

## ANÁLISE DO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UNIVERSIDADES

*Gabriel Lourena Néia Oliveira<sup>1</sup>, Victória Ribeiro da Silva<sup>1</sup> & Leandra Altoé<sup>2\*</sup>*

### RESUMO

OLIVEIRA, G. L. N.; SILVA, V. R. da; ALTOÉ, L. Análise do uso da energia fotovoltaica em universidades. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v. 11, n. 31, p. 44-54, 2021.

O consumo de energia elétrica tem apresentado participação relevante nos orçamentos das universidades, de modo que a instalação de projetos de geração distribuída pode ser uma alternativa para promover a redução de custos financeiros. Objetivou-se com este trabalho analisar o uso de energia solar fotovoltaica em universidades brasileiras. Para isto, foi considerado um estudo de caso de viabilidade econômica e de mitigação de gases de efeito estufa de um sistema fotovoltaico para atender o *Campus* São Mateus, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Além disso, foi realizado um levantamento da situação do uso de energia fotovoltaica nas universidades federais no Brasil. Para o estudo de caso, verificou-se que o projeto de energia solar é economicamente viável

com *payback* descontado em 4 anos e taxa interna de retorno de 13,5%. Outras pesquisas têm indicado a atratividade financeira do emprego desta tecnologia em instituições de ensino superior no país. Ainda para o caso estudado, observou-se que o projeto de energia solar evitaria a emissão de 327.916 kgCO<sub>2</sub>/ano. Foi apurado que, das 69 universidades federais, 35% possuem sistemas fotovoltaicos instalados, 13% se encontram em fase de instalação e 3% possuem recursos aprovados para aquisição de equipamentos. Por fim, espera-se um aumento do uso de energia solar nas universidades brasileiras nos próximos anos devido à necessidade de redução de custos e do aumento de sustentabilidade ambiental destas instituições.

**Palavras-chave:** Fontes renováveis de energia; Instituições de ensino superior; Viabilidade econômica; Sustentabilidade ambiental.

<sup>1</sup>Estudante de graduação em Engenharia de Petróleo na Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus, Rodovia Governador Mário Covas, Km 60, Litorâneo, São Mateus, ES, CEP: 29932-540, Brasil.

<sup>2</sup>Professora do Departamento de Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus, Rodovia Governador Mário Covas, Km 60, Litorâneo, São Mateus, ES, CEP: 29932-540, Brasil.

(\*) e-mail: [leandra.altoe@ufes.br](mailto:leandra.altoe@ufes.br)

## ANALYSIS OF THE USE OF PHOTOVOLTAIC ENERGY IN UNIVERSITIES

*Gabriel Lourena Néia Oliveira<sup>1</sup>, Victória Ribeiro da Silva<sup>1</sup> & Leandra Altoé<sup>2\*</sup>*

### ABSTRACT

OLIVEIRA, G. L. N.; SILVA, V. R. da; ALTOÉ, L. Análise do uso da energia fotovoltaica em universidades. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v. 11, n. 31, p. 44-54, 2021.

Electric energy consumption has been a significant part in budgets of universities, so that the applying of distributed generation projects may be an alternative to reduce financial costs related. The objective of this paper was to analyze the usage of photovoltaic solar energy in Brazilian universities. For this, a case study of financial feasibility and mitigation of greenhouse effect gases were conducted due to the application from a photovoltaic system at the Federal University of Espírito Santo (UFES), Campus Sao Mateus. Moreover, a survey of the conditions on photovoltaic energy usage at Federal universities in Brazil took place. In this case study, it was clear that the solar energy project is economically viable with a 4-year discounted payback, and an internal rate of return of 13.5%.

Other research has indicated the financial attractiveness of the use of this technology in higher education institutions in the country. Still in this case study, the solar energy project demonstrated that it would avoid the emanation of 327,916 kgCO<sub>2</sub>/year. It was canvassed that, of 69 federal universities, 35% already have photovoltaic systems installed, 13% are installing as of now and 3% of them have approved budget to acquire the necessary equipment. Lastly, an increase of the usage of solar energy at Brazilian universities is expected in the next years due to the urge of costs reduction and the inevitable growth of environment sustainability at these institutions.

**Keywords:** Renewable energy sources; Higher education institutions; Economic feasibility; Environmental sustainability.

<sup>1</sup>Petroleum engineering student at Espírito Santo Federal University – São Mateus Campus, Governador Mário Covas Rodovia Highway, Km 60, Litorâneo, São Mateus, ES, Postal Code: 29932-540, Brazil.

<sup>2</sup>Professor at Engineering and Technology Department in Espírito Santo Federal University – São Mateus Campus, Governador Mário Covas Rodovia Highway, Km 60, Litorâneo, São Mateus, ES, Postal Code: 29932-540, Brazil.

(\*) e-mail: [leandra.altoe@ufes.br](mailto:leandra.altoe@ufes.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado no cenário internacional pelo uso de fontes renováveis, com uma participação de 46,1% na oferta interna de energia em 2019, com destaque para energia hidráulica e da biomassa. A matriz elétrica brasileira, por sua vez, apresentou uma participação de 82,9% de fontes renováveis, sendo 64,9% por energia hidráulica, 8,4% por biomassa, 8,6% por energia eólica e apenas 1,0% por energia solar em 2019 (EPE, 2020). Ressalta-se que a geração de energia elétrica por fontes não renováveis provocam diversos impactos ao meio ambiente, como a exploração não sustentável de recursos naturais e a emissão de poluentes na atmosfera (SILVA et al., 2016a).

Em 2001, o Brasil passou por uma crise de energia elétrica de grande abrangência, decorrência de condições hidrológicas extremamente desfavoráveis nas regiões Sudeste e Nordeste que provocou uma diminuição crítica dos reservatórios das usinas hidrelétricas (DANTAS et al., 2016). Em anos recentes, foi necessário acionar um maior número de usinas termelétricas devido à crise hídrica que atingiu algumas regiões do Brasil, as quais têm custo de geração maior que das usinas hidrelétricas, com consequente aumento das tarifas de energia elétrica e das emissões de gases de efeito estufa (LIMA et al., 2020). Tal cenário demonstra a necessidade de diversificar a matriz elétrica brasileira para aumentar a confiabilidade de suprimento da demanda nos próximos anos (PAIM et al., 2019).

O Brasil apresenta grande potencial para geração de energia solar (SILVA et al., 2016b) e recebe níveis de irradiação solar superiores aos observados na maioria dos países europeus (PEREIRA et al., 2017). Apesar disso, o uso de energia solar no Brasil é menor que o existente em vários países desse continente, incluindo, Alemanha, Itália, França, Espanha, Ucrânia e Holanda (IEA, 2020). Por exemplo, Alemanha e Itália possuíam uma capacidade instalada de energia solar fotovoltaica de, respectivamente, 49,2 GW e 20,8 GW em 2019, enquanto o Brasil possuía uma capacidade instalada de aproximadamente 2,0 GW para o mesmo ano. China e Estados Unidos, que lideram o ranking mundial, apresentavam capacidades instaladas de energia solar fotovoltaica de 204,7 GW e 75,9 GW, respectivamente, em 2019 (IEA, 2020). Portanto, há muito espaço para o aumento do uso de energia solar no Brasil, sendo imprescindível para isto a promulgação de políticas públicas de incentivo (CARSTENS; CUNHA, 2019).

Em 2012, foi publicado um importante marco legal para promover o uso de fontes renováveis de energia no Brasil, a Resolução Normativa n.º 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012). Esta Resolução instituiu um sistema de compensação de energia elétrica no país, no qual unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada podem compensar seu consumo de energia. Segundo Luna et al. (2019), houve um crescimento da geração distribuída por energia solar fotovoltaica no país a partir do ano de promulgação dessa normativa, com aumento mais expressivo em 2015, porém, existe a necessidade de novas melhorias no marco regulatório para difundir o uso desta tecnologia no Brasil. Entretanto, encontra-se em discussão uma revisão das regras do sistema de compensação que prevê o aumento de custos para os consumidores com micro e minigeração. Analistas consideram esta mudança prematura e prejudicial para expansão da geração distribuída, a qual ainda representa menos de 5% das unidades consumidoras no país (ABSOLAR, 2020).

O consumo de energia elétrica tem apresentado participação relevante no orçamento das universidades brasileiras. De acordo com o Ministério da Educação, o valor total gasto com serviços de energia elétrica pelas universidades federais foi de aproximadamente R\$ 430 milhões e representou o 3º maior grupo de custos destas instituições em 2015 (ANEEL,

2016). Neste contexto, projetos de energia solar fotovoltaica podem ser uma alternativa interessante para a redução de custos, havendo estudos que indicam a viabilidade econômica de tal aplicação. A exemplo, Silveira et al. (2019) encontraram um *payback* de 10 anos e taxa interna de retorno (TIR) de 12,61% para a instalação de um sistema solar fotovoltaico na Universidade Estadual Paulista (UNESP). Costa e Santos (2017), por sua vez, obtiveram um *payback* de 4,2 anos e TIR de 7,28% para um projeto de energia fotovoltaica para atender a Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Já Perondi (2019) encontrou um *payback* de 7,6 anos e TIR de 18,77% para um sistema solar fotovoltaico destinado à Universidade Federal do Rio Grande de Sul (UFRS). Por fim, Castro et al. (2020) obtiveram um *payback* de 6,5 anos para um projeto de energia fotovoltaica instalado na Universidade Federal de Goiás (UFG) e Ferreira (2020) obteve um *payback* de 4,3 anos para um sistema fotovoltaico na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

As universidades têm um papel importante na formação da sociedade e possuem capacidade de influenciar as pessoas a criarem hábitos que causam menor impacto ao meio ambiente. Para tanto, é fundamental que as instituições incorporem o conceito de sustentabilidade em suas ações diárias de ensino, pesquisa, extensão e nos setores administrativos. Segundo Zulpo et al. (2020), universidades em diversos países têm promovido ações de sustentabilidade ambiental, principalmente ao que se refere à redução do consumo de energia elétrica e de água.

Assim, objetivou-se com este trabalho analisar o uso de energia solar fotovoltaica em universidades brasileiras. Para isto, realizou-se um estudo de caso de viabilidade econômica e mitigação de gases de efeito estufa por um sistema fotovoltaico para suprir o *Campus* São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); e foi feito um levantamento da utilização de energia fotovoltaica nas universidades federais para verificar o panorama atual do uso desta tecnologia em tais instituições.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um levantamento das faturas de energia elétrica do *Campus* São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo do ano mais recente disponibilizado pela administração da instituição, referente a 2017. Este *Campus* é formado exclusivamente pelo Centro Universitário Norte do Espírito Santo, possui 16 cursos de graduação e cinco cursos de pós-graduação e atende atualmente em torno de 3.575 estudantes (CEUNES, 2020).

O *Campus* São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo é atendido pela concessionária de energia elétrica EDP Espírito Santo, enquadra-se como Consumidor Grupo A4 (serviço público) em 13,8kV e possui demanda contratada de 300kW, a qual foi considerada no dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Com as informações presentes nas faturas de energia elétrica, foi feito um pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico conectado à rede de distribuição para atender o consumo ativo fora ponta de energia elétrica do *Campus* São Mateus. Optou-se em realizar o dimensionamento considerando apenas o consumo ativo fora ponta e não o consumo total por esta ser uma prática de mercado que tem promovido melhores índices de viabilidade econômica.

O pré-dimensionamento foi realizado com o uso do Simulador América do Sol (AMÉRICA DO SOL, 2019), o qual considera dados meteorológicos do local de instalação do sistema fotovoltaico, consumo de energia elétrica da unidade, tipo de conexão e valor da tarifa de energia elétrica. O simulador considera, ainda, que os módulos fotovoltaicos sejam

instalados voltados para o Norte, com uma inclinação correspondente a latitude do local, neste caso, do município de São Mateus-ES. Os dados de consumo de energia elétrica do *Campus São Mateus* foram enviados para uma empresa especializada com atuação na região para ser feito o dimensionamento detalhado e o orçamento do sistema solar fotovoltaico.

Em seguida, foi realizada a análise de viabilidade econômica do sistema solar fotovoltaico, em comparação ao uso de energia elétrica da rede de distribuição que atende o *Campus São Mateus* da UFES. Para isto, foram empregados os indicadores econômicos *payback* descontado e taxa interna de retorno (TIR).

O *payback* descontado é um método de análise capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial (LEMES JÚNIOR et al., 2002). No seu cálculo, utiliza-se uma taxa de desconto para os fluxos de caixa de cada período, trazendo seus valores para valores presentes, que considera o custo do dinheiro no tempo à aplicação de uma taxa mínima de atratividade (TMA) (FAMÁ; BRUNI, 2003). O *payback* descontado foi obtido utilizando a metodologia de Famá e Bruni (2003), pela Equação 1:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1 + j)^j}; \quad 1 \leq t \leq n \quad (1)$$

Em que  $FCC(t)$  é o valor presente do capital, ou seja, o fluxo de caixa descontado ao valor presente acumulado até o período  $t$ ;  $I$  é o investimento inicial (em módulo), ou seja,  $-I$  é o valor algébrico do investimento, localizado no instante zero (início do primeiro período);  $R_j$  é a receita do ano  $j$ ;  $C_j$  é o custo proveniente do ano  $j$ ; e  $j$  é o índice genérico que representa os períodos.

A taxa interna de retorno é a taxa de juros que torna o valor presente do fluxo de caixa igual à zero, ou seja, é a rentabilidade projetada do investimento, estimando quando se deseja executar um projeto de acordo com o fluxo de caixa definido (GOMES, 2013; CAMLOFFSKI, 2014). Os investimentos com o resultado TIR maior que o valor da TMA são considerados rentáveis. A Equação 2, proposta por Macedo (2014), foi utilizada para calcular a TIR.

$$VPL = 0 = -FC_o + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + k)^t} \quad (2)$$

Onde  $VPL$  é o Valor Presente Líquido;  $FC_o$  é o investimento realizado no momento zero;  $FC_t$  é a entrada ou fluxo de caixa de cada período  $t$ ;  $k$  é a TIR; e  $n$  é o período estimado para o projeto. Desta forma, a TIR é utilizada para verificar se a taxa de retorno do projeto é melhor do que outros investimentos a uma taxa estabelecida pelo investidor.

Neste estudo, foi considerada uma taxa mínima de atratividade baseada na taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação de Custódia) de 2019, igual à 6,5% ao ano. Como o estudo está baseado em um projeto para implementação de um Órgão Público Federal, adotou-se uma taxa de juros equivalente à rentabilidade de aplicações correntes, seguras e de baixo risco, de acordo com recomendação de Macedo (2014).

Posteriormente, calculou-se as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) evitadas pelo sistema fotovoltaico para o *Campus São Mateus* da UFES por meio do Simulador América do Sol (AMÉRICA DO SOL, 2019). A ferramenta computacional realiza o cálculo das emissões

evitadas considerando a quantidade de energia elétrica que deixa de ser consumida da rede de distribuição local (verificado no pré-dimensionamento do sistema fotovoltaico) e o fator de emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional (presente no banco de dados do Simulador).

Além disso, comparou-se o uso de energia solar com as seguintes medidas de mitigação de gases de efeito estufa: hectares de mata atlântica absorvendo CO<sub>2</sub>; litros de gasolina e diesel não utilizados; e quilos de plástico, papel e alumínio reciclados. Para isto, considerou-se os seguintes fatores de conversão: um hectare de floresta tropical captura 25,9942 kgCO<sub>2</sub>/ano (IPCC, 2006, citado por RODRIGUEZ, 2015); um litro de gasolina emite 2,212kgCO<sub>2</sub> e um litro de diesel emite 2,603kgCO<sub>2</sub> (MMA, 2013); e uma tonelada de plástico reciclado evita a emissão de 3.979,085 kgCO<sub>2</sub>, uma tonelada de papel reciclado evita a emissão de 5.224,874 kgCO<sub>2</sub> e uma tonelada de alumínio reciclado evita a emissão de 16.301,02kgCO<sub>2</sub> (MASSI et al., 2019).

Por fim, foi feito um levantamento do uso de energia solar fotovoltaica nas 69 universidades federais do Brasil, no mês de novembro do ano de 2020, considerando-se as seguintes classificações: i) instituições com miniusinas solares fotovoltaicos instalados; ii) instituições em fase de instalação de miniusinas solares fotovoltaicos; iii) instituições com financiamento aprovado para aquisição de miniusinas solares fotovoltaicos; e iv) instituições que ainda não conseguiram aprovar recursos ou não possuem iniciativa desta natureza.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo ativo de energia elétrica do *Campus* São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo, considerando o consumo ponta, consumo fora ponta e consumo total é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo ativo de energia elétrica do *Campus* São Mateus/UFES

Mês	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)
Janeiro	11.488,68	117.376,90	128.865,58
Fevereiro	10.258,42	105.258,89	115.517,30
Março	11.943,46	132.073,70	144.017,16
Abril	16.129,01	154.594,61	170.723,62
Mai	14.370,05	122.596,66	136.966,70
Junho	14.997,19	123.105,86	138.103,06
Julho	11.938,08	94.148,21	106.086,29
Agosto	9.865,80	87.182,09	97.047,89
Setembro	11.814,38	96.362,62	108.177,00
Outubro	13.834,13	120.432,31	134.266,44
Novembro	14.013,72	130.485,26	144.498,98
Dezembro	8.453,59	95.859,29	104.312,88
Total	149.106,50	1.379.476,39	1.528.582,90

O dimensionamento e o orçamento do sistema solar fotovoltaico para atender o consumo ativo fora ponta do *Campus* São da UFES é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Orçamento e dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para o caso estudado

Parâmetros do sistema solar fotovoltaico	Valor
Custo financeiro	R\$ 3.161.070,25
Potência instalada	1.019,2 kWp
Número de painéis de 400 Wp	2.548
Número de inversores de 125KW 1500V	7
Área mínima necessária	5.096 m <sup>2</sup>

Foi verificado que o *payback* descontado do sistema solar fotovoltaico ocorreu em quatro anos para o caso estudado. Assim, considerando que painéis solares e inversores possuem vida útil em torno de, respectivamente, 25 anos e 15 anos (ANEEL, 2017), pode-se afirmar que houve retorno de capital dentro de um período relativamente curto. Em relação à taxa interna de retorno, foi obtido um valor de 13,5%, o qual é maior que a taxa mínima de atratividade considerada, igual à 6,5%. Outros estudos têm indicado a viabilidade econômica da aplicação de energia solar fotovoltaica em instituições de ensino superior no Brasil, encontrando-se *payback* entre 4 e 8 anos e TIR entre 7 e 19% (SILVEIRA et al., 2019; COSTA; SANTOS, 2017; PERONDI, 2019; CASTRO et al., 2020; FERREIRA, 2020).

Assim, os indicadores de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos podem variar bastante para diferentes estudos, uma vez que depende de fatores locais como irradiação solar incidente e tarifa de energia elétrica. Além disso, a potência do sistema fotovoltaico, bem como a parcela do consumo de energia que será atendida por energia solar, tem grande influência nos indicadores econômicos. Deste modo, ressalta-se que é fundamental realizar uma análise de viabilidade econômica antes de optar em substituir o suprimento de energia elétrica da rede de distribuição por um projeto de energia solar fotovoltaica.

O sistema fotovoltaico necessário para atender o estudo de caso permitiria reduzir as emissões em 327.916 kgCO<sub>2</sub>/ano, comparado ao uso da energia elétrica da rede de distribuição. Para se ter uma melhor compreensão do montante de emissões evitadas, são apresentadas algumas medidas de mitigação equivalentes à instalação do referido sistema solar fotovoltaico na Tabela 3.

Tabela 3: Medidas de mitigação equivalentes para captura de dióxido de carbono do sistema fotovoltaico para o caso estudado

Medidas de mitigação	Equivalência
Plantio de florestas tropicais	13 hectares
Gasolina não utilizada	148 mil litros
Diesel não utilizado	126 mil litros
Reciclagem de plástico	82 toneladas
Reciclagem de papel	63 toneladas
Reciclagem de alumínio	20 toneladas

Além disso, a implementação de projetos de energias renováveis em universidades tem impactos ambientais em um espectro local e regional, por apresentar uma iniciativa sustentável à comunidade acadêmica e comunidade externa que frequenta esses espaços. Em outras palavras, o desenvolvimento socioambiental está diretamente ligado com a comunidade universitária e como esta interage com a população, buscando-se demonstrar a importância da

relação sociedade e meio ambiente. Os resultados dessa correlação podem estar voltados para ações de ensino, pesquisa e extensão em prol de um desenvolvimento sustentável por meio da conscientização social e ambiental.

Ressalta-se que a fabricação dos componentes dos sistemas fotovoltaicos gera impactos ao meio ambiente, incluindo a interferência em ecossistemas para extração de matérias-primas, consumo de energia e água para manufatura de equipamentos e emissões de gases de efeito estufa, os quais não foram quantificados neste estudo. Segundo Moore (2010), a energia consumida para fabricação de um sistema solar fotovoltaico é recuperada entre o primeiro e o terceiro ano e as emissões de gases de efeito estufa são mitigadas entre o segundo e o sétimo ano, considerando um horizonte de planejamento de 25 anos para painéis solares e 15 anos para inversores. Ainda em relação aos impactos ambientais, é importante que as universidades que optem pela instalação de sistemas fotovoltaicos formulem planos para destinação correta de equipamentos após a vida útil, incluindo dos painéis solares e inversores.

Por fim, foi realizado um levantamento da situação do uso da energia solar fotovoltaica nas universidades federais no Brasil, apresentado na Tabela 4. Verifica-se que, atualmente, aproximadamente 51% das universidades federais já possuem iniciativas desta natureza, apresentando sistemas fotovoltaicos instalados, em fase de instalação ou, pelo menos, com recursos aprovados para a aquisição de equipamentos. Verificou-se que algumas universidades possuem apenas uma miniusina fotovoltaica em um *Campus* específico, enquanto outras já possuem duas ou mais, localizadas em um mesmo *Campus* ou em diferentes *Campi*. Observou-se, ainda, uma tendência de instalação de uma primeira miniusina solar e uma posterior expansão desta ou a instalação de novas miniusinas à medida que as universidades aprovaram novos recursos para a implementação de tais iniciativas.

Tabela 4: Panorama do uso da energia solar fotovoltaico nas universidades federais

Situação*	Número de universidades	Porcentagem de universidades (%)
Instituições que possuem miniusinas solares fotovoltaicos instaladas	24	35
Instituições em fase de instalação das miniusinas solares fotovoltaicos	9	13
Instituições que possuem recursos aprovados para aquisição das miniusinas solares fotovoltaicos	2	3
Instituições que ainda não conseguiram aprovar recursos ou não possuem iniciativa desta natureza	34	49
Total	69	100

\*Levantamento realizado em novembro de 2020.

#### 4. CONCLUSÕES

O consumo de energia elétrica tem apresentado participação relevante no orçamento das universidades brasileiras e a instalação de sistemas solares fotovoltaicos tem sido uma alternativa procurada por gestores destas instituições para a redução de despesas. Para o estudo de caso analisado, referente ao uso de um sistema solar fotovoltaico para suprir parcialmente o consumo de energia elétrica do *Campus* São Mateus da Universidade Federal

do Espírito Santo, foi verificado que o projeto seria economicamente viável com *payback* descontado no quarto ano e taxa interna de retorno de 13,5%. Vale salientar que há outros estudos na literatura que indicam a atratividade financeira do uso desta tecnologia em instituições de ensino superior no país.

Em relação aos impactos ambientais do uso da energia solar, foi verificado que o sistema fotovoltaico permitiria evitar a emissão de 327.916 kgCO<sub>2</sub>/ano, comparado ao uso de energia elétrica da rede de distribuição, para o caso estudado. Além disso, a implementação de projetos de energias renováveis em instituições de ensino apresenta benefícios externos à redução das emissões, incluindo a conscientização ambiental da comunidade acadêmica e da sociedade que frequenta os espaços universitários.

A utilização de energia solar fotovoltaica já é uma realidade em muitas universidades federais, onde 35% destas instituições já possuem miniusinas instaladas, 13% se encontram em fase de instalação e 3% possuem recursos aprovados para aquisição dos sistemas fotovoltaicos. Possivelmente, esta iniciativa se difundirá nos próximos anos devido à necessidade de redução de custos financeiros e do aumento de sustentabilidade ambiental das universidades brasileiras.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Revisão das regras de GD deve ser concluída até março de 2021**. 2020. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/revisao-das-regras-de-gd-deve-ser-concluida-ate-marco-de-2021.html>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- AMÉRICA DO SOL. **Simulador solar**. Disponível em: <http://americadosol.org/simulador/>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2012.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Chamada de P&D incentiva minigeração em Instituições Públicas de Ensino Superior**. 2016. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/web/guest/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/15089813](https://www.aneel.gov.br/web/guest/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/15089813). Acesso em: 02 nov. 2020.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica n.º 0056/2017-SRD/ANEEL**. 2017. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica\\_0056\\_PR\\_OJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9](https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PR_OJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9). Acesso em: 10 de novembro de 2020.
- CAMLOFFSKI, R. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. São Paulo: Atlas, 2014. 136p.
- CARSTENS, D.D.S.; CUNHA, S.K. Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. **Energy Policy**, v. 25, p. 396-404, 2019.
- CASTRO, M.S. et al. Análise do Impacto da Geração Fotovoltaica na Universidade Federal de Goiás. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 5, p. 3023-3042, 2020.

- CEUNES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo. **Ceunes em números**. Disponível em: <http://www.ceunes.ufes.br/ceunes-em-numeros>. Acesso em: 05 nov. 2020.
- COSTA, J.W.N.; SANTOS, N.C. Avaliação econômica para instalação de um sistema fotovoltaico na Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente - SP, **Colloquium Socialis**, v. 1, n. 2, p. 25-33, 2017.
- DANTAS; F.C.; COSTA, E.M.; SILVA, J.L.M. Elasticidade preço e renda da demanda por energia elétrica nas regiões brasileiras: uma abordagem através de painel dinâmico. **Revista de Economia**, v. 43, n. 3, p. 1-20, 2016
- EPE - Empresa Brasileira de Energia. **Balanco Energético Nacional 2020: ano base 2019**. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2020. 295p.
- FAMÁ, R.; BRUNI, A.L. **As Decisões de Investimentos**: com Aplicações na HP12C e Excel. São Paulo: Atlas, 2003.
- FERREIRA, E.J.S. **Plano de viabilidade para a implantação da energia fotovoltaica na Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi - FACISA/UFRN**. 2020. 50p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Processos Institucionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2020.
- GOMES, J. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos**: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros. São Paulo: Atlas, 2013. 200p.
- IEA - International Energy Agency. **Report IEA-PVPS T1-37:202**. Disponível em: <[https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA\\_PVPS\\_Snapshot\\_2020.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA_PVPS_Snapshot_2020.pdf)>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.
- LEMES JUNIOR, A.B.; CHEROBIM, A.P.; RIGO, C.M. Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras. 5ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.
- LIMA, M.A. et al. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. **Environmental Development**, v. 33, p. 1-13, 2020.
- LUNA, M.A.R.; CUNHA, F.B.; TORRES, E.A. Solar Photovoltaic Distributed Generation in Brazil: The Case of Resolution 482/2012. **Energy Procedia**, v. 159, p. 484-490, 2019.
- MACEDO, J.J. **Análise de projeto e orçamento empresarial**. Curitiba/PR: InterSaberes, 2014.
- MASSI, E.H.G.; LUIZ, L.A.C.; MASSI, C.G. Valoração ambiental da reciclagem para a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Técnico-Científica**, v. 19, p. 1-20, 2019.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. 2013. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/mma-em-numeros/emissoes-veiculares.html>. Acesso em: 18 de novembro de 2020.
- MOORE, A. The solar lifecycle test. **ReNew**, v. 109, p. 46-48, 2010.
- PAIM, M.A. et al. Evaluating regulatory strategies for mitigating hydrological risk in Brazil through diversification of its electricity mix. **Energy Policy**, v. 128, p. 393-401, 2019.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.
- PERONDI, M. **Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede em um prédio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2019. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

RODRIGUEZ, C.R.M. **Estimativa do potencial sequestro de carbono em áreas de preservação permanente de cursos d'água e topos de morros mediante reflorestamento com espécies nativas no município de São Luiz do Paraitinga**. 2015. 120p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2015.

SILVA, D.C. et al. Bicicleta para geração de energia. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**, v. 6, n. 15, p. 1-5, 2016a.

SILVA, D.C. et al. Construção de um teto solar em veículo automotivo para geração de energia elétrica. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**, v. 6, n. 15, p. 8-10, 2016b.

SILVEIRA, A.G.; SANTOS, D.F.L.; MONTORO, S.B. Potencial econômico da geração de energia elétrica por sistema fotovoltaico na universidade pública. **Navus**, v. 9, n. 4, p. 49-65, 2019.

ZULPO, M.; MORAES, A.B.; TEDESCO, C.D. Universidades e as dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental, uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 406-415, 2020.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro.