

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY: AN APPLICATION CASE STUDY IN THE LIGHTING SYSTEM IN A VOCATIONAL EDUCATION INSTITUTION

Deivisson Rodrigues Castro Gonçalves dos Santos¹; Geraldo Fernandes Nascimento²; Vitor Luiz de Castro Xavier³; Jocilene Ferreira da Costa⁴

¹Graduação em Engenharia de Produção
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG – Belo Horizonte/MG – Brasil
deivisson_eng@yahoo.com

²Graduação em Engenharia de Produção
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG – Belo Horizonte/MG – Brasil
geraldobh@bol.com.br

³Graduação em Engenharia de Produção
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG – Belo Horizonte/MG – Brasil
vitorlxcavie@hotmail.com

⁴Graduação em Engenharia de Produção
Faculdade de Engenharia de Minas Gerais – FEAMIG – Belo Horizonte/MG – Brasil
jocilene_fc@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho tem como tema uma fonte de energia renovável não poluidora que poderá ser mais uma prática sustentável nos próximos anos. A fonte de energia estudada foi o Sistema Fotovoltaico e foi realizado uma análise do aproveitamento do recurso solar para o propósito de geração de eletricidade. Foi apresentado um estudo de viabilidade ambiental para uma instituição de ensino profissionalizante, a fim de explicar as dificuldades e benefícios ambientais do uso da energia fotovoltaica para a alimentação do sistema de iluminação. Para tal foi utilizado a pesquisa aplicada com análises qualitativas e quantitativas e quanto aos meios de pesquisa foi aplicado o estudo de caso. Os procedimentos utilizados para coleta e análise dos dados foram a entrevista informal e observação do participante. Os resultados foram obtidos através de um estudo teórico de viabilidade para a implantação de um sistema fotovoltaico e foi apresentado como resultado uma economia tanto no consumo de energia quanto no gasto mensal com o sistema convencional utilizado.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, painel fotovoltaico, solar.

Abstract

This work has as its theme a source of non-polluting renewable energy that can be more sustainable practice in the coming years. The study energy source was the Photovoltaic System and was carried out an analysis of the solar resource utilization for the purpose of generating electricity. an environmental feasibility study for a vocational education institution was presented in order to explain the difficulties and environmental benefits of using photovoltaics to power the lighting system. For this was used to applied research with qualitative and quantitative analysis and research about the media case study was applied. The procedures used for data collection and analysis were informal interviews and participant observation. The results were obtained through a theoretical feasibility study for the installation of a photovoltaic system and was presented as a result of savings in both energy consumption and the monthly expenditure on the conventional system used.

Keywords: energy photovoltaics, photovoltaic panel, solar.

1. Introdução

A constante busca pela eficiência energética, devido à limitação de recursos naturais esgotáveis, o aumento da população e do consumo, têm mobilizado boa parte dos estudiosos pelo mundo todo a procurar meios de geração de energia elétrica limpa que não comprometam as condições de vida no planeta. Os pesquisadores brasileiros estão em uma busca incessante por resultados satisfatórios no que tange a produção desse tipo de energia.

O uso da energia advinda da luz do sol surge como uma alternativa real para a redução do consumo de recursos geradores de energia elétrica, como água, gás natural e carvão vegetal, utilizados em grande escala pelas usinas hidrelétricas e termoeletricas.

A pesquisa se fez necessária devido ao interesse da sociedade em fontes renováveis, pois, se busca a redução da degradação dos recursos, como, por exemplo, a água, comumente utilizados ao longo da trajetória da humanidade para a geração de energia, visto que a população do planeta cresce paralelamente com o consumo de eletricidade e dos recursos naturais.

As discussões sobre a busca por novos meios de produção da energia elétrica, procurando o melhor aproveitamento e a diminuição dos impactos no meio ambiente, traz o interesse em apresentar, por meio deste projeto, que através do uso da energia proveniente do sol foi possível reduzir o consumo de energia oriunda de distribuidoras que utilizam recursos naturais não renováveis ou escassos. Além disso, avaliou-se as vantagens tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade que utiliza a escola, diminuindo os impactos ambientais através da redução do consumo da energia advinda das distribuidoras e o custo que a mesma gera à empresa.

O estudo de instalação de um Sistema Fotovoltaico é uma boa opção para reduzir o consumo de energia elétrica e o impacto ambiental da instituição de ensino profissionalizante em estudo, mesmo tratando-se de uma instituição que possui várias unidades distribuídas por todo o Brasil,

ainda sabendo que este estudo foi focado apenas em uma das suas unidades localizada em Contagem/MG. Por considerar que a instituição trabalha com aproximadamente 1000 alunos por semestre e, portanto, ficará mais fácil a disseminação da contribuição ao meio ambiente que a escola irá promover, contribuindo, desse modo, para a sociedade.

2. Referencial Teórico

2.1 Sustentabilidade ambiental

Segundo Uczai (2012), a utilização de fontes renováveis para a universalização do acesso à energia apresenta diversos benefícios econômicos e sociais. Os mais importantes, entre eles, são:

- a) um custo menor com a obtenção de energia em relação a obtida por combustíveis fósseis;
- b) são mais efetivas na geração de empregos se comparadas com a produzida por fontes fósseis;
- c) podem contribuir para a redução da poluição de recursos hídricos.

2.2 Energia fotovoltaica

Através do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável (RÜTHER, 2004).

Segundo Pinho e Galdino (2014), a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica um dispositivo fabricado com um material semicondutor que é a unidade de conversão deste processo.

2.2.1 Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil

Segundo Pinho e Galdino (2014), o Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente o Nordeste. Na região do semiárido estão os melhores índices, com valores típicos de 1.752 a 2.190 kWh/m² por ano de radiação incidente. Essa característica coloca o país em vantagem com relação aos países industrializados no que tange à utilização da energia solar fotovoltaica.

2.2.2 Sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico de energia é composto por um ou mais módulos fotovoltaicos e por um conjunto de equipamentos complementares, como acumuladores eletroquímicos, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção. Esses componentes variam de acordo com a aplicação do sistema fotovoltaico (RÜTHER, 2004).

Segundo Pinho e Galdino (2014), os sistemas fotovoltaicos são classificados das seguintes formas:

a) sistemas autônomos ou híbridos: são sistemas que funcionam sem ligação à rede de distribuição elétrica das concessionárias e funcionam tanto com ou sem o armazenamento de energia elétrica.

b) sistemas ligados à rede: um sistema fotovoltaico conectado à rede, conforme, em inglês *on-grid* ou *grid-tie*, é um gerador de eletricidade que tem como combustível a energia solar, e que trabalha em conjunto com a rede elétrica da distribuidora de energia.

Neste estudo foi aplicado o sistema ligado à rede, devido a segurança de utilização e a facilidade de instalação, unidas com um custo menor na hora de adquirir os componentes do sistema fotovoltaico.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1 Objeto de Estudo

O ambiente onde o objeto de pesquisa está inserido, na instituição de ensino profissionalizante com o nome *Centro Profissional*¹, localizada na cidade de Contagem no estado de Minas Gerais, possui 100 funcionários e um fluxo de aproximadamente 1000 alunos por semestre.

Com o apoio de diversas áreas industriais, o *Centro Profissional* é responsável pela formação profissional de recursos humanos para a indústria, a prestação de serviços como assistência técnica e tecnológica ao setor produtivo, serviços de laboratório, pesquisa aplicada e informação tecnológica.

O critério de escolha do *Centro Profissional*¹ como objeto de pesquisa foi por ter como objetivo a formação de cidadãos qualificados para atuar de maneira autônoma, crítica, consciente e participativa, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana. Seus cursos possibilitam ao aluno a construção personalizada de seu projeto educativo. Para isso, estrutura currículos com base em perfis profissionais que retratam as competências requeridas pelo mundo do trabalho e necessárias à eficácia dos processos produtivos na indústria.

3.2 Procedimentos de Coleta de Dados

Este projeto fez o uso do método da entrevista informal junto a 2 diretores e 4 supervisores, no primeiro semestre de 2016, onde se buscou obter dados quanto à visão dos mesmos sobre o sistema atual e sobre o novo sistema de energia fotovoltaica. Utilizou-se entrevistas por pautas, que foram aplicadas aos 10 técnicos da área de eletricidade predial onde se levantou dados quanto ao

¹ Por questões de privacidade, o nome da empresa objeto de pesquisa será resguardado. Os autores optaram, assim, por um nome fictício.

dimensionamento do sistema atual e estudo de um novo sistema. Também se aplicou um questionário junto à 20 cidadãos da sociedade local do bairro Cinco em Contagem/MG, com o objetivo alcançado que foi conhecer qual a visão da população a respeito do tema que estudado.

Outro método utilizado foi a observação participante, onde um dos autores deste trabalho, por ser funcionário desta instituição de ensino profissionalizante, obteve informações relativas às possíveis mudanças internas com o estudo do novo sistema de energia fotovoltaica.

Utilizou-se também pesquisa documental para adquirir informações relativas ao histórico de consumo de energia elétrica da escola, e análises de orçamentos.

3.3 Procedimentos de Análise de Dados

Com a obtenção dos dados, os mesmos foram trabalhados com a utilização de tabelas para controle e gráficos onde abaixo de cada item (tabela, gráfico) se discutiu o resultando inerente ao mesmo e comparado o resultado obtido com as bibliografias correntes sobre o tema abordado.

Desenvolveu-se também a análise de documentos referentes ao consumo de energia pela instituição estudada, com o objetivo de se obter dados reais e não teóricos e os mesmos foram tratados com segurança de assertividade no repasse das informações.

4. Resultados

4.1 Mapeamento da área e do sistema de iluminação da instituição de ensino profissionalizante

A instituição de ensino profissionalizante em estudo apresenta um galpão, com área aproximada de 8800 m², localizada em uma região com diversas empresas, bairros populosos nas proximidades e com uma construção que não favorece a iluminação natural forçando a necessidade de iluminação artificial todo o tempo em que a instituição está em funcionamento.

O sistema possui 120 lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 116w de potência (já se inclui a perca de potência devido ao reator e a eficiência das mesmas) e tensão de alimentação de 127v, todas alimentadas por energia elétrica provinda de rede de distribuição da concessionária de distribuição de energia local (Cemig). O sistema de iluminação consome diariamente uma potência aproximada de 223 kW, isso de segunda a sexta feira, que no mês dá um total de, aproximadamente, 4900 kW de consumo.

Com a proposta tem-se o intuito de substituir todas as lâmpadas fluorescentes para lâmpadas de LED que consomem menos energia e assim minimizar o investimento no sistema fotovoltaico. Com isso tem-se uma nova carga de consumo mensal reduzida em relação as lâmpadas anteriores, o valor reduzido será de 3200kw ao mês, então a escola terá um novo consumo mensal do sistema de iluminação de, 1700 kW, dados esse obtidos com base no consumo teórico das lâmpadas.

4.2 Benefícios para a instituição de ensino, onde foi o local da pesquisa, da proposta de uso da energia fotovoltaica como fonte de energia elétrica

Por depender de um alto índice de radiação solar, o sistema de geração de energia fotovoltaica se faz possível utiliza-lo em qualquer parte do território brasileiro com alta eficiência, visto o grande índice de irradiação solar global que decorre sobre o Brasil. O local do estudo é privilegiado com esses índices citados e pode-se trabalhar com uma boa eficiência dos sistemas fotovoltaicos.

Relativo a alguns dos principais benefícios que a aplicação da energia fotovoltaica na escola de ensino profissionalizante, local do estudo, pode trazer no que se refere ao meio ambiente, as questões econômicas e de manutenção do sistema para a escola e benefícios sociais que a escola irá contribuir, pode-se citar:

➤ **Benefícios ao meio ambiente;**

- Redução dos impactos ambientais causados pelo uso da eletricidade provinda de hidrelétricas que causam diversos impactos, como nos citados no problema de pesquisa. A escola atualmente, em 2016, apresenta um consumo mensal médio de 15744 kW de energia elétrica e a previsão é que se reduza para uma média de 10097 kW mês com a aplicação do estudo apresentado. Esses dados serão apresentados mais detalhados no item de comparação entre custos.

- O presente estudo propõe a utilização de um sistema que não consome combustível fóssil ou outro qualquer tipo de combustível e oferece um baixo risco a operação humana.

- O sistema proposto não apresenta ruído significativos em sua utilização é silencioso e não incomoda a vizinhança ou funcionários do local onde se propõe instala-lo.

- Os sistemas fotovoltaicos não precisam de um dia de céu limpo ou com muita luz solar para operar.

- Para uma proposta futura, o sistema favorece a possibilidade de expansão, na instituição de ensino, para utilização como aquecedor solar, onde é necessária algumas alterações e implementações para esse fim.

➤ **Benefícios Econômicos;**

O sistema proposto possui um custo inicial de instalação relativamente alto, mas com o passar do tempo, a energia fotovoltaica se torna altamente rentável no ponto de vista de custo, pois, ele começa a gerar lucro após se quitar o investimento inicial e a energia solar é gratuita e a economia se estenderá por tantos anos quanto o sistema estiver ativo.

➤ **Benefícios quanto a Manutenção do sistema fotovoltaico;**

No caso da instituição estudada, a escola possui técnicos voltados para a área elétrica com capacidade técnica de efetuar essas manutenções e as mesmas não apresentarão custos adicionais para maneabilidade do sistema. O sistema de energia fotovoltaico proporciona uma vida útil superior a 25 anos e assim é necessária pouca manutenção durante esse período. Na região de Contagem/MG, onde está localizada a instituição do estudo, as condições climáticas mostram que a área está sujeita a granizo, vento, variações de temperatura e umidade, conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2016), assim o sistema fotovoltaico se apresenta resistente a essas condições, e é preciso apenas de uma limpeza sazonal para que o mesmo se mantenha com sua eficiência de geração de energia totalmente disponível, visto que a sujeira pode diminuir tal eficiência.

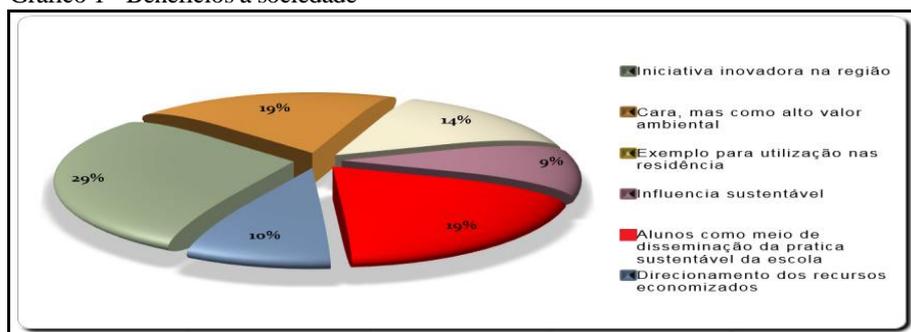
➤ **Benefícios sociais;**

Foi realizada a aplicação de um questionário, com o objetivo de levantar dados referentes aos benefícios sociais que o sistema irá oferecer para a população ao redor da escola com sua possível implantação. O questionário foi aplicado a pessoas ligadas a escola que no caso foram pais de alunos moradores da região próxima à esta, afim de levantar dados reais e confiáveis. De acordo com o questionário aplicado junto a população, observou-se dentre as respostas que as mais recorrentes são:

- Uma iniciativa inovadora para a região de Contagem/MG.
- Sim. Por ser uma tecnologia nova, com certeza deve ser cara, mas o valor monetário fica muito abaixo do valor ambiental que irá trazer para a sociedade mineira.
- Tomando a escola como exemplo, com certeza instalaria em minha casa, para assim poder contribuir também para o meio ambiente e para os meus gastos.
- A sociedade local terá uma escola com princípios sustentáveis nas proximidades podendo influenciar a todos a tomarem as mesmas medidas corretas para uma maior preservação do planeta.
- Os alunos irão disseminar essa prática sustentável da escola e terão uma formação profissional já com conhecimento das questões ambientais.
- Destinação dos recursos financeiros remanescentes para a escola com a economia feita pelo sistema fotovoltaico.

As respostas podem ser visualizados no Gráfico 1, demonstrando os benefícios mais importantes no ponto de vista da população ao redor da instituição.

Gráfico 1 - Benefícios á sociedade



Fonte: Os Autores, 2016

Nota-se no Gráfico 1, a visão da sociedade local, que trata a energia fotovoltaica como inovadora pois dentre as respostas foi a que mais se destacou, seguida da utilização dos alunos da escola estudada como meio de disseminação da pratica sustentável e a visão da população que o investimento para obtenção do sistema fotovoltaico é caro mas traz um ganho ambiental indiscutível. Na análise do Gráfico 1, também é possível evidenciar que a população apresenta uma certa preocupação com a destinação dos recursos financeiros remanescentes com a implantação do sistema, com isso, os pesquisadores propõem que esse valor monetário seja aplicado em programas sociais com a comunidade moradora no entorno da instituição em aquisição de materiais e ferramentas para cursos voltados ao atendimento da sociedade local.

A presente pesquisa demonstra também que através da implantação do sistema fotovoltaico pela escola os alunos tomarão como exemplo e irão multiplicar tal feito da escola com o aumento da possibilidade de sensibilização das pessoas relativo a sustentabilidade ambiental.

Como toda a escola é vista como exemplo para a comunidade local e para os alunos que nela estudam, a instituição estudada não é diferente, e visto esta questão, uma das principais contribuições sociais é o atendimento da LEI 20849, de 08/08/2013 estabelecida pelo Governo de Minas Gerais, que dispõe institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar, pois a escola desponta-se como modelo para os demais interessados em tomar a mesma atitude.

➤ **Benefícios na visão dos diretores e supervisores da unidade profissionalizante estudada;**

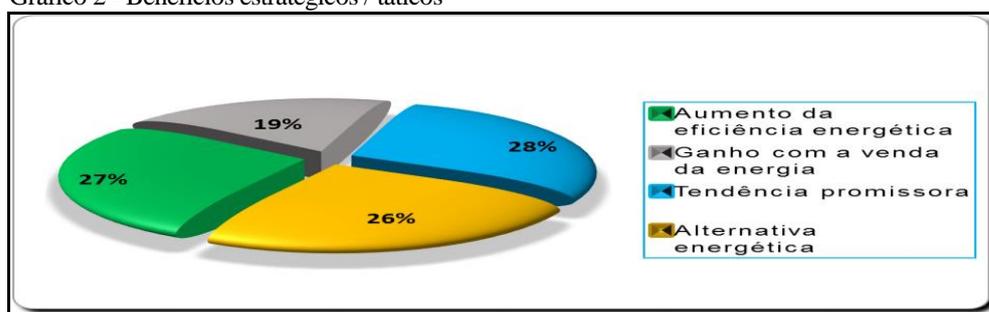
Foi realizada uma entrevista informal junto aos diretores e supervisores da instituição de ensino estudada, de forma que os assuntos tratados foram direcionados a questões ambientais e as questões de viabilidade de implantação do sistema, a fim de levantar as opiniões dos mesmos referentes ao sistema fotovoltaico proposto e a possibilidade do projeto ser aprovado no ponto de vista dos mesmos e se obteve informações relevantes para que se possa ter ciência daquilo que é a

probabilidade real de implantação da proposta desse estudo. Algumas respostas que podem ser destacadas são:

- “Sem dúvidas é uma forma de aumentar a eficiência energética e ainda ganhar com a "venda" de energia não utilizada para a concessionária local. ”
- “Com certeza a utilização da energia limpa é uma tendência e Minas Gerais tem a vantagem de ter uma empresa instalada referência nessa área que possa nos atender. ”
- “Há necessidade de manutenção de lâmpadas ligadas durante o dia e oportunidades para redução deste consumo por meio de tecnologia LED e outras alternativas energéticas. ”

Ao se analisar as respostas de acordo com o Gráfico 2, evidenciou-se que há o interesse do setor estratégico e tático da instituição de ensino em adotar novas formas de obtenção de energia elétrica, visto que tratam a energia fotovoltaica como uma oportunidade de crescimento da escola é uma tendência promissora para atender as novas demandas de energia dos próximos anos.

Gráfico 2 - Benefícios estratégicos / táticos



Fonte: Os Autores, 2016

Exalta-se também que há interesse na possibilidade de venda para CEMIG da energia não utilizada, com a oportunidade de aumento financeiro após a implantação deste sistema.

4.3 Dificuldades que podem afetar negativamente a instituição de ensino, da possibilidade de uso da energia fotovoltaica como fonte de energia elétrica

De acordo com o estudo feito, pode-se inferir que a energia fotovoltaica é uma fonte renovável, importante e com um potencial de crescimento considerável, a mesma sofre algumas dificuldades para sua aplicação, conforme será descrito nos tópicos a seguir:

- **Alto custo do investimento inicial;**

Os sistemas fotovoltaicos se comparados a outras fontes de energia elétrica, como energia provinda de hidrelétricas ou eólicas são relativamente mais caras para a sua concepção, mas, ao longo dos anos esses custos vêm sofrendo uma queda.

- **Condições ambientais que interferem na geração fotovoltaica;**

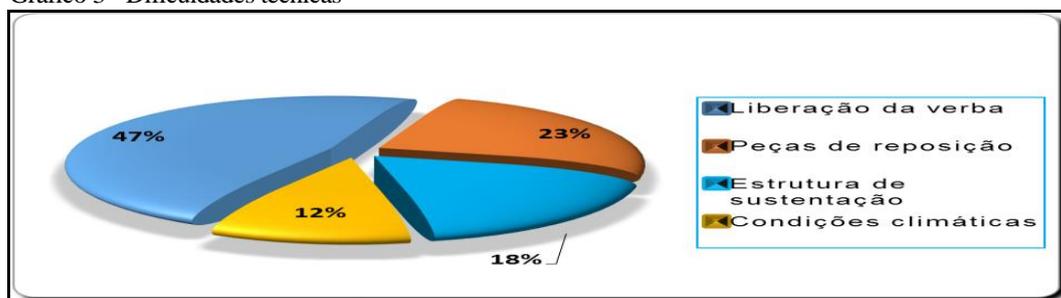
O município de Contagem, localizado na região metropolitana de Belo Horizonte – MG, possui um grande polo industrial e a instituição de ensino em questão está localizada em uma região que pode ser prejudicada no que diz respeito a quantidade de radiação recebida em razão da área ser vastamente cercada por grandes árvores, e grande produção de fumaça decorrente das indústrias que operam próximo ao local, segundo Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), (2016).

- **Dificuldades técnicas na implantação do sistema;**

Foi aplicado um questionário, com o intuito de se levantar as dificuldades técnicas que o sistema iria oferecer para a sua implantação. O questionário foi respondido por técnicos em elétrica que trabalham na instituição estudada, afim de levantar dados técnicos confiáveis e práticos. De acordo com o questionário aplicado aos técnicos observaram como destaques os seguintes aspectos:

- ✓ Liberação da verba; Peças de reposição; Estrutura de sustentação; Condições climáticas;
- Desses aspectos os mais relevantes podem ser observados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Dificuldades técnicas



Fonte: Os Autores, 2016

Nota-se que a maior dificuldade levantada pelos técnicos é a liberação de verbas para a aplicação do sistema fotovoltaico, seguido de peças de reposição, pois com o mercado fotovoltaico ainda em expansão, seria difícil encontrar essas peças no caso de uma pane imprevista em algum componente do sistema a ser implantado, mostra-se também a preocupação dos mesmos com a questão voltada para a estrutura de sustentação dos módulos, pois se propõe instala-los sobre o telhado do galpão da escola estudada e os mesmos avaliaram que será necessário fazer uma avaliação tecnica da estrutura antes da instalação e por fim citaram as condições climáticas do local, pois, em épocas do ano pode se observar muita fumaça de poluição no local que é prejudicial na geração fotovoltaica.

- **Legislação de sistemas fotovoltaicos no Brasil;**

O Brasil vem com o empenho de introduzir, ao passar dos anos, a utilização da energia fotovoltaica através de programas de incentivo. Porém, o que tem sido feito é insuficiente para garantir o crescimento e o desenvolvimento do mercado para este tipo de aplicação, pois a energia

fotovoltaica não tem sido observada efetivamente por políticas públicas específicas de longo prazo e pela legislação em vigor.

4.4 Comparação entre os custos do sistema atual de energia com a proposta apresentada

Neste item será discutido os custos relacionados a utilização de um sistema convencional de alimentação de lâmpadas através de energia elétrica provinda de fontes não renováveis ou escassas e a alteração deste sistema para um que seja alimentado com energia solar fotovoltaica, que é uma fonte alternativa de energia limpa e renovável. Constituirá também a apresentação de um comparativo entre a utilização de lâmpadas fluorescentes, que é a condição atual da instituição de ensino e a proposta de troca por lâmpadas de LED, onde joga-se necessária a troca das lâmpadas e a frente foi feito um comparativo do sistema fotovoltaico e convencional e considera-se a utilização das lâmpadas de LED.

➤ Comparação entre o sistema atual de lâmpadas fluorescentes e a proposta do novo sistema com lâmpadas LED;

- **Economia;**

A eficiência do LED é muito alta, sendo que converte mais que 80% da energia necessária para sua alimentação em energia luminosa. A economia com seu uso pode chegar a 95 % da potência antes consumida. No entanto, devido seu alto custo inicial, para uma vantajosa troca das lâmpadas convencionais pelas LED deve ser previamente feita uma minuciosa análise da viabilidade econômica para que o investimento se pague o mais rápido possível e, portanto, quanto maior o tempo que está lâmpada necessite ficar ligada, mais rápido será este o retorno deste investimento (SOLELUX, 2015).

- **Vida Útil;**

A vida útil das lâmpadas LED é superior as demais, além de sua estrutura ser muito mais resistente à impactos, impedindo de quebrar mais facilmente como as incandescentes e fluorescentes, feitas a partir de matérias como o vidro (SOLELUX, 2015). No entanto, prever a vida útil das lâmpadas LED depende de muitos fatores, por exemplo se tem boa qualidade são produzidas para durarem cerca de 50.000 horas (LED NEWS, 2016).

- **Comparativo entre consumo, vida útil e custos;**

Na Tabela 1, o comparativo entre os resultados de avaliação para as lâmpadas fluorescentes e LED, e inclui os valores monetários das mesmas obtidas em orçamentos realizados em março de 2016.

Tabela 1 - Resultados de avaliação entre as lâmpadas fluorescentes e LED

Lâmpadas	Fluorescente (foi considerado uma lâmpada de boa qualidade)	LED (foi considerado uma lâmpada de boa qualidade)
Custo unitário	R\$ 23,54	R\$ 99,95
Custo total para 120 lâmpadas	R\$ 2.824,80	R\$ 11.994,00
Vida útil em funcionamento aplicado a escola estudada (em anos)	2,5 anos (10000 horas)	12 anos (50000 horas)
Análise do custo do sistema de lâmpadas aplicado a escola para 12 anos à frente	R\$ 14.124,00	R\$ 11.994,00
Potência consumida unitária (watts)	116 w (com perda do reator)	40w (não necessita de reator)
Potência consumida de todo o sistema diário (16 horas por dia em watts)	13920	4800

Fonte: Os Autores, 2016

Na Tabela 1, mostra-se que o custo para aquisição das lâmpadas é bem diferente, ou seja, as lâmpadas fluorescentes são mais baratas do que as LED, isso a curto prazo, pois, ao comparar os dados relativos a vida útil das lâmpadas e previsão de utilização para 12 anos fica evidenciado que as lâmpadas LED são muito mais vantajosas, pois enquanto se utiliza uma lâmpada LED são consumidas aproximadamente 4 lâmpadas fluorescentes e no final dos 12 anos tem-se uma economia de R\$2.130,00 com as LED. Pode-se verificar também a diferença entre a potência consumida diária do sistema com lâmpadas LED e do sistema com lâmpadas fluorescentes, onde temos um consumo das lâmpadas fluorescentes de 9120kw a mais do que as LED, evidencia-se assim a vantagem de se utilizar lâmpadas LED, tanto em relação ao custo a longo prazo, quanto em relação ao consumo de energia elétrica.

- **Comparação dos Custos aplicados ao sistema;**

Na Tabela 2, serão demonstrados os custos para instalação do sistema fotovoltaico Integrado à Rede Elétrica (*Grid-Tie*) na escola, com a utilização de lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED. No entanto, pode-se inferir que o sistema com lâmpadas LED é viável ao analisarmos o custo quanto a demanda necessária para alimentá-las.

Tabela 2 - Custos do Sistema Fotovoltaico com lâmpadas LED x fluorescentes

Sistema fotovoltaico integrado à rede elétrica (<i>grid-tie</i>)	LED	Fluorescente	Diferença de custo
Custo total de implantação	R\$ 122.015,63	R\$ 304.505,07	R\$ 182.489,44

Fonte: Os Autores, 2016

Os valores demonstrados indicam uma diferença considerável nos valores dos sistemas aplicados a cada um dos tipos de lâmpadas, esse fato se deve pelo motivo de as lâmpadas

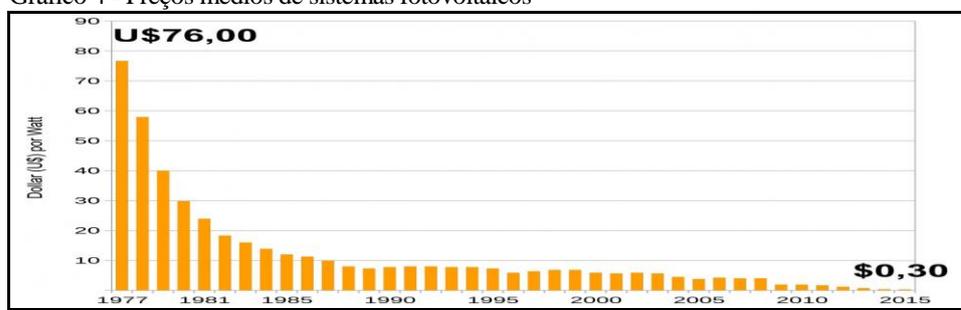
fluorescentes consumirem uma potência elétrica acima das lâmpadas de LED e a diferença de R\$ 182.489,44 se dá por essa condição.

➤ **Comparação entre o sistema atual de alimentação das lâmpadas e o novo sistema proposto com a utilização de lâmpadas LED;**

- **Tendência de custos dos sistemas fotovoltaicos;**

Segundo Pinho e Galdino (2014), o custo de investimento dos sistemas fotovoltaicos, que desde o ano 1977, apresenta uma trajetória de redução de preços, acentuou essa tendência, sobretudo a partir de 1980, em função das significativas reduções verificadas nos preços dos módulos. No Gráfico 4, são apresentados os preços médios, entre 1977 e o segundo trimestre de 2015, sem taxas, e o mesmo apresenta uma queda significativa nos valores dos sistemas fotovoltaicos ao longo dos anos avaliados e confirma-se as expectativas de estudiosos do assunto.

Gráfico 4 - Preços médios de sistemas fotovoltaicos



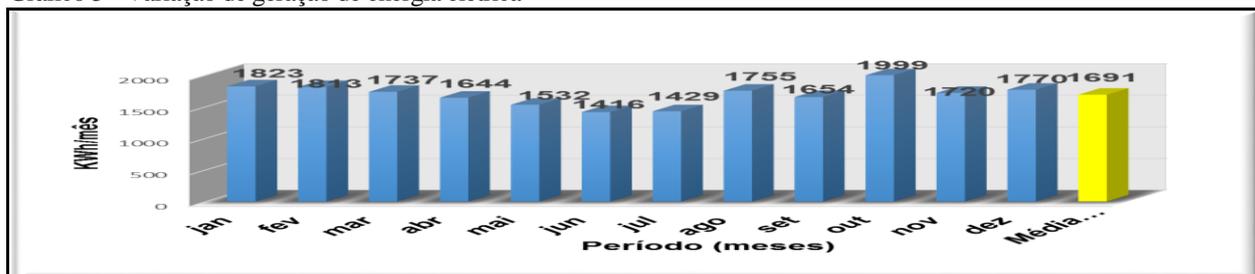
Fonte: Portal Solar, 2016

Pode-se ser verificar que a utilização de sistemas fotovoltaicos mostra uma tendência promissora de crescimento e popularização, mesmo o levantamento feito considera sistemas instalados na Alemanha, com a globalização que vivemos e com várias formas de importação de produtos e assim, podemos tomar como base esses dados para avaliar a situação do Brasil com uma certa tranquilidade.

- **Comparação entre os sistemas;**

Para realizar a comparação entre os sistemas foram levantados diversos dados com base em fontes variadas. Os dados de geração média do sistema fotovoltaico foram obtidos através de informações de orçamento, feito junto a empresa Neosolar Energia. De acordo com o Gráfico 5, onde o mesmo mostra uma variação de geração de energia elétrica, devido às diferentes estações do ano, que se prevê mês a mês do sistema proposto para ser instalado na escola considerado a utilização de lâmpadas LED.

Gráfico 5 - Variação de geração de energia elétrica



Fonte: Neosolar Energia, 2016

Identifica-se também que o consumo diário gira em torno de 78kw e a escola não funciona aos finais de semana e feriado, obtendo assim uma geração sem utilização instantânea que será repassada para a Cemig é devolvida em forma de créditos para a escola. Essa condição de geração sem utilização pode ser vista na Tabela 3, foi estudada e a escola apresenta 114 dias do ano em média sem utilização de energia elétrica, pois são finais de semana e feriado e a energia não consumida será considerada como um saldo positivo a mais. Vale ressaltar a tamanha vantagem do sistema no que diz respeito a não perder nenhuma energia gerada.

Tabela 3 - Geração média diária e a previsão média da energia não utilizada

Geração de energia fotovoltaica sem utilização instantânea	Sistema fotovoltaico com lâmpadas de LED
Geração diária média (kW)	78
Geração mensal média (kW)	1700
Geração anual média (kW)	20400
Média de Créditos anuais de 114 dias (kW)	8892
Quantidade de dias de utilização dos créditos	114

Fonte: Os Autores, 2016

Na Tabela 3, mostra, com base no Gráfico 5, a geração média diária e a previsão média da energia não utilizada no mês e a energia média acumulada no ano em créditos.

Já na Tabela 4, apresenta-se um comparativo entre o consumo mensal do sistema fotovoltaico proposto para a escola com utilização de lâmpadas LED e o consumo mensal do sistema atual de alimentação da escola, através da energia elétrica provida da distribuidora local.

Tabela 4 - Comparativo entre o consumo mensal

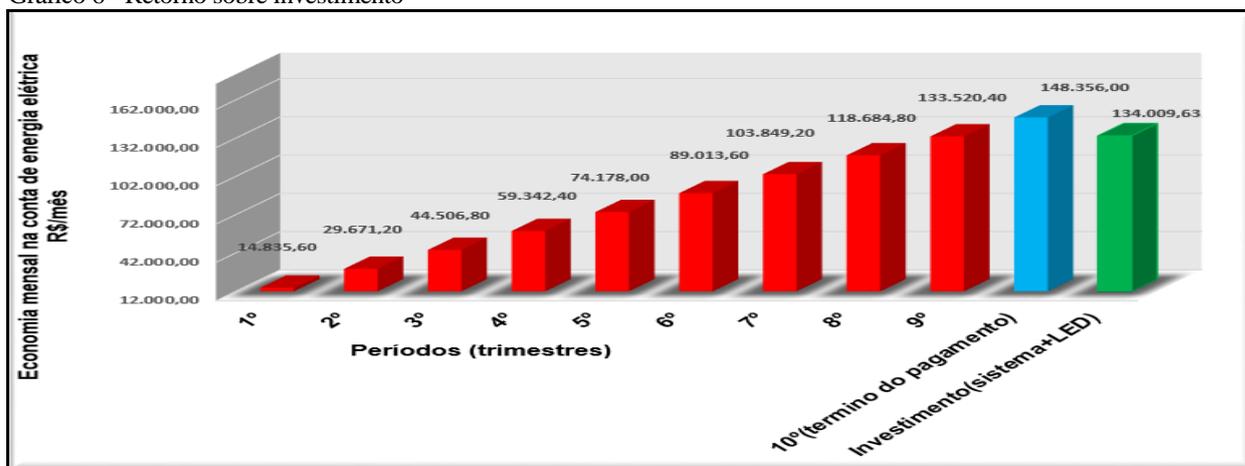
Sistema utilizado	Potência média consumida mensalmente por toda a escola (kW)	Valor médio mensal gasto (conta de luz) e previsão de gasto
Sistema proposto com LED (Fotovoltaico)	10097 kW	R\$ 8.795,44
Alimentação da concessionária local (sistema atual)	15744 kW	R\$ 13.740,64
Valores economizados mensalmente	5647kW	R\$ 4.945,20

Fonte: Os Autores, 2016

Ao se analisar a Tabela 4, pode-se inferir que mensalmente tem-se uma redução significativa no valor da fatura de energia que será de R\$4.945,20, valor esse que inicialmente pode ser utilizado para cobrir os gastos com a implantação do sistema e após ter sido pago o investimento inicial, tem sido proposto neste estudo formas de aplicar esse ganho monetário, mais especificamente foi citado no campo “benefícios sociais” deste estudo.

No Gráfico 6, observa-se que a partir do 10º trimestre de utilização, o sistema já terá pago o investimento feito e neste mesmo trimestre já gera uma receita de R\$14.346,37, ou seja, deixara de gastar R\$14.835,60 por trimestre.

Gráfico 6 - Retorno sobre investimento



Fonte: Os Autores, 2016

As informações contidas no Gráfico 6, mostram à medida em que o tempo passa a energia fotovoltaica se paga e gera renda após esse período, demonstrando a enorme vantagem em se aplicar o sistema proposto no que se refere a retorno sobre o investimento.

5. Discussões

O objetivo do estudo foi à apresentação de um estudo de viabilidade ambiental para uma instituição de ensino profissionalizante, a fim de explanar as dificuldades e benefícios ambientais do uso da energia fotovoltaica para a alimentação do sistema de iluminação com a implantação de um sistema fotovoltaico de energia elétrica conectado à rede para atender o consumo das lâmpadas. A partir das respostas a cada um dos objetivos específicos, foram possíveis obter as soluções para o objetivo geral e o problema de pesquisa.

Conclui-se que são também necessárias atuações governamentais de apoio efetivo ao setor energético em todo o país, para melhor avaliar o potencial solar e políticas públicas mais contundentes no apoio à instalação, manutenção e expansão de sistemas de redes isoladas, que

possam utilizar os sistemas de geração de energia renovável, principalmente os sistemas fotovoltaicos. A influência crescente da sociedade no sentido da preservação do meio ambiente impulsionará o processo de consolidação da tecnologia fotovoltaica, pelo fato da mesma proporcionar a geração de uma energia limpa e de fonte inexaurível. Sobre o ponto de vista ambiental, o sistema fotovoltaico permite o aumento da oferta de energia de forma limpa, segura, com pouca manutenção e sem a necessidade de degradar grandes áreas, como as hidrelétricas ou eólicas, e se coloca como uma fonte de energia abundante, disponível em todos os locais, renovável, silenciosa e não emite poluição.

A partir das faturas registradas pela concessionária no ano de 2016, foi analisado o potencial de energia economizada e a redução do custo da fatura, assim como o investimento necessário para a implantação e tempo médio de retorno do projeto.

A partir de consulta a fornecedores, estabeleceu-se a proposição de um sistema fotovoltaico de energia elétrica de 12,8 kWp conectado à rede, com o objetivo de fazer uma análise preliminar. A partir dos dados de irradiação média solar da cidade de Contagem/MG, foi possível estimar a energia mensal produzida pelo sistema fotovoltaico em um total de 20400 kWh/ano.

De acordo com dados encontrados, a instalação do sistema fotovoltaico de energia elétrica conectado à rede proposto trará uma redução anual de R\$ 59.342,40 na fatura de energia em relação ao consumo médio.

Através da relação custo – benefício e o tempo de retorno do investimento demonstrado na pesquisa, verificou-se que econômica e financeiramente, o investimento inicial do projeto é pago ao longo de sua vida útil. Contudo, apesar de ser necessário desembolsar um alto valor monetário, o mesmo cria mais um empecilho ao estímulo quanto à implantação deste tipo de geração de energia, mas a análise feita mostra que é expressiva a viabilidade do sistema visto os seus benefícios ao decorrer dos anos de utilização.

6. Conclusões

Após o desenvolver a presente pesquisa em sua dimensão prática, onde foram desempenhadas atividades de campo, foi possível delinear um paralelo com o instituído na literatura corrente sobre o tema e, ainda, estabelecer alguns confrontos sobre a análise e ações práticas que amparam a utilização de energias renováveis.

Como trabalhos futuros sugere-se o estudo de ampliação do sistema para atender as demais áreas da instituição além do sistema de iluminação. E pode ser estudado também a possibilidade da utilização do sistema como forma de obtenção de energia térmica.

Portanto, para reforçar o sucesso deste estudo, os diretores da empresa mostraram-se totalmente a favor da proposta e estão em processo de avaliação, no ano de 2016, para implantação da mesma e isso demonstra que o estudo realizado foi contundente em atender a necessidade da escola e da população local e acima de tudo, contribuir para um meio ambiente saudável.

Referências

FEAM. Qualidade do ar. Disponível em: <<http://www.feam.br/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

INMET. Gráficos Climatológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LED NEWS. Quanto tempo dura uma lâmpada LED?. 30 ago. 2011. Disponível em: <<http://lednews.com.br/video/quanto-tempo-dura-uma-lampada-led/>> Acesso em: 30 abr. 2016.

PINHO, J; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1. ed. Florianópolis. LABSOLAR, 2004. 114 p..

SOLELUX. Tecnologia LED. Disponível em: <<http://www.solelux.com.br/tecnologia-led/>>. Acesso em: 27 set. 2015.

UCZAI, P. **Energias Renováveis**: riqueza sustentável ao alcance da sociedade. CÂMARA DOS DEPUTADOS, Brasília-DF, Revista n.10, p.1-273, 2012.

Recebido: 28/03/2016

Aprovado: 31/05/2017