UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

RAFAEL RANGEL DE BONIS

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES: ESTUDO DE CASO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS DA UNICAMP

Limeira – SP

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

RAFAEL RANGEL DE BONIS

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES: ESTUDO DE CASO NA FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS DA UNICAMP

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração de Empresas à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientadora: Profa. Dra. Muriel de Oliveira Gavira

Limeira – SP

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Sueli Ferreira Júlio de Oliveira - CRB 8/2380

B642m

Bonis, Rafael Rangel de, 1995-
Método de avaliação da viabilidade da instalação de painéis solares : estudo de caso na Faculdade de Ciências Aplicadas / Rafael Rangel de Bonis. – Limeira, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Muriel de Oliveira Gavira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Energia. 2. Energia solar. 3. Viabilidade. 4. Energia renovável. I. Gavira, Muriel de Oliveira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:
Energy
Solar energy
Viability
Renewable energy
Titulação: Bacharel
Data de entrega do trabalho definitivo: 11-10-2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FCA
Comissão de Graduação do Núcleo dos Cursos da Área de Gestão - FCA

Declaração de Autoria e Apresentação

A Comissão de Graduação do Curso de Administração, declara que Rafael Rangel de Bonis é autor do(a) intitulado "Método de avaliação da viabilidade da instalação de painéis solares: estudo de caso na Faculdade de Ciências Aplicadas da UNICAMP.", orientado pela Profa. Dra. Muriel de Oliveira Gavira . O trabalho foi apresentado e defendido na comissão examinadora do curso de Graduação, no dia 18/10/2017, às 18:30 horas, local UL37B.

A Comissão Examinadora foi composta pelos Professores:

Presidente		Nota
Nome Profa. Dra. Muriel de Oliveira Gavira / FCA	**Matrícula** 297304	6,5
Membros		
Nome Prof. Dr. Jayme Garcia Arnal Barbedo / FEEC	**Matrícula** 309568	6,5

Coordenadora	
Nome Profa. Dra. Milene Pavan Serafim	**Matrícula** 302193

CÓDIGO DE AUTENTICIDADE

Verifique a autenticidade deste documento na página http://www.daconline.unicamp.br/ActionConsultaDiploma.asp
Código: b90e77b757ba4ff0ca685d06662f2e34d3f57bba

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
Comissão Central de Pós-Graduação
Rua 6 de Agosto, 251 - Cidade Universitária - Barão Geraldo - Campinas/SP -13083-970

Este documento foi emitido em 17/10/2017 13:58

Página 1 de 1

"A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo *mundo vê." (Arthur Schopenhauer)*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família, pela força, capacidade, ensinamentos e por me guiarem por esse maravilho caminho, sempre confiando no meu potencial.

A minha mãe, Maria Julia, e ao meu pai, Antônio, por toda a sabedoria, ensinamento e apoio que eles me passaram.

A minha professora orientadora Muriel Gavira, pela sua paciência, por sempre estar disposta em auxiliar-me no melhor direcionamento do projeto e fazendo com que esse trabalho tomasse o rumo certo.

Agradeço a banca examinadora, pela atenção e pelo seu precioso tempo dedicado a leitura e as importantes sugestões apontadas para este trabalho.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Aplicadas, que me ajudaram no levantamento de dados sobre a universidade.

Agradeço à Faculdade de Ciências Aplicadas da UNICAMP por ter nos apoiado em grande parte dos momentos em que precisávamos.

E agradeço a minha namorada, Julia Kobylanski, por ter me apoiado e me ajudado durante todo esse processo.

Resumo

O presente trabalho buscou levantar métodos de avaliação de viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos. A abordagem de pesquisa que foi utilizada para atingir o principal objetivo desse trabalho é a qualitativa e exploratória. O levantamento de métodos de avaliação de viabilidade da instalação dos painéis solares foi feito através da pesquisa bibliográfica e documental. Por meio delas, foi criado um método de avaliação com indicadores técnicos, econômicos e sociais. Para comprovação do método proposto foi realizado um estudo de caso na Faculdade de Ciência Aplicadas, da Universidade de Campinas, onde o principal objetivo foi analisar a viabilidade de instalação de painéis no campus. Como resultado foi possível identificar que o método de avaliação de viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos é viável e que pode ser usado para qualquer outra instalação de painel fotovoltaico, contribuindo assim para ajudar na avaliação de viabilidade de instalação.

Palavras-chaves: Energia, Energia Solar, Viabilidade, Energia Renovável

Abstract

The following project sought to raise methods of evaluating the feasibility the installation of photovoltaic panels. The research approach that was used to reach the main objective of this work is qualitative and exploratory. The survey of feasibility evaluation methods for the installation of solar panels was done through bibliographical and documentary research. Through them an evaluation method was created with technical, economic and social indicators. To prove the proposed method, a case study was conducted at the Faculty of Applied Science, University of Campinas, where the main objective was to analyze the feasibility of installing panels on campus. As a result, it is possible to identify that the viability evaluation method of PV array installation is feasible and can be used for any other photovoltaic panel installation, helping to assess the feasibility of installation.

Keywords: Energy, Solar Energy, Viability, Renewable Energy

Lista de Figuras

Figura 1: Sistema isolado 16
Figura 2: Sistema conectado à rede elétrica 17
Figura 3: Fluxograma das etapas de pesquisa 22
Figura 4: Etapas do estudo de caso na FCA 25
Figura 5: Total diário da irradiação direta normal, média anual 26
Figura 6: Localização de Limeira, São Paulo 26

Lista de Tabelas

Tabela 1: Irradiação na cidade de Limeira 27
Tabela 2: Gasto com energia na FCA.....28
Tabela 3: Cotação das empresas para instalação dos painéis fotovoltaicos 29

Lista de Quadros

Quadro 1: Variáveis para instalação de painéis fotovoltaicos conforme autores 20
Quadro 2: Variáveis para a instalação de painéis fotovoltaicos 21
Quadro 3: Comparação entre as etapas de metodologia e as variáveis de instalação 24

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAE	Custo Anual Equivalente
DGA	Diretoria Geral de Administração
FCA	Faculdade de Ciências Aplicadas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
IRENA	International Renewable Energy Agency
PR	Período de Retorno
TIR	Taxa Interna de Retorno
VLA	Valor Líquido Atual
VPL	Valor Presente Líquido
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
WWF	World Wildlife Fund

Sumário

1. Introdução 12
2. Revisão da Literatura 15
2.1 Energia Solar 15
2.2 Estudo de Viabilidade da Instalação de Painéis Solares 17
3 .Metodologia 21
3.1 Método de Analise da Viabilidade 22
4. Estudo de Caso 24
5. Discussão 30
6. Conclusão 32
Referências Bibliográficas 33

1. INTRODUÇÃO

A crise hídrica e energética que aconteceu no Brasil no ano de 2014 e em anos anteriores e posteriores levou a um questionamento da sociedade sobre o modelo energético adotado até então, "Ainda, há algum tempo percebeu-se que o crescimento econômico está atrelado a um maior consumo de energia e que a disponibilidade e segurança energética é um forte limitante para o progresso econômico de um país em desenvolvimento" (JANNUZZI, 1997, p. 1).

Nesse panorama, o Brasil enfrenta diversos desafios em sua matriz energética, pois como sua matriz está concentrada na energia hidroelétrica, o país fica sujeito a influências de fatores climáticos.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, na qual a geração hidráulica responde por 64% da geração e as outras fontes renováveis, como eólica, solar e biomassa representam cerca de 9% da oferta interna de eletricidade no Brasil.

Essa dependência da geração hidráulica gera problemas como o que ocorreu em 2014 no qual houve uma seca, e como consequência dessa seca, tiveram maiores gastos com a energia elétrica, um aumento nos custos com energia e uma diminuição dos investimentos, tanto nos projetos de curto prazo, como nos de longo prazo. Com a seca em 2014, as usinas hidroelétricas não tinham capacidade para atender a demanda energética, com isso, ocorreu a ligação das usinas termoelétricas, que são mais caras e que fizeram o preço da energia elétrica subisse, para atender a demanda.

Ao repassar esse aumento da energia elétrica para a sociedade, o governo criou um sistema de bandeiras tarifárias na conta de luz, que é utilizada toda a vez que é necessário o acionamento das termoelétricas. Esse sistema de bandeiras funciona da seguinte forma, a bandeira verde sinaliza que não houve aumento no valor da tarifa energética, a bandeira amarela, indica que houve um acréscimo de R$2,00 a cada 100kWh, a bandeira vermelha patamar 1, notifica que se teve um aumento de R$3,00 a cada 100kWh e a bandeira vermelha patamar 2, sinaliza que houve um acréscimo na conta de R$3,50 a cada 100kWh.

Nesse panorama, se faz necessária uma diversificação da matriz energética brasileira com outras fontes renováveis, de forma que o país possa aumentar a confiabilidade no fornecimento.

A diversificação da matriz energética, contemplando o uso das demais energias renováveis, é uma estratégia de alto valor no cenário de desenvolvimento projetado (LOPEZ,2012) e sendo necessária à segurança energética.

Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica é uma alternativa de investimento em tecnologia eficiente para o uso-final, pois de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia de 2024 (EPE, 2015) a expansão da participação da energia solar na matriz elétrica mundial e nacional está acontecendo de forma acelerada. A energia fotovoltaica é que é uma energia limpa, com menores impactos no meio ambiente e que pode ser usada através do processo de geração distribuída (LOPEZ,2012).

Ademais, os governos têm se utilizado de diversos instrumentos que ajudam a impulsionar a introdução de energias renováveis. No Brasil, o Plano de Demanda de Energia de 2050 (EPE, 2014) ressalta que a energia solar terá um aumento na participação na matriz energética, com o decorrer do tempo, como resultado de políticas e ações governamentais. Atualmente, existe a resolução normativa 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que esclarece e regula a instalação de geração distribuída de pequeno porte e a micro geração em residências, indústrias e comércios, com máximo de 75 KW e mínimo de 5 MW de potência, além de incluir o plano do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, na qual se tem a troca de energia entre a distribuidora e o gerador de pequeno porte.

De um lado temos o crescimento da energia solar no Brasil, conforme previsto pelo Plano de Demanda de Energia de 2050, e uma maior criação de políticas públicas que incentivam o uso de energia solar. Por outro lado, temos uma demanda crescente por energia e que esta sendo atendida por fontes térmicas não renováveis, uma vez que a energia hídrica não consegue suprir a demanda. Assim, a energia solar possui um grande campo para expansão no país, sendo uma boa opção para a complementação de fontes no país. Com a perspectiva de crescimento da energia solar, se faz necessária a criação de um modelo que auxilie a avaliação da viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos, tanto em empresas como em casas.

Para se saber da viabilidade da instalação dos painéis solares é necessário que se análise os indicadores de viabilidade existentes. Nesse sentido tem-se a seguinte questão de pesquisa: que método de avaliação da viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos pode ser usado em grandes instituições?

O objetivo geral é criar um método de avaliação de viabilidade da instalação de painéis solares fotovoltaicos.

Os objetivos específicos são:

1. Analisar as etapas de avaliação para uma possível instalação de painéis solares.
2. Levantar as variáveis para determinação da viabilidade da instalação de painéis solares.
3. Montar o modelo de avaliação de viabilidade para instalação de painéis solares.
4. Estudo de caso na Faculdade de Ciências Aplicadas com análise técnica, econômica, social e ambiental.

Com a definição de um método para a avaliação da instalação dos painéis fotovoltaicos é possível determinar quais são as condições adequadas para se ter à instalação e uma boa eficiência dos painéis solares. Assim, esse método determina os melhores indicadores que podem ser utilizados na avaliação para instalação dos sistemas fotovoltaicos contribuindo assim para a literatura sobre a instalação de painéis fotovoltaicos.

Para validar o método será usado o caso da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA). A instalação de painéis fotovoltaicos permitiria que a faculdade investisse em tecnologias eficientes e apresentasse uma diminuição de gastos com energia elétrica.

A instalação dos painéis solares na FCA pode se tornar um incentivo para outras faculdades e instituições públicas e privadas em geral instalarem os painéis solares e essa instalação poderia dar uma maior visibilidade para as energias renováveis no país.

A metodologia utilizada nesse trabalho foi baseada no levantamento das variáveis econômicas, técnicas, sociais e ambientais que influenciam na instalação de painéis fotovoltaicos, e esse levantamento foi realizado a partir da literatura de documentos públicos e de instituições públicas, de diferentes autores e de diferentes relatórios técnicos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção tem como objetivo apresentar uma introdução do que é energia solar e seus sistemas, levantar as variáveis para determinação da viabilidade da instalação de painéis solares, e a partir desse levantamento montar o modelo de avaliação de viabilidade para instalação de painéis solares.

2.1 Energia solar

A energia solar é uma das alternativas energéticas mais promissoras, sendo uma fonte inesgotável em comparação a outras fontes energéticas. Um avanço significativo foi conseguido nas ultimas décadas tanto no aproveitamento térmico quanto na conversação fotovoltaica, fazendo assim com que tenha um crescimento significativo da participação da energia solar na matriz energética mundial. (2017, p.15)

A energia solar, no local da instalação, é sujeita a alternâncias periódicas e casuais dependendo das condições climáticas, fazendo com que haja a necessidade de se ter dispositivos de acumulação de energia, que faz elevar os custos de instalação. (COMMETA, 1989)

Um sistema fotovoltaico, que vai transformar a energia do sol em energia elétrica, é um conjunto integrado de módulos fotovoltaicos, compostos por células fotovoltaicas (LOPEZ, 2012). E são essas células fotovoltaicas que são responsáveis pela conversão direta da energia solar em energia elétrica, através da radiação da luz sobre os materiais fotovoltaicos.

As células fotovoltaicas apresentam diversos modelos de composição, o mais utilizado deles é a célula de Silício cristalino (c-Si), que segundo Lopez (2012, p.96)

> É a tecnologia mais empregada atualmente, com uma participação de 95% do mercado de células fotoelétricas. Painéis solares feitos de células de silício cristalino têm rendimento de 13 a 17% (LOPEZ, 2012,p.96)

Existem duas principais categorias para o sistema fotovoltaico: os sistemas isolados, que não são conectados a rede elétrica e por isso dependem de uma bateria para acumular à energia gerada, e os sistemas conectados a rede elétrica.

Os sistemas isolados, ou autônomos, não estão conectados à rede de distribuição de eletricidade da concessionária local, ou seja, a energia gerada pelo sistema será armazenada em uma bateria. Além dela, esses sistemas também apresentam um inversor para a alimentação de equipamentos de corrente alternada. Um sistema isolado é composto por um controlador de carga para evitar que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda, uma bateria, que pode sustentar uma corrente moderada por longos períodos e realizar o armazenamento de energia e um inversor para o fornecimento de corrente alternada e um indicador de carga que esta incorporada no inversor (LOPEZ, 2012), conforme é mostrado na figura 1.

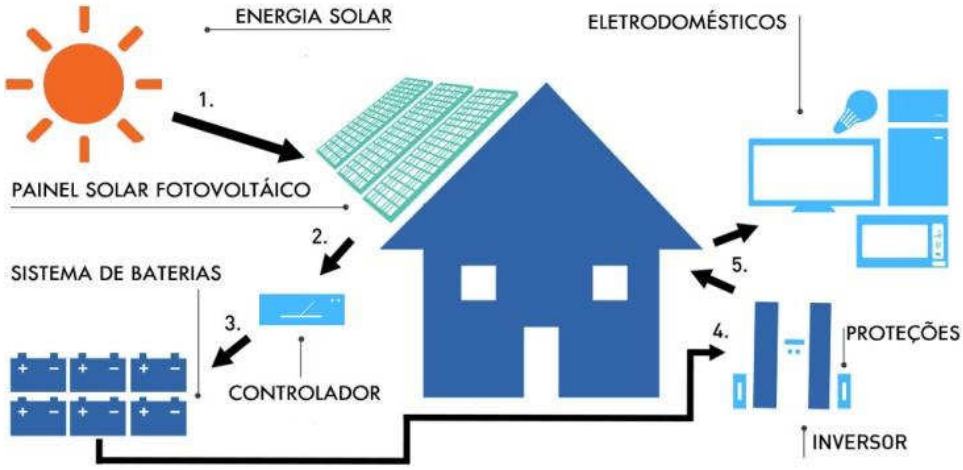

Figura 1- Sistema isolado
Fonte: Potenza Energia Solar (2017)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, conhecido também como sistema de cogeração, são aqueles nos quais não se tem a presença de uma bateria, e a quantidade de energia gerada pode ser menor, igual ou maior do que a demanda local (JANNUZZI, 1997). E no Brasil, a produção de cogeração utiliza-se da resolução normativa 687/2015 da ANEEL que passou a permitir a instalação de geração distribuída de pequeno porte e a micro geração em residências, indústrias e comércios.

Segundo Lopez (2012), durante o dia, com a presença de sol, os sistemas conectados à rede produzem um excesso de eletricidade que não é armazenado, mas é "vendido" para distribuidora de energia e disponibilizado na rede elétrica. À noite, quando os painéis não produzem energia suficiente, a eletricidade é adquirida da rede elétrica. E todo o arranjo é ligado em inversores e, em seguida, guiado diretamente à rede, conforme mostrado na figura 2.

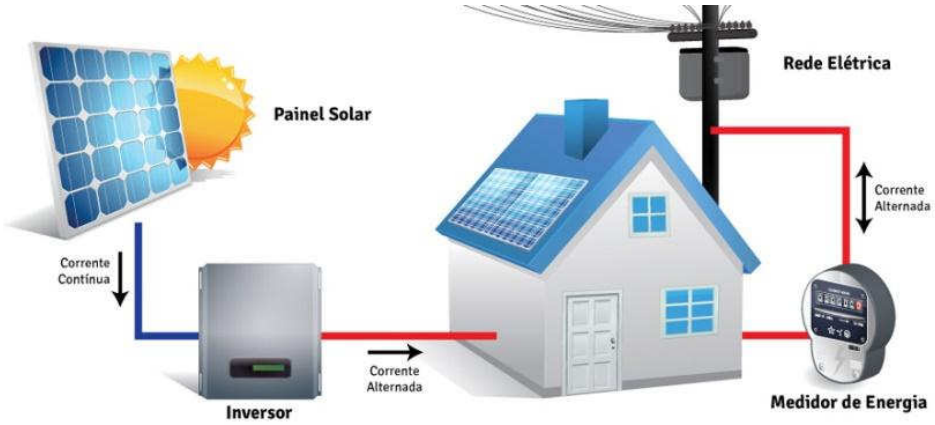

Figura 2- Sistema conectado à rede elétrica
Fonte: Potenza Energia Solar (2017)

No estudo de caso o sistema que será analisado é o sistema conectado à rede elétrica, pois a Faculdade de Ciências Aplicadas apresenta uma alta demanda de energia elétrica e em caso de falta de energia, a energia da faculdade pode ser suprida pela energia elétrica da distribuidora.

Estudos de viabilidades da instalação de painéis solares

Para se saber quais painéis instalar e em que local é necessário que se faça um levantamento das variáveis que podem influenciar a sua viabilidade, entre elas: econômicas, técnicas, sociais e ambientais.

Assim, através da pesquisa bibliográfica e documental se fez um levantamento das principais variáveis adotadas por diferentes autores em diferentes relatórios técnicos.

Um dos relatórios técnicos que foi utilizado é o relatório da World Wildlife Fund (WWF) – Brasil (2016) sobre a instalação de painéis fotovoltaicos em Brasília. Nesse documento os principais pontos de viabilidade técnica analisados são as localizações e as características climáticas da cidade de Brasília, o consumo de eletricidade do local e o modelo de painel solar que melhor se encaixa com os objetivos do trabalho. A análise econômica apresentada pelo relatório é o período de payback de sete anos para a instalação dos painéis solares, a quantidade de consumo da região analisada, a tarifa atual da distribuidora e o investimento inicial da instalação. E a análise social realizada pelo documento é da quantidade de empregos diretos que será gerado na região através da instalação dos painéis fotovoltaico e os empregos indiretos, através de novas empresas de energia solar que possam se inserir na região de Brasília.

Nesse mesmo estudo os indicadores de viabilidade apresentaram como resultado que o Distrito Federal pode se tornar um incentivador do uso de energia fotovoltaica, mesmo ainda existindo grandes barreiras como na cobrança de impostos e pouco financiamento disponível.

Os principais pontos da viabilidade técnica apresentados no artigo de Miranda (2014) foram a quantidade de radiação solar diária, mensal e anual da região e a eficiência das células solares. A variável econômica apresentada pelo artigo é o custo da instalação dos painéis fotovoltaicos. Nesse mesmo estudo, o autor analisou a utilização de um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica em um estabelecimento comercial

no Rio de Janeiro e chegou ao resultado que existe a possibilidade de ser ter um sistema conectado a rede viável economicamente.

O trabalho de Amaral (2011) apresenta outros conceitos importantes para a análise da viabilidade. Para esse autor, a viabilidade técnica engloba as características da localização geográfica, a quantidade de radiação da região, a orientação e inclinação dos coletores solares, a existência de obstáculos, o tipo de tecnologia utilizada nos painéis solares e a potência de instalação. Para a viabilidade econômica, o autor apresentou quatro indicadores financeiros, o valor líquido atual (VLA), a taxa interna de rentabilidade (TIR), o período de retorno (PR) e o custo anual equivalente (CAE). E a análise social apresentada pelo artigo é em relação a quantidade de emprego diretos que conseguiria ser gerado nas regiões para as instalações dos painéis fotovoltaicos.

Amaral (2011), conclui que a instalação de painéis fotovoltaicos em edifícios é possível por meio de um sistema de financiamento 100% próprio e da utilização das células solares mais eficientes.

Dazcal (2007) se utiliza de outros conceitos de viabilidade técnica em relação aos outros autores. As variáveis técnicas analisadas pelo autor foram as demandas médias e o consumo médio mensal do prédio da universidade Presbiteriana Mackenzie e a quantidade de radiação solar da região onde o prédio se encontra. Já a variável econômica analisada é se o custo de curto prazo seria menor em relação ao consumo de energia que se teria com a instalação dos painéis. Assim, o autor, utilizando os indicadores de viabilidade, chega à conclusão de que não é viável a instalação de painéis solares na universidade, pois o custo da instalação é superior aos gastos.

O trabalho de Santos et al (2016) sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga- MG se utiliza de alguns critérios de viabilidade diferentes em relação aos outros autores. As variáveis econômicas apresentadas são: período de payback, que é de doze anos; valor presente líquido (VPL), que analisa o investimento inicial do projeto; e a taxa interna de retorno (TIR), que estuda a taxa de retorno do projeto. As variáveis técnicas apresentadas são o consumo de energia do local e a média de radiação da região. Os autores chegaram a conclusão que não seria viável a instalação de um sistema fotovoltaico nas casas da região de Ipatinga.

O quadro 1 apresenta um resumo dos autores citados e das variáveis técnicas, econômicas e socais usadas por eles em diferentes contextos/instituições, na qual cada autor se utilizou de variáveis especificas para o seu contexto.

No quadro, podemos perceber que no quesito de viabilidade técnica existem algumas variáveis que são mais utilizadas, como a localização da instalação do painel, consumo de energia da região, modelo do painel fotovoltaico utilizado e a quantidade de radiação que a região apresenta. Além das variáveis técnicas, as econômicas são citados recorrentemente pelos autores, como a taxa da payback, o custo da instalação e o valor da taxa interna de retorno

Também podemos perceber que os artigos analisados não apresentam muito critérios sociais e ambientais de avaliação. No quesito de variável social, apenas os artigos da WWF – Brasil (2016) e do Amaral (2011) apresentam os critérios de geração de empregos diretos e indiretos.

Isso não significa que essa fonte de geração de energia não tenha impactos nas dimensões social e ambiental. Apesar de a energia solar ser considerada uma energia limpa por não emitir no seu uso gases que afetam o meio ambiente e a sociedade, a energia fotovoltaica não é uma fonte isenta de impactos ambientais. Conforme o artigo de Inatomi e Udaeta (2006) na produção dos painéis fotovoltaicos existe a produção de impactos para o meio ambiente, como o uso de produtos tóxicos na produção das células fotovoltaicas, além da necessidade de se fazer o descarte correto das células fotovoltaicas, pelo motivo de elas não serem recicláveis.

Por meio da análise de todas as variáveis encontradas na literatura, definimos o método que será utilizado no estudo de caso da Faculdade de Ciências Aplicadas, que está apresentado no quadro 2. Dentre as variáveis técnicas citadas, as que melhor se encaixam são a localização, o consumo de energia da região ou do local, a quantidade de irradiação da região e o modelo de painel fotovoltaico utilizado. Já em relação as variáveis econômicas, as principais a serem usadas são o payback, o custo de instalação e a tarifa da distribuidora. E em relação as variáveis sociais, o que foi analisado é a quantidade de empregos diretos e indiretos que podem ser gerados. Essas variáveis foram escolhidas por serem as mais utilizadas na literatura e poderem ser aplicadas e encontradas com facilidade.

Quadro 1 - Variáveis para instalação de painéis fotovoltaicos conforme autores

Autor	Variáveis	Indicadores
WWF-Brasil (2016)	Técnica	Localização
		Características Climáticas da região
		Consumo de eletricidade do local
		Modelo de painel solar
	Econômica	Payback
		Consumo de eletricidade do local
		Tarifa da distribuidora
		Investimento inicial
	Social	Geração de emprego
Miranda (2014)	Técnica	Radiação solar da região
		Eficiência das células solares
	Econômica	Custo da instalação
	Social	Não apresenta
Amaral (2011)	Técnica	Localização
		Radiação solar da região
		Orientação e inclinação dos coletores solares
		Existência de obstáculos
		Modelo de painel solar
	Econômica	Valor líquido atual (VLA)
		Taxa interna de rentabilidade (TIR)
		Período de retorno (PR)
		Custo anual equivalente (CAE)
	Social	Geração de emprego
Dazcal (2007)	Técnica	Demanda média mensal de energia
		Consumo de eletricidade do local
		Radiação solar da região
	Econômica	Custo da instalação
	Social	Não apresenta
Santos; Souza; Dalfior (2016)	Técnica	Consumo de eletricidade do local
		Media de radiação solar da região
	Econômica	Payback
		Valor presente líquido (VPL)
		Taxa interna de retorno (TIR)
	Social	Não apresenta

Fonte: Elaboração própria a partir da revisão de literatura

Quadro 2 - Variáveis para a instalação de painéis fotovoltaicos

Variáveis		**Indicadores**
Técnica	Localização	Latitude e Longitude
	Irradiação da região	Wh/M^2
	Consumo de eletricidade do local	Mwh
	Modelo de painel solar	Descrição
Econômica	Payback	Período de retorno
	Consumo de eletricidade do local	Mwh
	Tarifa da distribuidora	R$/Mw/h
Social	Geração de emprego	Número de postos de trabalho criados

Fonte: Elaboração própria.

3. Metodologia

A abordagem de pesquisa utilizada para atingir os objetivos desse trabalho é a qualitativa exploratória. Os procedimentos técnicos usados para esse trabalho são a pesquisa bibliográfica e documental e o estudo de caso.

As pesquisas bibliográficas e documentais foram escolhidas por terem maior abrangência no tema de energia fotovoltaica.

O método de estudo de caso (Yin, 2015) foi escolhido, pois ajuda a responder questões de pesquisa do tipo "como" ou "por que" sobre um conjunto de eventos contemporâneos sobre os quais o pesquisador tem pouco ou nenhum controle.

Para Yin (2015) o escopo do Estudo de Caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de mundo real, e sua investigação apresenta muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados, e, como resultado, conta com múltiplas fontes de evidências.

Para se fazer um estudo de viabilidade é necessário que se faça um levantamento das variáveis econômicas, técnicas, sociais e ambientais que influenciam na instalação de painéis fotovoltaicos, com base na literatura.

3.1 Método de Análise da Viabilidade

As etapas para análise da viabilidade econômica, técnica, social e ambiental da instalação de painéis solares estão apresentadas na figura 3 a seguir.

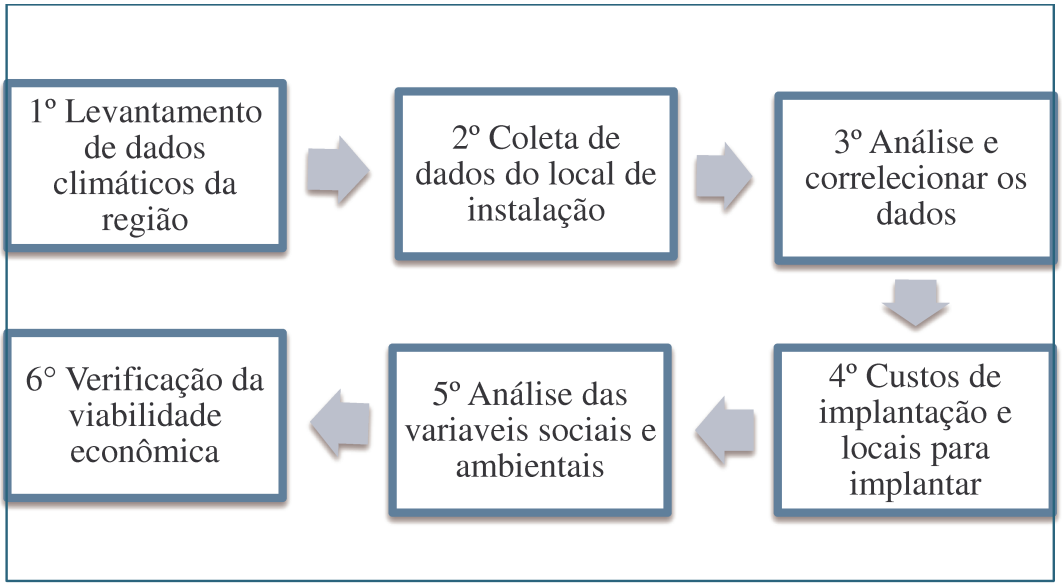

Figura 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa
Fonte: Elaboração própria.

A primeira etapa necessária para se efetuar a instalação dos painéis solares no local é realizar o levantamento de dados climáticos da região, buscando-se saber a quantidade de irradiação da região.

A coleta de dados do local da instalação, que se refere a etapa 2, é responsável pelo levantamento de informações técnicas que são necessárias para o uso da energia solar, tais como, o consumo de energia e o custo da tarifa

O terceiro passo é uma análise de correlação dos dados de consumo de energia mensal do local e a quantidade de irradiação mensal da cidade analisada, com o objetivo de mostrar a relação existente entre os índices de irradiação e de incidência solar com o consumo de energia. Essa análise é necessária, pois é através dela que poderemos verificar se a cidade e o local são bons para a geração de energia solar.

Assim, a quarta etapa visa levantar os custos para a instalação e os locais para que ela ocorra. Para isso, é necessário que se realize uma consulta de no mínimo duas empresas que realizem a instalação de painéis fotovoltaicos para que elas façam uma cotação em relação ao preço, quantidade de painéis fotovoltaicos, área necessária, a capacidade de produção de energia dos painéis e o período de retorno do investimento. A utilização de duas empresas para a consulta de preço é baseada no trabalho do Dazcal (2007, p.8) na qual o autor se utiliza da cotação de duas empresas para saber qual delas apresenta a melhor proposta para o local.

Além da consulta às empresas, se utilizou um aplicativo desenvolvido pela empresa WEG para o dimensionamento da quantidade de painéis solares necessários e o

seu custo. Esse aplicativo da WEG permite que se estime o retorno financeiro, a quantidade de área necessária para a instalação dos painéis solares, a quantidade de energia gerada pelos painéis e o custo para a instalação dos painéis. Os seus cálculos são feitos com base nas informações da conta de energia e nos índices de irradiação solar da região. Com a consulta às duas empresas e a utilização do simulador da WEG é possível realizar as etapas de viabilidade da instalação dos painéis solares.

Na etapa 5 verifica-se as variáveis sociais e ambientais levantada na literatura foram atendidos ou não no processo de instalação dos painéis. As variáveis sociais que são observadas é a quantidade de emprego que foram gerados para a colocação dos painéis.

Na sexta etapa verifica-se a viabilidade econômica da instalação. Nessa análise, busca-se compreender o tempo de retorno de seus custos de instalação.

Cada etapa de pesquisa apresentada no fluxograma equivale a um, ou a um conjunto, de critérios que foram definidos para serem utilizados no estudo de caso. Essa relação entre os critérios escolhidos e a etapas que equivalem são apresentados no quadro 3.

Os impactos ambientais relacionados a esta fonte de energia estão diretamente ligados à sua produção e instalação. Tais impactos relacionados à instalação dos painéis fotovoltaicos podem ser medidos através de um estudo das cotações realizadas pelas empresas que além de indicar o investimento e o sistema necessário para o uso dos painéis solares, fornecem a estimativa de impacto ambiental que a instalação irá trazer, por meio da quantidade de redução de CO_2 na atmosfera.

Por fim, a última etapa necessária para avaliar a viabilidade da instalação dos painéis fotovoltaicos é a econômica. Conforme retirado da literatura, o índice econômico que será avaliado é o payback. Essa variável revela o tempo de retorno de seu custo de instalação.

Quadro 3 - Comparação entre as etapas da metodologia e as variáveis de avaliação

ETAPAS DA METODOLOGIA	VARIÁVEIS LEVANTADAS	FONTE DOS DADOS
1º Levantamento de dados climáticos da região	Irradiação solar da região	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
	Localização	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
2º Coleta de dados do local de instalação	Consumo de eletricidade do local	Diretoria de Ensino da Faculdade de Ciência Aplicadas
	Tarifa da distribuidora	Elektro
3º Analisar e correlacionar os dados	Não apresenta critérios	Não se aplica
4º Custo de implantação e locais para implantar	Localização	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
5º Analise das variáveis sociais e ambientais	Geração de emprego	Empresas que realizaram a cotação
6º Verificação da viabilidade econômica	Payback	Empresas que realizaram a cotação

Fonte: Elaboração Própria

4. Estudo de Caso

Para validar se o método levantado para a verificação da viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos correto é válido é necessário aplicá-lo, e para isso foi usada a Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade de Campinas (UNICAMP), que se encontra na cidade de Limeira, como estudo de caso.

A Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) foi inaugurada em 2009 com cursos de graduação em todas as áreas do conhecimento, oferecendo, na época, oito cursos nas áreas de engenharia, saúde e administração. Além de cursos na graduação, a instituição também oferece cursos de pós-graduação, de pesquisa e de extensão. A faculdade apresenta 2524 estudantes, destes 1277 estudam no período noturno, e apresenta um total de 150 funcionários, contando docentes e servidores não docentes conforme dados publicados pela revisa Abre Aspas da FCA.

A FCA apresenta uma área de 485 mil m^2 e aproximadamente 30 mil m^2 construídos. O campus foi estrategicamente instalado em Limeira, uma cidade que apresenta uma população estimada de 300.911 habitantes, de acordo com os dados do

IBGE, e esta próxima de cidades como Campinas, Piracicaba e São Paulo, e está perto de grandes polos científicos, culturais e econômicos.

Para a avaliação do método criado é necessário aplicar as etapas de avaliação apresentadas na parte de metodologia. Essas etapas voltadas para o caso da FCA estão apresentadas na figura 4.

A primeira etapa de pesquisa para a elaboração do estudo de caso foi o levantamento de dados climáticos da região de Limeira do Estado de São Paulo, onde se encontra a Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas.

Dentro dos dados climáticos recolhidos da cidade de Limeira, estão os dados sobre a irradiação solar mensal e anual na cidade. Esses dados foram recolhidos do Atlas Brasileiro de Energia Solar, elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

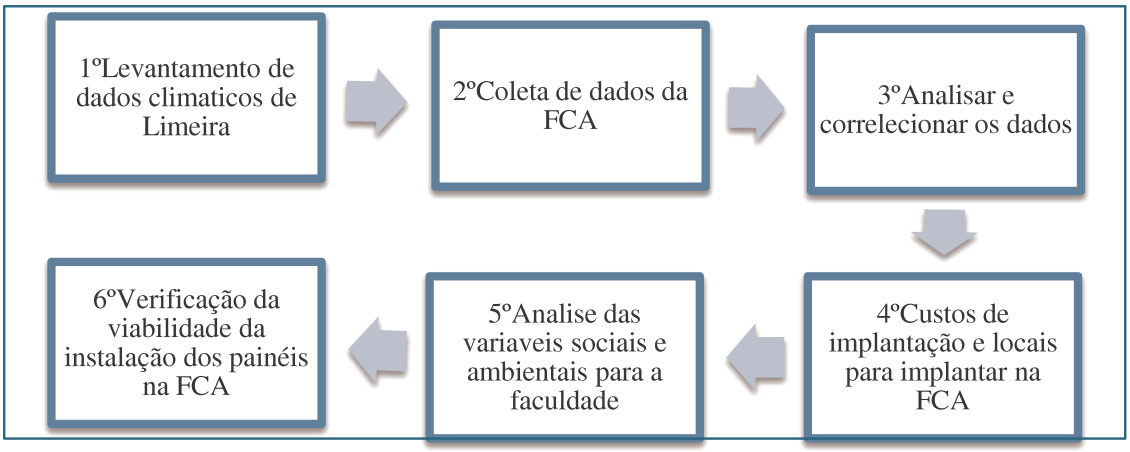

Figura 4 - etapas do estudo de caso na FCA
Fonte: elaboração própria.

O Atlas apresenta um levantamento nacional da quantidade anual de irradiação direta normal no país, representado na figura 5. As cores mais escuras representam os locais onde se tem uma maior quantidade de irradiação. Assim, com esse mapa pode-se perceber que na região em que se encontra a cidade de Limeira, existe uma grande quantidade de irradiação, permitindo assim que se consiga gerar uma quantidade de energia fotovoltaica.

Figura 5 - Total diário da Irradiação direta normal, média anual.
FONTE: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017);

Conforme a base de dados disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), a irradiação mensal e anual da região da cidade de Limeira, é apresentada na tabela 1.

Tabela 1- Irradiação na cidade de Limeira

Cidade	**Limeira - SP**
Meses	**Irradiação - Wh/M^2**
Jan	5637,525
Fev	4575,568
Mar	4231,643
Abr	7907,996
Mai	6605,133
Jun	4853,093
Jul	4295,762
Ago	5653,506
Set	5714,745
Out	7105,438
Nov	4616,583
Dez	4175,187
MÉDIA	5277,016

FONTE: Adaptada de INPE (2017).

A segunda etapa foi a coleta de dados da FCA, onde foi realizado um levantamento das informações técnicas necessárias para a instalação dos painéis

fotovoltaicos. Para a instalação de energia solar na faculdade foi necessário primeiramente saber qual é o sistema de contratação necessário para a instalação dos painéis. Em seguida, buscou-se saber o consumo mensal de energia da faculdade (tabela 2) e buscou-se também o valor médio da tarifa paga pela instituição.

A partir dos dados coletados de irradiação que a cidade de Limeira apresenta e os dados de consumo mensal de energia da faculdade, que são de 5.277,016 kWh/M^2 e R$ 68.757,85, respectivamente, pode-se prever que com a instalação dos painéis fotovoltaicos o custo de energia da faculdade irá diminuir após a instalação.

Por se tratar de uma faculdade e apresentar um grande consumo de eletricidade, a tarifa paga pela universidade não é a mesma do consumidor normal. A tarifa cobrada pela empresa Elektro, que é responsável pela distribuição de energia na cidade de Limeira é de R$ 0,32 por kWh, enquanto que para um consumidor residencial, essa tarifa é de R$ 0,64 por kWh.

Tabela 2 - Gastos de Energia da Faculdade de Ciências Aplicadas

Mês Referência	Valor total		Consumo total (kWh)
2016			
Janeiro	R$	54.768,95	99.386,4
Fevereiro	R$	71.922,44	130.010,6
Março	R$	82.048,77	145.397,4
Abril	R$	91.530,71	169.819,4
Maio	R$	68.010,16	119.323,4
Junho	R$	60.067,66	107.048,5
Julho	R$	57.674,14	106.795,4
Agosto	R$	60.496,55	109.188,2
Setembro	R$	66.959,20	135.940,0
Outubro	R$	67.850,72	140.693,3
Novembro	R$	70.084,65	151.336,7
Dezembro	R$	73.680,48	158.232,1
Total	**R$**	**825.094,43**	
Média	**R$**	**68.757,87**	**131.097,6**

FONTE: Diretoria de Ensino da Faculdade de Ciência Aplicadas

Com os dados de irradiação da Cidade de Limeira e o consumo da Faculdade de Ciências Aplicadas, podemos seguir para a quarta etapa da metodologia que foi a consulta a até duas empresas que realizam a instalação de painéis fotovoltaicos, para saber o custo da instalação, a quantidade de energia que poderá ser gerada, a área necessária e o período de payback.

Além da consulta às empresa que atuam na instalação de painéis fotovoltaicos, foi utilizado um aplicativo desenvolvido pela empresa WEG, chamado payback Solar, que auxiliar no dimensionamento da quantidade de painéis solares necessários e o seu custo, apresentando os mesmos resultados que uma empresa de energia solar. O resultado da consulta ao aplicativo e as empresas de energia solar, estão apresentados na tabela 3.

Analisando a tabela 3, percebe-se que a melhor cotação das empresas é a da Solstício, que apresentou um investimento inicial menor e o seu período de payback foi menor do que o das outras empresas, além disso, a empresa conseguiu gerar uma média mensal de energia, maior que as outras cotações e se utilizou de uma área menor.

Tabela 3 – Cotação das empresas para instalação dos painéis fotovoltaicos

Empresas	Investimento inicial	Geração mensal média	Quantidade de painéis	Área	Payback
NEOSOL	R$5.175.000,00	133300 kWh/mês	3200	6400 m2	9 anos e 8 meses
SOLSTÍCIO	R$ 2.442.082,06	69366 kWh/mês	1800	3060 m^2	6 anos e 4 meses
WEG	R$ 2.882.929,56	68758 kWh/ mês	Não se aplica	4613 m^2	9 anos e 4 meses

Fonte: Elaboração Própria

Na cotação da empresa WEG, a quantidade de painéis utilizada para gerar energia não se aplica, pois como se trata de um aplicativo, ele realiza os cálculos da geração média mensal de energia através da área necessária e não da quantidade de painéis.

Após a realização da cotação com as empresas para a instalação dos painéis fotovoltaicos, foi feita uma análise das variáveis sóciais que essa instalação apresentou para a universidade. A variável social analisada foi o número de empregos criados através da instalação dos painéis fotovoltaicos. De acordo com uma consulta à empresa Solstício, o número de empregos que a instalação na FCA geraria seria entre 13 e 15 postos de trabalho.

A análise ambiental focou no impacto para o meio ambiente, em relação à quantidade de CO_2 que seria deixada de ser liberada para a atmosfera. Para chegar nesses dados, utilizou-se os dados da cotação da empresa Solstício.

Conforme apresentado na cotação da empresa Solstício, o sistema que eles cotaram, com 1800 painéis fotovoltaicos, que geram 585 kWh de potência nominal e que precisam de uma área de 3060 m^2, deixa de lançar para a atmosfera cerca de 430 toneladas de CO_2 por ano, equivalente a plantar 3076 árvores por ano, de acordo com a empresa Solstício.

A sexta etapa foi de análise da viabilidade da instalação dos painéis da Faculdade de Ciências Aplicas. Para essa etapa foi necessário verificar quais das cotações das empresas foi a mais viável e a melhor para se utilizar. Dentre as cotações, a mais viável foi a da empresa Solstício, que para a demanda da FCA recomendou a instalação de 1800 painéis que conseguem gerar uma média mensal de eletricidade de 69.366 kWh/mês, exige uma área de 3060 m^2 e apresenta um payback de 6 ano e 4 meses, e essas características para a faculdade são viáveis, pois a média anual que será produzida de energia pelos painéis é maior que a demanda da faculdade que é de 131.097,6 kWh, a área também exigida para a instalação é viável, já que a FCA apresenta uma área de 485 mil m2 e aproximadamente 30 mil m2 construídos e o período de payback é viável considerando o período que a faculdade ficaria sem gastar com energia elétrica.

5. DISCUSSÃO

Conforme apresentado no decorrer deste trabalho, buscou-se identificar se o método criado para avaliação da viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos é adequado ou não. O método constituído através da revisão da literatura é formado pelas variáveis econômicas, técnicas e sociais, que estão representadas no quadro 2.

As variáveis presentes no método de avaliação foram levantadas com o objetivo de determinar a viabilidade da instalação dos painéis fotovoltaicos, e para a isso se fez necessário realizar um estudo de caso para verificar a viabilidade de levantamento dos dados das variáveis.

Das variáveis técnicas, os dados sobre a localização e a irradiação foram encontrados através da base de dados do INPE, e os dados sobre o consumo de eletricidade local e os modelos de painéis solares, foram descobertos através do levantamento de dados na FCA e através da descrição das empresas que realizaram a cotação, respectivamente. Essa variável foi importante, pois sem a presença dessas informações não seria possível a realização do levantamento do orçamento para a instalação dos painéis. Além disso, essas variáveis foram as que estiveram mais

presentes nas obras da revisão da literatura, pelo motivo de serem fundamentais para a avaliação da viabilidade da instalação da energia solar.

Das variáveis econômicas a informação sobre o payback foi disponibilizada pelas próprias empresas de energia solar após a cotação sobre a instalação do sistema na faculdade. O consumo de eletricidade local e a tarifa da distribuidora, foram fornecidos pela faculdade e pela Elektro, respectivamente. Esses dados foram importantes, pois a variável econômica informa se a instalação dos painéis fotovoltaicos iria ser viável economicamente ou não.

A variável social analisada foi a geração de empregos diretos e indiretos através da instalação dos painéis fotovoltaicos. Essa informação foi concedida por uma das empresas que realizaram a cotação, se fez necessário para verificar os impactos positivos e negativos que esta instalação faria na sociedade, dentro e fora do campus da faculdade.

O estudo de caso do presente trabalho se deu em uma instituição pública, a Faculdade de Ciências Aplicadas. Por causa disso, uma das coisas que se tem que levar em consideração é o processo de licitação que é necessário ocorrer. Esse processo é regido pela lei nº 8666 de 1993 que estabelece normas gerais sobre licitação e contratos administrativos.

O processo de licitação na Faculdade de Ciências Aplicadas é feito pela Diretoria Geral de Administração (DGA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O órgão é responsável por abrir e tornar públicos os processos de licitação referentes a obras e serviços vinculados à universidade. As empresas interessadas em participar dessa licitação devem verificar se cumprem os requisitos e depois devem se cadastrar para participar do processo. Para selecionar as empresas o DGA cumpre os requisitos da lei nº8666 e escolhe a empresa que apresenta o menor preço para a proposta.

No estudo de caso apresentado nesse trabalho, as duas empresas consultadas deveriam esperar o DGA abrir e tornar pública a licitação. Após essa etapa as empresas precisariam verificar se cumprem os requisitos, e se sim, elas se cadastrariam para concorrer à licitação.

A utilização do método no estudo de caso da Faculdade de Ciências Aplicadas apresentou algumas dificuldades. Por se tratar de uma instituição pública a faculdade apresentou algumas características próprias para a realização do método, tais como, a necessidade da utilização de um edital de licitação para a escolha da empresa, além da

questão de possuir um grande uso de energia, tendo uma tarifa especial, mas ao mesmo tempo necessitando de uma grande área para alocação dos painéis para suprir sua demanda.

O método construído apresentou pontos fortes e fracos relacionados à sua aplicação. Os pontos fortes percebidos foram que das variáveis econômicas e técnicas apresentadas, todas contribuíram para o estudo, na instalação dos painéis fotovoltaicos. Os pontos fracos percebidos foram as poucas variáveis sociais e ambientais apresentadas. Esses aspectos foram pouco abordados nas literaturas levantadas para a revisão literária, fazendo com que as variáveis estudadas fossem pouco abrangentes.

6. CONCLUSÃO

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia de 2024 (EPE, 2015) a energia solar fotovoltaica está se expandindo e tendo uma participação cada vez maior na matriz elétrica mundial e nacional. Ela apresenta boas perspectivas de crescimento para os próximos anos, se tornando assim uma alternativa de investimento em tecnologia eficiente para o uso final.

Com essa expansão da energia solar no país uma quantidade cada vez maior de casas, indústrias e empresas utilizam sistemas fotovoltaicos para gerar energia. Assim, a criação de uma modelo de avaliação da viabilidade de instalação de painéis fotovoltaicos se faz necessário para a expansão da energia solar no país.

Com o presente trabalho pode-se concluir que o modelo criado pode ser usado para analisar a viabilidade da instalação de painéis solares, já que na aplicação do estudo de caso, as variáveis levantadas para a análise da instalação foram adequadas para se chegar ao resultado esperado.

A partir do método proposto, pode-se verificar a viabilidade de implementação de painéis solares no campus da faculdade, tendo um resultado positivo para a viabilidade, demonstrando que o método é válido, podendo ser estudado e usado em outros setores.

O método construído servirá para qualquer pessoal ou empresa que tenha o interesse de realizar a instalação de painel solar na sua residência, na sua indústria ou na empresa, já que inclui as variáveis que precisam ser analisadas antes da instalação.

A definição do preço de instalação de um painel fotovoltaico e o seu respectivo período de payback é uma limitação presente no método construído, pois essas definições serão fornecidas pela empresa que realizar a cotação. Sendo assim, o seu

preço e o seu período de retorno dependerá do orçamento realizado pela empresa, não sendo, uma informação fixa para todo método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRE ASPAS. Limeira: Faculdade de Ciências Aplicadas, v. 11, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/fcaunicamp/docs/abre_aspas_campinas_n.11__web_>. Acesso em: 05 out. 2017.

AMARAL, André Neves do. **Estudo da viabilidade económica da instalação de sistemas de colectores solares fotovoltaicos em edifícios residenciais.** 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

BRASIL. **Lei de Licitações e Contratos**. Brasília ,

BRASIL. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de Novembro de 2015**. Brasília.

CASTRO, Rui M.g.. **Introdução à Energia Fotovoltaica.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2002.

CEPEL, Eletrobras -. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito.** Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 05 jun. 2017.

CPFL. **Bandeiras Tarifárias.** Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 04 out. 2017.

COMETTA, Emilio. **Energia Solar:** Utilização e empregos práticos. Campinas: Hemus, 1989.

DAZCAL, Rafael Guershom. **Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um Edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie.** 2007. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Escola de Engenharia, Instituto Presbiteriano Mackenzie, São Paulo, Sp, 2007

PEREIRA,Enio Bueno . **Atlas brasileiro de energia solar.** 2.ed. São josé dos campos: Inpe, 2017.

EPE **Balanço Energético Nacional 2016:** Ano base 2015. Rio de Janeiro: Epe, 2016

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=352690>. Acesso em: 31 out. 2017.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Planejamento integrado de recursos energéticos:** meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Campinas, Sp: Autores Associados, 1997.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil:** Panorama da Atual Legislação. Campinas, Sp: Pro Cobre, 2009.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar para produção de eletricidade.** São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024.** Brasília: Mme/epe, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2050.** Rio de Janeiro: Mme/epe, 2014.

MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À**

REDE. 2014. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL Solar: Simulador Solar. Simulador Solar. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>. Acesso em: 02 jul. 2017.

POTENZA Solar. Disponível em: <http://www.potenzasolar.com.br/blog/#>. Acesso em: 27 jun. 2017.

SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. Energia solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga - MG. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 13., 2016, Resende - Rj. **Anais... .** Resende - Rj: Associação Educacional Dom Bosco, 2016. p. 01 - 14.

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo de. A Temática Ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: Algumas Possibilidades de Desenvolver o Tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma Situação de Ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 24, n. 3, p.342-352, set. 2002.

WWF-BRASIL. **Potencial da Energia Solar Fotovoltaica de Brasília.** Brasília: Wwf-brasil, 2016.

YIN, Robert K.. **Estudo de Caso:** Planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.