IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA UNIVERSIDADE ESTADUAL: ANÁLISE DE VIABILIDADE

TEOMAR FILHO DE BRITO RAMOS[1]*; RÍCARO TEIXEIRA ALENCAR[2]; JOSÉ JAIME AGUIAR DE MENEZES[3]; ALESSANDRO SILVINO SOUSA[4]; AUDELIS DE OLIVEIRA MARCELO JÚNIOR[5]

[1]Estudante de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, teomar_filho@hotmail.com;
[2]Estudante de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, ricaro-alencar@hotmail.com
[3]Estudante de Engenharia Civil, UVA, Sobral-Ce, jaimemenezes43@gmail.com;
[4]Estudante de Engenharia Civil, UVA, Sobral-Ce, alessandro.silvino.sousa@gmail.com;
[5]M.Sc. Prof. Efetivo do curso de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, oliveira_marcelo@uvanet.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018–Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho possui como objetivo principal provar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da aplicação de uma usina de Energia Solar Fotovoltaica na Universidade Estadual Vale do Acaraú(UVA), em Sobral-Ce. Para isso, foram coletadas as contas de energia ao longo de 1 ano de todos os campi para descoberta do consumo médio mensal da Universidade, foi feito estudo bibliográfico acerca do dimensionamento e funcionamento do sistema *on grid*, foram feitas pesquisas para descobrir a irradiação solar média na cidade. Além disso, foi feita análise de mercado para saber quais os preços médios dos componentes do sistema, para que se pudesse compor uma proposta preliminar. A partir disso, foi possível determinar que o sistema demanda 4290 módulos, 29 inversores e 1,3 hectare para sua implantação. Dessa forma, considerando gastos com manutenção, cabeamento, mão de obra e demais gastos, é proposto um valor de R$6.759.307,84. Ao longo dos 25 anos de funcionamento da usina, no sexto ano esse valor será zerado e o sistema passará a dar lucros. Ao final de sua vida útil, serão lucrados R$25.284.263,36 e será evitada a emissão de 14.336,38 toneladas de CO_2.
PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Energias Limpas, Universidade Pública, Economia.

IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT IN A PUBLIC UNIVERSITY: FEASIBILITY ANALYSIS

ABSTRACT: This study aimed to prove the technical, economic and environmental feasibility of the application of a photovoltaic solar power plant in Universidade Estadual Vale do Acaraú, in Sobral-Ce. For that, it was collected the energy bills of 1 year of all colleges to find out the average consumption of the University, a bibliographic study was done to find out the average solar irradiation in the city. Besides that, it was done market analysis to find out the average prices of the system components, to make a preliminary proposal. From this, it was possible to determine that the system demands 4290 modules, 29 investors and 1,1 hectar for the implantation. This way, considering spending with maintenance, cabling, labor and other spendings, it is proposed a value of R$6.759.307,84. Over the 25 years of lifespan of the system, at the fifth year this value will be payed and the system starts to give profits. At the end of the lifespan time, it will be profited R$25.284.263,36 and it will be avoid the emission of 14.336,38 tons of CO_2.
KEYWORDS: Sustainability, Clean energies, Public university, Economics.

INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis vêm sendo adotadas em grande escala em todo o País, como forma de reduzir a emissão de gás carbônico. As fontes do tipo eólica, maremotriz, geotérmica ou solar são as fontes comumente utilizadas por diversos países, sejam estes em desenvolvimento, como o próprio Brasil, ou desenvolvidos, como a Alemanha(SCHMALENSEE,2015).

A utilização de fontes limpas de energia tem crescimento amplo para os próximos 20 anos. Dentre estas fontes, destaca-se a Energia Solar Fotovoltaica(ESFV), por ter sido aquela que, até o presente momento, apresentou maior viabilidade socioeconômica, ambiental e técnica. Além de ser uma fonte de energia autossuficiente e renovável, não gera ruídos nem poluição durante sua operação, proporciona grande facilidade de instalação, baixo custo de manutenção, elevado tempo de vida útil, retorno rápido do investimento, maior valorização do imóvel e maior atração de capital externo (INNOVATIONS,2016).

Existem diversas possibilidades de utilização de ESFV, como em sistemas conectados à rede ou *on-grid*, que injetam a energia gerada pelo sistema na rede elétrica da concessionária. Esse arranjo pode ser aplicado em residências, comércios, indústrias ou Universidades, partindo de sistemas bem simples, como aqueles de residências de padrão popular, até sistemas de alta complexidade, como aqueles aplicados em Universidades, que costumam ter padrão de Usina Fotovoltaica(UF)(RIOS, 2016).

No Brasil, segundo Lima(2014), as principais barreiras à maior disseminação da energia solar fotovoltaica são Técnicas, de Regulamentação e Econômicas. Além disso, as altas taxas de importação a que os módulos e inversores são submetidos, e poucas alternativas de financiamento para usinas fotovoltaicas de pequeno/médio porte. Porém, segundo Nascimento(2017), estão surgindo maiores incentivos ao crescimento desta fonte de energia no País, já havendo alguns avanços consideráveis.

Desta forma, faz-se pertinente a realização de estudos que visem a análise da viabilidade de aplicação da energia solar fotovoltaica em Instituições de grandes demandas, como Universidades Públicas. Através destes estudos, será possível apontar dados que comprovem tal viabilidade, analisando o investimento do ponto de vista econômico, ambiental e social, de forma que o estudo seja norteado pelo tripé da sustentabilidade.(VILLALVA,2015)

No presente trabalho, será feito um estudo de caso, tendo como alvo a Universidade Estadual Vale do Acaraú(UVA), em Sobral-Ceará. Possui como objetivo principal analisar se a aplicação de uma usina de Energia Solar Fotovoltaica em Universidades Públicas é uma alternativa viável, considerando o ponto de vista econômico, ambiental e social.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização de uma análise de viabilidade através de um estudo de caso, é preciso coletar as seguintes informações do objeto de estudo: Histórico de consumo energético e gastos com faturas energéticas de todos os 4 campi da UVA, para determinação da demanda energética da Instituição. Será proposto que a usina supra o máximo possível dessa demanda, por isso esse valor é imprescindível. É necessário saber também a latitude referente à localização da Instituição, para saber qual a irradiação média mensal do local; Levantamento de áreas disponíveis para fixação dos módulos, de forma a saber se existe limitação quanto a essa área.

Além disso, é preciso realizar uma pesquisa de mercado para levantar os preços dos componentes a serem utilizados no sistema, o que irá compor o orçamento preliminar. Por fim será feita a análise de viabilidade do investimento, de forma a descobrir o tempo de retorno do mesmo, economia anual à Universidade, toneladas de carbono que o sistema impede que sejam emitidas e a taxa de lucro do projeto após os 25 anos de sua vida útil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do Programa SunData, do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito(CRESESB), é possível levantar a irradiação solar média mensal na cidade de Sobral-Ce. Através da análise da Figura 1, é possível concluir que esse valor é de 5,50 kWh/m²dia. Ou seja, a Energia proveniente dos raios solares em Sobral, considerando um espaço de 1m², é de 5,50 kWh em um dia.

Figura 3 -Irradiação solar média mensal em Sobral-Ce

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Plano Horizontal	0° N	5,19	5,31	5,26	4,90	5,00	4,91	5,20	5,88	6,40	6,31	6,11	5,44	5,49	1,50
☑	Ângulo igual a latitude	4° N	5,06	5,23	5,25	4,96	5,13	5,07	5,36	6,00	6,43	6,23	5,97	5,29	5,50	1,47
☑	Maior média anual	3° N	5,09	5,25	5,26	4,95	5,10	5,03	5,32	5,97	6,42	6,25	6,00	5,3	5,50	1,47
☑	Maior mínimo mensal	6° N	4,99	5,19	5,24	4,98	5,19	5,15	5,43	6,05	6,43	6,19	5,88	5,21	5,49	1,45

Fonte: (CRESESB, 2018)

De acordo com a análise das faturas energéticas fornecidas pela Administração da Instituição, unindo todos os 4 campi durante um ano, foi possível obter o consumo energético médio mensal da Universidade inteira e seus gastos com faturas energéticas. Os dados obtidos estão expressos na tabela 01:

Tabela 1. Consumos energéticos e gastos com faturas energéticas médios mensais por campus

Campus	Média mensal de Consumo energético no período coletado, em kWh	Média mensal de gastos com faturas energéticas no período coletado, em Reais
Campus A	121.316	R$70.273,47
Campus B	29.815,5	R$18.321,92
Campus C	22.985,5	R$15.018,74
Campus D	12.630,7	R$7.648,27
Total	186.748	R$111.262,40

Através da análise da tabela acima é possível concluir que a UVA tem um consumo energético médio de 186.748 kWh/mês no período coletado. Referente a esse consumo, está sendo pago mensalmente, em média, R$111.262,40. Esse alto consumo é explicado pelo funcionamento de 20 cursos, distribuídos entre os 4 campi. E, como a maioria dos cursos é integral ou noturno, existe uma grande movimentação na UVA diariamente no horário de pico, que se estende de 17:30 às 20:30. Como a tarifa energética neste período do dia é mais alta, este fato ocasiona grandes aumentos na fatura.

Para fazer o dimensionamento do sistema serão utilizados os mesmos procedimentos aplicados por Aquino Filho(2017). Logo, utiliza-se o valor da irradiação solar média diária multiplicado pela área(A) de 1 placa, que é de 1,94m² e multiplicado por 30, que é a quantidade média de dias(d) por mês. É preciso considerar a eficiência do módulo(η), que depende do fabricante, e as perdas geradas pelo sistema como um todo(f), considerando fiação, inversor e os demais constituintes do sistema. Estes valores serão de $\eta = 17\%$ e $f = 20\%$. Assim, será encontrado o valor de energia gerada por módulo por mês de funcionamento(G^1). De acordo com a equação 01(eq.01):

$$G^1 = I * \eta * (1 - f) * A * d \qquad \text{(eq.01)}$$

$$G^1 = 5{,}50 * 17\% * 80\% * 1{,}94 * 30$$

$$G^1 = 43{,}53\ kWh/mês \text{ - Geração de 1 módulo}$$

Para obter a quantidade de módulos(N) necessária para suprir o consumo médio mensal da UVA, é preciso dividir esse consumo pela geração mensal de 1 placa(G^1). Não será considerado nenhum acréscimo para suprir aumento de demanda e flutuação de consumo, no intuito de reduzir os gastos iniciais do projeto. No decorrer do funcionamento da usina, há a possibilidade de aquisição e incorporação de novos módulos ao sistema. Sendo assim, de acordo com a equação 02 (eq.02):

$$\mathrm{N} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{G}^1} = \frac{186.748}{43{,}53} = 4290 \text{ módulos} = 1{,}37\text{MW - Potência do Sistema}$$

É preciso obter também a quantidade de inversores de corrente a serem aplicados no sistema, para transformação da corrente contínua gerada pelos módulos em corrente alternada, antes de esta ser lançada na rede elétrica, que funciona em corrente alternada. Além disso, este elemento é responsável por um controle de carga do sistema, mantendo-a sempre a máxima possível.

Para isso, divide-se a usina em *strings*, que são as associações de módulos fotovoltaicos, e cada inversor recebe a energia gerada por 2 *strings*. Neste trabalho é proposta uma divisão de 150 módulos/inversor, ou seja, 2 *strings* com 75 módulos cada um, resultando em uma potência de 48kW que chega ao inversor. Sendo escolhido o Inversor TRIO-50.0-TL-OUTD-US-480, com potência de entrada de 51,25kW, o somatório das potências de saída dos dois *strings* deve estar próximo da potência do inversor. Como a potencia do sistema é de 1,37MW, para este tipo de arranjo da usina serão necessários 29 inversores. Existe a possibilidade de usar inversores centrais, que podem receber potências de 100 kW a 1MW, porém para esta análise será considerado um inversor de menor porte. (VILLALVA,2015)

Para se chegar à área total demandada pela usina, é preciso saber qual a área ocupada por 1 placa, de forma que uma não cause sombreamento sobre outra. Além disso, é preciso garantir que os módulos não fiquem em áreas que tenham sombreamento em qualquer momento do dia. Como são

4290 módulos de 1,94m² cada, considerando que cada módulo ocupe uma área de 3,00m², para evitar o sombreamento de um sobre outro e garantindo espaço para manutenção e trânsito de cargas e pessoas ao longo da usina, é demandada uma área terrena mínima de 1,3 hectare apenas para a disposição dos mesmos. Por ser uma área muito grande, torna-se inviável instalar esse sistema nos telhados dos campi. Por isso, será considerado aqui que o sistema será aplicado na Fazenda Experimental(FAEX) da UVA, a qual possui grandes áreas disponíveis para a instalação desta usina.

Através do pré-dimensionamento do sistema, com a determinação da quantidade e modelo de módulos e inversores a serem utilizados, com a adoção de alguns parâmetros para determinar os gastos com fiação e manutenção e com estrutura de sustentação dos módulos no solo, é possível estimar um valor de implantação desta usina.

De acordo com Groth(2013), os gastos com cabos, proteções, sistemas de fixação e outros são cerca de R$1,53/W. Ver tabela 02:

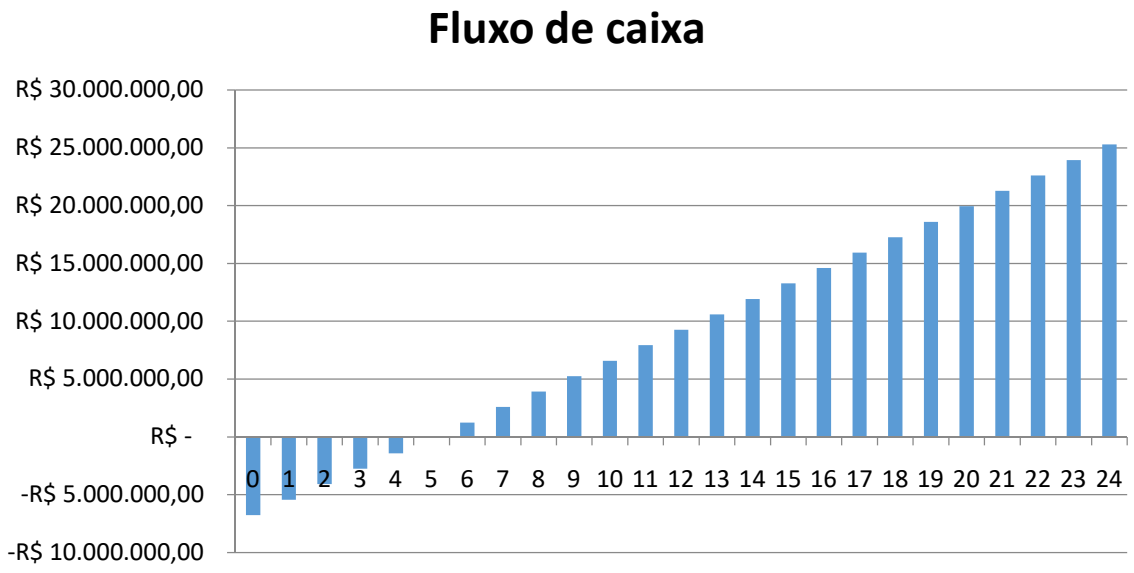
Tabela 02 - Estimativa de gastos

Item	Quantidade necessária	Custo unitário	Custo total
Módulo Yingli solar 320W	4290 módulos	R$800/módulo	R$3.432.000,00
Inversor TRIO-50.0-TL-OUTD-US-480	29 inversores	R$40.000/inversor	R$1.160.000,00
Cabos, proteções, sistemas de fixação e demais gastos	1.372.800 W	R$1,53/W	R$2.100.384,00
Total parcial			R$6.692.384,00
Taxa de manutenção	1%		R$66.923,84
Total			R$6.759.307,84

O valor da usina em questão fica estimado em R$6.759.307,84. A partir deste valor, é possível fazer diversas análises para comprovar a viabilidade de tal investimento. Como o investimento inicial é o valor acima referido, o caixa do projeto fica com saldo de -R$6.759.307,84. A cada mês que se passa, como a geração energética dos módulos reduz a fatura energética da Universidade, que antes era de R$111.262,40 em média, a praticamente zero, o valor que era pago anteriormente passa a se encaixar como uma economia.

Dessa forma, a cada mês esse valor é somado ao caixa do projeto. Esse caixa, que começou negativo, vai crescendo até o momento em que ocorre a inversão. O caixa passa a ser positivo, o que significa que o investimento inicial foi pago e então o projeto passa a dar lucro à Universidade.

Gráfico 01 - Fluxo de Caixa do projeto



Através da análise do Gráfico 01, considerando que o ano 0 começa a partir do início do funcionamento dos sistema, é possível aferir que durante os 5 primeiros anos, o caixa estará negativo, de forma que a Universidade ainda estará recuperando seu investimento inicial. Porém, do sexto ano em diante o caixa do projeto passa para o lado positivo do gráfico. Isso quer dizer que a Universidade recuperou totalmente seu investimento e, a partir de então, Esta irá gerar apenas lucro a partir de sua geração distribuída.

Como o sistema possui um tempo de vida útil de cerca de 25 anos, será necessário passar 5 anos pagando o investimento para obter 20 anos de lucros. Ao final desses 25 anos, o sistema deverá gerar um rendimento avaliado em R$25.284.263,36. Este benefício representa cerca de 374% de retorno, se caracterizando como um investimento de alto nível.

Para mensurar a redução nos impactos ambientais gerada por esse projeto, foi feita uma simulação no simulador solar da América do Sol(2018), o qual confirmou os valores acima descritos e apontou a redução de 14.336,38 toneladas de CO_2 emitidas na atmosfera ao longo dos 25 anos de funcionamento do sistema

CONCLUSÃO

Percebeu-se que a implantação do projeto em questão na Universidade torna-se extremamente favorável e viável, oferecendo um tempo de retorno do investimento de 5 anos e um lucro de 330% do valor investido ao final dos 25 anos de vida útil do sistema. Além disso, é necessário ressaltar a considerável redução dos impactos ambientais gerados por essa iniciativa, em vista da grande redução da produção de energia pelos métodos convencionais.

Tal atitude, se aplicada de fato, torna a Universidade um modelo de sustentabilidade na região, se enquadrando como uma das primeiras a possuir autossuficiência energética. Além disso, a UVA obterá lucros com a iniciativa, garantindo assim melhores condições para alunos e servidores.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Vale do Acaraú, pelo suporte e confiança depositados no Núcleo de pesquisa em Energia Solar Fotovoltaica - NUPESF.

REFERÊNCIAS

AMÉRICA DO SOL. Simulador Solar. Instituto Ideal, 2018. Disponível em: < http://www.americadosol.org/simulador/ >. Acesso em: Maio 2018.

AQUINO FILHO, Erisberto Batista de. Viabilização Técnica e Econômica para Implantação de Sistema Solar Fotovoltaico na Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. 2017. 65 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral - Ce, 2017.

CRESESB. Potencial Solar - SunData. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: Abril 2018.

GROTH, Júlio Augusto. Usina de Geração Fotovoltaica: Custo de Implementação, Operação e Taxa de Retorno do Investimento. 2013. 121 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)- Universidade Federal do Rio Grande do SUl, Porto Alegre - RS, 2013.

INNOVATIONS, Elektsolar. Energia Solar Fotovoltaica: Vantagens e Desvantagens. 1. 2016.
Disponível em: <https://elektsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-vantagens-e-desvantagens/>.
Acesso em: 29 maio 2018.

LIMA, Juliana Luiza Barroso . Energia Fotovoltaica como Alternativa Viável. 2014. 56 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

NASCIMENTO, R. L. Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas. Brasília. Câmara dos Deputados. 2017.

RIOS, Margarida Frota et al. A Implantação de um Sistema Solar Fotovoltaico no Estacionamento da Universidade de Fortaleza como Iniciativa de Cunho Social, Econômico e Ambiental.. 2016. 6 p. Artigo científico (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade de Fortaleza, Fortaleza-Ce, 2016.

SCHMALENSEE, Richard et al. Introduction and Overview. In: SCHMALENSEE , Richard et al. The Future of Solar Energy. 1. ed. Massachusetts: [s.n.], 2015. cap. 1, p. 1-18.

VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações. 2. ed. Campinas: Saraiva, 2015.