

Sistema de geração de energia fotovoltaica: estudo de caso para aplicação em uma instituição de ensino superior

Anderson Stange, Angélica Miglioranza, Kleber Rissardi, Luani Back Silvina

Resumo: A busca por meios alternativos para produção de energia tem sido bastante elevada nas últimas décadas, e dentre os sistemas disponíveis a geração de energia solar fotovoltaica tem se destacado em virtude de proporcionar benefícios financeiros e gerar menor impacto ambiental. Para realizar o estudo, buscou-se bases teóricas através de métodos de pesquisa aplicada, qualitativa, bibliográfica e descritiva como subsídio para comprovar a viabilidade de implantação do sistema em uma Instituição de Ensino Superior. A viabilidade de aplicação de painéis solares está diretamente relacionada à radiação solar incidente no ambiente em estudo e aspectos de sombreamento, que possam dificultar a captação dos raios solares. Apesar das vantagens ambientais, é considerada uma energia limpa com baixo impacto ambiental pois, os sistemas fotovoltaicos geram eletricidade em função da quantidade de luz solar que recebem. A questão financeira é de extrema importância e deve ser analisada para garantir o sucesso deste tipo de investimento, em vista de ser uma tecnologia não muito competitiva e a sua introdução no mercado apresentar alguns riscos devido ao alto valor de investimento. Por fim, o resultado do projeto mostrou que é viável a implantação da energia solar fotovoltaica na instituição, a fim de reduzir custos e diversificação energética.

Palavras chave: Energia Solar, Energia Limpa, Sustentabilidade.

Photovoltaic energy generation system: case study for application in a higher education institution

Abstract: The search for alternative means for energy production has been quite high in recent decades, and among the available systems the generation of photovoltaic solar energy has been highlighted by virtue of providing financial benefits and generating less impact Environmental. To carry out the study, we sought theoretical bases through applied, qualitative, bibliographic and descriptive research methods as a subsidy to prove the feasibility of implementing the system in a higher education institution. The feasibility of applying solar panels is directly related to the incident solar radiation in the study environment and aspects of shading, which may hinder the uptake of solar rays. Despite the environmental advantages, it is considered a clean energy with low environmental impact because, the photovoltaic systems generate electricity according to the amount of sunlight they receive. The financial issue is extremely important and should be analyzed to ensure the success of this type of investment, in view of being a non-competitive technology and its introduction to the market to present some risks due to the high investment value. Finally, the result of the project showed that it is feasible to implement photovoltaic solar energy in the institution, in order to reduce costs and energy diversification.

Key-words: Solar Energy, Clean Energy, Sustainability.

1. Introdução

A busca por meios alternativos para produção de energia tem sido bastante elevada nas últimas décadas, e dentre os sistemas disponíveis a geração de energia solar fotovoltaica tem se destacado em virtude de proporcionar benefícios financeiros e gerar menor impacto

ambiental.

Em vista do crescimento da participação termelétrica na matriz energética, o Governo Federal tem cada vez mais incentivado a utilização de fontes renováveis alternativas. A utilização de um sistema fotovoltaico na geração de energia elétrica é considerada uma solução para alguns dos problemas que o país vem enfrentando, entre os quais destacam-se o crescimento populacional, que por consequência aumenta a demanda de energia e a redução do custo da produção de energia elétrica tem sido um desafio da maioria dos países no mundo

A principal característica da energia solar fotovoltaica é a sua produção no mesmo local ou bem próxima aos centros de consumo, se tornando uma alternativa muito interessante por ser uma fonte de energia renovável e possibilitar a redução de custos. Diante dessa questão ambiental, que tem ganhado espaço na sociedade, cresce a busca por fontes de energia mais eficientes, que reduzam os impactos. Perante o contexto exposto questiona-se: quais as vantagens e dificuldades para implantação de um sistema de geração fotovoltaica em uma instituição de ensino superior?

O objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise da aplicabilidade de um sistema de geração de energia fotovoltaica, em uma instituição de ensino superior localizada no oeste Paranaense.

2. Base teórica

A base do conceito do desenvolvimento sustentável é a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio da manutenção do capital natural, aproveitando os recursos naturais dentro da capacidade de carga do sistema. Neste sentido o desenvolvimento sustentável está vinculado a três conceitos, sendo eles de grande importância para se compreender sua característica (CHAMBERS et al., 2000; WACKERNAGEL; REES, 1996). Sendo elas: desenvolvimento – é um estágio econômico, social e político, o qual é determinado por índices de produção, sendo eles recursos naturais, capital e trabalho; crescimento – representa a ampliação da escala do sistema econômico; sustentável – relaciona-se com o significado de suportar, conservar, proteger, favorecendo o seu processo sem dar ênfase na escassez de recursos.

O desenvolvimento sustentável qualifica-se como processo de transformação, é a ação que deve satisfazer as necessidades não comprometendo as gerações futuras, a fim de reforçar o potencial presente, harmonizando a exploração de recursos sustentáveis (SEIFERT, 2005). Neste caso, o desenvolvimento sustentável deve ser capaz de auxiliar nos problemas atuais, por meio da proteção e manutenção de sistemas contemporâneos de produção, organização e utilização dos recursos naturais.

Energia renovável estende-se a propostas de energias inovadoras que apresentam impactos ambientais consideravelmente inferior aos anteriores. A questão da preservação do meio ambiente tem despertado uma maior procura nas alternativas menos poluentes, renováveis e que possuam menor impacto ambiental (PEREIRA, 2006).

A energia é considerada renovável a partir do momento em que suas condições naturais possibilitam sua restauração em um período de tempo curto, a partir disto, as fontes consideradas renováveis são a solar, a maremotriz, a geotermal, a eólica, a hidráulica e a biomassa. As principais vantagens apresentadas por estas fontes de energia são o fato de diminuir o lançamento de gases do efeito estufa por substituírem o uso de combustíveis

fósseis, a possibilidade de atender as demandas em áreas rurais, urbanas e industriais, além de expandir o índice de emprego em todos os processos de geração de energia na montagem, instalação e manutenção do sistema (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

O futuro sustentável se torna possível se for influenciado por fontes renováveis, o crescimento das energias renováveis aumentaria em média de 25% em 2018 para 85% até 2050 (IRENA, 2018).

A energia solar é o principal recurso energético disponível para o ser humano, visto que, cerca de 60% da energia total do sol alcança a superfície terrestre, e é possível utilizá-la na sua forma direta (radiação solar) e indireta (vento, biomassa, hidro, oceano, entre outros) (WEC, 2013).

Estudos mostram que o Brasil é destaque na geração de energia renovável, ocupando o quarto lugar de maior produtor deste tipo de energia no mundo e tendo a quarta maior participação de fontes renováveis em sua matriz energética. Apesar de estar entre os dez países com demanda total de energia ocupa também o 12º lugar no ranking de emissões gases poluentes, estando distante dos maiores poluidores do planeta, o que pode explicar a grande importância da geração de energia limpa para a contribuição em sua matriz energética (PAC, 2014).

A energia solar tem grande importância para a conservação da vida no planeta, visto que o sol é considerado a grande fonte de energia da Terra. Ela é recebida em forma de radiação que fica retida pela atmosfera, o que permite que a terra se mantenha a uma temperatura constante e possibilitando a existência de vida em nosso planeta (MUÑIZ; GARCIA, 2007).

No início de 1990 o sistema fotovoltaico (SFV) passou a se destacar entre as aplicações de tecnologia fotovoltaica, neste período a produção cresceu a uma taxa de 51% nos anos de 2007 e 2008. Este crescimento ocorreu devido aos programas de incentivos, criados para ampliar a geração de energia renovável e reduzir o lançamento de gases poluentes (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Esta tecnologia consiste em componentes para a geração de energia elétrica, além disso, emprega vários dispositivos que são utilizados para melhorar a eficiência operacional, não gerando qualquer tipo de resíduo durante a produção de eletricidade, porém, na indústria de painéis fotovoltaicos durante o processo de fabricação dos módulos fotovoltaicos são utilizados gases. Contudo, a reciclagem do material manuseado para a fabricação dos módulos é um método economicamente viável especialmente para produção de grande escala (GOLDEMBERG; LUCON, 2008; KANNAN; VAKEESAN, 2016).

A maior parte da produção dos painéis fotovoltaicos esta sendo implantadas e adaptadas em telhados, fachadas de edificações nas zonas urbanas eletrificadas. Há dois tipos de sistemas utilizados que são: grid-connect (conectado à rede) e stand-alone (isolado). No caso do sistema conectado à rede, a energia é disponibilizada no ponto de consumo ou na rede de distribuição onde o sistema está instalado, e no sistema isolado é feita a geração de energia e armazenada em uma bateria, podendo assim ficar um longo período contida (GOLDEMBERG; LUCON, 2008; REAL SOLAR, 2017).

Ainda que os investimentos em projetos de energia renovável, através dos painéis fotovoltaicos, não trazem um retorno atraente em curto prazo, sua cooperação para a sociedade e os benefícios para o meio ambiente são compensatórios. Cabe destacar, que novos estudos e avaliações sempre desafiam os pesquisadores a potencializar o uso dessas

fontes, onde o sistema mais eficiente tecnicamente não é necessariamente o sistema mais atrativo economicamente (NASCIMENTO, 2011).

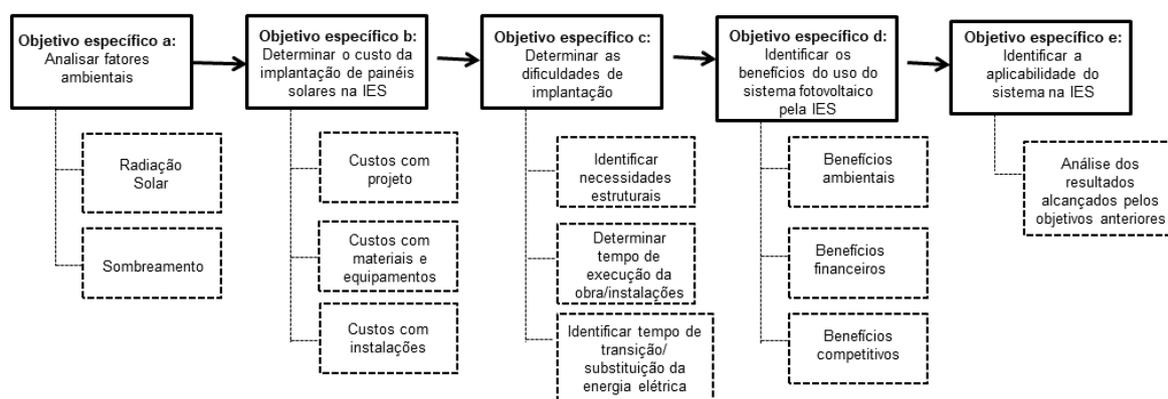
Para que a energia solar fotovoltaica tenha um maior destaque na matriz energética brasileira, ocorrendo um processo de expansão, são necessários maiores investimentos e incentivos governamentais e os custos dos equipamentos devem diminuir, para tornar cada vez mais viável a utilização desta fonte renovável de energia (SEGURA et al., 2015).

3. Metodologia

De acordo com a sua finalidade, esta pesquisa é classificada como aplicada, uma vez que a investigação parte de conhecimentos prévios e sua utilização tem consequências práticas. Quanto à abordagem do problema, classifica-se tanto qualitativa quanto quantitativa. Ainda, em relação aos objetivos o estudo pertence à classe das pesquisas descritivas e exploratórias. Seus procedimentos pautam-se na pesquisa bibliográfica e estudo de caso para fundamentá-la, em que foram coletados dados em campo a fim de interpretar fatos e fenômenos em seu ambiente original. Quanto ao instrumento de coleta de dados utilizou-se o método de observação estruturada.

A instituição de ensino analisada é localizada na região oeste do Paraná e oferta cursos de graduação e pós-graduação. Atualmente possui cerca de 1000 alunos que usufruem de suas instalações e ensino de qualidade.

Para a coleta de dados da pesquisa, o processo foi realizado de acordo com a Figura 2.



Fonte: O autor (2019)

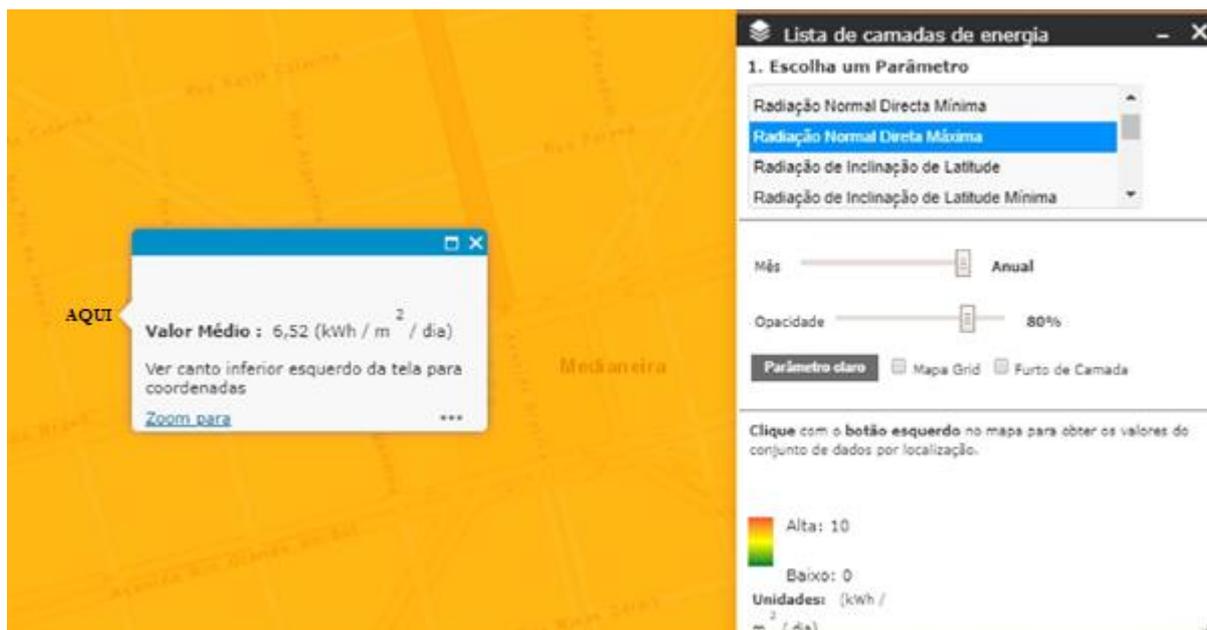
Figura 2 - Fluxograma das atividades para alcance dos objetivos propostos

A realização de cada uma das atividades, Figura 1, contribui com o alcance do objetivo proposto nesta pesquisa.

4. Resultados e discussões

A fim de atender aos objetivos expostos do trabalho, foram analisados os fatores ambientais envolvidos na instituição em estudo de modo a identificar a aplicabilidade da implementação do gerador fotovoltaico.

O território brasileiro, como um todo, possui alto potencial para captação de energia solar. Para ter-se melhor estimativa do potencial de geração em determinado local é imprescindível conhecer o nível de insolação do mesmo, uma vez que representa a quantidade de energia proveniente do sol que chega neste local (Figura 3).

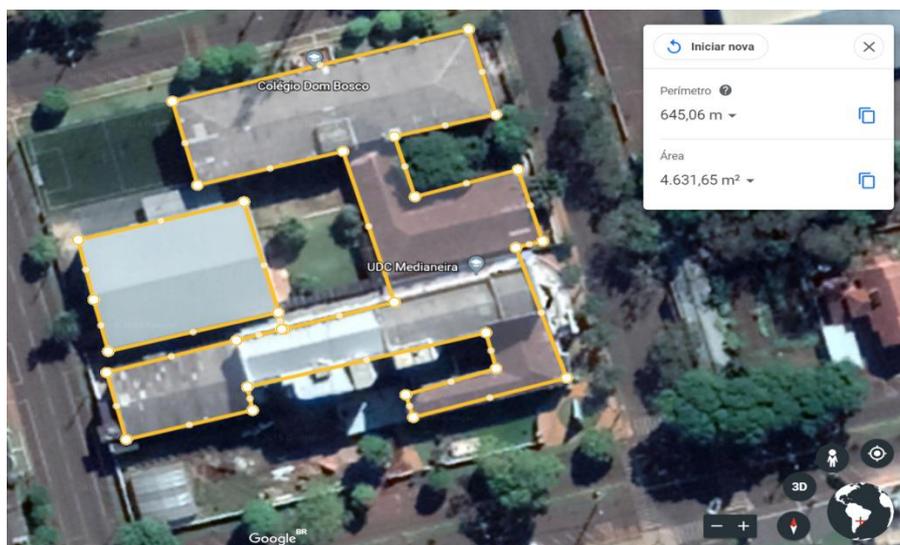


Fonte: www.nasa.gov

Figura 3 - Mapa da energia solar do município sede da IES

O nível de insolação médio na cidade sede é de 6,52 kWh/m² de radiação solar média anual, de acordo com a *web site* da NASA. A partir desse valor pode-se avaliar a aplicabilidade da implementação do sistema na IES.

NA sequencia, buscou-se conhecer o sombreamento das instalações da IES estudada através de imagens fornecidas pelo *Google Maps*, apresentada na Figura 4.



Fonte: Google Maps (2019)

Figura 4 – Foto aérea da área de sombreamento da UDC Medianeira-PR

Esta busca se justifica pela relação direta entre o sombreamento e as características elétricas da célula e do módulo fotovoltaico. Quando uma célula solar é sombreada, a menor

incidência da quantidade de radiação é que determinará a corrente e, a potência de operação de todo o conjunto é reduzida, pois isto equivale a reduzir a irradiação solar e esta tem uma influência direta na corrente do módulo.

Em seguida, voltou-se a determinação dos custos da implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaico. Estes custos são variáveis e diretamente relacionados à quantidade painéis necessários para que se supra a demanda de energia da IES.

Devido os dados do consumo de energia elétrica da instituição em estudo ser desconhecidos, em virtude de restrições impostas, o orçamento foi realizado para sistemas básicos de geração de energia e com duas empresas distintas que atuam na região oeste paranaense (Tabela 1).

Quant.	Unid.	Descrição	Empresa A	Empresa B	Observações
50	PÇ	Módulo Fotovoltaico	X		Potência máx. 265w por peça
43	PÇ	Módulo Fotovoltaico		X	Potência máx. 320w por peça
1		Inversor Solar	X	X	
1		Instalação, projeto	X	X	
1		Monitoramento remoto	X	X	
Valor total do orçamento			R\$ 117.958,50	R\$ 75.596,23	

FONTE: O autor (2019)

Tabela 1 – Orçamento do sistema fotovoltaico

A Empresa A apresentou, em sua proposta, que o seu sistema fotovoltaico é composto por 50 módulos, com capacidade de gerar 1.828,66 kWh/mês. Por outro lado, a Empresa B propõe a instalação de 43 módulos fotovoltaicos que serão capazes de gerar 1639 kWh/mês. É importante lembrar que as capacidades de geração de energia são estimadas, pois o sistema é totalmente dependente da radiação solar. E como há variação da radiação solar, não é possível estabelecer um valor constante.

De acordo com o estudo feito, pode-se inferir que a energia fotovoltaica é uma fonte limpa, renovável, importante e com um potencial de crescimento considerável. Em contrapartida, a mesma apresenta algumas dificuldades para sua aplicação, como por exemplo, o alto custo do investimento inicial, uma vez que a implantação dos sistemas fotovoltaicos é relativamente mais cara se comparado a outras fontes de energia elétrica, como energia provinda de hidrelétricas ou eólicas. Mostra-se também a preocupação com a questão voltada para a estrutura de sustentação dos módulos, pois se propõe instalá-los sobre o telhado da IES estudada, e para isso será necessário fazer uma avaliação técnica da estrutura antes da instalação do sistema.

Para o investimento ser realizado, deve-se levar em consideração o tempo de retorno (também conhecido como *payback*), ou seja, a partir de que momento o investimento passa a dar lucro, visto que a energia solar é gratuita e a economia se estenderá por tantos anos quanto o sistema estiver ativo.

Utilizou-se como base um estudo de Dassi et al, 2015 realizado anteriormente em uma IES de Santa Catarina para implantação de um sistema de energia fotovoltaica.

Material	Quant.	Valor R\$ (un.)	Valor total R\$
Painel Solar, distribuidor Renovigi, fabricante Risen, modelo SYP250, certificação "A" no INMETRO	400	750,00	300.000,00
Inversor "on grid", distribuidor Renovigi, fabricante B&B Power, modelo ST 20000TL, potência de 20,0kW.	5	15.619,88	78.099,40
Suporte de fixação de painéis	400	120,00	48.000,00
Comissionamento e <i>start-up</i>	1	12.000,00	12.000,00
Interligação com a rede de energia existente	1	7.500,00	7.500,00
Painel de proteção e distribuição de energia fotovoltaica (PPDEF)	1	9.200,00	9.200,00
Instalações elétricas das placas fotovoltaicas	1	62.000,00	62.000,00
Projeto Elétrico	1	28.000,00	28.000,00
Total			544.799,40

Fonte: Dassi, et al (2015)

Tabela 1 - Investimento do projeto na IES similar, de Santa Catarina

O estudo de Dassi, et al (2015) considerou ainda o retorno do investimento projetado para um período de 15 anos, através do *payback*.

Anos	Investimento	Fluxo de Caixa	Economia Fatura Energia Elétrica	Fluxo de Caixa Descontado	Payback descontado
0	-R\$ 544.799,40	-R\$ 544.799,40		-R\$ 544.799,40	-R\$ 544.799,40
1		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 68.464,96	-R\$ 476.334,44
2		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 62.240,87	-R\$ 414.093,57
3		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 56.582,61	-R\$ 357.510,96
4		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 51.438,74	-R\$ 306.072,23
5		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 46.762,49	-R\$ 259.309,74
6		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 42.511,35	-R\$ 216.798,39
7		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 38.646,68	-R\$ 178.151,71
8		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 35.133,35	-R\$ 143.018,36
9		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 31.939,41	-R\$ 111.078,95
10		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 29.035,83	-R\$ 82.043,12
11		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 26.396,20	-R\$ 55.646,92
12		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 23.996,55	-R\$ 31.650,37
13		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 21.815,05	-R\$ 9.835,32
14		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 19.831,86	R\$ 9.996,53
15		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 18.028,96	R\$ 28.025,50

Fonte: DASSI et al (2015)

Tabela 2- Retorno do investimento do projeto

O cálculo realizado para determinar o *payback* descontado considera uma TMA (taxa média anual) de 10% ao ano, dessa forma, conclui-se que serão necessários 13,50 anos para restabelecer o montante proposto de R\$ 544.799,40 investido inicialmente.

Ainda observando as informações presentes na Tabela 3, apenas com a economia acumulada no decorrer de um período de 8 anos (8 x R\$ 75.311,45), é capaz de identificar um montante de R\$ 602.491,60, ou seja, já é R\$ 57.692,20 superior ao montante referente ao custo total da implantação do sistema de energia solar. Estes valores se aproximam da realidade da IES em estudo, uma vez que as duas instituições possuem características compatíveis quanto a condições climáticas e instalações físicas.

Assim, além do benefício da redução no consumo de energia elétrica, ocorre a redução da demanda no horário de ponta do sistema. Esse horário de pico no Brasil ocorre entre 17h e 21h, sendo o horário de maior utilização de energia na IES e também de tarifa mais elevada.

A proposta de utilização de um sistema fotovoltaico proporciona a conscientização sobre a importância da utilização de fontes renováveis de energia, que através da implantação do proporciona aos alunos exemplo e estímulos para multiplicar tal feito, aumentando a possibilidade de sensibilização das pessoas quanto à sustentabilidade ambiental.

Outro fato de extrema importância está no envolvimento da educação ambiental e população externa, visto a necessidade de o Brasil ampliar a utilização de fontes renováveis de energia. Desta forma, a inserção de um projeto de energia fotovoltaica nesta IES auxilia no incremento de ações de *marketing*, ocasionando uma maior visibilidade para suas instalações e ações educativas, e como resultado, ajudando no seu fortalecimento econômico.

A adoção da energia solar fotovoltaica está ligada diretamente à adesão de uma matriz energética mais limpa, sendo uma medida sustentável e com poder mercadológico, devido a economia com o consumo da energia, tem-se o incentivo para se reinvestir na própria instituição.

5. Considerações finais

O estudo realizado teve como objetivo verificar a viabilidade da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior do oeste do Paraná.

Para tal, efetuou-se uma pesquisa exploratória, por meio de um estudo de caso, em que se comparou a viabilidade econômico-financeira de um caso semelhante, ponderando a aplicabilidade da implementação da energia solar fotovoltaica.

Ao analisar os fatores ambientais envolvidos na instituição, a fim de identificar a aplicabilidade de painéis solares, notou-se que fatores ambientais como radiação solar e sombreamento são totalmente favoráveis para a instalação, considerando a inexistência de prédios ou árvores altas nos arredores do prédio e o alto potencial de irradiação solar da região.

O prédio apresenta condições para a instalação de um sistema desse tipo, porém, somente um laudo de especialistas pode assegurar a resistência estrutural do mesmo. Ainda, por ser uma tecnologia amplamente difundida e aplicada na atualidade, pode-se afirmar que detalhes técnicos como o tempo de instalação e implementação, bem como o comissionamento para o início da geração, são conhecidos e, constituem-se riscos calculados, que de modo algum inviabilizam a aplicação.

Os benefícios da utilização do sistema fotovoltaico na IES consistem na expansão das ofertas de energia renovável, com resultados econômicos mais positivos para a acessibilidade tarifária. Além da vantagem na redução de custos com energia elétrica, a energia solar é uma das mais importantes e acessíveis fontes de energias renováveis, gerando benefícios inestimáveis também ao meio ambiente.

Referências

CHAMBERS, Nicky; SIMMONS, Craig; WACKERNAGEL, Mathis. **Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability**. London: Earthscan Publications Ltd, 2000.

DASSI, Jonatan A.; et.al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: XXII Congresso Brasileiro de Custos, 2015, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2015.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Wind Power**, Technology Brief. 2016. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2016/Mar/Wind-Power>>. Acesso em: 2 Out. 2018.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. Solar energy for future world: - A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1092 – 1105, 2016.

MUÑIZ, J. M. M.; GARCIA, R. C. **Energia solar fotovoltaica**. Madrid: Gráficas Marcar S.A., 2007.

NASCIMENTO, Luís Antônio Brum. **Análise energética na avicultura de corte: estudo de viabilidade econômica para um sistema de geração de energia elétrica eólico-fotovoltaico conectado à Rede**. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento. **Brasil é o 4º maior produtor de energia renovável do mundo**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/3c67e495>>. Acesso em: 13 Out 2018.

PEREIRA, E. B.; et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006.

REAL SOLAR. **Os sistemas conectados à rede (on grid)**. 2017. Disponível em: <<http://realsolar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: 13 Out 2018.

RÜTHER, R.; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1027 – 1030, 2011.

SEGURA, Rafael C. F.; et al. Análise de viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos para geração de energia em pequenas e médias empresas: estudo de caso no contexto brasileiro. **Revista Espacios**, v. 36, n. 08, p. 02, 2015.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardi. **ISO 4001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. São Paulo: Atlas, 2005.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint**. Gabriola Island, BC and Stony Creek, CT: New Society Publishers, 1996.

WEC- World Energy Council. **World Energy Resources**. WEC: London. 2013. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf>. Acesso em: 2 out. 2018.