

## **ANÁLISE DOS IMPACTOS DA CONTRATAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA E DA INSERÇÃO DE MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE AS DESPESAS COM ENERGIA DO IFSC CÂMPUS JOINVILLE**

Alessandra Fauth<sup>1</sup>  
Joice Luiz Jeronimo

### **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo analisar quais são os impactos nas despesas com energia elétrica no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville, a partir de propostas de curto e longo prazo que envolvem o estudo para a adequação do contrato de energia elétrica e a inserção de um sistema de minigeração fotovoltaica. O sistema fotovoltaico proposto visa integrar geração de energia com as necessidades de infraestrutura do câmpus. Além do ganho financeiro, a proposta de implementação do sistema apresentado neste trabalho, se alinha às políticas públicas de eficiência energética e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao mesmo tempo que tem o potencial de proporcionar qualidade de vida, conforto e enriquecimento didático do ambiente acadêmico.

**Palavras-Chave:** Eficiência Energética. Minigeração Fotovoltaica. Gestão de Energia Elétrica. Instituições Públicas de Ensino. Análise Financeira.

### **IMPACTS OF ELECTRICITY CONTRACTING AND PHOTOVOLTAIC MINIGENERATION ON ENERGY COSTS AT IFSC JOINVILLE CAMPUS**

### **Abstract**

This work aims to analyze the impacts on electricity expenses at the Federal Institute of Santa Catarina – Joinville *Campus*, based on short- and long-term proposals that involve revising the electricity supply contract and implementing a photovoltaic mini-generation system. The proposed photovoltaic system is intended to integrate power generation with the campus infrastructure needs. In addition to the financial benefits, the implementation of the system proposed in this work aligns with public policies on energy efficiency and the Sustainable Development Goals (SDGs), while also having the potential to enhance quality of life, comfort, and the didactic enrichment of the academic environment.

**Keywords:** Energy Efficiency. Photovoltaic Minigeneration. Electrical Energy Management. Public Educational Institutions. Financial Analysis.

<sup>1</sup> Artigo apresentado ao Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Elétrica. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Me. Joice Luiz Jeronimo.

## 1 INTRODUÇÃO

O Balanço Energético Nacional 2025, indica que o consumo final de energia elétrica foi de 650,4 TWh no ano de 2024 a nível nacional, compreendendo um aumento de 5,5% em relação ao ano anterior (EPE, 2025). Somente na rede de Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia (IFs), composta por 663 unidades, foram gastos cerca de 187 milhões de reais em serviços de energia no ano de 2019 (ZUCCHI, 2020).

A gestão eficiente no consumo de energia elétrica nos prédios públicos, valoriza a responsabilidade social na utilização dos recursos públicos (D'ALBUQUERQUE et al., 2017). Programas como o EnergIF (Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal), instituído pela Portaria nº 941 em 2020, visam impulsionar a aquisição de usinas para geração de energia renovável e estimular a pesquisa e o desenvolvimento em eficiência energética na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (BRASIL, 2020). A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), por meio de chamadas estratégicas, permite o acesso de instituições públicas de ensino a recursos dos Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e de Eficiência Energética (PEE), programas estes supridos pela destinação obrigatória de parte da receita operacional líquida das concessionárias e permissionárias de energia (KNOPKI, SCHEIDT, 2019), de acordo com a Lei 9.991 (BRASIL, 2000).

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade técnica e financeira de soluções integradas a curto e longo prazo, para dois problemas observados atualmente no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Joinville: a conta de energia elétrica elevada e a cobertura física das passarelas que interligam os diversos blocos do câmpus (passarelas que foram removidas no passado e seguem sem previsão de reconstrução). A inserção de um sistema fotovoltaico como parte da estrutura de cobertura dos passeios, acessível ao corpo docente e discente, possibilitaria ainda diversificar e ampliar as atividades curriculares e extracurriculares na área de elétrica dentro do Instituto.

A estruturação desse estudo seguirá as seguintes etapas: 1 – análise do contrato de energia e dados de faturamento; 2 – Desenvolvimento de uma proposta de redução de despesas no curto prazo através da adequação do contrato de energia; 3 – levantamento de dados e dimensionamento de um sistema fotovoltaico de minigeração; 4 – projeto do sistema fotovoltaico e levantamento dos custos de implementação e operação; e 5 – análise de viabilidade e proposta de implementação da geração própria como solução de longo prazo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A promoção de medidas e ações que resultem em economia financeira às instituições de ensino do ponto de vista da gestão dos contratos de energia e da adoção de geração própria, tem sido estudada e analisada em diversos trabalhos acadêmicos ao longo dos últimos 6 anos.

ABREU et al. (2024) analisaram a possibilidade de redução dos custos com energia elétrica em um edifício do Instituto Federal do Alagoas, Câmpus Maceió. Foi

realizada uma análise dos valores de demanda contratada, demanda faturada e consumo com base nas faturas de energia ao longo de dois anos, onde constataram o pagamento de multas por ultrapassagem de demanda em vários meses. Utilizando o *software* gratuito MACDE (Modelo de Avaliação dos Contratos de Demanda de Energia), desenvolvido pelo Instituto Federal de Santa Catarina, puderam sugerir um novo valor de demanda a ser contratada, 31,7% maior do que a demanda contratada atual à época e que caso adotado, promoveria uma economia de 17% no faturamento anual da edificação.

Um estudo similar foi desenvolvido por JACINTO (2023), onde este analisou através de simulações computacionais a modalidade tarifária e demanda contratada que trouxessem maior economicidade nos custos com energia do Instituto Federal de Goiás Câmpus Valparaíso de Goiás (IFG-VAL). O autor analisou os valores de consumo e demanda medidos e faturados ao longo de um período de quatorze meses na instituição e utilizando-se do *software* MATLAB, simulou diferentes cenários de modalidades tarifárias (verde, azul e convencional) combinados a uma série de valores hipotéticos de demanda contratada. Os resultados apontaram que a demanda única na modalidade verde atualmente contratada é subutilizada e poderia ser reduzida em 13,5%, em um cenário mais amplo identificou-se que a maior economia – de cerca de 28% - poderia ocorrer migrando-se para a modalidade convencional B optante.

No artigo desenvolvido por LIMA et al. (2020), foi analisada a demanda energética do edifício do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e apontada a potência instalada necessária em um sistema fotovoltaico para suprir o consumo do edifício. A partir dos dados de consumo horário para alguns dias típicos da unidade consumidora e levantamento de cargas *in loco*, foram estimados o consumo anual e a potência instalada do sistema fotovoltaico, com a ajuda do *software* Radiasol. Os resultados apontaram que um sistema de geração fotovoltaica com potência de 210,92 kWp instalado na cobertura da edificação, seria capaz de suprir o consumo estimado. Ainda, foram identificadas oportunidades de aumentar a eficiência energética através da troca de equipamentos de condicionamento de ar muito antigos.

BERNARDINO et al. (2020) avaliaram a viabilidade econômica de um sistema de microgeração proposto para um novo prédio do restaurante universitário da Universidade Federal Fluminense – Câmpus Praia Vermelha. Foram utilizados os *softwares* Revit® e Pvsyst®, para estimativa da energia gerada e a partir dos valores estimados de CAPEX (*Capital Expenditure*, despesas de capital) e OPEX (*Operational Expenditure*, despesas operacionais), desenvolvida uma planilha de fluxo de caixa. Foram avaliados diferentes cenários de compensação da energia trazidos pelo texto da Consulta Pública CP nº 025/2019. Tais cenários resultaram em um *payback* de 3 anos e 4 meses no melhor caso e de 4 anos e 11 meses, no cenário mais desfavorável.

No estudo conduzido por SILVA et al. (2021), foi verificada a adequação da demanda contratada e a viabilidade econômica de um SFV (sistema fotovoltaico) na Universidade Federal Rural da Amazônia – Câmpus Parauapebas. Com os dados levantados das faturas de energia e das condições ambientais do câmpus, foi dimensionado um sistema fotovoltaico capaz de suprir o consumo da instituição em sua totalidade. Para cálculo de viabilidade financeira, propôs-se um SFV limitado em potência equivalente à demanda contratada, para o qual foram realizados quatro

orçamentos, estimou-se uma economia mensal de R\$ 9.674,04 nos gastos com energia elétrica e um *payback* de 44 meses para o orçamento de maior valor.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Metodologia

##### 3.1.1 Solução de curto prazo – Otimização de contrato de demanda

A UC (unidade consumidora) IFSC Câmpus Joinville é atendida pela concessionária de energia CELESC/DIS com alimentação em tensão primária de 13,8kV, enquadrada no subgrupo A4 e classe Poder Público Federal, o contrato de fornecimento é na modalidade de contratação de tarifa verde horária com demanda contratada de 130 kW.

Visando identificar se a contratação de energia elétrica da UC IFSC Câmpus Joinville é a mais adequada ao seu perfil de consumo, são analisadas as faturas de energia no período de janeiro de 2021 a junho de 2025. A Tab. 1 apresenta os valores das tarifas de demanda e consumo das modalidades tarifárias verde e azul, sem impostos, aprovadas para aplicação no ano de 2026.

Tabela 1 – Tarifas (sem impostos) para o subgrupo A4 conforme Resolução Homologatória Nº 3.511/2025 (ANEEL, 2025).

Tarifa horária verde			Tarifa horária azul				Demanda geração (R\$/kW)
Demanda (R\$/kW)	Energia (R\$/kWh)		Demanda (R\$/kW)		Energia (R\$/kWh)		
	Fora ponta	Ponta	Fora ponta	Ponta	Fora ponta	Ponta	
R\$ 18,09	R\$ 0,45	R\$ 1,55	R\$ 18,09	R\$ 38,06	R\$ 0,45	R\$ 0,63	R\$ 4,14

Fonte: ANEEL (2025).

A aplicação dos impostos ocorre de acordo com a Eq. (1):

$$T_f = \frac{T_h}{\{ [1 - ICMS\%] * [1 - (PIS\% + COFINS\%)] \}} \quad (1)$$

onde:

T<sub>f</sub> = Tarifa final (R\$/kWh);

T<sub>h</sub> = Tarifa homologada (R\$/kWh);

ICMS = Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços;

PIS = Contribuição ao Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público;

COFINS = Contribuição para Financiamento da Seguridade Social.

A Tab. 2 apresenta os percentuais médios mensais para os impostos que se aplicam à tarifa de energia, a partir de um histórico de 24 meses, compreendidos entre maio de 2023 e maio de 2025.

Tabela 2 – Média mensal dos impostos de aplicação à tarifa de energia.

Impostos aplicáveis à tarifa de energia (%)		
PIS/PASEP	0,68%	Média maio de 2023 a maio de 2025
COFINS	3,03%	Média maio de 2023 a maio de 2025
ICMS	17%	Valor fixo (SANTA CATARINA, 2022).

Fonte: Elaboração própria, a partir de CELESC (2025).

Nota: ICMS - Imposto Sobre Circulação De Mercadorias E Serviços.

Os cálculos para obtenção do valor faturado para as modalidades tarifárias verde e azul, são apresentados pelas Eq. (2) e Eq. (3) e o cálculo para o valor faturado por demanda de ultrapassagem (quando há medição de demanda acima de 5% da demanda contratada), é apresentado pela Eq. (4), conforme Resolução Normativa Nº 414/2010 (ANEEL, 2010).

$$F_{azul} = \{[(CE_{FP}) * (TE_{FP} + TUSD_{FP})] + [(CE_P) * (TE_P + TUSD_P)]\} + [(D_{FP}) * (TD_{FP})] + [(D_P) * (TD_P)] \quad (2)$$

$$F_{azul} = \{[(CE_{FP}) * (TE_{FP} + TUSD_{FP})] + [(CE_P) * (TE_P + TUSD_P)]\} \quad (3)$$

$$FD_{ult} = \{[(D_{med}) - (D_{cont})] * 2 * TD_{FP\ ou\ P}\} \quad (4)$$

onde:

Fazul = Valor faturado de energia elétrica na tarifa horária azul, em R\$;

CEFP ou CEP = Consumo de energia no horário de fora ponta ou ponta, em kWh;

TEFP ou TEP = Tarifa de energia elétrica em horário de fora ponta ou ponta, em R\$/kWh;

TUSD<sub>FP</sub> ou TUSD<sub>P</sub> = Tarifa de uso do sistema de distribuição em horário fora ponta ou ponta, em R\$/kWh;

Fverde = Valor faturado de energia elétrica na tarifa horária verde, em R\$;

TD<sub>FP</sub> ou TD<sub>P</sub> = Tarifa de demanda na tarifa horária azul fora ponta ou ponta (R\$/kW);

TD = Tarifa de demanda na tarifa horária verde (R\$/kW);

D<sub>med</sub> = Demanda de potência ativa medido (kW);

D<sub>cont</sub> = Demanda de potência ativa contratada (kW);

D<sub>ult</sub> = Valor correspondente à demanda de potência ativa ultrapassagem (R\$);

TD<sub>FP</sub> ou TD<sub>P</sub> = Tarifa de demanda de potência no posto tarifário de interesse, (R\$/kWh).

A metodologia adotada para sugestão de uma demanda otimizada, segue a metodologia da ferramenta MACDE (Modelo de Avaliação dos Contratos de

Demanda de Energia) (IFSC, 2018), a ferramenta resultou de um projeto originado dentro do IFSC Sustentável no Câmpus Florianópolis. Em 2018 o projeto recebeu aportes do EnergIF (Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética nas Instituições Federais de Educação).

O MACDE realiza a otimização da demanda respeitando as disposições dadas pela Resolução Normativa Nº 414/2010 (ANEEL, 2010), essa resolução dispõe das regras para celebração do CUSD (Contrato de Uso do Sistema de Distribuição) junto às concessionárias, dentre elas estão os prazos, limites e métodos de solicitação de aumento ou redução de demanda contratada para a UC IFSC Câmpus Joinville. Os prazos para atendimento de solicitação e disponibilidade de nova demanda contratada é de 30 dias em caso de aumento e de 90 dias em caso de redução. O aumento de demanda de potência está sujeito à análise da concessionária, no caso da CELESC-DIS, a Norma Técnica N-321.0002 (Celesc, 2016) determina que, solicitações de aumento de demanda contratada superior à 20% da demanda contratada atual requerem a submissão de um novo estudo de proteção. A redução de demanda de potência ativa contratada pode ocorrer apenas uma única vez a cada 12 meses. Ambas as alterações devem ser realizadas por escrito através de formulário específico, resultando em aditivos contratuais ao longo do ano.

A metodologia adotada pelo MACDE, considera valores históricos de demandas de potência e de consumo de energia informados pelo usuário e realiza uma previsão dos montantes para o ano seguinte, adicionando o percentual de 5% sobre os valores registrados do último ano de dados fornecido, a previsão é utilizada para a simulação dos 4 cenários possíveis, apresentados abaixo:

- Cenário 1 – Modalidade tarifária horária verde 1 patamar de demanda;
- Cenário 2 – Modalidade tarifária horária verde 2 patamares de demanda;
- Cenário 3 – Modalidade tarifária horária azul 1 patamar de demanda;
- Cenário 4 – Modalidade tarifária horária azul 2 patamares de demanda.

### **3.1.2 Solução de longo prazo – Inserção de minigeração distribuída**

A solução de inserção de um sistema de minigeração na UC IFSC Câmpus Joinville, foi analisada a partir da simulação de geração através dos *softwares* HelioScope© e SolarEdge© *Designer*, foi observada a regulação vigente disposta pela Resolução Normativa 1.000/2021 (ANEEL, 2021) e Resolução Normativa 1.059/2023 (ANEEL, 2023) que regulamentou a Lei 14.300/2022 (BRASIL, 2022).

A necessidade existente de construção de passarelas cobertas interligando os diversos blocos do IFSC Joinville, foi tomada como premissa para definição da forma de integração do sistema fotovoltaico, visando a dupla função de uma estrutura única e provendo cobertura contra chuva e sol ao mesmo tempo que gera energia e proporciona economia nesta despesa mensal. Foram analisadas duas possibilidades de estrutura física das passarelas: 1 - com estrutura de *carport* solar (*carport*: estrutura metálica para módulos fotovoltaicos projetada para cobertura de veículos), tipicamente aplicada em estacionamentos, mas que neste trabalho é considerada também em áreas exclusivamente de circulação de pedestres, estando essa estrutura de *carport* inclusa no *CAPEX*; 2 – com estrutura diversa construída para

posterior instalação dos módulos fotovoltaicos sobre ela, não estando os custos dessa estrutura diversa inclusos no CAPEX.

Para definição dos equipamentos e forma de instalação, além das normas técnicas vigentes para instalações de baixa tensão e de sistemas fotovoltaicos, foram observadas as disposições trazidas pela ABNT NBR 17.193/2025 - Segurança contra incêndios em instalações fotovoltaicas (ABNT, 2025), de aplicação obrigatória para instalações em edificações e seus arredores. As principais funções e requisitos de segurança são a função de desligamento rápido, *AFCI* (*Arc-Fault Circuit Interrupter*, dispositivo que detecta e interrompe arcos elétricos para prevenir incêndios) e espaçamento de 2 metros a cada 16 metros contínuos de módulos fotovoltaicos.

A opção por um sistema fotovoltaico que utiliza otimizadores de potência se justifica pelos requisitos da NBR 17.193/2025 e pelas características ambientais do local de aplicação, fortemente impactado por sombreamentos oriundos das edificações e vegetação presente no câmpus do IFSC Joinville. A Tab. 3, apresenta a relação de módulos, otimizadores e inversores utilizados na simulação.

Tabela 3 – Relação de equipamentos do minigerador.

Item	Potência	Quantidade
Módulo fotovoltaico TopCon	700 W	339
Otimizador de potência	1400 W	175
Inversor	95,3 kW	2

Fonte: Elaboração própria, a partir de SolarEdge© *Designer* (2025).

A simulação realizada no *software* HelioScope©, indicou uma perda de 9,6% relacionada a reflexão, sombreamento e nível de irradiância nos módulos fotovoltaicos, o impacto do sombreamento em cada um dos módulos é apresentado na Fig. 1. As perdas totais simuladas no sistema após conversão CC-CA (corrente contínua – corrente alternada) são de 16,30% (Fig. 1).

No sistema com otimizadores de potência, os módulos fotovoltaicos são conectados individualmente ou em série aos pares, a cada um dos otimizadores. Os otimizadores de potência são dispositivos conversores CC-CC (corrente contínua – corrente contínua) que carregam uma eletrônica de potência, responsável por rastrear o ponto de máxima potência do módulo ou série de módulos conectada a ele, reduzindo drasticamente efeito de *mismatch* (*mismatch*: diferença nas características elétricas entre módulos fotovoltaicos que gera perdas de potência no conjunto) por sombreamento ou incompatibilidade de características do módulos ao longo da vida útil do sistema.

As saídas de tais dispositivos são conectadas em série formando uma *string* (*string*: conjunto de módulos fotovoltaicos ou otimizadores interligados em série, formando uma unidade do arranjo) de otimizadores, que é levada até o inversor para ser convertida em energia em corrente alternada. Os 339 módulos do sistema projetado, são divididos em 12 *strings* de otimizadores. Cada um dos inversores de 95,3 kW converte a energia CC de 6 *strings*.



Figura 1 (a) – Impacto de sombreamento gerado no HelioScope®, impacto maior marcado com a coloração vermelha. (b) – Diagrama de perdas calculadas pelo mesmo *software* na simulação de energia exportada para a rede.

Fonte: (a,b) Elaboração própria, a partir de HelioScope® (2025).

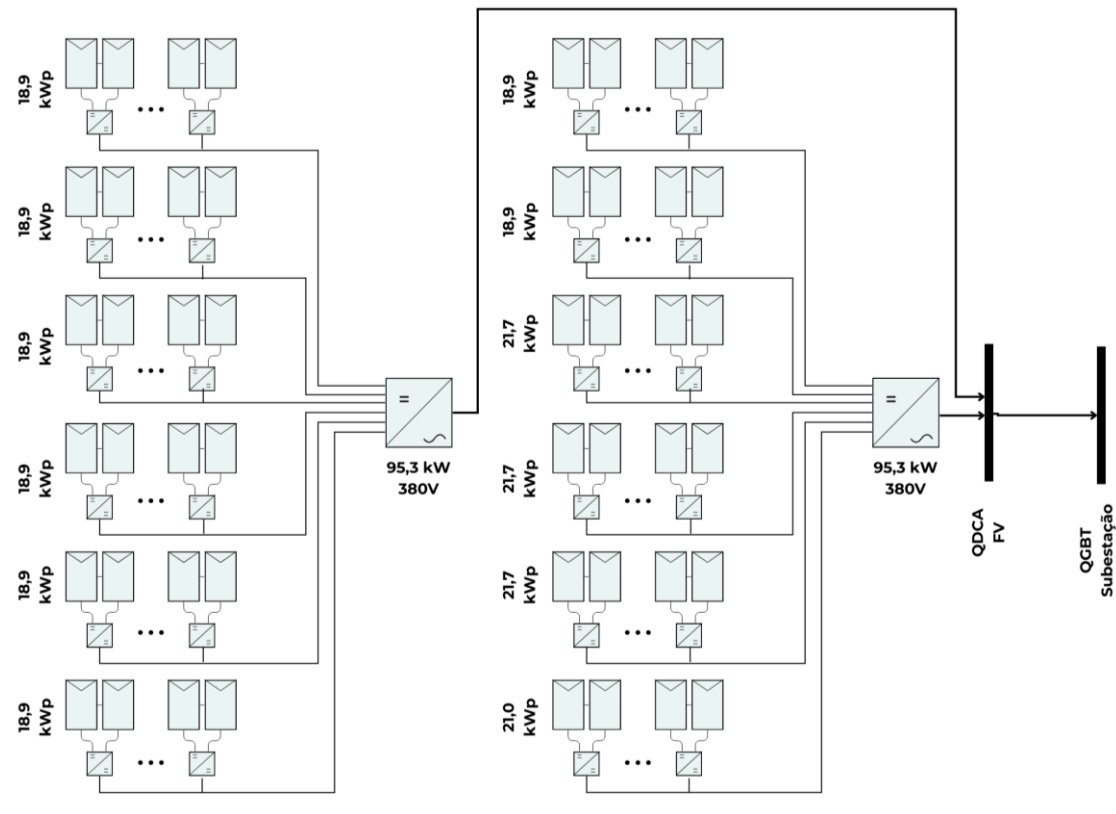


Figura 2 - Diagrama unifilar simplificado do sistema de minigeração.

Fonte: Elaboração própria (2025).

A distribuição exata de número de módulos em cada *string* e a sua relação com cada inversor é apresentado no diagrama unifilar simplificado da Fig. 2.

O sistema global apresenta potência instalada de 237,3 kWp e potência total de inversores de 190,6 kW. Para efeitos de aprovação da conexão na concessionária de energia é considerada a potência máxima disponibilizada pelos inversores, o sistema se enquadra como minigeração (75kW até 3MW para fontes de energia não despacháveis) e sua capacidade está abaixo da capacidade do transformador da unidade consumidora que é de 500kVA. Os dois subsistemas são conectados à rede através de um circuito alimentador exclusivo que deriva diretamente do QGBT (quadro geral de baixa tensão) dentro da subestação.

Para definição do *CAPEX* e *OPEX* das duas alternativas de construção, foi realizado o orçamento de materiais e mão de obra em fornecedores locais, com base no pré-projeto do sistema fotovoltaico. A Tab. 4 apresenta as categorias orçadas e os respectivos valores.

Tabela 4 – Construção do *CAPEX* do projeto.

<b>Construção do <i>CAPEX</i> opções com <i>carport</i> e sobre telhado</b>		
<b>Grupo</b>	<b><i>Carport</i></b>	<b>Telhado</b>
	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Cabos solares	R\$ 29.097,61	R\$ 29.097,61
Infraestrutura elétrica	R\$ 49.879,11	R\$ 49.879,11
Malha aterramento	R\$ 43.293,36	R\$ 43.293,36
Kit FV inversores e módulos	R\$ 414.280,51	R\$ 414.280,51
<i>Carport</i> ou parafuso estrutural em telhado	R\$ 225.455,45	R\$ 45.630,61
Adequação proteção da Subestação (Mat. + MO)	R\$ 54.053,74	R\$ 54.053,74
Civil (Material + MO)	R\$ 64.640,09	R\$ 20.210,63
Instalação sistema FV	R\$ 50.850,00	R\$ 50.850,00
Engenharia	R\$ 47.460,00	R\$ 47.460,00
Adequação da medição (estimado)	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
<b><i>CAPEX</i> final</b>	<b>R\$ 989.009,87</b>	<b>R\$ 764.755,57</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de cotações fornecidas por fornecedores locais e dados de preços disponibilizados pelos portais Orçamentor e Painel Construído, ambos com referência ao SINAPI (2025).

O balanço de compensação de energia considerou as cobranças relacionados à componente TUSD Fio-B (TUSD: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição, parcela da tarifa de energia que remunera o transporte de energia; Fio-B: uma das componentes da TUSD, responsável por remunerar o uso da rede de distribuição), associada à tarifa de consumo na ponta. Conforme estabelecido na Resolução Normativa 1.059/2023 (ANEEL, 2023), o consumidor na classificação GDII (GDII: é a classificação dada aos consumidores com potência de geração inferior à 500kW, ou com potência de geração acima de 500kW exclusivamente na modalidade de

autoconsumo local) irá pagar de forma gradativa a parcela do Fio-B, sendo 60% em 2026, 75% em 2027, 90% em 2028, 100% em 2029 e, a partir de 2030 ainda não existe definição por parte da ANEEL sobre novas regras de compensação, até o momento de realização deste trabalho.

Para efeitos de cálculo, foi considerada a cobrança de 100% da componente Fio-B para os anos que sucedem 2029. Na Tab. 5, são apresentados os valores das tarifas com impostos aplicadas ao faturamento do consumo não compensado, e valores de tarifas com o desconto do Fio-B aplicados ao consumo compensado, na parcela relativa à TUSD o ICMS aplicado não é compensável.

Tabela 5 – Comparativo entre a tarifa aplicada ao consumo e a tarifa aplicada à compensação de energia injetada.

Tarifa Consumo (R\$/kWh)		Tarifa Compensação (% Fio-B) (R\$/kWh)	
Fora ponta	Ponta	Fora ponta	Ponta
R\$ 0,56	R\$ 1,94	R\$ 0,53	R\$ 1,31

Fonte: Elaboração própria, a partir de ANEEL (2025).

A avaliação da viabilidade financeira das alternativas estudadas foi realizada com base nos indicadores financeiros VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e *LCOE* (Custo nivelado da energia gerada em português), considerando uma taxa de retorno mínima (TMA) entre 0,0% e 24,1%. Os cálculos de tais indicadores são apresentados pelas Eq. (5), Eq. (6) e Eq. (7).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (5)$$

onde:

VPL = Valor Presente Líquido do projeto (R\$);

FC<sub>t</sub> = Fluxo de caixa no período t (R\$);

i = Taxa mínima de atratividade (TMA);

t = Período de análise do projeto, em anos ou meses;

n = Vida útil ou horizonte de avaliação do projeto;

I<sub>0</sub> = Investimento inicial (CAPEX) realizado no ano zero (R\$).

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} \quad (6)$$

onde:

FC<sub>i</sub> = Fluxo de caixa no período i (R\$);

TIR = Taxa Interna de Retorno.

$$LCOE = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{I_i + O \& M_i}{(1+TMA)^i} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{E_i}{(1+TMA)^i} \right]} \quad (7)$$

onde:

$I_i$  = Investimento no período  $i$  (R\$);

$O \& M_i$  = Custos de operação e manutenção no período  $i$  (R\$);

TMA = Taxa mínima de atratividade (adimensional);

$E_i$  = Energia gerada no período  $i$  (kWh);

$N$  = Vida útil ou horizonte de análise do sistema (anos);

LCOE = Custo nivelado da energia gerada (R\$/kWh).

### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 3, demonstra a evolução da demanda medida e faturada no período:

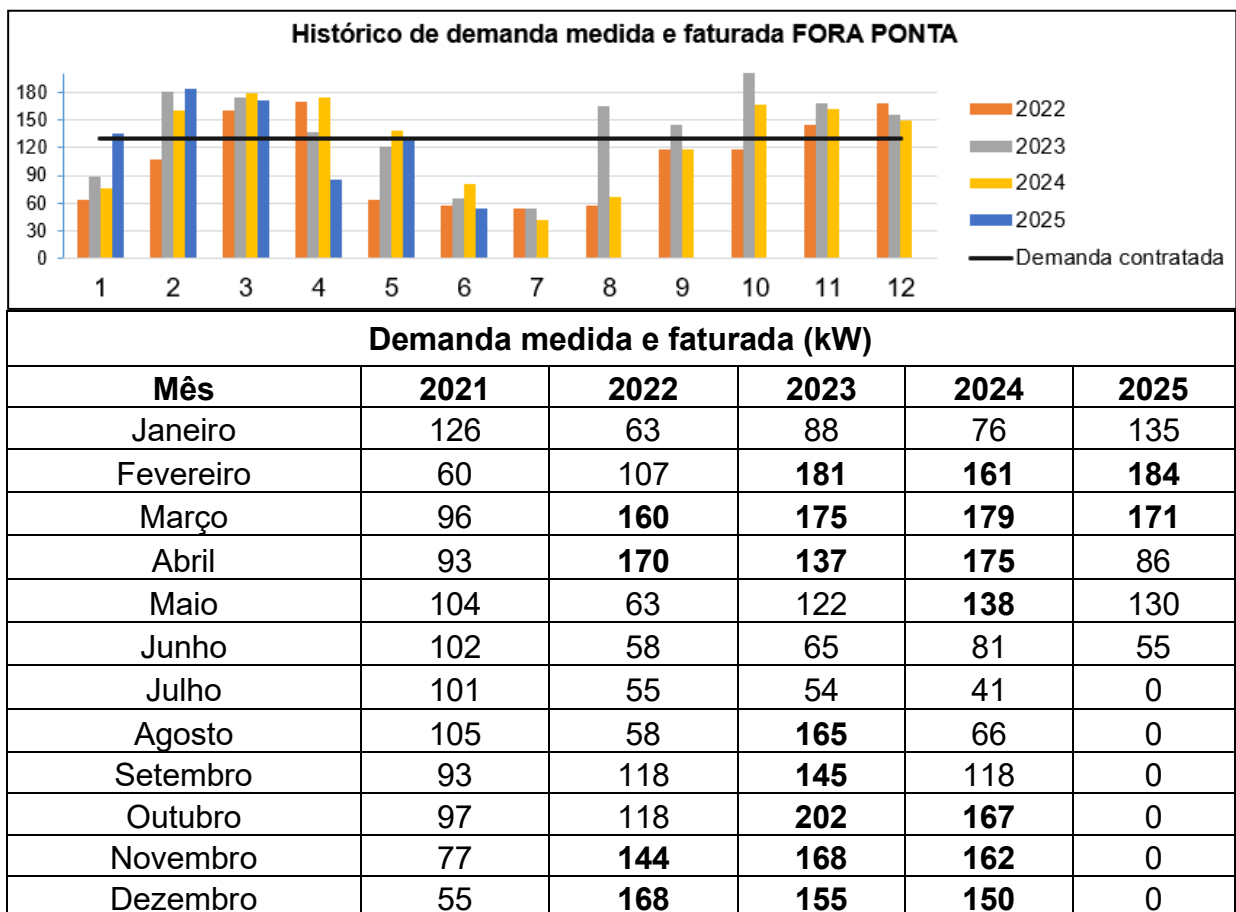


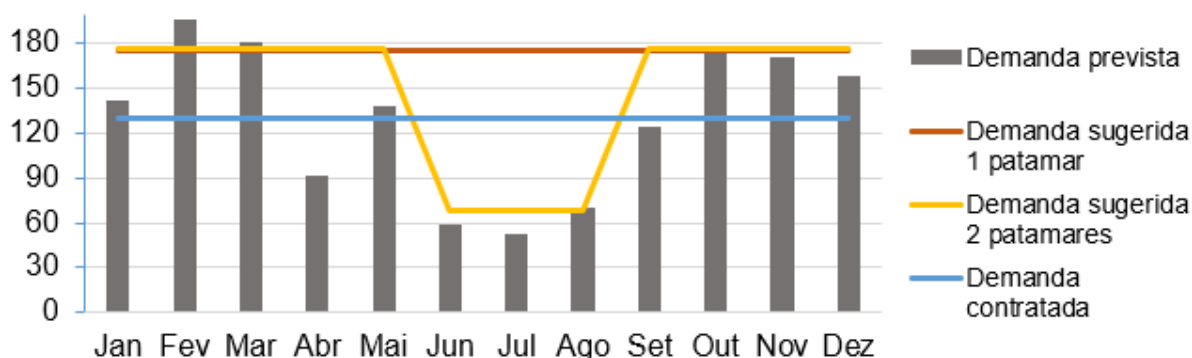
Figura 3 – Comparativo da demanda medida na UC IFSC Joinville para o período janeiro de 2021 até junho de 2025.

Fonte: Elaboração própria, a partir das faturas de energia elétrica da UC IFSC Joinville (2021–2025).

O CUSD da UC IFSC Câmpus Joinville tem uma demanda contratada em patamar único de 130kW. No período analisado, de janeiro de 2021 até junho de 2025, houve ultrapassagem de demanda em mais de 5% do valor contratado, no correspondente a 38,88% dos meses. A maior ultrapassagem registrada foi de 55% no mês de outubro de 2023.

A simulação realizada no *software* MACDE, mostrou que o custo anual com energia e demanda na modalidade tarifária azul, otimizada em 1 ou 2 patamares (Cenário 1 e Cenário 2), é maior do que o custo anual no enquadramento atual da UC em 12,16% para o cenário 1, e 6,9% para o cenário 2. A Fig. 4, apresenta os valores para o período analisado, da demanda sugerida para contratação em 1 e 2 patamares, na modalidade tarifária verde, e que proporcionam a maior redução nos custos com fatura de energia.

#### Resultados de sugestão de demanda na tarifa verde - MACDE



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Demanda prevista MACDE (kW)	142	195	180	91	137	58
Demanda sugerida 1 patamar (kW)	175	175	175	175	175	175
Demanda sugerida 2 patamares (kW)	177	177	177	177	177	68
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Demanda prevista MACDE (kW)	52	70	124	176	171	158
Demanda sugerida 1 patamar (kW)	175	175	175	175	175	175
Demanda sugerida 2 patamares (kW)	68	68	177	177	177	177

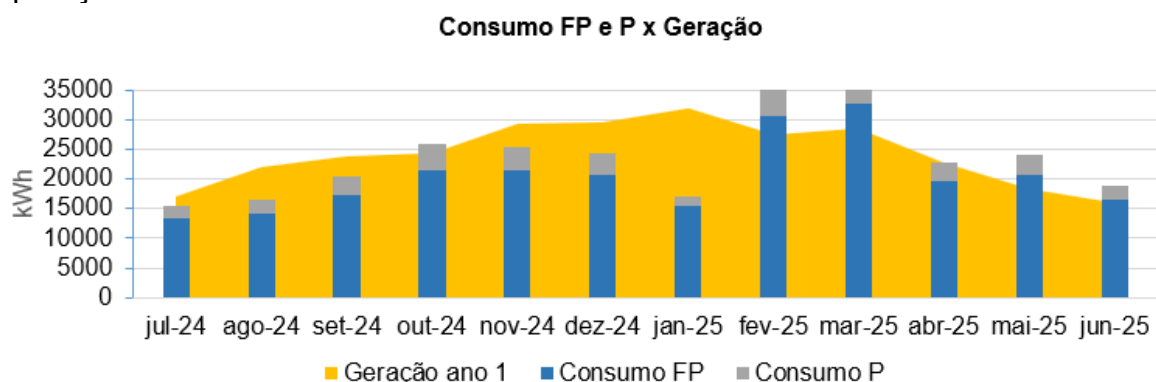
Figura 4 – Valores de demanda sugerida em simulação do MACDE para o cenário 1 e cenário 2 (respectivamente tarifa verde 1 patamar de demanda e tarifa verde 2 patamares de demanda).

Fonte: Elaboração própria, a partir do MACDE (IFSC, 2018).

O contrato atual de demanda única de 130 kW na tarifa horária verde, proporciona à UC o custo anual com energia e demanda, de R\$ 278.050,76 (com impostos). Com a adoção da demanda sugerida em patamar único de 175 kW, a despesa anual reduz em 1,59% (redução de R\$ 4.411,32), e com a adoção da demanda sugerida em 2 patamares (68 kW de junho a agosto e 177 kW no restante do ano), a redução da despesa anual é de 3,69% (redução de R\$ 10.250,68).

A partir da simulação, observa-se que o cenário que apresenta maior redução na despesa com fatura de energia anual, é a contratação de demanda única em 2 patamares conforme já apresentado. Em razão da concessionária exigir a submissão de novo estudo de proteção quando solicitado aumento de demanda contratada superior à 20%, e sendo este o caso das sugestões apresentadas, é necessário avaliar o custo para contratação dos serviços de estudo de proteção e de adequação de ajustes no relé de proteção.

As simulações de geração do sistema fotovoltaico com otimizadores de potência no HelioScope®, com potência instalada de 237,3 kWp (soma de potência dos módulos) e 2 inversores trifásicos de 95,3 kW cada, mostraram uma geração anual estimada de 293.750 kWh para o ano zero e 290.812 kWh para o ano 1, onde considerou-se a perda típica de 1% sofrida pelos módulos no primeiro ano de operação.



Mês	Consumo (kWh)			Geração (kWh)
	Fora ponta	Ponta	FP + P	
Jan	15.580	1.351	16.931	31.805
Fev	30.611	5.139	35.750	27.549
Mar	32.649	5.977	38.626	28.429
Abr	19.578	3.303	22.881	22.852
Mai	20.668	3.369	24.037	18.311
Jun	16.422	2.385	18.807	15.874
Jul	13.265	2.170	15.435	16.983
Ago	14.235	2.347	16.582	21.970
Set	17.261	3.178	20.439	23.778
Out	21.584	4.249	25.833	24.385
Nov	21.413	4.097	25.510	29.209
Dez	20.807	3.499	24.306	29.668
<b>Anual</b>	<b>244.073</b>	<b>41.064</b>	<b>285.137</b>	<b>290.812</b>

Figura 5 – Valores de consumo de energia na FP (fora ponta) e na P (ponta), valores de geração estimada no ano 1, para o período analisado.

Fonte: Elaboração própria, a partir das faturas de energia da UC IFSC e de simulações do HelioScope® (2025).

O gráfico da Fig. 5, apresenta os valores de geração mensal comparados ao consumo de energia no horário fora ponta e ponta para a UC, o consumo de energia considerado nas análises de inserção de minigeração foi o dos últimos 12 meses a partir da última fatura de energia obtida (junho de 2025).

Para o período considerado na análise, a UC apresentou consumo total no posto tarifário FP (fora ponta) de 244.073 kWh, no posto tarifário P (ponta) o consumo total registrado foi 41.064 kWh. A geração de energia estimada no primeiro ano de operação superou o consumo na FP, de maneira que parte do consumo da P é compensado também, mediante aplicação do fator de ajuste. A parcela de geração disponível para compensar consumo do horário de ponta corresponde a 70,9% do consumo total neste posto.

Tabela 6 – Faturamento estimado anual para a UC sem inserção de minigeração e com a inserção da minigeração, no período analisado.

Valores anuais faturados				
Cenário	Consumo FP e P	Demanda carga	Demanda geração	Faturamento total anual
<b>Sem minigeração</b>	R\$ 216.297,23	R\$ 47.799,85	-	R\$ 264.097,08
<b>Com minigeração</b>	R\$ 45.800,79	R\$ 47.799,85	R\$ 4.672,60	R\$ 98.273,24

Fonte: Elaboração própria (2025).

A Tab. 6 apresenta os valores estimados de faturamento para a UC antes e depois da inserção da minigeração (não são incluídos no cálculo valores relativos à COSIP – Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública, acréscimos de bandeiras tarifárias, multas, juros e restituições). A economia proporcionada pela minigeração é de R\$ 165.823,84, o que corresponde à 62,8% do custo anual com energia elétrica no IFSC Câmpus Joinville.

O custo para implementação do sistema proposto é de R\$ 989.009,87 para instalação em *carport* e de R\$ 764.755,57 para instalação sobre estrutura diversa. O OPEX anual considerado para cada uma das propostas é de R\$ 9.890,10 e R\$ 7.647,56 respectivamente (1% a.a.), foi previsto um custo de troca dos inversores após 12 anos no valor de R\$ 69.540,00. O fluxo de caixa construído para um horizonte de 30 anos de geração de energia, considera a perda de eficiência dos módulos prevista pelo fabricante, um reajuste anual das tarifas de energia de 5% e um aumento esperado de 5% nos montantes de energia e demanda medidos.

Na Tab. 7, são apresentados os valores de VPL, TIR e LCOE, para cada um dos CAPEX e considerando uma gama de taxas mínimas de atratividade (TMA).

A TMA máxima na qual o projeto apresenta viabilidade é de 19,4% a.a. para o projeto montado em *carport* e de 24,1% a.a. para o projeto montado em estrutura de telhado. Considerada a taxa básica de juros no Brasil em dezembro de 2025 (15% a.a.), os projetos apresentaram, respectivamente, TIR de 4,40% a.a. e TIR de 9,14% a.a. Os indicadores de custo nivelado de energia (LCOE) são, respectivamente, R\$ 0,58/kWh e R\$ 0,45/kWh, o VPL resultante é de R\$ 363.117,07 e R\$ 592.041,49.

Tabela 7 – Indicadores de viabilidade financeira.

TMA a.a.	Projeto <i>Carport</i>			Projeto em telhado		
	VPL	TIR	LCOE (R\$/kWh)	VPL	TIR	LCOE (R\$/kWh)
0,0%	R\$ 8.423.853,27	19,40%	R\$ 0,17	R\$ 8.653.521,41	24,14%	R\$ 0,14
2,0%	R\$ 5.572.686,37	17,40%	R\$ 0,21	R\$ 5.799.344,00	22,14%	R\$ 0,17
4,0%	R\$ 3.746.352,36	15,40%	R\$ 0,25	R\$ 3.972.231,81	20,14%	R\$ 0,21
6,0%	R\$ 2.545.344,89	13,40%	R\$ 0,30	R\$ 2.771.463,89	18,14%	R\$ 0,24
8,0%	R\$ 1.734.357,76	11,40%	R\$ 0,36	R\$ 1.961.111,43	16,14%	R\$ 0,29
10,0%	R\$ 1.172.070,18	9,40%	R\$ 0,42	R\$ 1.399.545,40	14,14%	R\$ 0,33
12,0%	R\$ 771.933,11	7,40%	R\$ 0,48	R\$ 1.000.074,24	12,14%	R\$ 0,38
<b>15,0%</b>	<b>R\$ 363.117,07</b>	<b>4,40%</b>	<b>R\$ 0,58</b>	<b>R\$ 592.041,49</b>	<b>9,14%</b>	<b>R\$ 0,45</b>
18,0%	R\$ 94.472,17	1,40%	R\$ 0,67	R\$ 323.904,30	6,14%	R\$ 0,53
19,0%	R\$ 25.349,65	0,40%	R\$ 0,71	R\$ 254.896,51	5,14%	R\$ 0,55
19,4%	-R\$ 76,06	0,00%	R\$ 0,72	R\$ 229.509,92	4,74%	R\$ 0,56
22,0%	-R\$ 140.104,64	-2,60%	R\$ 0,81	R\$ 89.652,98	2,14%	R\$ 0,63
24,0%	-R\$ 224.497,79	-4,60%	R\$ 0,87	R\$ 5.310,47	0,14%	R\$ 0,68
24,1%	-R\$ 232.056,21	-4,80%	R\$ 0,88	-R\$ 2.246,09	-0,06%	R\$ 0,68

Fonte: Elaboração própria (2025).

A Fig. 6 apresenta a simulação 3D da planta fotovoltaica proposta para o câmpus, na solução com *carport* os espaçamentos obrigatórios entre os arranjos de módulos fotovoltaicos são cobertos com telha metálica trapezoidal, garantido estanqueidade abaixo dos arranjos.



Figura 6 – Simulação 3D do sistema fotovoltaico em *software* de simulação.

Fonte: Elaboração própria, a partir de SolarEdge© *Designer* (2025).

A proposta de projeto de minigeração em *carport* apresentou, *payback* simples de 5,94 anos (aproximadamente 5 anos e 11 meses) e *payback* descontado de 12,4 anos (aproximadamente 12 anos e 5 meses), enquanto a proposta do projeto instalado sobre estrutura de telhado alternativa, mostrou *payback* simples de 4,65 anos (aproximadamente 4 anos e 8 meses) e *payback* descontado de 7,9 anos (aproximadamente 7 anos e 11 meses).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise realizada ao longo deste trabalho permitiu compreender, de maneira ampla e fundamentada, o comportamento do consumo de energia elétrica do IFSC Câmpus Joinville e os impactos financeiros associados tanto ao contrato de fornecimento vigente quanto à possível adoção de um sistema de minigeração fotovoltaica.

A partir do exame das faturas de energia correspondentes ao período de janeiro de 2021 a junho de 2025, verificou-se que a unidade consumidora apresenta ultrapassagens recorrentes de demanda, alcançando 38,88% dos meses avaliados, com destaque para o pico de 55% registrado em outubro de 2023. Esses resultados evidenciam um descompasso entre a demanda contratada e o perfil real de utilização da instituição. A simulação realizada pela ferramenta MACDE demonstrou que ajustes na demanda contratada podem reduzir parcialmente os custos anuais com energia. No entanto, observou-se que a economia proporcionada é relativamente modesta quando comparada ao custo total da UC com energia elétrica. Há que se avaliar os custos associados a adequações na entrada de energia e submissão de estudo de proteção para implementação da alteração de demanda conforme sugerido. Esta constatação oferece suporte à abordagem integrada adotada no trabalho, que busca equilibrar soluções de curto prazo com propostas estruturalmente mais robustas e duradouras.

No âmbito da solução de longo prazo, o projeto de minigeração fotovoltaica se mostrou técnica e economicamente promissor. Com potência instalada de 237,3 kWp e utilizando otimizadores de potência conforme requisitos da ABNT NBR 17.193/2025, o sistema apresentou geração anual estimada superior ao consumo fora ponta da instituição, permitindo compensar parcela significativa do consumo em posto tarifário de ponta. O resultado financeiro alcançado é expressivo: a minigeração possibilita redução de até 62,8% no custo anual com energia elétrica, representando uma economia de R\$ 165.823,84 no primeiro ano de operação. Além disso, os indicadores econômicos VPL, TIR e LCOE, evidenciaram que o projeto é viável para taxas mínimas de atratividade de até 24,1% a.a., especialmente na alternativa de instalação sobre estrutura diversa, cujo *payback* simples é de aproximadamente 4 anos e 8 meses.

Tais resultados reforçam o papel estratégico da geração distribuída no contexto das instituições públicas, contribuindo não apenas para a redução sistemática das despesas recorrentes, mas também para o cumprimento de responsabilidades institucionais alinhadas às políticas públicas de eficiência energética. A proposta apresentada dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 7 (energia limpa e

acessível), o ODS 9 (infraestrutura resiliente e inovação tecnológica) e o ODS 12 (consumo responsável). Ao integrar a geração fotovoltaica com a necessidade existente de reconstrução das passarelas cobertas do câmpus, o projeto amplia suas contribuições para além do âmbito energético e financeiro, valorizando o espaço físico, favorecendo a segurança de circulação e fortalecendo a infraestrutura acadêmica.

Dessa forma, conclui-se que a adoção das soluções estudadas representa uma oportunidade real de melhoria da gestão energética no IFSC Câmpus Joinville. A minigeração fotovoltaica, em particular, configura-se como alternativa sólida e sustentável, capaz de gerar economia expressiva, ampliar a autonomia energética da instituição e oferecer benefícios pedagógicos e estruturais de longo alcance. A continuidade dos estudos e o avanço das etapas de projeto executivo, orçamentação e análise regulatória poderão consolidar essa proposta como um investimento estratégico, contribuindo para a modernização da infraestrutura pública e para a formação de estudantes em um ambiente academicamente mais rico e tecnologicamente alinhado às demandas atuais da sociedade.

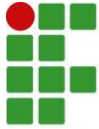
## REFERÊNCIAS

- EPE. **Balço Energético Nacional: Relatório Síntese 2025**. 2025. 74 p. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2025\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf). Acesso em: 9 jun. 2025.
- ZUCCHI, Luisa *et al.* **Guia de Eficiência Energética em Instituições de Ensino**. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil, 2020. 70 p. Disponível em: [https://energif.mec.gov.br/images/materiais/guia\\_eficiencia\\_energetica.zip](https://energif.mec.gov.br/images/materiais/guia_eficiencia_energetica.zip). Acesso em: 9 jun. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 941, de 12 de novembro de 2020**. Institui o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica – Programa EnergIF. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 12 nov. 2020, p. 41. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=12/11/2020&jornal=515&pagina=41>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia; Ministério das Minas e Energia. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000**. *Diário Oficial da União*: Seção 1, 25 jul. 2000, p. 1. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9991.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm). Acesso em: 9 jun. 2025.
- KNOPKI, Roberta Hessmann; SCHEIDT, Paula. **Energia Solar Fotovoltaica para redução de custo em Instituições de Ensino: boas práticas dos Institutos Federais e orientações para gestores da rede pública**. 1. ed. 2019. Disponível em: [https://energif.mec.gov.br/images/materiais/materiais13\\_.pdf](https://energif.mec.gov.br/images/materiais/materiais13_.pdf). Acesso em: 9 jun. 2025.
- ABREU, J. J. de et al. **Um estudo aplicado à análise da demanda como estratégia para redução de custos com energia elétrica**. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 10, n. 9, p. e72610, 2024. DOI: 10.34117/bjdv10n9-007. Disponível em:

- <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/72610>. Acesso em: 6 jun. 2025.
- JACINTO, Edilson José. **Eficiência energética empregando as modalidades tarifárias para obter economicidade: estudo de caso em instituição pública de ensino**. 2023. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Valparaíso de Goiás, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1905>. Acesso em: 6 jun. 2025.
- FERNANDES DE SOUSA LIMA, S. et al. **Análise da demanda energética e geração fotovoltaica de um edifício educacional da Universidade Federal de Santa Maria: caso do Centro de Ciências Rurais**. *Anais do Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS*, [S. l.], 2020. DOI: 10.59627/cbens.2020.923. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/923>. Acesso em: 6 jun. 2025.
- ALVES BERNARDINO, N. et al. **Proposta de um sistema fotovoltaico conectado à rede para um restaurante universitário**. *Anais do Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS*, [S. l.], 2020. DOI: 10.59627/cbens.2020.1024. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1024>. Acesso em: 8 jun. 2025.
- SILVA, B. L. F. et al. **Dimensionamento e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico: um estudo de caso na UFRA/Parauapebas**. *Revista Produção Online*, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 863–890, 2021. DOI: 10.14488/1676-1901.v21i4.4342. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4342>. Acesso em: 8 jun. 2025.
- D’ALBUQUERQUE, M. A. N.; SILVA, R. M. da; GOMES, M. de L. B. **Eficiência energética em uma edificação pública: uma análise das possibilidades**. *Sistemas & Gestão*, v. 12, n. 4, p. 462–470, 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET**. Brasília, DF: ANEEL, 2011. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proret>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Estabelece as disposições relativas aos direitos e deveres dos usuários dos serviços de energia elétrica. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 7 dez. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.059, de 15 de fevereiro de 2023**. Altera e consolida dispositivos relacionados ao sistema de compensação de energia elétrica e ao acesso de microgeração e minigeração distribuída. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 15 fev. 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída, altera as Leis nº 10.848/2004 e nº 9.427/1996 e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 5 ago. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.

- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória nº 3.511, de 18 de março de 2025**. Homologa as tarifas de fornecimento de energia elétrica para o Subgrupo A4, aplicáveis a partir de 2026. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2025. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Norma Técnica N-321.0002:2016 — Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição**. Florianópolis: CELESC, 2016. Disponível em: <https://celesc.com.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 15 set. 2010. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. **MACDE – Modelo de Avaliação dos Contratos de Demanda de Energia: documentação técnica**. Florianópolis: IFSC, 2018. Disponível em: <https://energif.mec.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17193:2025 — Segurança contra incêndio em instalações fotovoltaicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2025. Acesso em: 14 nov. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16690:2019 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16612:2020 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV c.c. entre condutores – Requisitos de desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- FOLSOM LABS. **HelioScope: software for photovoltaic system design**. San Francisco, 2025. Disponível em: <https://www.helioscope.com>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- SOLAREEDGE TECHNOLOGIES INC. **SolarEdge Designer: PV system design and simulation platform**. Herzliya, 2025. Disponível em: <https://designer.solaredge.com>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 16. ed. Atualizado e revisado por Luiz Sebastião Costa. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2017.
- WEG. **Disjuntores em caixa moldada – DWB e DWA**. Jaraguá do Sul: WEG, [s.d.]. Catálogo técnico. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h83/hd0/WEG-disjuntores-em-caixa-moldada-dw-50009825-catalogo-pt.pdf>. Acesso em: 18 out. 2025.
- SIL FIOS E CABOS ELÉTRICOS. **Catálogo de produtos Sil 2025**. São Paulo: SIL, [2025]. Disponível em: <https://www.sil.com.br/media/113352/Catalogo%20de%20Produtos%20Sil%202025.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2025.

- LAWRIE, Linda K.; CRAWLEY, Drury B. **Development of Global Typical Meteorological Years (TMYx)**. 2022. Disponível em: <https://climate.onebuilding.org>. Acesso em: 07 out. 2025.
- LABEEE – UFSC. **Arquivos climáticos**. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/arquivos-climaticos>. Acesso em: 07 out. 2025.
- CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. **SunData – banco de dados de radiação solar**. Disponível em: <https://cresesb.cepel.br/sundata/index.php>. Acesso em: 09 set. 2025.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80 p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 09 set. 2025.
- DAH SOLAR. **DHN-66Y18/DG 700~730W Double Glass PV Module**. [S. I.]: DAH Solar, [s.d.]. Datasheet técnico. Disponível em: <https://en.dahsolar.com/viewfilebizce/1950391508265410560/EN-DHN-66Y18-DG-700~730W.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- SOLAREGE TECHNOLOGIES, Ltd. **Inversor Trifásico com Tecnologia Synergy (...) para o Brasil**. [S. I.], 2022. Datasheet técnico. Disponível em: [https://marketing.solarege.com/hubfs/SE66.6K-SE120K%20Three%20Phase%20Inverter%20with%20Synergy%20Technology\\_DS-SE90K.pdf?hsLang=en](https://marketing.solarege.com/hubfs/SE66.6K-SE120K%20Three%20Phase%20Inverter%20with%20Synergy%20Technology_DS-SE90K.pdf?hsLang=en). Acesso em: 15 nov. 2025.
- SOLAREGE TECHNOLOGIES, Ltda. **Otimizador de potência S1400**. [S. I.], 2024. Datasheet técnico. Disponível em: [https://knowledge-center.solarege.com/sites/kc/files/se-s1400-commercial-power-optimizer-datasheet-pb.pdf?\\_gl=1\\*yuh3i7\\*\\_up\\*MQ..\\*\\_ga\\*NjQ2MzkzODA4LjE3NjU4NDUzNjE.\\*\\_ga\\_WHZZFQTD8B\\*czE3NjU4NDUzNjEkbzEkZzEkdDE3NjU4NDUzODgkajMzJGwwJGgw](https://knowledge-center.solarege.com/sites/kc/files/se-s1400-commercial-power-optimizer-datasheet-pb.pdf?_gl=1*yuh3i7*_up*MQ..*_ga*NjQ2MzkzODA4LjE3NjU4NDUzNjE.*_ga_WHZZFQTD8B*czE3NjU4NDUzNjEkbzEkZzEkdDE3NjU4NDUzODgkajMzJGwwJGgw). Acesso em: 15 nov. 2025.
- CLAMPER. **Manual de instalação – CLAMPER Solar SB 1040V 32A 6E/6S P36**. Lagoa Santa, MG, [s.d.]. Datasheet técnico. Disponível em: [https://s3.amazonaws.com/nerit-cms/clamper/file/fil\\_0459-MI-CLAMPER-Solar-SB-1040V-32A-6E6S-P36-6-a.pdf](https://s3.amazonaws.com/nerit-cms/clamper/file/fil_0459-MI-CLAMPER-Solar-SB-1040V-32A-6E6S-P36-6-a.pdf). Acesso em: 09 set. 2025.
- IZI ESTRUTURAS. **Datasheet 2023**. [S. I.], 2023. Disponível em: [https://res.cloudinary.com/dmyca2mkq/image/upload/v1724074609/DATASHEET\\_IZI\\_Estruturas\\_90840d73dd.pdf](https://res.cloudinary.com/dmyca2mkq/image/upload/v1724074609/DATASHEET_IZI_Estruturas_90840d73dd.pdf). Acesso em: 15 out. 2025.
- IZI ESTRUTURAS. **Manual técnico**. [S. I.], 2025. Disponível em: [https://res.cloudinary.com/dmyca2mkq/image/upload/v1744201416/MANUAL\\_2025 ESTRUTURA CARPORT\\_compressed\\_9be65aac82.pdf](https://res.cloudinary.com/dmyca2mkq/image/upload/v1744201416/MANUAL_2025 ESTRUTURA CARPORT_compressed_9be65aac82.pdf). Acesso em: 15 out. 2025.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 18.521, de 03 de novembro de 2022**. *Diário Oficial do Estado de Santa Catarina*, Florianópolis, SC, n. 21.889, 11 mar. 2024. Disponível em: <https://portal.doe.sea.sc.gov.br/repositorio/2022/20221103/Jornal/3017.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.



**ALESSANDRA FAUTH**

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DA CONTRATAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA  
E DA INSERÇÃO DE MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE  
AS DESPESAS COM ENERGIA DO IFSC CÂMPUS JOINVILLE**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Elétrica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.


Joinville, 11 de dezembro de 2025.



Prof. Joice Luiz Jeronimo, Me  
Orientadora  
Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Barbara Ogliari Martins Taques, Dr  
Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Edson Hiroshi Watanabe, Dr  
Instituto Federal de Santa Catarina