

GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA COMO PROPOSTA PARA REDUÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Wagner Eidt– wagner_eidt@yahoo.com.br

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Fernando Negrini - negrinifnd@hotmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Glauco Oliveira Rodrigues– glaucop10@redes.ufsm.br

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Eugênio de Oliveira Simonetto– eosimonetto@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Marcelo Cassanta Antunes– dedeantunes@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Administração – Universidade Federal de Santa Maria

Resumo

A energia solar é considerada uma fonte de energia limpa e renovável, pois utiliza a radiação solar para a geração de energia elétrica, diminuindo assim os impactos causados ao meio ambiente. Apesar de ainda ser considerada uma fonte de energia que necessita de altos investimentos para geração de energia elétrica, os custos para implantação de placas solares fotovoltaicas vêm diminuindo drasticamente ao longo dos anos, o que tem possibilitado a ampliação do uso desta fonte de energia para os mais variados fins. O objetivo deste artigo é simular cenários para verificar o impacto da utilização de placas solares fotovoltaicas em uma Instituição de Ensino Superior (IES), com o intuito de gerar energia elétrica que supra parcialmente (50%) ou totalmente (100%) o consumo elétrico desta IES. Com isso pretende-se identificar qual a economia financeira gerada pela adoção de placas fotovoltaicas. Foi utilizado o método Dinâmica de Sistemas, o qual permite o estudo do comportamento dos sistemas ao longo do tempo, possibilitando a avaliação das consequências de nossas decisões. Por essa razão e a necessidade de estudar os impactos da geração de energia solar em um horizonte temporal futuro decidiu-se utilizá-la na modelagem e simulação computacional. Foi desenvolvido um modelo de simulação o qual foi validado por três cenários diferentes. Os resultados gerados pelo modelo de simulação indicam que a implantação de placas solares fotovoltaicas para geração de energia elétrica é uma alternativa que proporcionará redução de gastos com energia elétrica a longo prazo. Quanto mais longo for o período considerado maior será a redução dos custos com eletricidade. Com isso conclui-se que, apesar do alto valor financeiro do investimento inicial, a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica é vantajosa financeiramente a longo prazo, seja em um cenário onde 50% ou mesmo 100% da energia elétrica da instituição seja proveniente do sistema de placas solares fotovoltaicas.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Dinâmica de Sistemas. Modelagem computacional

PHOTOVOLTAIC SOLAR GENERATION AS A PROPOSAL FOR REDUCING THE COST OF ELECTRONIC ENERGY FROM A HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Abstract

Solar energy is considered a source of clean and renewable energy, as it uses solar radiation for the generation of electric energy, thus reducing the impacts caused to the environment. Although it is still considered a source of energy that requires high investments for electricity generation, the costs for the implantation of photovoltaic solar panels have been decreasing drastically over the years, which has made possible the expansion of the use of this energy source for the more varied purposes. The objective of this article is to simulate scenarios to verify the impact of the use of photovoltaic solar panels in a Higher Education Institution (IES), with the purpose of generating electricity that partially (50%) or totally (100%) this IES. The aim is to identify the financial savings generated by the adoption of photovoltaic panels. The Dynamics of Systems method was used, which allows the study of the behavior of the systems over time, allowing the evaluation of the consequences of our decisions. For this reason and the need to study the impacts of solar energy generation in a future time horizon, it was decided to use it in modeling and computational simulation. A simulation model was developed which was validated by three different scenarios. The results generated by the simulation model indicate that the implantation of photovoltaic solar panels for electric power generation is an alternative that will provide a reduction in long-term energy expenditure. The longer the period considered, the greater the reduction in electricity costs. With this, it is concluded that, despite the high financial value of the initial investment, the implementation of a photovoltaic

solar energy system is financially advantageous in the long term, whether in a scenario where 50% or even 100% of the electric energy of the institution comes from of the photovoltaic solar panel system.

Keywords:Photovoltaic solar power. System dynamics. Computational Modeling

1. INTRODUÇÃO

A energia se constitui em um dos principais elementos da sociedade moderna e permeia todos os setores da sociedade – economia, trabalho, ambiente, relações internacionais – assim como as nossas próprias vidas – moradia, alimentação, saúde, transporte, lazer. Ela é necessária para a produção de bens com base em recursos naturais e para o fornecimento de serviços, a fim de atender às demandas de uma população cada vez maior. Conforme Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014), o fornecimento de energia, de forma adequada e confiável, também é necessário para o desenvolvimento econômico, como foi observado na modernização do Ocidente, que passou de uma sociedade rural para outra, urbana e rica, através da utilização de modernas tecnologias firmadas em uma ampla série de avanços científicos, os quais foram energizados por combustíveis fósseis como fontes de energia.

A matriz energética mundial é composta por várias fontes primárias, dentre as quais destacam-se petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio, energia hidráulica, energia solar, energia eólica, além da energia proveniente da biomassa. No entanto, apesar dessa diversidade, o consumo dos combustíveis fósseis, que são recursos não renováveis, prevalece sobre os demais (TORRES, 2012). Conforme descreve Braun-Grabolle (2010), a questão energética vem sendo considerada uma preocupação global, com crises no setor elétrico acontecendo de maneira frequente, e setores de energia de diferentes países passando por profundas transformações.

A crescente demanda de energia em todo o mundo propiciou que grande importância fosse associada à exploração de novas fontes de energia (PALZ, 2002; ALDABÓ, 2002). Para garantir uma segurança energética, é necessário que os países desenvolvam novas formas de geração de energia e tecnologias que promovam o acesso à eletricidade, como vem ocorrendo em países como Alemanha, Estados Unidos, Espanha, França, Itália e Japão, que estão desenvolvendo mecanismos para a redução da dependência de combustíveis fósseis, com a introdução de energias renováveis nos seus sistemas de fornecimento de energia (CARVALHO, ABREU e NETO, 2017).

Conforme Angelis-Dimakis et al(2011), um exemplo de fonte renovável de energia é o sol, sendo possível a transformação direta da luz solar em energia elétrica através do efeito voltaico. A geração de energia através da conversão de energia solar diretamente em energia elétrica realizada através de células fotovoltaicas apresenta como vantagem sua simplicidade, inexistência de qualquer peça mecânica móvel, sua característica modular, os curtos prazos para instalação previstos, o elevado grau de confiabilidade dos sistemas e sua baixa manutenção. (NOGUEIRA e SOUZA, 2012).

Jannuzzi e Melo (2013) defendem que o uso e a disseminação das tecnologias de geração de energia solar fotovoltaica são opções viáveis por três fatores: alto custo da energia residencial, grande disponibilidade de radiação solar, e redução dos preços dos módulos e painéis solares. Apesar das células solares continuarem relativamente caras, o seu preço caiu mais de 1000 vezes de 1950 até os dias atuais (HINRICHS, KLEINBACH e REIS, 2014). Santos e Jabbour (2013) citam estudos relacionados a utilização de energia solar fotovoltaica em instituições hospitalares em países como Irã, Iraque, Serra Leoa, Itália e Gana. Os resultados destes estudos indicaram que, com a introdução dos sistemas fotovoltaicos nos hospitais, ocorreram a redução dos custos de operações e a redução do consumo de energia fóssil.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo simular cenários para verificar o impacto da utilização de placas fotovoltaicas em uma Instituição de Ensino Superior (IES),

com o intuito de gerar energia elétrica, que supra parte ou total do consumo elétrico da IES. A partir desta perspectiva apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: Qual a economia financeira gerada pela adoção de placas fotovoltaicas?

A estrutura do artigo está dividida em cinco partes, organizadas de forma a congregarem todos os aspectos da pesquisa. Desta forma, a primeira parte contém a introdução, além da delimitação do problema de pesquisa e o objetivo. A segunda parte contém o método de pesquisa, com a identificação e descrição dos procedimentos que foram adotados na execução do trabalho. Na sequência vem o referencial teórico, que apresenta as teorias, conceitos e estudos que balizaram a pesquisa, sendo abordados os pressupostos teóricos dos seguintes temas: “Energia solar fotovoltaica” e “Dinâmicas de sistemas”. Em seguida é apresentado o desenvolvimento e experimento do Modelo Computacional, e na última etapa estão as considerações finais, as quais estão alinhadas ao objetivo e problema de pesquisa propostos.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se por ser uma investigação de natureza exploratória, de abordagem quantitativa. Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória tem por finalidade ampliar o conhecimento a respeito de determinado fenômeno explorando uma determinada realidade. Para atingir o objetivo proposto pela pesquisa, utiliza-se o método Dinâmica de Sistemas, definido por Ford (2009) como uma combinação de estoques e fluxos que utilizam uma estrutura computacional para serem simulados.

A metodologia de dinâmica de sistemas permite o estudo do comportamento dos sistemas ao longo do tempo, possibilitando a avaliação das consequências de nossas decisões. Por essa razão e a necessidade de estudar os impactos da geração de energia solar em um horizonte temporal futuro decidiu-se utilizá-la na modelagem e simulação computacional (VENSIM, 2004).

Dentre as ferramentas da Dinâmica de Sistema utilizou-se a modelagem computacional, a qual é caracterizada por Andrade et al (2006) como um conjunto entre o trabalho qualitativo (mapa sistêmico) que tem por objetivo analisar e capturar os dados, e um modelo quantitativo, no caso o modelo computacional, que necessita de técnicas do campo da Dinâmica de Sistemas para sua execução. A modelagem em Dinâmica de Sistemas consiste em representar os processos de um sistema. Para seu desenvolvimento, é necessário reconhecer os fluxos que convertem recursos em diferentes estados, o que implica conhecer o seu mapa sistêmico desenvolvido (ANDRADE et al, 2006).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta parte será exposto um apanhado de trabalhos já realizados sob o tema em questão, no qual serão abordados os principais aspectos teóricos referentes à energia solar fotovoltaica e à dinâmica de sistemas, que irão fundamentar, proporcionar consistência e suporte às análises desenvolvidas no estudo.

3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A utilização de energia solar é hoje prontamente associada a propostas de “energia limpa”, juntamente com outras soluções que pretendem reduzir o impacto da geração de energia elétrica sobre o meio ambiente. Neste contexto, a energia solar fotovoltaica surge como uma fonte de energia alternativa e renovável, pois utiliza a radiação solar para a geração de energia elétrica. De acordo com Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014), as fontes renováveis de energia representam 8% da energia produzida no mundo, e essa porcentagem vem

umentando rapidamente, sendo a energia fotovoltaica a segunda fonte renovável com maior crescimento mundial, com 35% de crescimento por ano. Ainda segundo Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014), os recursos energéticos renováveis apresentam vantagens em um mundo onde as fontes de energia estão cada vez mais limitadas, podendo serem utilizados em várias atividades, através de tecnologias apropriadas e com diminuição dos danos ambientais.

De acordo com Machado e Miranda (2015), produzir eletricidade através da energia solar não é algo novo, pois já em 1839 foi observado pelo físico francês Edmond Becquerel o efeito fotovoltaico, no qual duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar. Em 1883 foi construída a primeira bateria solar feita com folhas de selênio. Apesar de ter uma eficiência de conversão elétrica de apenas 1%, seu dispositivo teve muita repercussão, pois as pessoas não acreditavam que se poderia gerar energia sem a queima de combustíveis. Já a primeira célula solar fotovoltaica foi desenvolvida em 1954 por uma empresa norte-americana (MACHADO e MIRANDA, 2015; BRAUN-GRABOLLE, 2010).

Conforme Rütter (2004), através do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável. Este processo consiste em um efeito fotoelétrico caracterizado pela produção de uma corrente elétrica entre duas partes de material diferente, que estão em contato e expostas a luz, o que proporciona a conversão da energia solar em energia elétrica (PALZ, 2002). O funcionamento das células solares para a conversão direta da luz solar em energia elétrica é obtido através do uso de baterias solares, constituídas de células solares, conforme explica Palz (2002). As células fotovoltaicas são agrupadas em um painel solar com o intuito de obter proteção e durabilidade, o qual será conectado em outros painéis em um sistema solar fotovoltaico. Este sistema é composto por elementos como os painéis solares, o inversor solar, o sistema de fixação das placas solares, os cabeamentos, os conectores e outros materiais elétricos padrões (PORTAL SOLAR, 2018).

Silva (2008) argumenta que uma desvantagem deste modo de geração de energia é o alto investimento. Com isso, o retorno sobre o investimento é de longo prazo, o que provoca um certo desinteresse em sua utilização. Inicialmente as células solares fotovoltaicas tinham um custo elevado e eram utilizadas para a geração de energia para os satélites. Com o passar do tempo a tecnologia evoluiu e tornou-se viável economicamente sua utilização em aplicações terrestres (RÜDTHER, 2004).

De acordo com Silva (2008), para tornar economicamente viável o uso de energia fotovoltaica, diversos avanços científicos foram realizados, como o surgimento de novos materiais permitindo painéis fotovoltaicos com eficiência energética superior, os avanços obtidos nos sistemas de conversão de energia permitindo eficiências superiores e uma redução significativa nos investimentos necessários para implementar um sistema solar fotovoltaico. Albadó (2002), afirma que na produção de células voltaicas são utilizados diversos materiais e tipos de estrutura, sendo que, atualmente, o silício é material mais utilizado devido ao conhecimento tecnológico adquirido já adquirido sobre ele e também pela maior disponibilidade na natureza.

De fato, ocorreram avanços significativos no desenvolvimento de materiais de geração fotovoltaico, sendo que já existem materiais com eficiências maiores que 40% e com custos cada vez menores, conforme descrevem Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014). Os autores também destacam a variedade de aplicações a geração fotovoltaica pode atuar, como centrais de geração elétrica, residências, iluminação externa, comunicações, bombeamento de água, carregamento de baterias, refrigeração, dentre outras.

4. DESENVOLVIMENTO E EXPERIMENTO DO MODELO COMPUTACIONAL

O sol é um dos elementos mais abundantes na natureza e essencial para a sobrevivência humana. Neste aspecto, conforme Santos e Jabbour (2013), o Brasil é país privilegiado para explorar a luz solar, o que favorece o uso de células solares para conversão de energia solar em energia elétrica por meio da tecnologia fotovoltaica, tornando-se ótima alternativa de energia, principalmente por ser uma fonte limpa, gerando menores danos ao meio ambiente. Conforme Rütther(2004), devido à evolução das tecnologias de produção de células solares fotovoltaicas, tornou-se viável economicamente a sua utilização em diversas aplicações, a exemplo do fornecimento de energia elétrica a locais remotos onde a rede elétrica não foi estendida. A aplicação da energia solar fotovoltaica pode proporcionar benefícios - tanto econômicos quanto ecológicos - aos usuários em geral, ao sistema elétrico nacional e à sociedade (RÜTHER, 2004).

A simulação contou com a colaboração da Pró-Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA) da Instituição de Ensino Superior parceira ao estudo. Esta IES é localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, a qual cooperou com o fornecimento de dados referentes às contas de energia elétrica da IES do período de três anos. Através delas os dados foram organizados e tabulados em uma planilha do programa Excell, que serviu de base para avaliar o comportamento do modelo.

Para alimentar dados na variável de fluxo “Custo de Demanda e Iluminação Pública” foi considerado o contratado de demanda de ponta (3 mW) e de demanda fora de ponta (5 mW) da IES, aplicando as tarifas do ano de 1018, respectivamente R\$ 32,28 e R\$ 21,67, descontadas as retenções obrigatórias (Lei nº 10.833/2003) correspondentes (9,45%), isto é, R\$ 286.524,27, somada a contribuição de iluminação pública mensal de R\$ 163,00.

Na variável auxiliar “Consumo Anual de Energia” necessitou-se realizar um comparativo entre a soma dos consumos de kWh dos últimos três anos. Visto que não houve um aumento no consumo, optou-se por realizar a média dos três anos como consumo padrão, isto é, 15.820.546,44 kwh/ano. Para determinar a tarifa média do kWh pago pela IES, foi considerado o consumo anual diferenciando o consumo de ponta do consumo fora de ponta.

A energia gerada pelo sistema de placas fotovoltaicas possui a medida chamada Wp, que significa Watt-pico. As unidades mais corretamente usadas são os múltiplos do Wp, como o kWp ou o MWp. Nesta pesquisa utilizou-se a unidade Wwp, e para medir o seu custo realizou-se uma pesquisa de mercado, buscando-se o melhor custo –benefício dos kits de produção de energia fotovoltaicas. Optou-se pelo kit que oferecia a potência de 15,6 kWp, que custou R\$ 64.390,00. Foi agregado a esse valor o frete estimado (3,5%), o valor do projeto estimado (7%) e valor da instalação (30%), totalizando R\$ 90.467,95, o que resultou um valor de R\$ 5,799227564 por wp.

A eficiência estimada do sistema de placas foi arbitrada o valor de 83%, que é a taxa de eficiência padrão de projeto. Para medir a irradiação solar diária foram considerados os dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESCESB, 2018) onde é considerada a irradiação usada no sistema de placas com as coordenadas 29,701° S, 53,749° O, sem inclinação, isto é, no plano horizontal (0° N). Fazendo-se uma média ponderada entre as irradiações mensais e seus números de dias correspondentes de cada mês, totalizou 4,47287671232877 kWh/m².dia.

Após a coleta dos dados construiu-se o modelo exposto na Figura 1, todas as variáveis e suas interações estão representas pela Figura 1.

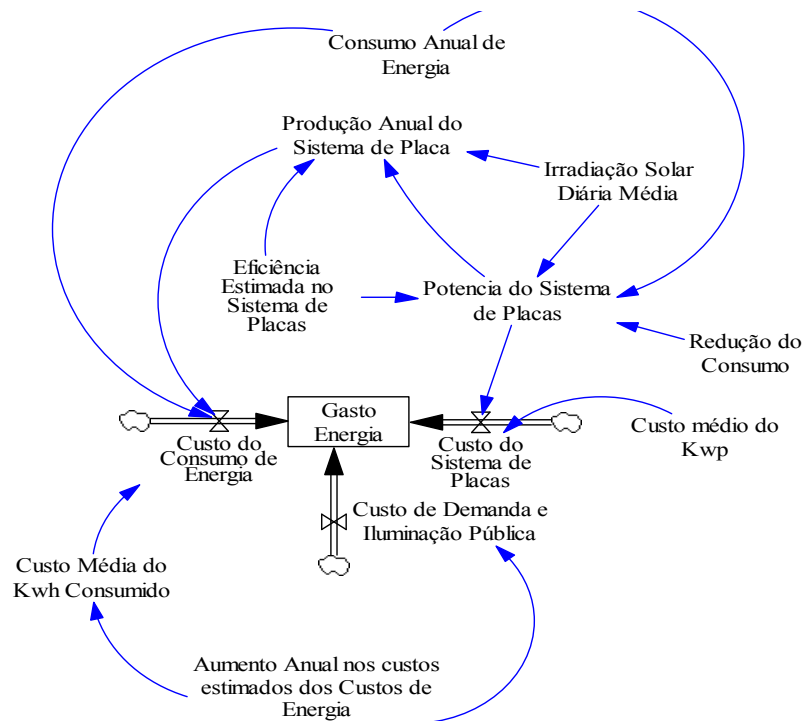


Figura 1. Modelo de simulação desenvolvido
Fonte: Autores (2018).

Para executar a simulação gerou-se equações matemáticas que abastecem as variáveis de entradas e saídas do modelo, elas estão apresentadas no Quadro 1.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Potencia do Sistema de Placas = (Consumo Anual de Energia/Irradiação Solar Diária Média)/365/Eficiência Estimada no Sistema de Placas*Redução do Consumo 2. Produção Anual do Sistema de Placa = Irradiação Solar Diária Média*Potencia do Sistema de Placas*Eficiência Estimada no Sistema de Placas*365 3. Custo do Consumo de Energia = (Consumo Anual de Energia-Produção Anual do Sistema de Placa)*Custo Média do Kwh Consumido 4. Custo do Sistema de Placas = Custo médio do Kwp*Potencia do Sistema de Placas 5. Custo de Demanda e Iluminação Pública = Aumento Anual nos custos estimados dos Custos de Energia 6. Gasto Energia = Custo de Demanda e Iluminação Pública+Custo do Consumo de Energia+Custo do Sistema de Placas
--

Quadro 1. Modelo de Equações
Fonte: Autores (2018)

Para executar a comparação da proposta dos pesquisadores com o atual sistema de captação e consumo de energia da IES, gerou-se 3 cenários. O primeiro cenário representa o atual sistema, ele é chamado de Cenário Atual. O segundo cenário gerado é chamado de "Cenário Placas 50%", onde simularáa primeira proposta de adoção do sistema de placas para prover metade do consumo de energia da IES estudada. Por fim será analisado a geração de energia solar capaz de suprir 100% do consumo de energia, este cenário recebe o nome de "Cenário Placas".Os dados utilizados para basear os cenários e alimentar as variáveis do modelo estão expostas na Tabela 1.

Variável/constante	Valor
Custo de Demanda e Iluminação Pública	R\$ 3.438.291,26
Tarifa do Kwh consumido	R\$ 0,55717153
Consumo Anual de Energia (kWh)	15.820.546,44
Custo do kWp	R\$ 5,79922756
Eficiência Estimada do Sistema de Placas	83%
Irradiação Solar Diária Estimada (kWh/m ² .dia)	4,47287671
Redução do consumo	0% - 100%
Aumento Anual Estimado das Tarifas de Energia	9%

Tabela 1. Dados utilizados para alimentar os cenários

Fonte: Autores (2018)

Na próxima sessão será apresentado o resultado do experimento computacional.

4.1. EXPERIMENTO E RESULTADO

Após a definição das equações e dos três cenários para a experimentação do modelo, foram executadas as simulações no simulador Vensim (VENTANA 2016), em um computador, com processador Pentium Core i5 e 8 Gb de memória RAM. O horizonte de tempo de execução foi de 15 anos com o tempo de execução da simulação na ordem de centésimos de segundos, porém fica a cargo do usuário definir estes parâmetros. Tudo depende da análise que gostaria de ser feita, já que o software Vensim oferta outras possibilidades de horizonte de tempo e tempo de execução de simulação.

Para este artigo interessou-se apenas em saber o impacto das decisões ofertadas pelos cenários na questão de gasto com a energia elétrica da IES. Através da Figura 2 percebe-se que o "cenário placas" a longo prazo possuirá o menor impacto financeiro para a IES, totalizando em 15 anos de simulação um gasto em energia elétrica de aproximadamente R\$ 123.590.000,00. Entre os anos de 2025 e 2026 o sistema de placas começará a oferecer menor custo para a Instituição, economia que aumenta com o passar dos anos.

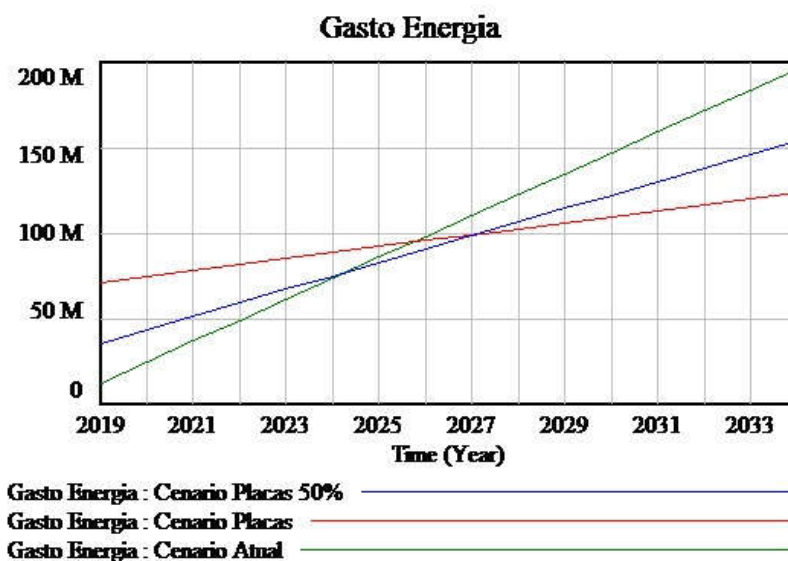


Figura 2. Gasto de Energia

Fonte: Autores (2018)

O "cenário placas 50%", que utilizará sistemas de placas para prover 50% da energia elétrica consumida pela IES, ofertará economia financeira a partir de 2024, sendo que no ano de 2035 o "cenário placas 50%" terá gasto aproximadamente R\$ 153.693.000,00 enquanto o "cenário atual" gastará aproximadamente R\$ 196.048.000,00 em energia elétrica até 2035.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo procuramos simular cenários para verificar o impacto da utilização de placas solares fotovoltaicas em uma IES, com o intuito de gerar energia elétrica que supra parte ou total do consumo elétrico da IES. A utilização dos raios solares para o fornecimento de energia elétrica é uma forma alternativa, renovável e não poluente de energia que, apesar dos ainda altos investimentos, pode ser uma alternativa para contribuir com a redução dos impactos ambientais e com a redução dos custos operacionais da Instituição estudada neste artigo.

Através dos resultados da simulação a Instituição de Ensino Superior participante deste estudo poderá antecipadamente avaliar e analisar a viabilidade financeira, a redução dos custos com pagamento de energia elétrica e o impacto que a implantação de placas solares fotovoltaicas terá no seu orçamento pelo período de 15 anos. Foram apresentados três cenários diferentes, no qual o modelo foi validado com dados de uma IES localizada no interior do Estado do Rio Grande do Sul.

Os resultados dos cenários avaliados indicam que a implantação de placas solares fotovoltaicas para geração de energia elétrica é uma alternativa que proporcionará redução de gastos a longo prazo. Quanto mais longo for o período considerado maior será a redução dos custos com eletricidade. Este comportamento foi observado na comparação entre os três cenários considerados no estudo. Considerando o período até o ano de 2024, o "cenário atual", ou seja, o cenário sem a implantação de placas solares fotovoltaicas na instituição, é o que oferece o menor custo com energia elétrica. A partir do ano de 2018, o "cenário placas", que é o cenário considerado com 100% do fornecimento da energia elétrica consumida proveniente das placas solares, é o que proporciona o menor custo com energia elétrica, possibilitando assim maior economia financeira.

Portanto, pode-se concluir que, apesar do alto valor financeiro do investimento inicial, a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica é vantajosa financeiramente a longo prazo, seja em um cenário onde 50% ou mesmo 100% da energia elétrica da instituição seja proveniente do sistema de placas solares fotovoltaicas.

Este trabalho teve como limitação os tributos relativos as contas da energia elétrica, diante da grande quantidade de impostos e a complexidade apresentada para projetar estes tributos a longo prazo, decidiu-se não explorar neste momento, porém como trabalho futuro pretende-se entender e acrescentar variáveis capazes de armazenar os valores dos tributos pagos pela IES.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.L.; SELEME, A.; RODRIGUES, L.H.; SOUTO, R. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade.** Porto Alegre, Bookman, 2006.

Albado, Ricardo. **Energia solar.** São Paulo: Artliber Editora, 2002.

Angelis-Dimakis, Athanasios. et al. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Golden, v. 15, n. 2, p. 1182-1200, 2011.

Bueno, Newton Paulo. **Identificando mudanças de regimes sistêmicos em processos econômicos: um procedimento baseado na abordagem de dinâmica de sistemas**. Economia e Sociedade, Campinas, v. 22, n. 1 (47), p. 77-106, abr. 2013.

Braun-Grabolle, Priscila. **A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana**. 2010. 257p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

Carvalho, Francisco Ivanhoel Aguiar de; Abreu, Mônica Cavalcanti Sá de; Neto, Jocildo Figueiredo Correia. **Financial alternative to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power**. Revista de Administração Mackenzie, 18(1), p. 120-147, São Paulo, Jan./Feb. 2017.

Figueiredo, Júlio César Bastos de. **Estudo da difusão da tecnologia móvel celular no Brasil: uma abordagem com o uso de Dinâmica de Sistemas**. Produção, v. 19, n. 1, jan./abr. 2009, p. 230-245.

FORD, A. *Modeling the environment*, Second Edition. Island Press, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Hinrichs, Roger A; Kleinbach, Merlin; Reis, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

Jannuzzi, Gilberto de Martino; Melo, Conrado Augustus de. **Grid-connected photovoltaic in Brazil: policies and potential impacts for 2030**. Energy for Sustainable Development, 17(1), 40-46, 2013.

Machado, Carolina. T.; Miranda, Fábio. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Revista Virtual de Química. 7 (1), p. 126-143, 2015.

Nogueira, Carlos Eduardo Camargo; Souza, Samuel Nelson Melegari de. Aproveitamento de energia solar para produção de eletricidade. In: Santos, Reginaldo Ferreira; Siqueira, Jair Antonio Cruz. (Org.). **Fontes renováveis de energia**. v.1. Cascavel: EDUNIOESTE, 2012.

Palz, Wolfgang. Energia solar e fontes alternativas. [S.l.] Hemus, 2002.

Portal Solar. Energia solar fotovoltaica – conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>. Acesso em 12 jul 2018.

Rüther, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

Santos, Juliane Barbosa dos; Jabbour, Charbel José Chiappetta. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais.** Saúde Soc. São Paulo, v.22, n.3, p.972-977, 2013.

Serra, Francisco; Rodrigues, Henrique; Paquete, Bernardino. **Dinâmica de Sistemas: Uma Aplicação ao Estudo dos Ecossistemas. O Caso de uma População de Gamos (damadama) no Parque Nacional de Doñana.** Dos Algarves. n. 7, 2000.

Silva, André Nelson Matias. **Sistema de Conversão de Energia Solar Fotovoltaica.** 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Automação) – Universidade do Porto, Porto, 2008.

Torres, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. 164p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2012.

VENSIM – *Ventana Simulations (2004), Vensim simulation software.* Disponível em:<<http://www.vensim.com>>, 2004. Acessado em jun. 2018.