

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## VIABILIDADE E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA EM EDIFICAÇÃO PARA USO COMERCIAL

**Roberto José Colpi**, Universidade do Contestado (Mafra, SC), Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA). E-mail: [roberto.colpi@aluno.unc.br](mailto:roberto.colpi@aluno.unc.br)

**Dara Cristina Segalla**, Universidade do Contestado (Concórdia, SC), Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA). E-mail: [daracristinasegalla@gmail.com](mailto:daracristinasegalla@gmail.com)

**Luana Cechin**, Universidade do Contestado (Mafra, SC), Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA). E-mail: [luhcechin@gmail.com](mailto:luhcechin@gmail.com)

**Mari Aurora Favero Reis**, Universidade do Contestado (Concórdia, SC), Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA). E-mail: [mari@unc.br](mailto:mari@unc.br)

**Resumo:** A energia solar fotovoltaica é renovável e limpa, tem sido cada vez mais utilizada em todo o mundo para fins residencial, industrial e comercial. Este estudo foi desenvolvido na disciplina de Tecnologias Sustentáveis Aplicadas à Engenharia, onde era necessário avaliar o uso da tecnologia *double glass* em cobertura para uma edificação para uso comercial. Portanto, objetivo é avaliar a aplicação de tecnologia fotovoltaica em na reforma da cobertura em uma edificação comercial. A ideia é realizar uma nova cobertura em uma unidade de agência que funciona como escritório de atendimento ao cliente. O projeto pode contribuir com a produção da energia para a edificação e melhor qualidade de vida às pessoas que fazem uso desse ambiente. Segundo as orientações do fornecedor da tecnologia, a proposta é uso de módulo fotovoltaico de silício monocristalino, que atende as principais tendências do mercado, como qualidade, desempenho e custo benefício os módulos. Os resultados do estudo mostram viabilidade técnica, tecnológica e econômica. Os resultados técnicos consideram a instalação de 13 placas a ser instaladas em uma superfície de 32 m<sup>2</sup>. Para o estudo de viabilidade econômica, após a análise do consumo de energia da edificação, observou-se que o capital inicial de R\$ 23.604,00, a ser financiado com taxa 1,79% a.m., poder gerar retorno em 5 anos. Considerando que a garantia na produção é para 20 anos o projeto é viável e adaptável a obra com construção de cobertura telhado da agência de atendimento aos clientes.

**Palavras-chave:** Usina fotovoltaica, fonte energia renovável; sustentabilidade.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## 1. INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica é uma tecnologia responsável pela transformação da luz solar em energia elétrica (Reis & Serrano, 2017). Ela é uma fonte de energia renovável e limpa que tem sido cada vez mais utilizada em todo o mundo. No Brasil, a energia fotovoltaica tem se tornado cada vez mais popular devido ao seu potencial de geração de energia elétrica e à sua capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Um estudo comparativo entre Brasil e Alemanha mostrou que o potencial energético solar brasileiro apresenta média anual consideravelmente alta em comparação com a Alemanha, que recebe 40% menos radiação do que o lugar menos ensolarado do Brasil e, mesmo assim, encontra-se em estágio avançado tanto de pesquisa quanto de instalações. (Moreira Júnior & Correia De Souza, 2020).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) propõem nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, no ODS 7 - Energia Limpa e Acessível, garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. A energia solar se destaca neste objetivo.

Neste contexto, o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, políticas favoráveis e incentivos financeiros são ações importantes para difundir ainda mais o uso da energia solar fotovoltaica, pois mostra extrema importância a realização de estudos de viabilidade econômica de instalações fotovoltaicas ligadas à rede de distribuição (Morais et al., 2021; Reis et al., 2020).

Este estudo foi desenvolvido na disciplina de Tecnologias Sustentáveis Aplicadas à Engenharia e teve como objetivo avaliar a aplicação de tecnologia fotovoltaica em na reforma da cobertura em uma edificação comercial. A ideia é realizar uma nova cobertura em uma unidade de agência que funciona como escritório de atendimento ao cliente.

## 2. AMBIENTE DE ESTUDO

Se trata de uma edificação térrea (Figura 1), atualmente existe uma cobertura que não atende os padrões técnicos da ABNT, pois é uma construção de madeira, com risco na estrutura do telhado devido ao ataque de cupins. A situação promove também o risco de saúde dos funcionários que atualmente trabalham no local, que comunicam constantemente a presença de cupins principalmente no início das manhãs, com a poeira de madeira invadindo suas mesas de trabalho.

PUC-Campinas    EESC USP    Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito



**Figura 1. Localidade da agência com incidência solar.** Fonte: (Sunearthtools, 2023)

A construção nova pode permitir uma renovação do telhado em aspectos de introdução dentro de normas técnicas, além de apresentar conforto térmico ao ambiente de trabalho. O uso de cobertura fotovoltaica pode melhorar o desempenho térmico e reduzir os gastos de energia. A obra servirá para dar oportunidade de usar placas fotovoltaicas instaladas sobre telhado metálico, considerando placas de peso de 30 Kg cada das células fotovoltaicas.

### 3. RESULTADOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS

A agência funciona no centro da cidade de Canoinhas e computa um gasto médio de energia, conforme a fatura, por volta de 803 kwh por mês.

A tecnologia proposta para ser empregada é o uso placas fotovoltaicas de silício monocristalino (550W), baseado em informações de consumo, tarifa, tipo de instalação, e informações sobre o local de instalação foi configurado as seguintes características para o projeto (Tabela 1).

**Tabela 1. Dimensões do projeto**

Características do projeto	Dados
Produção de Energia Recomendada (kWh)	800

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Potência sugerida (kWp)	6,9
Perdas aproximadas	16,00 %
Número de Placas	13
Área necessária (m <sup>2</sup> )	32
Instalado	Telhado

Fonte: Os autores a partir dos dados orçados no estudo mercadológico.

Segundo as orientações do fabricante, a tecnologia proposta para ganho de energia se trata de módulo fotovoltaico de silício monocristalino (550W). Seguindo as principais tendências do mercado, nos quesitos qualidade, desempenho e custo benefício os módulos conta com células *Half Cell* de alta qualidade que garantem um fluxo de corrente mais uniforme. Os vidros possuem tecnologia antirreflexo, a fim de obter maior absorção da luz e reduzem a queda de desempenho devido as suas propriedades na eficiência. A sua performance em situações de baixa irradiação, lhe proporcionam a capacidade de gerar energia desde o início da manhã, além de contar com resistência contra o PID (Degradação Induzida Potencial), proporcionando maior vida útil aos módulos. Também foi obtido junto ao representante da tecnologia as características técnicas, físicas e mecânicas do sistema a ser instalado (Tabela 2).

**Tabela 2. Características técnicas, mecânicas e físicas do sistema para a usina.**

Características técnicas		Características Mecânicas		Coeficientes e Temperaturas	
Potência Nominal (P <sub>max</sub> )	550W	Tipo da Célula	MONOCRISTALINO	Coeficiente VOC	-0,27% (V/°C)
Tensão de Operação (VMP)	41,28V	Quantidade de Células	144 (6 X 24)	Coeficiente ISC	+0,048% (A/°C)
Corrente de Operação (IMP)	13,32	Dimensões do Módulo (AxLxE)	2278 X 1134 X 30 mm	Coeficiente ISC	+0,048% (A/°C)
Tensão de Circuito Aberto (VOC)	49,80V	Peso do Módulo	26,90 kg	Coeficiente PMAX	-0,350% (W/°C)
Corrente de Curto Circuito (ISC)	14,01A	Classe de Proteção da Junction Box	IP68	Temperatura Nominal de Operação da Célula (NOCT)	44±2°C

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Eficiência do Módulo	21,3%			Temperatura de Operação do Módulo	-40°C +85°C
Tensão Máxima do Sistema	1500V				
Corrente Máxima do Fusível	25A				

Fonte: Os autores a partir dos dados orçados no estudo mercadológico.

Para compartilhar com a rede a energia gerada é necessário a conversão da corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). A sugestão da empresa foi de um inversor do tipo SOLIS TK MONOFÁSICO 2MPPT 220V WI-FI, que possibilita a ampliação de até 6 placas adicionais. Este inversor tem as seguintes características: eficiência máxima de 98,1%; ampla faixa de tensão e baixa tensão de inicialização; Design de 2 MPPT com algoritmo MPPT preciso; gerenciador de potência exportada (EPM) integrado; é compacto e leve; conexão amigável e adaptável à rede elétrica.

#### 4. ANÁLISE ECONÔMICA DO PROJETO

Foi utilizado a taxa para financiamento do Banco do Brasil a uma taxa 1,79% a.m. para financiamento BB Crédito Energia Renovável. A tabela Price a seguir (Tabela 3) demonstra a evolução das parcelas, segundo esta modalidade. Para um pagamento de parcelas próximo ao valor médio mensal demonstrado na fatura da agência o retorno certo será em 60 parcelas que é equivalente a 5 anos.

Tabela 3. Simulação de amortização no sistema PRICE (para parcelas iguais).

Nº Parcelas	Taxa de juros 1,79%		Valor da Parcela - R\$ 644,96	
	Totais	R\$ 23.604,00	R\$ 15.093,44	R\$ 38.697,44
Parcelas	Saldo devedor	Amortização	Juros	Prestação
0	R\$ 23.604,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -
1	R\$ 23.381,55	R\$ 222,45	R\$ 422,51	R\$ 644,96
2	R\$ 23.155,13	R\$ 226,43	R\$ 418,53	R\$ 644,96
3	R\$ 22.924,65	R\$ 230,48	R\$ 414,48	R\$ 644,96

PUC-Campinas

EESC USP

Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11

23/11

24/11

evento

100% online

e gratuito

4	R\$ 22.690,04	R\$ 234,61	R\$ 410,35	R\$ 644,96
5	R\$ 22.451,23	R\$ 238,81	R\$ 406,15	R\$ 644,96
6	R\$ 22.208,15	R\$ 243,08	R\$ 401,88	R\$ 644,96
7	R\$ 21.960,72	R\$ 247,43	R\$ 397,53	R\$ 644,96
8	R\$ 21.708,86	R\$ 251,86	R\$ 393,10	R\$ 644,96
9	R\$ 21.452,49	R\$ 256,37	R\$ 388,59	R\$ 644,96
10	R\$ 21.191,54	R\$ 260,96	R\$ 384,00	R\$ 644,96
11	R\$ 20.925,91	R\$ 265,63	R\$ 379,33	R\$ 644,96
12	R\$ 20.655,52	R\$ 270,38	R\$ 374,57	R\$ 644,96
13	R\$ 20.380,30	R\$ 275,22	R\$ 369,73	R\$ 644,96
14	R\$ 20.100,15	R\$ 280,15	R\$ 364,81	R\$ 644,96
15	R\$ 19.814,98	R\$ 285,16	R\$ 359,79	R\$ 644,96
16	R\$ 19.524,72	R\$ 290,27	R\$ 354,69	R\$ 644,96
17	R\$ 19.229,25	R\$ 295,46	R\$ 349,49	R\$ 644,96
18	R\$ 18.928,50	R\$ 300,75	R\$ 344,20	R\$ 644,96
19	R\$ 18.622,36	R\$ 306,14	R\$ 338,82	R\$ 644,96
20	R\$ 18.310,74	R\$ 311,62	R\$ 333,34	R\$ 644,96
21	R\$ 17.993,55	R\$ 317,20	R\$ 327,76	R\$ 644,96
22	R\$ 17.670,67	R\$ 322,87	R\$ 322,08	R\$ 644,96
23	R\$ 17.342,02	R\$ 328,65	R\$ 316,31	R\$ 644,96
24	R\$ 17.007,49	R\$ 334,54	R\$ 310,42	R\$ 644,96
25	R\$ 16.666,96	R\$ 340,52	R\$ 304,43	R\$ 644,96
26	R\$ 16.320,35	R\$ 346,62	R\$ 298,34	R\$ 644,96
27	R\$ 15.967,52	R\$ 352,82	R\$ 292,13	R\$ 644,96
28	R\$ 15.608,38	R\$ 359,14	R\$ 285,82	R\$ 644,96
29	R\$ 15.242,82	R\$ 365,57	R\$ 279,39	R\$ 644,96
30	R\$ 14.870,71	R\$ 372,11	R\$ 272,85	R\$ 644,96
31	R\$ 14.491,93	R\$ 378,77	R\$ 266,19	R\$ 644,96
32	R\$ 14.106,38	R\$ 385,55	R\$ 259,41	R\$ 644,96
33	R\$ 13.713,93	R\$ 392,45	R\$ 252,50	R\$ 644,96
34	R\$ 13.314,45	R\$ 399,48	R\$ 245,48	R\$ 644,96

PUC-Campinas

EESC USP

Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11

23/11

24/11

evento

100% online

e gratuito

35	R\$ 12.907,82	R\$ 406,63	R\$ 238,33	R\$ 644,96
36	R\$ 12.493,91	R\$ 413,91	R\$ 231,05	R\$ 644,96
37	R\$ 12.072,60	R\$ 421,32	R\$ 223,64	R\$ 644,96
38	R\$ 11.643,74	R\$ 428,86	R\$ 216,10	R\$ 644,96
39	R\$ 11.207,21	R\$ 436,53	R\$ 208,42	R\$ 644,96
40	R\$ 10.762,86	R\$ 444,35	R\$ 200,61	R\$ 644,96
41	R\$ 10.310,56	R\$ 452,30	R\$ 192,66	R\$ 644,96
42	R\$ 9.850,16	R\$ 460,40	R\$ 184,56	R\$ 644,96
43	R\$ 9.381,52	R\$ 468,64	R\$ 176,32	R\$ 644,96
44	R\$ 8.904,49	R\$ 477,03	R\$ 167,93	R\$ 644,96
45	R\$ 8.418,92	R\$ 485,57	R\$ 159,39	R\$ 644,96
46	R\$ 7.924,66	R\$ 494,26	R\$ 150,70	R\$ 644,96
47	R\$ 7.421,56	R\$ 503,11	R\$ 141,85	R\$ 644,96
48	R\$ 6.909,45	R\$ 512,11	R\$ 132,85	R\$ 644,96
49	R\$ 6.388,17	R\$ 521,28	R\$ 123,68	R\$ 644,96
50	R\$ 5.857,56	R\$ 530,61	R\$ 114,35	R\$ 644,96
51	R\$ 5.317,45	R\$ 540,11	R\$ 104,85	R\$ 644,96
52	R\$ 4.767,68	R\$ 549,77	R\$ 95,18	R\$ 644,96
53	R\$ 4.208,06	R\$ 559,62	R\$ 85,34	R\$ 644,96
54	R\$ 3.638,43	R\$ 569,63	R\$ 75,32	R\$ 644,96
55	R\$ 3.058,60	R\$ 579,83	R\$ 65,13	R\$ 644,96
56	R\$ 2.468,39	R\$ 590,21	R\$ 54,75	R\$ 644,96
57	R\$ 1.867,62	R\$ 600,77	R\$ 44,18	R\$ 644,96
58	R\$ 1.256,09	R\$ 611,53	R\$ 33,43	R\$ 644,96
59	R\$ 633,62	R\$ 622,47	R\$ 22,48	R\$ 644,96
60	R\$ 0,00	R\$ 633,62	R\$ 11,34	R\$ 644,96

Para investimento inicial foi necessário fazer orçamento com a empresa FUTURE ENERGIA SOLAR, que entregou uma proposta no valor de R\$ 23.604,00 para projeto. No valor proposto está incluso todas as despesas de Projeto e Homologação, ramal de conexão na rede (solo ou telhado), monitoramento grátis no primeiro ano, acompanhamento das primeiras faturas, todo o equipamento e materiais para instalação.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS2023**  
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

#### 4.1 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO - PAYBACK

A viabilidade de um Sistema Fotovoltaico no projeto é muito alta, conforme tabela Price o retorno apresentado é de 5 anos para o sistema se pagar. A empresa garante 20 anos de produção de energia, gerando sua própria energia e contribuindo para um mundo mais sustentável. O estudo mostra que o payback está de acordo com o tempo relatado em pesquisas anteriores, que foram de 4,5 anos para sistema de multi-geração (Deymi-Dashtebayaz et al., 2022) ou de 4 anos em escolas públicas (Reis et al., 2020).

#### CONCLUSÃO

O projeto de Sistema Tecnológico Fotovoltaico com células solares de produção de energia mostrou-se adaptável a obra com construção de cobertura telhado da agência de atendimento aos clientes, tanto na questão de instalação quanto na questão financeira. A empresa FUTURE ENERGIA SOLAR apresentou um gráfico de comparação de investimento entre a energia solar fotovoltaica e a energia entregue pela Celesc atualmente. Percebe-se o ganho nítido para garantia de produção de no mínimo 20 anos de energia aproveitando a energia solar.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC CP 48/2021) pela concessão de bolsa de estudo.

#### REFERÊNCIAS

- Deymi-Dashtebayaz, M., Nikitin, A., Davoodi, V., Nikitina, V., Hekmatshoar, M., & Shein, V. (2022). A new multigenerational solar energy system integrated with near-zero energy building including energy storage—A dynamic energy, exergy, and economic-environmental analyses. *Energy Conversion and Management*, 261(April), 115653. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115653>
- Morais, F. H. M. de, Silva, O. A. V. de O. L. da, Moraes, A. M. de, & Barbosa, F. R. (2021). Influência da Irradiação Solar na Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(4), 723–734. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360049>



PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Moreira Júnior, O., & Correia De Souza, C. (2020). Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *Interações*, 21(2), 379–387. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i2.1760>

ONU. (2015). *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável*. ONU Brasil.

Reis, M. A. F., Reis Júnior, P., & Perin, D. L. (2020). Sustentabilidade energética em escola pública. *MIX Sustentável*, 6(3), 37–44. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.37-44>

Reis, M. A. F., & Serrano, A. (2017). Pesquisa bibliográfica em historicidade, conceitos e contextos na produção e transformação da luz com a teoria quântica. *Acta Scientiae*, 19(3), 493–516. <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3033/2419>