

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UMA MICRO USINA
FOTOVOLTÁICA EM UM SUPERMERCADO EM ATALÉIA – MG**

**TEÓFILO OTONI
2017**

**JONATHAN RODRIGUES SANTOS
KLEITON SOARES FARIAS**

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UMA MICRO USINA
FOTOVOLTÁICA EM UM SUPERMERCADO EM ATALÉIA – MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica das Faculdades Unificadas de
Teófilo Otoni, como requisito parcial
para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Elétrica.**

**Área de concentração: Eficiência
Energética**

**Orientadora: Prof^a. Keytiane Iolanda
Moura**

TEÓFILO OTONI

2017



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA EM UM SUPERMERCADO EM ATALÉIA - MG, elaborado pelos alunos JONATHAN RODRIGUES SANTOS e KLEITON SOARES FARIAS foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Teófilo Otoni, 11 de dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador

Examinador

Examinador

Dedicamos este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, e também aos nossos amigos e familiares pelo apoio e palavras de incentivo

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecemos a Deus, que nos guiou nessa longa e cansativa jornada, nos dando sabedoria e força para não desistir.

Aos nossos amados pais e familiares por compreenderem nossa ausência, nos apoiarem e incentivarem a busca pelo conhecimento, dando todo suporte necessário para a conclusão deste trabalho.

A nossa orientadora, coordenadora e professora Keytiane Iolanda Moura, por ter nos auxiliado no decorrer de nossa formação, e em especial no decorrer deste trabalho, cobrando resultados semanais, apontado os erros ao longo do caminho e também por ter nos tranquilizado nos momentos corretos, nos apoiado, incentivando e mediando nossos conflitos de ideias em prol do melhor desenvolvimento possível.

Ao senhor Uilton Santa Cruz Silva, que com muita prestatividade abriu as portas do Kim Supermercado para receber visitas e auxiliar com empenho no levantamento de todos os dados necessários para a realização deste trabalho.

Aos colegas de sala pelas discussões nos grupos, auxílio mútuo quanto à formatação, desenvolvimento e conclusão deste e de outros trabalhos.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ABGD – Associação Brasileira de Geração Distribuída

CC – Corrente Contínua

CA – Corrente Alternada

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GD – Geração Distribuída

HSP – Horas de Sol Pleno

ICMS – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

PIS – Programas de Integração Social

ProGD – Programa de Incentivo à Geração Distribuída

SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

VAL - Valor Atual Líquido

VPL - Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: Esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica | 36 |
| FIGURA 2: Curva teórica da incidência de luz solar durante o dia | 37 |
| FIGURA 3: Trajetória solar em diferentes épocas do ano | 37 |
| FIGURA 4: Fachada do supermercado | 47 |
| FIGURA 5: Radiação solar média anual da região de Ataléia – MG | 48 |
| FIGURA 6: Modelo de tabela com os dados econômicos da unidade consumidora . | 51 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO 1: Número de conexões de geração distribuída no Brasil | 21 |
| GRÁFICO 2: Perfil dos consumidores de geração distribuída | 22 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1: Produção de energia no Brasil em 2016 | 39 |
| TABELA 2: Histórico de consumo de energia do Supermercado | 56 |
| TABELA 3: Dados econômicos da unidade consumidora | 58 |
| TABELA 4: Dados do sistema fotovoltaico fornecidos pela Neosolar | 60 |
| TABELA 5: Dados do sistema fotovoltaico fornecidos pela Delevy Solar | 61 |
| TABELA 6: Dados do sistema fotovoltaico fornecidos pela Seltec | 62 |
| TABELA 7: Dados do sistema fotovoltaico fornecidos pela Emap | 63 |
| TABELA 8: Dados do sistema fotovoltaico fornecidos pela Skysol | 63 |

RESUMO

É cada vez mais claro que a utilização de fontes energéticas de origem renovável se tornou indispensável para garantir o desenvolvimento econômico contínuo garantindo os recursos ambientais para as gerações vindouras. Desse modo tendo em mente a natureza finita dos combustíveis fósseis e a centralização da matriz energética brasileira nas hidrelétricas, a energia solar fotovoltaica surge como uma alternativa bastante eficaz ao saber que o sol é uma fonte abundante e totalmente limpa de energia. Este trabalho apresenta uma metodologia de dimensionamento para a implantação de uma micro usina solar fotovoltaica conectada à rede da concessionária local em um supermercado, apresentando uma análise da viabilidade econômica da instalação. Afim de encontrar um valor que serviu de base para análise da viabilidade econômica, foram realizados orçamentos junto a empresas especializadas em geração fotovoltaica onde são apresentados os preços de aquisição dos equipamentos que compõe o sistema solar e os impostos envolvidos na aquisição. A partir de um valor estipulado pelos orçamentos, para análise da viabilidade econômica da instalação, foi utilizado o método de *payback* para encontrar o tempo de retorno do valor investido que, neste caso, será em torno de 5 anos após a instalação do sistema fotovoltaico.

Palavras-Chave: Energia solar. Geração Fotovoltaica. Viabilidade Econômica. Dimensionamento.

ABSTRACT

It is increasingly clear that the use of renewable energy sources has become indispensable to ensure continued economic development by ensuring the environmental resources for future generations. Thus, bearing in mind the finite nature of fossil fuels and the centralization of the Brazilian energy matrix in hydroelectric dams, photovoltaic solar energy appears as a very effective alternative to knowing that the sun is an abundant source and totally clean of energy. This work presents a sizing methodology for the implantation of a solar photovoltaic micro power plant connected to the network of the local dealer in a supermarket presenting an analysis of the economic feasibility of the installation. In order to find a value that served as a basis for economic feasibility analysis, budgets were made with companies specialized in photovoltaic generation, where the acquisition prices of the equipment that makes up the solar system and the taxes involved in the acquisition. From a budget stipulated value, to analyze the economic feasibility of the installation, the payback method was used to find the time of return of the invested amount, which, in this case, will be around 5 years after the installation of the photovoltaic system.

Keywords: Solar energy. Photovoltaic Generation. Economic viability. Sizing.

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 25 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 27 |
| 2.1 | Fontes alternativas de geração de energia | 27 |
| 2.1.1 | Energia eólica | 28 |
| 2.1.2 | Biomassa | 29 |
| 2.1.3 | Energia solar..... | 29 |
| 2.2 | A energia solar fotovoltaica e o efeito fotovoltaico | 30 |
| 2.3 | Geração distribuída de energia elétrica | 32 |
| 2.4 | A célula fotovoltaica | 35 |
| 2.5 | O setor energético brasileiro | 38 |
| 2.6 | Análise da implantação e utilização da energia fotovoltaica | 39 |
| 2.6.1 | Vantagens da Implantação e Utilização da Micro Usina Fotovoltaica..... | 40 |
| 2.6.2 | Desvantagens da Implantação e Utilização da Micro Usina Fotovoltaica | 40 |
| 2.7 | Viabilidade econômica | 40 |
| 2.8 | Contribuição da micro usina fotovoltaica operando como geradora de potência ativa e compensadora de energia reativa | 42 |
| 3 | METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA | 45 |
| 3.1 | Classificação da pesquisa quanto aos meios | 45 |
| 3.2 | Classificação quanto aos fins | 45 |
| 3.2.1 | Características do local de estudo | 46 |
| 3.2.2 | Localização..... | 46 |
| 3.2.3 | Horas de sol pleno | 47 |
| 3.3 | Tratamento de dados | 48 |
| 3.3.1 | Dimensionamento da usina | 49 |
| 3.3.2 | Análise Econômica da Instalação do Sistema Fotovoltaico | 51 |
| 3.3.3 | Cálculo de Payback | 52 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 55 |
| 4.1 | Descrição do caso exemplo | 55 |
| 4.2 | Análise do Consumo e da Fatura do Supermercado | 55 |
| 4.3 | Dimensionamento | 56 |
| 4.3.1 | Horas de sol pleno | 56 |
| 4.3.2 | Potência mínima do inversor | 57 |
| 4.3.3 | Número de painéis..... | 57 |
| 4.4 | Avaliação do Critério Econômico da Instalação | 58 |
| 4.4.1 | Análise orçamentária | 59 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.4.1.1 | Neosolar..... | 59 |
| 4.4.1.2 | Delevy Solar..... | 60 |
| 4.4.1.3 | Seltec..... | 61 |
| 4.4.1.4 | Emap..... | 62 |
| 4.4.1.5 | Skysol..... | 63 |
| 4.5 | Análise do Tempo de Retorno do Investimento (Payback) | 64 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 67 |
| | REFERÊNCIAS | 69 |
| | ANEXO A – PROPOSTA COMERCIAL DA NEOSOLAR | 73 |
| | ANEXO B – PROPOSTA COMERCIAL DA DELEVY SOLAR..... | 84 |
| | ANEXO C – PROPOSTA COMERCIAL DA SELTEC..... | 89 |
| | ANEXO D – PROPOSTA COMERCIAL DA EMAP SOLAR..... | 96 |
| | ANEXO E – PROPOSTA COMERCIAL DA SKYSOL | 107 |
| | ANEXO F – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA CANADIAN SOLAR | 112 |