMGD). A micro GD FV compreende SFV com potência instalada em corrente alternada menor ou igual a 75 kW já a mini GD FV possuem potência instalada em corrente alternada superior a 75 kW e indo até 3 MW, pois é considerada uma fonte não despachável (Aneel, 2023; Brasil 2022).

A geração FV, amplamente utilizada na atualidade, ocorre através da conversão da energia solar em eletricidade com o auxílio de materiais semicondutores. Os módulos FV de silício são os responsáveis por essa conversão, criando um fenômeno conhecido como efeito FV, que é quando fótons de luz incidem sobre esses materiais, e eles excitam elétrons, criando uma ddp (Braga, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise abrangente da viabilidade técnica e financeira da implementação de um sistema de microgeração distribuída de energia solar fotovoltaica (SFCR) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus Cedro*.

## 2. LOCAL DE ESTUDO

### 2.1 Localização da IFCE *Campus Cedro*

O IFCE é uma instituição tecnológica composta por 35 campi que oferecem diversos níveis de educação, incluindo básica, profissional, superior e programas pluricurriculares e multicampi. O local do presente estudo é uma unidade que compõe a rede IFCE, o IFCE-*Campus Cedro*, mostrado na Fig. 1.

O *Campus Cedro* oferece uma variedade de cursos, incluindo técnicos em Eletrotécnica, Mecânica Industrial e Administração, cursos técnicos integrados em Eletrotécnica, Mecânica e Informática, além de programas de educação de jovens e adultos. Também oferece cursos superiores, como Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Licenciatura em Matemática, Licenciatura em Física, Bacharelado em Sistemas de Informação, Bacharelado em Engenharia Elétrica e Bacharelado em Engenharia Mecânica e que atende, principalmente, a uma área geográfica que abrange 14 municípios, com distâncias médias variando de 30 a 100 km entre eles.

A localização do IFCE *Campus Cedro* é na Rua Alameda José Quintino, S/N- Prado, Cedro/CE, na Região Centro-Sul do estado do Ceará com valores de Latitude e Longitude dados por 6° 36' 27'' Sul e 39° 3' 38'' Oeste, respectivamente.



Figura 1 - IFCE - *Campus Cedro*.

Fonte: IFCE. (2023)

## 2.2 Irradiação solar local

Utilizando a ferramenta SunData v 3.0 do Centro de Referências para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), foram obtidos os dados da irradiação solar. Essa ferramenta é utilizada desde 1995, apoiando o dimensionamento de SFVs em todas as regiões do Brasil, fornecendo o cálculo da irradiação solar diária média mensal (Cresesb, 2018).

Dados os valores de latitude e longitude de Cedro-CE, onde a Latitude: 6° 36' 27" Sul e a Longitude: 39° 3' 38" Oeste, foram obtidos os valores de irradiação presentes na Tab.1. A ferramenta SunData fornece a irradiação solar do ponto mais próximo das coordenadas geográficas pesquisadas, neste caso, a distância do ponto mais próximo foi à 1.500 m.

Tabela 1- Irradiação solar diária média mensal em Cedro-CE no plano horizontal [kWh/m<sup>2</sup>.dia].

Irradiação Solar Diária Média Mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia] no Plano Horizontal à 0° N													
Distância[m]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1500	5,92	5,99	5,88	5,60	5,26	5,13	5,38	6,15	6,50	6,57	6,69	6,18	5,94

Pode-se perceber que junho é o mês com menor incidência, com 5,13 kWh/m<sup>2</sup>. dia, já o mês de novembro possui maior incidência, com 6,69 kWh/m<sup>2</sup>. dia, sendo um período que tem como característica os dias ensolarados e conhecido na região como o “mês mais quente”.

## 2.3 Formulação matemática para análise financeira.

### 2.3.1 Valor Presente Líquido

O valor presente líquido (VPL) representa a soma dos fluxos de caixa do projeto trazidos para o momento presente, em que  $I_0$  é Investimento Inicial do Projeto,  $i$  é Taxa de desconto,  $n$  o Período de tempo, e  $FCn$  o Fluxo de caixa no período  $n$ , podendo ser calculado de acordo com a Eq. (1).

$$VPL = \sum_{n=1}^j \frac{FCn}{(1+i)^n} - I_0 \quad (1)$$

### 2.3.2 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de retorno que anula o investimento inicial, que é obtido quando o VPL é zerado, no momento em que  $FCn$  é igual a  $I_0$ , em que  $I_0$  é o investimento inicial,  $n$  o período de tempo, e  $FCn$  é fluxo de caixa no período  $n$ , sendo calculado de acordo com a Eq. (2).

$$I_0 = \sum_{n=1}^t \frac{FCn}{(1+TIR)^n} \quad (2)$$

### 2.3.3 Payback ou Tempo de Retorno do Investimento

O Payback é o período em que o investimento inicial é recuperado, em que  $I_0$  é o investimento inicial, e o  $FCt$  Fluxo de caixa no período  $t$  e é calculado de acordo com a Eq. (3).

$$Payback = \frac{I_0}{FCt} \quad (3)$$

## 3. CARACTERIZAÇÃO DO SCFR

### 3.1 Padrão de Entrada

A unidade consumidora (UC) está conectada a um ramal de ligação de média tensão da distribuidora, tendo tensão de conexão em uma tensão de 13,8 kV. Além disso, possui uma subestação própria de 450 kVA, com dois transformadores de 225 kVA conectados em paralelo, tendo uma tensão secundária de 380/220 V.

### 3.2 Classificação do SFCR

A UC pertence ao grupo A, possuindo demanda contratada de 216 kW e potência de geração fotovoltaica de 75 kW, portanto, o SFCR é classificado como microgeração distribuída. A demanda contratada por ser maior que a potência do SFCR, não é preciso contratar TUSDg.

### 3.3 Módulos Fotovoltaicos

O sistema utiliza módulos fotovoltaicos JAM72S09-390/PR, de estrutura monocristal, da fabricante JA SOLAR, com 237 módulos deste modelo.

As características técnicas desses módulos são: potência máxima nominal de 390 W, tensão de circuito aberto de 49,35 V, tensão máxima potência de 40,21 V, corrente de curto-circuito de 10,22 A, corrente de máxima potência de 9,70 A e eficiência de 19,50%,

A potência instalada de módulos é de 92,43 kWp. Os módulos estão dispostos como pode ser visto na Fig. 2.



Figura 2 - Vista superior da disposição dos módulos fotovoltaicos.  
Fonte: JORNAL A PRAÇA (2020).

### 3.4 Inversores

Os inversores desempenham um papel crucial no SFCR, convertendo a energia gerada pelos módulos de CC para CA. Dois modelos de inversores são utilizados: GW50KN-MT, que vai ser chamado de inversor 1, possui potência de entrada máxima CC ( $P_{CCmax}$ ) de 61,23kWp e uma potência CA de saída de 50 kW, já o GW25K-MT que vai ser chamado de inversor 2, tem uma  $P_{CCmax}$  de 31,2kWp e uma potência CA de saída de 25 kW, ambos da fabricante GoodWe. O inversor 1 possui 4 entradas MPPT - rastreamento de ponto máxima potência -, e o inversor 2 possui 3 entradas MPPT. O sistema está organizado de acordo com a Tab. 2.

Tabela 2 – Distribuição dos módulos nas entradas MPPT dos inversores.

<b>Inversor 1</b>				
	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4
Módulos em série	15	16	16	16
Conjunto de módulos em paralelo	3	3	2	2
Número total de módulos	45	48	32	32
<b>Inversor 2</b>				
	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	
Módulos em série	16	16	16	
Conjunto de módulos em paralelo	2	2	1	
Número total de módulos	32	32	16	

### 3.5 Diagrama de blocos

A Fig. 3 exibe o diagrama representativo de forma simplificada da estrutura e instalação elétrica do SFCR do IFCE-*Campus Cedro*, nele é possível verificar que o SFCR possui sua geração começando em dois conjuntos de módulos FV, cada conjunto indo para inversores diferentes, os quais se encaminham para o Quadro CA do SFCR onde ficam as proteções CA, encaminhando-se para o Quadro geral de força, seguindo para o QGBT, para em seguida ser subdividida tanto para as cargas da instalação do IFCE-*Campus Cedro* quanto para sua subestação própria de 450 kVA, que possui dois transformadores de 225 kVA, fornecendo uma tensão secundária de 380/220 V, e finalmente ser encaminhada para a medição com um medidor bidirecional e injetada na rede elétrica gerenciada pela concessionária ENEL CE.

O Inversor 1, com potência nominal de 50 kW, conectado a 157 módulos FV, formando o subsistema 1 com uma potência instalada de 61,23 kWp. Destaca-se a presença de quatro entradas de MPPT, cada um associado a diferentes arranjos de módulos, acompanhados de String Boxes que incorporam dispositivos de proteção contra surtos CC, fusíveis e chaves seccionadoras.

O Inversor 2 possui potência nominal de 25 kW, conectado a 80 módulos FV, contendo três entradas de MPPT, uma quantidade inferior à observada no Inversor 1, juntamente com a presença de String Boxes, dispositivos de proteção CC e chaves seccionadoras.

As especificidades dos arranjos de módulos em Strings são detalhadas na Tab. 2.

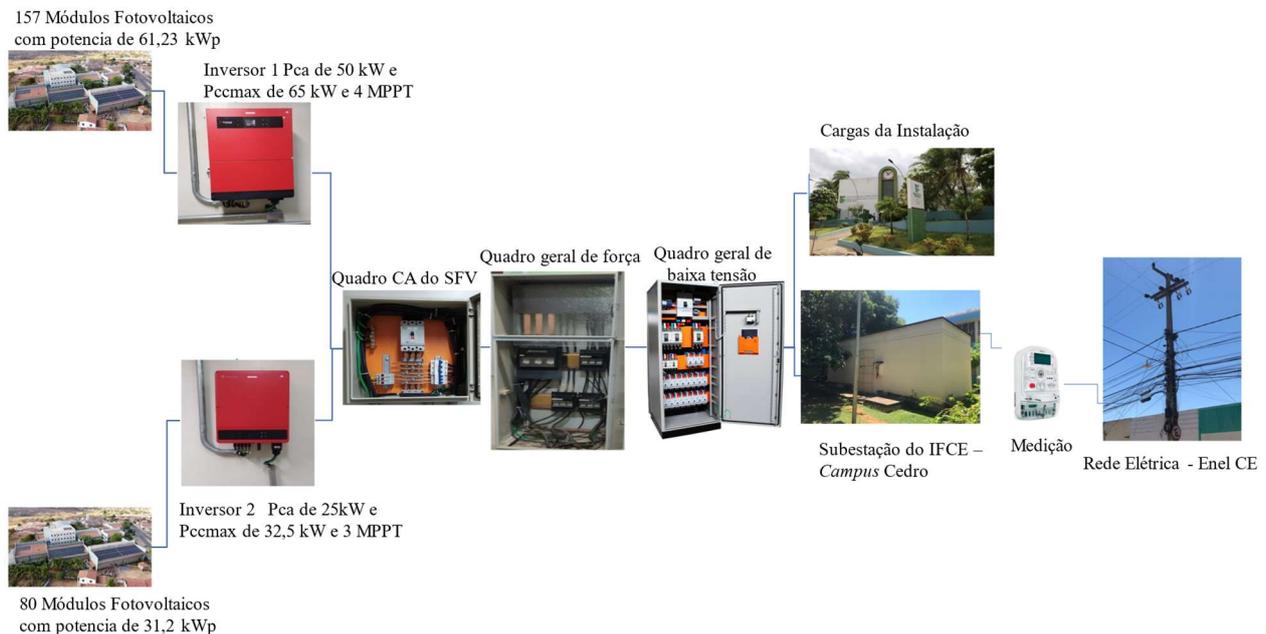


Figura 3- Diagrama representativo da instalação do SFCR do IFCE-*Campus Cedro*.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Dados de consumo de energia elétrica do IFCE – Campus Cedro

Visto que a pandemia do covid-19 afetou o consumo de energia elétrica da instituição no período em que o estudo foi realizado, em que a partir do mês de março de 2020 o consumo começa a cair drasticamente, devido a adoção de medidas de isolamento social no Ceará, acarretando em atividades letivas remotas por mais de nove meses de 2020 e durante todo o ano de 2021, e voltando a aumentar o consumo de energia da instalação apenas no início de 2022, quando as instalações do IFCE – *Campus Cedro* voltaram a ser utilizadas para as atividades letivas.

Portanto os dados de consumo utilizados no trabalho são do ano anterior ao início das paralisações causadas pela pandemia. Nesse caso os dados de consumo utilizados são de janeiro de 2019 até dezembro de 2019.

Para melhor visualização do comportamento do consumo de energia elétrica, foram reunidos dados do consumo no horário de ponta (HP), no horário fora de ponta (HFP) e do Consumo Total (kWh), que é representado pela soma do consumo no HP e HFP, do ano de 2019 no local de estudo, estes dados estão apresentados na Fig. 4.

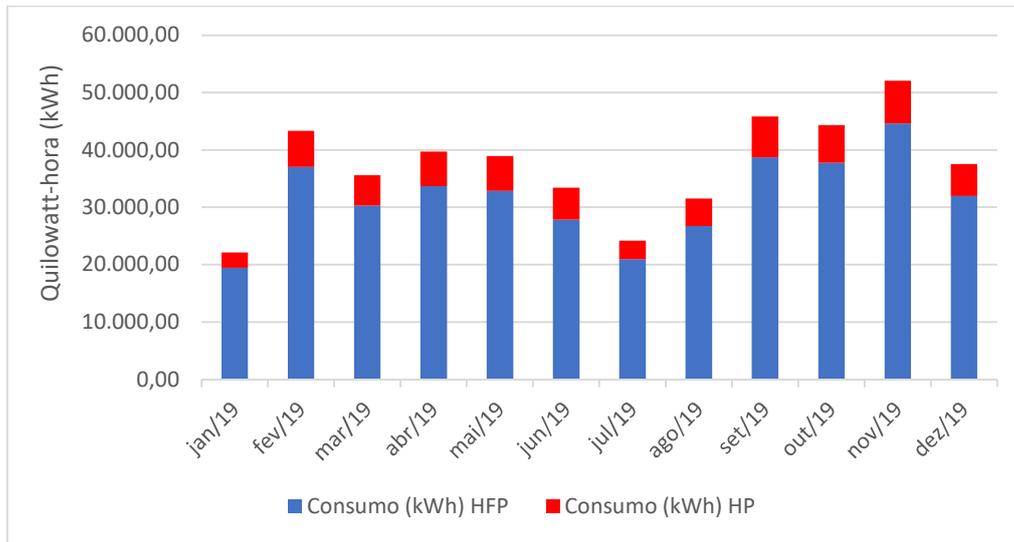


Figura 4 - Representação gráfica do consumo total de energia elétrica do IFCE- Campus Cedro.

O Fig. 4 revela variações significativas no consumo de energia elétrica no IFCE - *Campus Cedro* ao longo do ano. O mês de novembro de 2019 registrou o maior consumo total, registrando-se 52.039,0 kWh. Essas flutuações no consumo podem ser explicadas por fatores climáticos, com os meses de temperatura mais elevadas exigindo o uso mais intenso dos condicionadores de ar da instituição, elevando-se o consumo de energia.

O mês de janeiro teve o menor consumo, com 22.094,0 kWh, sendo 20.320 kWh consumidos no HFP e 2.629 kWh consumidos no HP. Percebe-se que os meses de janeiro e julho são meses com menores consumos, pois são período não letivo, em que os alunos se encontram de férias, apresentaram uma diminuição no consumo de energia devido à redução das atividades institucionais.

O consumo total em 2019 atingiu 448.470,0 kWh, com uma média mensal de 37.372,5 kWh.

#### 4.2 Comparação entre o consumo do IFCE *Campus Cedro* em cenários distintos

No ano de 2019, pouco antes da pandemia de Covid-19, as instalações operavam normalmente, sem a presença de um SFCR. No entanto, em março de 2020, com o início do isolamento social em resposta à pandemia, houve uma notável redução no consumo de energia. Esse padrão persistiu em 2021, enquanto o isolamento social continuava.

Em 2022, com o retorno das atividades letivas presenciais e a reutilização das instalações da instituição, o consumo de energia voltou ao normal. Entretanto ressaltando que nesse momento de retorno, as instalações estavam equipadas com um SFCR, o que contribuiu para a estabilidade do suprimento de energia e para uma redução no consumo de energia da instalação. Com isso a Fig 5 traz uma melhor representação dos cenários de consumo de cada período.

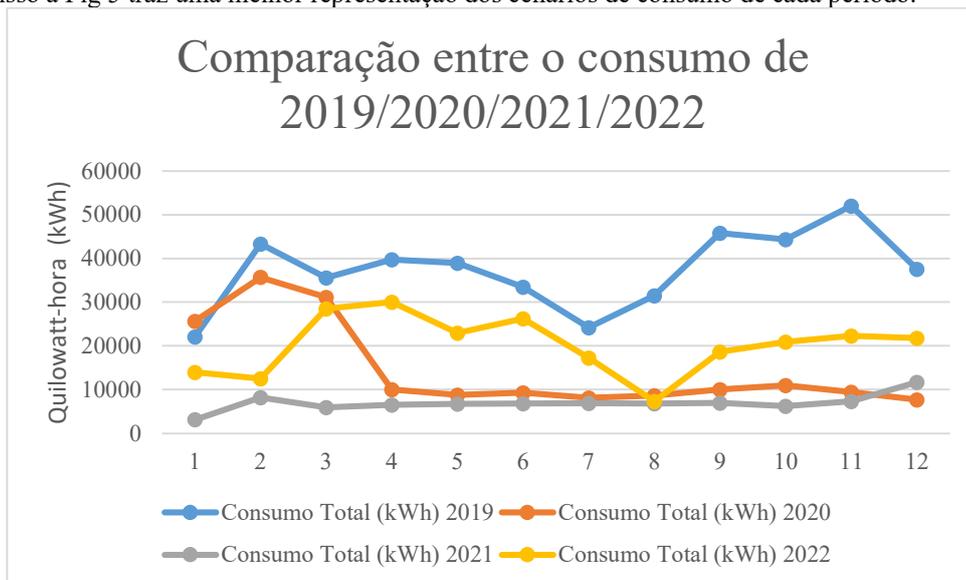


Figura 5 – Representação Gráfica da Comparação entre os consumos de 2019, 2020, 2021 e 2022.

### 4.3 Geração do SFCR do IFCE- *Campus Cedro*

A geração está ligada com os valores de irradiação solar no local de estudo, diante disso foram obtidos os dados de geração através da plataforma de monitoramento do SFCR do IFCE- *Campus Cedro*. Os dados de geração utilizados no presente estudo são do ano de 2021.

De acordo com a Fig 6, verifica-se que agosto e setembro houve geração de 13.932,1 kWh e 14.050,7 kWh, sendo os meses com maior geração. Os meses de janeiro e fevereiro foram os que tiveram menor geração, pois coincidem com o período chuvoso, sendo obtidos valores de geração de 10.167,2 kWh e 10.866,5 kWh. A geração total anual foi de 149.059,4 kWh com uma média mensal de 12.421,6 kWh.

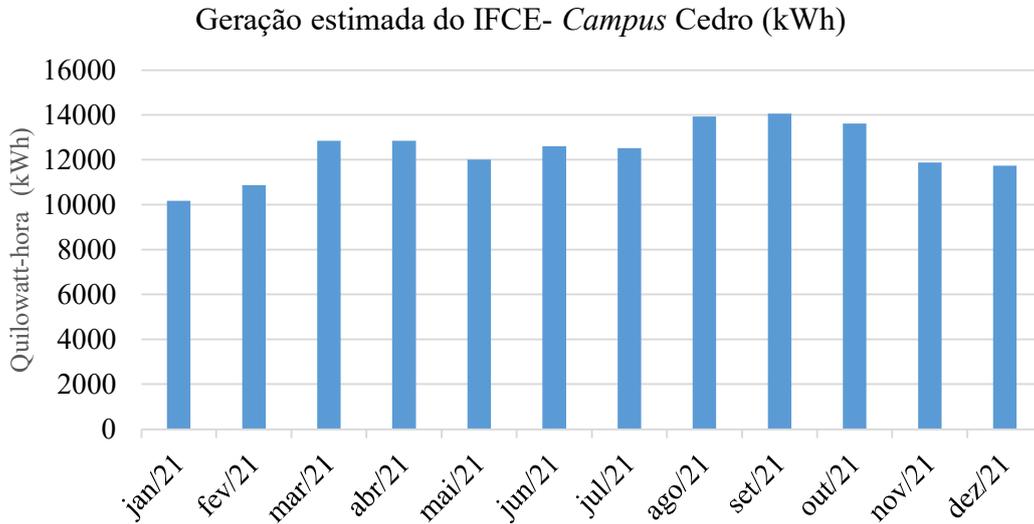


Figura 6 - Representação gráfica da geração estimada de energia elétrica do IFCE- *Campus Cedro*.

### 4.4 Comparação entre os dados de Consumo e os dados de Geração do IFCE- *Campus Cedro*

Diante disso a Fig. 7 apresenta os dados de consumo total e a geração, e nota-se que os valores de consumo são muito maiores que os valores de geração, permitindo concluir que o SFCR da instituição não consegue abater todo o valor cobrado na fatura de energia elétrica da mesma, sendo assim conclui-se que o SFCR teria que ser ampliado para que suprisse todo o consumo.

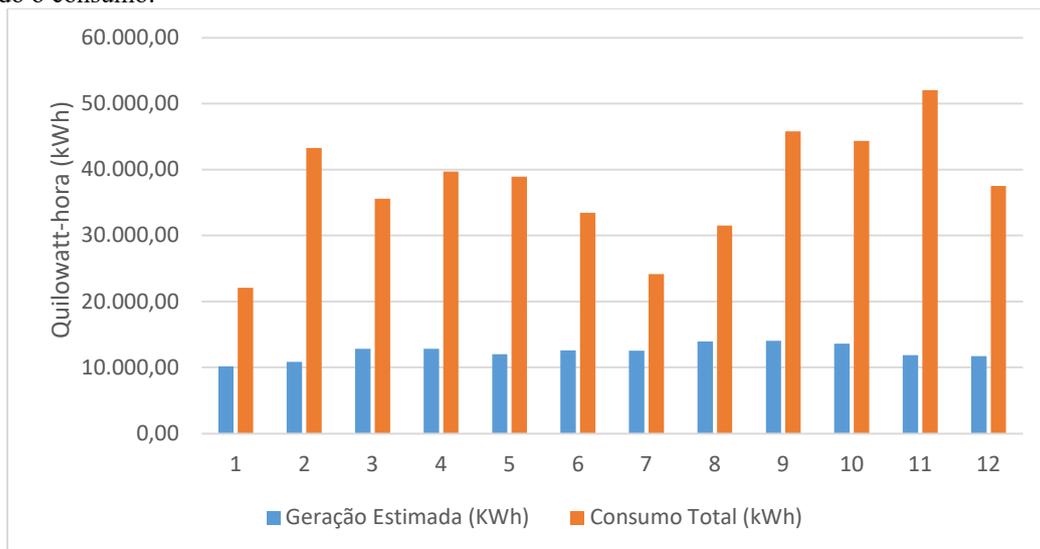


Figura 7 – Representação gráfica da Comparação entre o consumo total e a geração estimada do IFCE – *Campus Cedro*.

#### 4.5 Análise financeira da geração e consumo do IFCE-Campus Cedro

No contexto do SFCR, é considerada uma perda acumulativa devido as deteriorações da eficiência dos módulos FV de aproximadamente 20% ao longo de 25 anos. Para contabilizar essas perdas anualmente, é aplicada uma taxa de 0,8%/ano, que representa as perdas anuais estimadas do SFCR e estas perdas são consideradas como um fluxo de caixa negativo.

Nos últimos 5 anos, a conta de energia elétrica sofreu aumentos anuais, com percentuais de 4,96% em 2018, 8,29% em 2019, 3,94% em 2020, 8,95% em 2021 e 24,85% em 2022, totalizando um aumento acumulado de 50,99%. Ao calcular a média anual desses aumentos, o valor médio de aumento anual da conta de energia é de 10,19%.

Portanto, o fluxo de caixa do SFCR experimentou um aumento anual de 9,39%, considerando-se o acréscimo anual médio de 10,19%, devido aos aumentos tarifários, e um decréscimo de 0,8%/ano, devido as deteriorações da eficiência do SFCR.

Na Fig. 8, é evidenciado que, em termos de gastos em reais com consumo de energia elétrica, o HFP e o HP têm valores muito próximos, apesar de ocorrer no HFP maior consumo de energia em kWh, conforme indicado no Fig. 4.

Essa semelhança nos gastos em reais pode ser atribuída ao custo mais elevado por kWh no HP. Mesmo com um consumo menor em kWh, os valores finais em reais acabam sendo comparáveis devido à tarifa mais alta do HP.

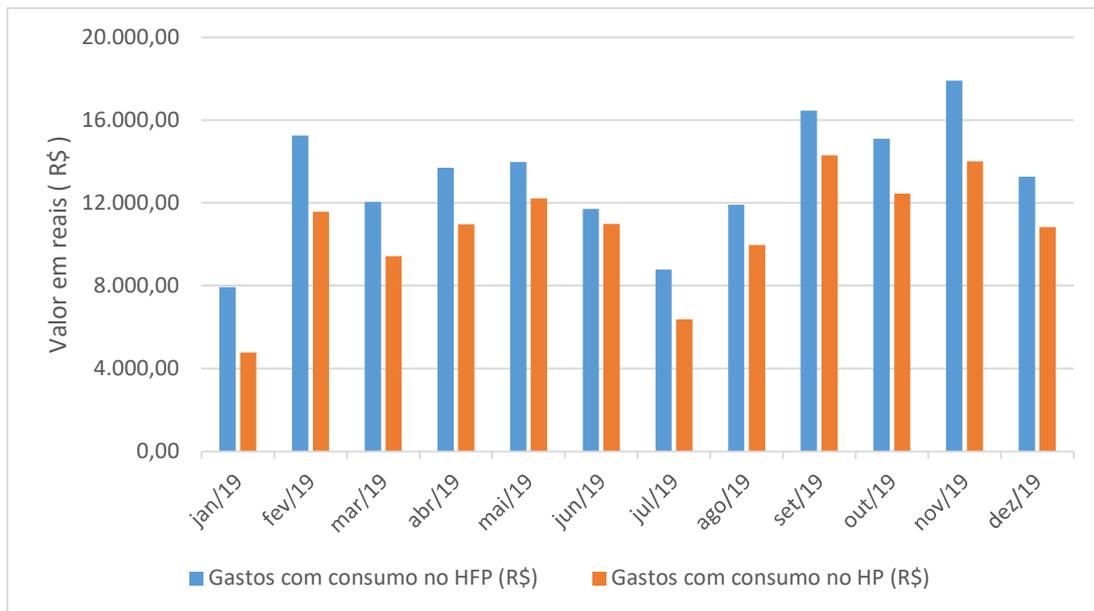


Figura 8 - Representação gráfica do consumo em (R\$) no HFP e HP.

Na Tab. 3, é feita uma comparação entre os valores de geração de energia e consumo de energia elétrica. Os valores médios em reais (R\$) por kWh no HFP e no HP são listados como R\$ 0,414 no HFP e R\$ 1,91 no HP. Multiplicando a quantidade de kWh gerados pelos valores do kWh no HFP, obtém-se os valores totais de geração de energia para o IFCE - Campus Cedro. Além disso, são utilizados os valores de consumo no HP e no HFP, bem como o consumo total, considerando as demandas da fatura de energia elétrica, como detalhado na Tab. 3.

A análise demonstra que a geração de energia impactou significativamente na redução dos custos, com uma economia média mensal de R\$ 5.157,08. Ao final do ano, a economia total é de R\$ 61.885,076.

Tabela 3- Comparação entre Geração e Consumo de energia elétrica do IFCE- Campus Cedro.

	Gastos com Consumo no HFP (R\$)	Gastos com Consumo no HP (R\$)	Gastos com Consumo Total (R\$)	Redução dos gastos com a Geração (R\$)	Parcela dos gastos do consumo no HFP não compensado (R\$)
jan/19	7.928,71	4.766,85	15.724,15	4.141,388	3.787,32
fev/19	15.258,56	11.562,56	29.406,05	4.481,019	10.777,54
mar/19	12.040,16	9.430,72	24.767,26	5.108,300	6.931,86
abr/19	13.691,04	10.966,34	27.435,21	5.221,722	8.469,31
mai/19	13.973,17	12.212,73	29.622,44	5.110,748	8.862,42
jun/19	11.709,75	10.982,15	25.685,77	5.296,411	6.413,33
jul/19	8.779,33	6.368,27	18.801,04	5.252,562	3.526,76
ago/19	11.903,49	9.966,61	26.586,63	6.203,546	5.699,94

set/19	16.462,11	14.292,00	36.082,84	5.981,523	10.480,58
out/19	15.104,19	12.449,22	31.572,66	5.450,645	9.653,54
nov/19	17.903,54	14.005,37	40.686,06	4.766,917	13.136,62
dez/19	13.269,12	10.830,59	28.425,83	4.870,294	8.398,82

Para calcular os valores ainda pagos à concessionária de energia elétrica, são subtraídos os valores em reais (R\$) consumidos no HFP em cada mês pelos valores em reais (R\$) gerados no mesmo período. Isso representa o montante que a instituição ainda precisa pagar à concessionária, uma vez que a geração de energia não cobre todo o consumo. Esses valores são apresentados na última coluna da Tab. 3.

Na Fig 9, são apresentados graficamente o valor presente acumulado (VPA) para um período de 25 anos, representando o funcionamento do SFCR. O VPA do projeto foi calculado subtraindo essa soma do custo inicial do projeto, resultando em R\$ 844.287,158, conforme mostrado na Fig. 9, indicando a viabilidade financeira do empreendimento. A TIR foi calculada em 26,72%, representando o retorno esperado do investimento, sendo maior que média histórica da Selic de 11,45%, indicando que este é um ótimo investimento.

O valor presente foi calculado com uma taxa de desconto equivalente à média histórica dos últimos 20 anos da taxa SELIC, que é de 11,45%. A soma dos valores presentes que são economizados pela instituição na fatura de energia dos anos 1 a 25 resultou em R\$1.224.946,81.

Por fim o payback foi determinado a de acordo com a Eq. (3), e este valor é de aproximadamente 7 anos, a partir do qual os valores do VP se tornam positivos, como evidenciado na Fig. 9. Em resumo, o projeto de SFCR apresenta um VPL positivo, TIR atrativa de 26,72% e um tempo de payback de cerca de 7 anos, sugerindo sua viabilidade financeira.

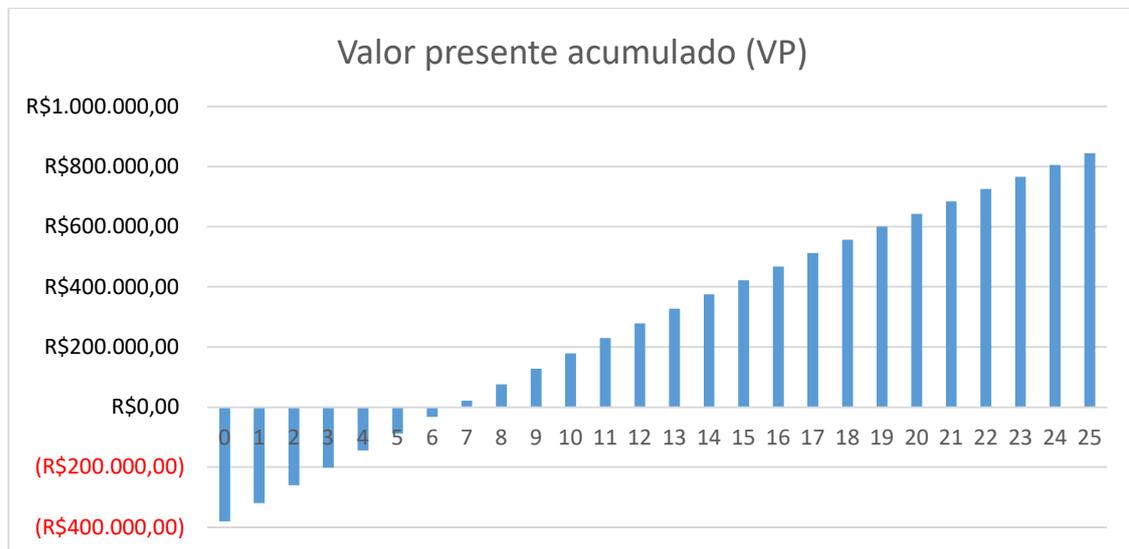


Figura 9 – Representação Gráfica do valor presente acumulado (VP).

## 5. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo analisar a instalação de um SFCR, instalado no IFCE Campus Cedro, com 92,43 kWp de potência instalada de módulos e potência nominal de 75 kW, portanto, sendo considerado uma microgeração distribuída.

Os resultados demonstraram que a instalação do SFCR é um investimento altamente vantajoso ao longo do tempo. O sistema proporcionou uma economia média mensal de R\$ 5.157,08, resultando em uma economia anual de R\$ 61.885,07. No primeiro ano de operação (2021), o sistema gerou 149.059,4 kWh de energia, com uma média mensal de 12.421,6 kWh, enquanto o consumo anual no ano de 2019, antes do estudo, foi de 448.470,0 kWh, com uma média mensal de 37.372,5 kWh. Isso indicou que o sistema gerou menos energia do que o consumo, mas ainda assim resultou em economias significativas.

A análise financeira revelou que o investimento no SFCR foi satisfatório, com retorno a partir do sétimo ano, isso significa que, ao longo dos próximos 20 anos, há a garantia do fabricante de manter a produção em pelo menos 80% do valor inicial. O VPL alcançou R\$ 844.287,158 ao final do período de vida útil do SFCR, superando o investimento inicial em R\$ 463.627,498. A TIR foi de 26,72%, muito superior à taxa de desconto de 11,45%, destacando a atratividade do investimento.

No entanto, o estudo identificou limitações relacionadas ao dimensionamento do inversor, que suportava uma potência menor do que a potência dos módulos solares instalados e também que a geração de energia tende a cair mais do que 0,8% ao ano por acúmulo de sujeira, que gera um aumentaria o tempo de retorno. Recomendou-se uma análise

mais aprofundada do dimensionamento do inversor e fazer limpeza semestral no sistema, considerou-se também a possibilidade de ampliar o sistema para que a geração de energia seja proporcional ao consumo da instituição.

Também foi identificado que a geração não cobre todo o consumo do HFP, resultando em um valor que a instituição ainda precisa pagar à concessionária devido ao consumo no HFP. Por este motivo é interessante que o sistema seja ampliado para que seja alcançada ainda mais economia nas despesas com energia elétrica do IFCE-Campus Cedro.

O estudo conclui que o SFCR é uma opção altamente benéfica para o IFCE - Campus Cedro, proporcionando economia significativa na fatura de energia elétrica e oferecendo indicadores financeiros atrativos.

## REFERÊNCIAS

- Aneel. 2023. Resolução Normativa Nº 1.059, de 07 de fevereiro de 2023. Agência Nacional de Energia Elétrica.
- Braga, R. P. 2008. Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e aplicações. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica Departamento de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro.
- Brasil. 2022. Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. Diário Oficial da: seção 1, Brasília, DF, ano 133, n. 5, p. 1-6.
- Caballero, C. B. 2016. Análise do processo de avaliação de impactos ambientais do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte- PA. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
- Costa, D. A. C. 2018. Estimativa do Potencial de Geração Fotovoltaica do Campus do Pici da UFC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará,
- Costa, D. A. C.; Carvalho, P. C. M.; Menezes, B. F.; Silva, F. J. R.; Vieira, O. L.; Soares, F. S.; Carvalho, P. R. 2019. Photovoltaic Distributed Generation Connecting to the Grid: Analysis of Solar Incident Irradiation and Electricity Generation in the Federal University of Ceara. SWC/SHC 2019. Santiago, Chile, ISES Solar World Congress 2019, Santiago.
- Cresesb. 2018. Potencial Solar - SunData v 3.0. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 26 out. 2022
- EPE. 2010. Empresa de Pesquisa Energética. Relatório de impacto ambiental UHE Teles Pires. Rio de Janeiro: Empresa de pesquisa energética.
- EPE. 2022. Balanço energético nacional 2022: Ano base 2021. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- Franco, G. N. P. 2021. Projeto de um sistema solar com tecnologia fotovoltaica: Um estudo de caso para uma empresa de distribuição de gás do Ceará. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Centro Universitário 7 de Setembro, Fortaleza.
- Montenegro, A. A. 2013. Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados a residências unifamiliares urbanas no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, F. L.; Rütther, R.; Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; Pereira, S. V.; Souza, J. G. 2017. Atlas brasileiro de energia solar.
- Sá, V. S. 2016. Estudo de viabilidade de utilização de sistema de geração fotovoltaica conectado à rede no Brasil. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

## TECHNICAL-FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS OF A 75 KW DISTRIBUTED MICROGENERATION INSTALLED AT IFCE - CAMPUS CEDRO

**Abstract.** Solar energy has been constantly advancing in the Brazilian energy matrix, being considered a promising alternative for the country's energy supply due to the good conditions for its expansion, like weather conditions, geographic location and regulatory efforts. The demand for electricity generation through grid-connected photovoltaic systems (SFCR) has increased, with the aim of reducing costs in the electricity bill and providing sustainable development, reducing carbon dioxide emissions, increasing the supply of energy from renewable sources and diversifying the electrical energy matrix. In this sense, the study carried out in this work aims to investigate the technical and financial feasibility of implementing the photovoltaic (PV) solar generation system at IFCE-Campus Cedro. For this, the electricity bills of the IFCE Campus Cedro for the year of 2019, pre-pandemic period and last year with unrestricted consumption data before the beginning of the study, and the SFCR generation data for the year 2021, first year of system generation. The SFCR of the present study is considered a microgeneration of electric energy and is composed of 2 subsystems, called SFCR 1 and SFCR 2, totaling 237 PV modules, with a total installed power of 92.43 kWp, with 157 modules connected to a 50 kW inverter in SFCR 1 with a power of 61.23 kWp, and 80 modules in SFCR 2 connected to a 25 kW inverter with a power of 31.20 kWp. Thus, in view of the financial analysis carried out, it is clear that the SFCR, which had an initial investment of R\$ 380.659,66 it is a viable investment, as it presents satisfactory results, with a payback of approximately 7 years, net present value (NPV) of R\$ 844.287,158 and internal rate of return (IRR) of 26.72%.

**Keywords:** Solar Energy, Photovoltaic System, Distributed generation.