

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIVERSIDADE : ESTUDO DE CASO DA UNIEVANGÉLICA

Eduardo José Frauche Velloso

eduardo.frauche@hotmail.com

Danilo Augusto Santana de Souza

danilo.eng.mec@hotmail.com

Fernando Nunes Belchior

fnbelchior@hotmail.com

JOSE LUIS DOMINGOS

jose.domingos@ifg.edu.br

Eduarda Araujo Neves

eduarda.an@gmail.com



Existem programas no Brasil voltados para conscientizar a população para a importância do uso eficiente de energia elétrica, como o Programa de Eficiência Energética que dispõe sobre a realização de investimentos e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Diante desta importância o trabalho tem como objetivo mostrar a redução de consumo de energia elétrica, de demanda na ponta e de custos com energia elétrica no Centro Universitário de Anápolis (UniEvangélica), cidade localizada no interior de Goiás, visando o uso racional de energia, com base no Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Que apresentou como resultado economia significativa na conta de energia para a universidade, com essa redução os investimentos em pesquisa aumentaram substancialmente.

Palavras-chave: a eficiência energética; energia renovável; ganhos energéticos, ganhos econômicos, eficiência energética em universidade

1. Introdução

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) menciona que o Brasil ocupa a sétima posição de maior consumidor mundial de energia elétrica, indicando desenvolvimento econômico e nível de qualidade de vida da sociedade (BRASIL, 2010), pois quanto maior a demanda, maior o ritmo industrial, comercial e a capacidade de adquirir bens e serviços da sociedade (LIN, MOUBARAK, 2014; SORRELL, 2015).

De acordo com o PNE 2050, o consumo de eletricidade mais que triplica de 2013 a 2050. Taxa de crescimento anual média de 3,2%, passando para 1.624 TWh em 2050, diante do valor 516,3 TWh em 2013 (BRASIL, 2018). Isso acarretará em maiores investimentos na expansão dos sistemas de transmissão e distribuição e carregamento das redes elétricas. Porém, uma boa forma de minimizar tais situações são os incentivos na diversificação na matriz energética brasileira, de forma que gerem menos impactos ambientais (ANTONIOLLI et al, 2018).

Este projeto foi viabilizado através do Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica - PROPEE / ANEEL, Brasil, de acordo com a Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000. A regulamentação vigente é a da Resolução Normativa nº 830 de 23 de outubro de 2018.

Diante da importância do uso eficiente da energia, esse trabalho tem como objetivo mostrar a redução de consumo de energia elétrica, de demanda na ponta e de custos com energia elétrica no Centro Universitário de Anápolis (UniEvangélica), cidade localizada no interior de Goiás, visando o uso racional de energia, com base no Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Para melhor compreensão, este artigo está organizado do seguinte modo: Na seção 1 é apresentada a introdução sobre o tema e os objetivos; na seção 2 tem o referencial teórico, no qual fala sobre o programa de eficiência energética, alguns pontos referentes ao sistema fotovoltaico e iluminação; na seção 3 encontra-se a metodologia adotada para obtenção dos resultados; na seção 4 a análise dos resultados e, por fim, as conclusões.

2. Referencial teórico

2.1. Programa de eficiência energética

O Programa de Eficiência Energética (PEE) tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia. Realiza-se através de apresentação e seleção de projetos que evidenciem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (ANEEL, 2016).

A viabilidade do projeto é feita por uma avaliação econômica que se realiza por meio do cálculo da relação Custo-Benefício (RCB) para cada uso final, que pode ser encontrada no módulo 7 do Procedimento do Programa de Eficiência Energética que teve sua última atualização na Resolução Normativa nº 830 de 23 de outubro de 2018, os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, no qual tem que ter o valor do $RCB \leq 0,8$ para projetos que não envolvam fonte incentivada e $RCB \leq 1,0$ para projetos que envolvam fonte incentivada.

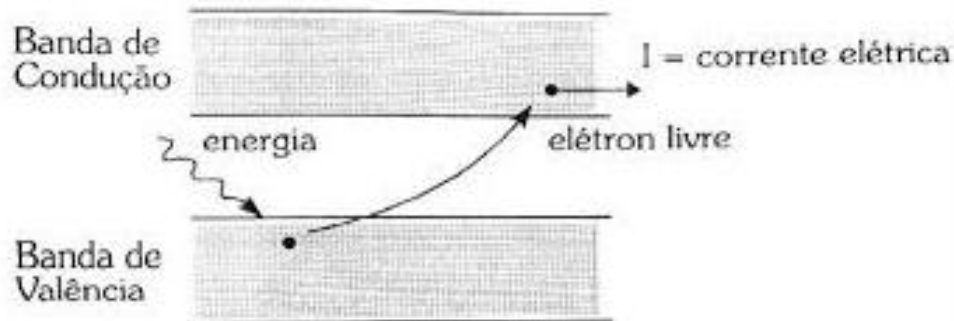
O programa também busca potencializar os benefícios da energia economizada e da demanda evitada, por meio da transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ANEEL, 2016).

No estado de Goiás, localizado no centro-oeste brasileiro, a concessionária Enel promove esse programa, desde 1999 e já investiu aproximadamente R\$ 130 milhões em 50 projetos, mediante chamadas públicas, que é regido pela legislação federal, em especial a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000 e da regulamentação emanada da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2018).

2.2. Efeito e célula fotovoltaica

O efeito fotovoltaico é a conversão de fótons de luz em corrente elétrica. Os elétrons vão da camada de valência para a camada de condução, como representado na Figura 1, onde a energia são os fótons de luz e os elétrons podem mover-se sustentando a corrente (corrente fotovoltaica). Este efeito não deve ser confundido com o efeito fotoelétrico, onde os elétrons, quando excitados, deixam o material emitindo luz, sendo um efeito o contrário do outro.

Figura 1 - Elétrons livres, banda de condução e corrente elétrica.

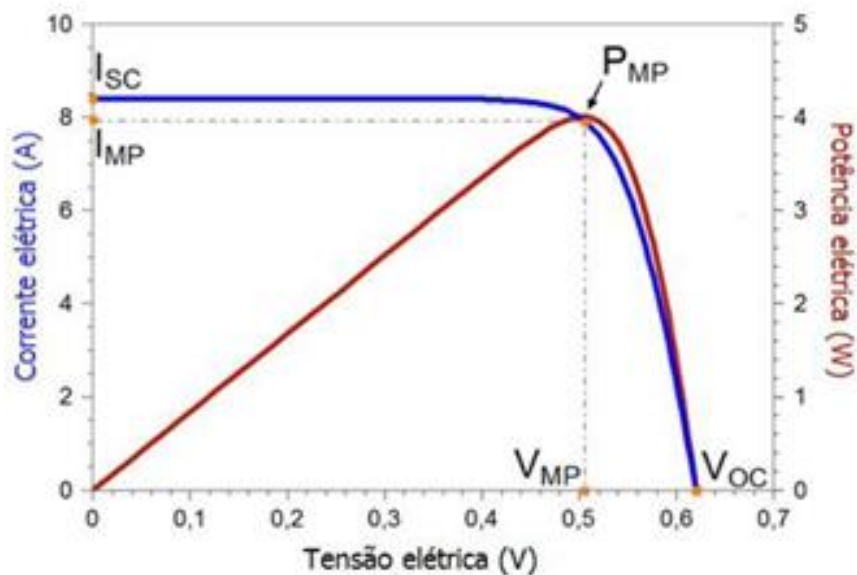


A célula fotovoltaica é um tipo de diodo PN que quando exposto à luz, cria pares de elétrons e lacunas, onde as cargas são separadas pelo campo interno (região de depleção) da junção PN. É criado, desta forma, um campo elétrico apontando do lado P para o lado N e, assim, a corrente é conduzida do material N para o material P.

A luz age como uma fonte de corrente constante. A corrente fotovoltaica pode ser considerada como a soma da corrente de uma junção PN no escuro (diodo semicondutor) com a corrente gerada pelos fótons absorvidos da radiação solar.

A célula fotovoltaica é caracterizada por alguns parâmetros importantes, que estão destacados na Figura 2. V_{OC} é a tensão de circuito aberto entre os terminais de uma célula fotovoltaica, quando não há corrente elétrica circulando e é a máxima tensão que uma célula fotovoltaica pode produzir. I_{SC} é a corrente de curto circuito, ou seja, a corrente máxima que se pode obter, sendo medida na célula fotovoltaica quando a tensão elétrica em seus terminais é igual a zero. P_{MP} é o ponto de máxima potência, para cada valor de irradiação solar existe apenas um ponto onde é entregue a máxima potência para a carga. O fator de forma, do inglês “*Fill Factor*”, é a razão entre a máxima potência da célula e o produto da corrente de curto circuito com a tensão de circuito aberto $(I_{MP} \times V_{MP}) / (I_{SC} \times V_{OC})$, quanto maior o seu valor melhor. Eficiência é a potência elétrica de saída dividida pelo total fluxo de energia incidente na célula, e é o parâmetro que define o quão efetivo é o processo de conversão de energia solar em energia elétrica.

Figura 2 - Potência elétrica em função da diferença de tensão aplicada em uma célula de silício cristalino de 156 mm x 156 mm, sob condições-padrão de ensaio.






2.3. Sistema de iluminação

Os sistemas de iluminação têm grande influência no consumo de energia elétrica do setor comercial, como mostra a Figura 3. A troca de lâmpadas ineficientes por lâmpadas *Light Emitter Diode* (LED) é uma estratégia para reduzir esse consumo (SAIDUR, 2009).

Na emissão de luz, uma lâmpada de LED de 8 W equivale a 60 W da incandescente e a 15 W da fluorescente, o que reflete num gasto bem menor que as demais, chegando a cerca de 1.000 kWh (ENERGIA LIMPA, 2009). Além desta vantagem outras podem ser mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Comparativo entre os tipos de lâmpadas

	Comum	Fluorescente	LED
Tipo			
Durabilidade	1 ano	5 anos	15 anos
Consumo	50 W	10 W	5 W
Economia	x	até 80%	até 95%
Emissão de calor	ALTA	MÉDIA	BAIXA
Ecológica	Não contém mercúrio	Contém mercúrio	Não contém mercúrio
Eficiência	Pouca	Mediana	Muita

Fonte: ARQUITETIZZE, 2016

3. Metodologia

O projeto desenvolvido na UniEvangélica, a partir dos levantamentos e medições efetuados, foram estudadas medidas de efficientização, prevendo a economia a ser obtida e o investimento necessário. As medidas de economia propostas foram avaliadas segundo os parâmetros de RCB, que no projeto proposto é de 0,6.

Os objetivos específicos do projeto são apresentados a seguir:

- Implantação de geração distribuída por meio de sistema fotovoltaico com capacidade de 971 kWp;
- Substituição do sistema de iluminação atual por novos modelos LED mais eficientes, totalizando.

Para a apuração da economia a ser gerada foi utilizado o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), o qual é um documento de referência mundial na apuração da economia.

4. Estudo de caso: Universidade UniEvangélica

4.1. Sistema de iluminação

O projeto teve início com a apresentação do mesmo em uma Chamada Pública de Projetos, através de um diagnóstico energético com o objetivo de avaliar o potencial de redução de consumo de energia, de demanda na ponta e de custos com energia elétrica na Universidade UniEvangélica, visando o uso racional de energia elétrica, com base no Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

A proposta para a efficientização dos sistemas de iluminação existentes consiste na substituição das lâmpadas convencionais instaladas nas edificações da UniEvangélica por novos modelos LED mais eficientes, com baixo consumo de energia e maior durabilidade, no ponto de vista de manutenção.

Antes da implementação do projeto de eficiência energética, a UniEvangélica tinha instalados nos prédios, ginásio, bibliotecas, salas de aula e áreas externas um total de 13.538 lâmpadas, divididas de acordo com a Tabela 2, representando uma potência total instalada de 546,4kW.

Tabela 2 – Tipo, potência e quantidade das lâmpadas instaladas

TIPO	POTÊNCIA	QUANTIDADE
Lâmpada fluorescente	18W	242
Lâmpada fluorescente	20W	1904
Lâmpada fluorescente	40W	6803
Lâmpada HO	110W	110
Lâmpada spot	20W	3
Lâmpada incandescente	18W	34
Lâmpada incandescente	20W	40
Lâmpada incandescente	40W	232
Lâmpada incandescente	60W	5
Lâmpada halógena	14W	208
Lâmpada halógena	18W	708
Lâmpada halógena	20W	2
Lâmpada halógena	28W	48
Lâmpada halógena	14W	208
Vapor metálico	400W	168
Vapor metálico	1000W	25
Iluminação pública	400W	120
Lâmpada Tubular LED	14W	8
Lâmpada Tubular LED	18W	2642
Lâmpada Tubular LED	20W	24
Lâmpada Tubular LED	40W	16
Lâmpada bulbo LED	6W	105
Lâmpada dicrónica LED	6W	52
Lâmpada plafon LED	14W	31
Refletor LED	150W	1
Poste LED	150W	7

Fonte: Autores

O projeto de eficiência dos sistemas de iluminação prevê a substituição de todas as lâmpadas do sistema de iluminação existente por novos modelos LED mais eficientes e luminárias e refletores de 400W por novos modelos LED, conforme Tabela 3. As lâmpadas LED, já existentes no sistema, não serão substituídas. A Tabela 3 mostra os equipamentos que foram substituídos.

Tabela 3 – Sistema de iluminação existente X Sistema proposto

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXISTENTE				SISTEMA PROPOSTO	
TIPO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	POTÊNCIA TOTAL	TIPO	POTÊNCIA (W)
Fluorescente tubular	6803	40	272,1	Tubular LED	18
Fluorescente tubular	1904	20	38,1	Tubular LED	9
Spot	3	20	0,1	Spot LED	10
Incandescente	232	40	9,3	Bulbo LED	9
Incandescente	5	60	0,3	Bulbo LED	9
Incandescente	40	20	0,8	Bulbo LED	9
Incandescente	34	18	4,4	Bulbo LED	9
Vapor metálico	25	1000	25	Refletor LED	400
Vapor metálico	168	400	67,2	Refletor LED	150
Vapor metálico IP	120	400	48	Iluminação pública LED	150
Fluorescente T8	242	18	4,4	Tubular LED	9
Halógena	2	20	0	Halógena LED	6
Halógena	208	14	2,9	Halógena LED	3
Halógena	48	28	1,3	Halógena LED	6
Halógena	708	18	12,7	Halógena LED	4
Ho	110	110	12,1	Tubular LED	32
Total	10652				

Fonte: Autores

Com a substituição dos 10.652 pontos de iluminação existentes por novos modelos eficientes, a potência total instalada passará a ser de 256,5 kW. A redução da demanda na ponta será de 289,9 kW, considerando um fator de simultaneidade de utilização dos sistemas de iluminação de 60%. O consumo de energia do sistema proposto será de 56.265,51 kWh/mês, condição aplicada para todos os meses do ano. A redução de energia total da UniEvangélica será de 993,3 MWh/ano.

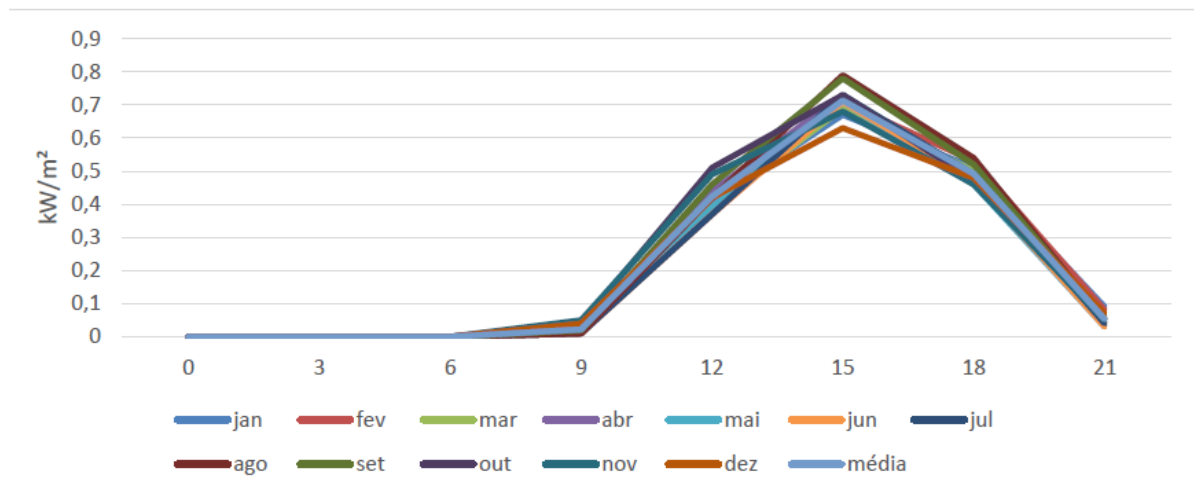
4.2. Sistema de geração fotovoltaica

Relativo ao sistema fotovoltaico a ser usado, este será instalado no estacionamento da Universidade, ocupando uma área de, aproximadamente, 3.000 m². Conforme já exposto, este será utilizado com a finalidade de compensação do consumo de energia. A medida de eficiência visa a instalação de aproximadamente 2.874 módulos solares de 315Wp cada na cobertura metálica fixada no solo, com potência instalada na ordem de 971,3 kWp.

Com a implantação do sistema fotovoltaico, a economia com a redução das despesas na conta de energia elétrica da UniEvangélica será de R\$ 717.127,94 por ano.

O modelo do módulo fotovoltaico proposto para o projeto em questão é do fabricante Canandian Solar, Modelo 315 Wp. Através de cálculo de incidência solar, para a latitude e longitude da cidade de Anápolis-GO, respectivamente, 16,2° S e 48,9° O, obteve-se a insolação mensal média horária, em kW/m², representada na Figura 4.

Figura 4 - Insolação mensal média horária

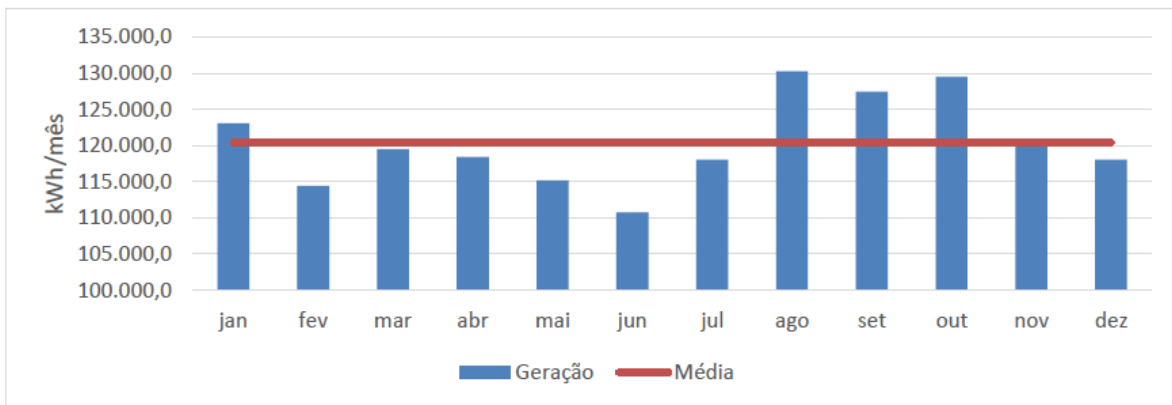


Fonte: estação meteorológica com piranômetro instalada na instituição

Para um melhor aproveitamento da energia solar irradiante, calculou-se o ângulo ótimo de inclinação das placas, de modo a conseguir, ao longo do ano, a maior geração de energia possível. Para a localização da usina solar, projetou-se a instalação dos painéis fotovoltaicos com um ângulo de 10° com relação a horizontal.

Com os dados do fabricante relativos à eficiência do módulo fotovoltaico, para valores mais baixos de irradiação incidente, calculou-se a média mensal de geração de energia através do *software* PVsyst, considerando os dias em cada mês. Desta forma, obtém-se a geração de energia mês a mês, em função da irradiação incidente, mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Geração de energia mensal



Fonte: PVSyst, 2016

As horas equivalentes de sol por dia, segundo o cálculo realizado no software PVsyst, é de 5,1 horas. Conforme mostrado na Figura 6, em estudo da Neosolar, para a localidade de Anápolis-GO, as horas equivalentes de sol por dia estão na faixa de transição e variam entre 5,5 e 6,0 horas por dia. Assim, o cálculo apresentado no diagnóstico energético está consistente com o limite inferior de geração de energia.

Figura 6 – Radiação solar diária



Fonte: Neosolar, 2018

A seguir, é mostrado a instalação do sistema fotovoltaico na instituição, através das Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Placas fotovoltaicas instaladas na instituição



Fonte: Autores

Figura 8 – Inclinação de, aproximadamente, 10° na instalação



Fonte: Autores

4.3. Avaliação de resultados

Com o RCB do projeto de 0,6 significa que a cada 60 centavos investidos no projeto obtêm-se 1 real de benefício, tornando-o interessante ao consumidor. Para a concessionária é ainda melhor, pois há um alívio de carga significativa no ramal de distribuição do cliente.

Através das Tabelas 4 e 5 percebe-se os benefícios, que são 15% da energia utilizada por mês não é produzida na universidade, o que representa uma economia financeira de R\$145.308,67 para a universidade. Com essa economia através do método de *payback* o retorno do investimento é de 4,5 anos.

Tabela 4 – Economia projetada

ECONOMIA - CONSUMIDOR					
USO FINAL	CONSUMO MÉDIO ÚLTIMOS 12 MESES (kWh/mês)	ECONOMIA / GERAÇÃO (kWh/mês)	REDUÇÃO (%)	TARIFA (R\$/MWh)	ECONOMIA FINANCEIRA (R\$/mês)
ILUMNAÇÃO	220.580,40	82.778,28	38	702,70	58.168,30
FOTOVOLTAICO	-	124.007,93	-	702,70	87.140,37
TOTAL	220.580,40	188.162,30	85		145.308,67

Fonte: Autores

Tabela 5 – Resumo financeiro

RESUMO FINANCEIRO	
ECONOMIA ANUAL	R\$ 1.743.701,02
INVESTIMENTO	R\$ 7.963.815,07
PAYBACK (anos)	4,567

Fonte: Autores

5. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação do potencial de redução de consumo de energia, de demanda na ponta e de custos com energia elétrica na Universidade UniEvangélica, visando o uso racional de energia, com base no Programa de Eficiência Energética da ANEEL. A partir dos levantamentos e medições efetuados, foram estudadas medidas de efficientização, prevendo a economia a ser obtida e o investimento necessário. As medidas de economia propostas foram avaliadas segundo os parâmetros de RCB (Relação Custo-Benefício) de 0,6 definidos no documento “Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE” da ANEEL de 2018.

A partir da implantação de Geração Distribuída por meio de sistema fotovoltaico com capacidade de 971 kWp e a substituição do sistema de iluminação atual por novos modelos LED mais eficientes, obteve-se neste projeto uma redução drástica, de R\$145.308,67 por mês, nos custos operacionais da instituição e isto proporcionou investimentos em outra área como a de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Programa de Eficiência Energética**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 01/05/2019.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa 830**. Brasília, 2018. Disponível <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018830.pdf>> Acesso em: 01/05/2019.

ANTONIOLLI, A. F.; MOSCARDINI, E. F.; GESSNER, E.; PALADINI, E. P. Análise de serviço de energia solar fotovoltaica compartilhada no Brasil. **Revista Empreender e Inovar**, v. 1. n. 1. p. 104-116. 2018.

ARQUITETIZZE. **Vantagens de utilizar lâmpadas LED**: As vantagens das lâmpadas LED com relação aos demais modelos. Araquari - SC 2016 Disponível em: <<https://arquitetizze.com.br/saiba-quais-sao-as-vantagens-de-utilizar-lampadas-led/>>. Acesso em: 01/05/2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Cenários de Demanda para o PNE 2050**. Brasília: MME: EPE, 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008-2017**. Brasília: MME/EPE, 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20080416_3.pdf>. Acesso em: 01/05/2019.

ENERGIA LIMPA. A reinvenção da luz. **Revista Veja**. Edição 2145 – ano 42 – n° 52. 30 de dezembro de 2009. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/acervodigital/home.aspx>>. Acesso em: 01/05/2019.

ENEL. Programa de Eficiência Energética - **Chamada Pública. 2018**. Disponível em: <<http://enel-go.chamadapublica.com.br/>>. Acesso em: 01/05/2019.

LIN, B.; MOUBARAK, M. **Estimation of energy saving potential in China's paper industry**. Energy, v. 65, p. 182-189, 2014.

PVsystem. **A powerful software for your photovoltaic Systems**. 2016 < <https://www.pvsyst.com/>>

SAIDUR, R. Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian Office buildings. **Energy Policy**, v. 37, p. 4104-4113. 2009.

SORRELL, S. Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 74-82, 2015.