



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

**AUGUSTO CÉSAR FIUSA BARBOSA**

**SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:  
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE PALMAS-TO**

**Palmas - TO  
2016**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

**AUGUSTO CÉSAR FIUSA BARBOSA**

**SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:  
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE PALMAS-TO**

Projeto apresentado como requisito final da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Rafael Alves Amorim

**Palmas - TO  
2016**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

**AUGUSTO CÉSAR FIUSA BARBOSA**

**SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:  
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE PALMAS-TO**

Projeto apresentado como requisito final da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Rafael Alves Amorim.

Aprovada em 08 de novembro de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. M.Sc. Rafael Alves Amorim  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Esp. Daniel Iglesias  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Miguel Angelo de Negri  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas - TO  
2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e compreensão iluminando esta caminhada.

Agradeço também aos meus pais, que sempre me mostraram o caminho do bem; a minha irmã Flavia e minha esposa Mariela que me apoiaram durante todo o curso de graduação em Engenharia Civil.

Ao professor Rafael Amorim pelo compromisso de ser o meu orientador.

Aos meus familiares, amigos e professores que colaboram diretamente e indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

**BARBOSA, AUGUSTO CESAR FIUSA. SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE PALMAS-TO. 2016.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil, Palmas/TO.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como finalidade estudar a viabilidade econômica para implantação de sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede elétrica, como fonte complementar de energia em uma residência unifamiliar na cidade de Palmas -TO. A utilização de fontes de energia renováveis está sendo amplamente discutido no mundo. Destacando-se o sistema solar fotovoltaico na construção civil, que possibilita a microgeração de energia em residências unifamiliares, sendo esta, uma opção limpa e renovável, combatendo a poluição e degradação do meio ambiente. A partir de dados coletados na residência em estudo, dimensionou-se o sistema solar, para atender 100% da demanda de energia elétrica da edificação. Com base nas especificações levantadas foram apresentados os componentes e procedimentos de instalação e também o custo do sistema solar fotovoltaico. Com o valor do investimento, a economia de energia, juntamente com o benefício fiscal proposto pela Prefeitura Municipal de Palmas, foi realizado o estudo da viabilidade econômica. No que tange a implantação do sistema, determinou-se ser um projeto economicamente viável, com o retorno do investimento em 6 (seis) anos, apresentado pequena relevância na utilização do benefício fiscal.

Palavras Chave: Energia solar fotovoltaica. Viabilidade econômica. Fontes renováveis.

BARBOSA, AUGUSTO CESAR FIUSA. **ENERGY SYSTEM SOLAR PHOTOVOLTAIC: STUDY OF ECONOMIC FEASIBILITY FOR DEPLOYMENT IN A SINGLE-FAMILY RESIDENCE IN PALMS-TO CITY. 2016.** Work Completion of course (Bachelor of Civil Engineering). University Lutheran Center of Palmas / Lutheran University of Brazil, Palmas / TO.

### **ABSTRACT**

The work presented aims to study the economic feasibility for the implementation of photovoltaic solar energy system connected to the grid as a complementary source of energy in a single-family residence in the city of Palmas -TO. The use of renewable energy sources is being widely discussed in the world. The solar system in construction industry highlighting, which enables the microgeneration of energy in a single-family home, which is a clean, renewable option, combating pollution and environmental degradation. From data collected in house study, the solar system scaled to meet 100% of the electricity demanded from the building. Base on the specifications were presented the components and installation procedures and also the cost of solar photovoltaic system. With the value of the investment, energy saving, along with the tax benefit proposed by the municipal government of Palmas, the study was conducted of economic viability. Regarding the deployment of the system, determined to be an economically viable project, with the return on the investment in six (6) years, presented little relevance in the use of the tax benefit.

Keywords: Photovoltaics. Economic viability. Renewable sources.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	Problema .....	12
1.2	Objetivos.....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos .....	12
1.3	Justificativa .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1	Energia .....	14
2.1.1	Energia Elétrica .....	14
2.2	Meio Ambiente e fontes renováveis de energia.....	15
2.3	Energia Solar.....	16
2.4	Radiação Solar .....	16
2.5	Energia Solar Fotovoltaica.....	18
2.6	Sistema Fotovoltaico Autônomo .....	19
2.7	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	19
2.8	Componentes Básicos de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	20
2.8.1	Painel Solar Fotovoltaico .....	20
2.8.1.1	Painel Solar Fotovoltaico de Silício Monocristalino .....	21
2.8.1.2	Painel Solar fotovoltaico de Silício Policristalino .....	22
2.8.1.3	Durabilidade e Manutenção .....	23
2.9	Inversor Solar .....	24
2.10	Instalação .....	25
2.11	Incentivos Fiscais .....	26
2.11.1	Governo Federal.....	27
2.11.2	Governo Estadual .....	27
2.11.3	Governo Municipal.....	28
2.12	Viabilidade Econômica .....	30
2.12.1	Fluxo de Caixa.....	30
2.12.2	Payback.....	31
2.12.3	Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	31
2.12.4	Valor Presente Líquido (VPL).....	31
2.12.5	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
3.1.1	Apresentação do Sistema Fotovoltaico .....	34
3.1.2	Componentes e Instalação .....	35
3.1.3	Sistema Solar Fotovoltaico Dimensionamento .....	35
3.1.3.1	Dimensionamento do Painel Solar.....	36
3.1.3.2	Dimensionamento do inversor Solar.....	37
3.2	Custo do Sistema Solar Fotovoltaico.....	38
3.3	Viabilidade Econômica e Incentivo Fiscal.....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
4.1	Estudo dos componentes e instalação do sistema de fotoconversão .....	40
4.2	Dimensionamento do sistema fotovoltaico .....	44
4.3	Custo de Implantação do sistema .....	46
4.4	Viabilidade Econômica e Incentivo Fiscal.....	48
4.4.1	Custo da energia local .....	48
4.4.2	Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) .....	48

4.4.3	Viabilidade Econômica .....	49
4.4.3.1	Cálculo das Variáveis para a Análise Financeira.....	50
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atlas Solarimétrico do Brasil – Insolação Diária, Anual (horas).....	17
Figura 2 – Sistema de energia fotovoltaica autônomo.....	19
Figura 3 – Sistema de energia fotovoltaica conectada a rede.....	20
Figura 4 – Painel Fotovoltaico Silício Monocristalino.....	22
Figura 5 – Painel Fotovoltaico Silício Policristalino.....	23
Figura 6 – Inversor Solar.....	24
Figura 7 – Simbologia elétrica do inversor.....	25
Figura 8 – Fixação do Painel Fotovoltaico.....	25
Figura 9 – Inclinação dos Painéis por Localidade.....	26
Figura 10 – Diagrama de Fluxo de Caixa.....	31
Figura 11 – Planta Baixa da Residência.....	34
Figura 12 – Irradiação solar no Plano Horizontal em Porto Nacional.....	36
Figura 13 – Disposição das Placas Solares.....	40
Figura 14 – Planta de Cobertura com a Locação das Placas.....	41
Figura 15 – Instalação Sistema Solar.....	42
Figura 16 – Instalação do Sistema Solar Fotovoltaico.....	42
Figura 17 – Instalação Sistema Solar.....	43
Figura 18 – Instalação Conector Módulo Fotovoltaico.....	43
Figura 19 – Instalação Inversor Solar.....	44
Figura 20 – Fluxo de Caixa.....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Coordenada Geográfica.....	36
Tabela 2 – Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]autônomo.....	36
Tabela 3 – Características do módulo.....	42
Tabela 4 – Consumo kwh.....	44
Tabela 5 – Termo de Referência.....	47
Tabela 6 – Orçamentos.....	47
Tabela 7 – Sistema energia solar fotovoltaico.....	49
Tabela 8 – Dados Energia.....	49
Tabela 9 – Dados IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano).....	49
Tabela 10 – Payback.....	51
Tabela 11 – VPL e TIR Caso A.....	52
Tabela 12 – VPL e TIR Caso B.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica  
CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito  
FC – Fotovoltaico  
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano  
KW - quilowatt  
kWh - quilowatt-hora  
MW - megawatt  
RMO - Radiação Média Oficial  
TIR -Taxa Interna de Retorno  
TIR - Taxa Interna de Retorno  
TMA - Taxa Mínima de Atratividade  
VPL - Valor Presente Líquido

# 1 INTRODUÇÃO

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna, o desenvolvimento econômico e os atuais padrões de vida são processos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade de um abastecimento adequado e confiável de energia.

Segundo (HINRICHS, 2014) a demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos, e pode triplicar novamente nos próximos 30 anos. A maioria dessa demanda aumentada no passado ocorreu nos países industrializados, e 90% dela foram satisfeitos por combustíveis fósseis. Contudo nos anos vindouros, a maior parte da demanda aumentada por energia virá dos países em desenvolvimento, já que eles buscam atingir objetivos e metas de crescimento.

No entanto o crescimento contínuo dos países e do consumo de energia, associado à natureza finita dos combustíveis fósseis e aos impactos ambientais gerados pela produção de hidroenergia, questiona o atual modelo energético. Sendo assim a necessidade de implantação e utilização de novas fontes de energia.

Fontes ou recursos energéticos renováveis podem ser categorizados nas formas solar, eólica, hídrica, biomassa e geotérmica. Em estudo a energia solar fotovoltaico conectado à rede elétrica, sendo esta, obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico.

Limpa e Renovável, o uso da energia solar é uma das maneiras sustentáveis mais prósperas na luta contra a deterioração do meio ambiente. O sistema de geração de energia solar não polui o ar, tendo em vista, que não lançam substâncias químicas na atmosfera, sendo assim não contribuem para o aquecimento global, e não modifica o equilíbrio térmico da Terra. Por demandar baixa manutenção, e processos duráveis de produção, transformação e distribuição, o uso da energia solar contribui para o desenvolvimento sustentável de comunidades, propiciando autonomia energética limpa para grandes e pequenas cidades.

Em virtude de excelentes condições de radiação solar ao longo do ano, nas últimas décadas o sistema solar tem sido bastante destacado em especial em países tropicais e subtropicais, como o Brasil.

Em destaque a capital do estado do Tocantins, Palmas, por sua localização geográfica privilegiada, e com intenso recurso solar, onde se pontua a Lei Complementar N° 327 de 27 de novembro de 2015, decretada pela Prefeitura

Municipal, através do programa Palmas Solar, estabelecendo incentivos ao desenvolvimento tecnológico ao uso e a instalação de sistema de conversão e/ou aproveitamento de energia solar no município.

## **1.1 Problema**

Com os constantes aumentos sobre a tarifa de energia elétrica e a concessão de incentivos fiscais ofertado pelo poder público para captação de energia solar é viável do ponto de vista econômico a instalação de um sistema solar Fotovoltaico conectado à rede em uma residência unifamiliar no município de Palmas – TO?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Estudar a viabilidade econômica para implantação de sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica, como fonte complementar de energia em uma residência unifamiliar no município de Palmas – TO.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Estudar os componentes, e apresentar os procedimentos de instalação do sistema de fotoconversão conectado à rede elétrica para uma edificação residencial;
- Dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica para uma residência unifamiliar de três quartos localizados no plano diretor da cidade de Palmas – TO;
- Elaborar uma planilha de custo para implantação do sistema no edifício proposto;
- Verificar a viabilidade econômica de implantação do sistema, apurando o impacto no tempo de retorno da instalação, através do benefício fiscal proposto pela Lei Complementar N° 327 Art. 14 da Prefeitura Municipal de Palmas.

### 1.3 Justificativa

A energia elétrica é fundamental para atividades sociais e econômicas de uma cidade, atualmente existe a conscientização de gerar energia que agrida menos o meio ambiente, onde a energia solar se apresenta como uma fonte sustentável.

Entre os sistemas de energia solar, o sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede elétrica tende a ser mais eficiente em áreas com radiação solar intensa.

A instalação de sistemas de conversão e/ou aproveitamento de energia solar está colaborando para a proteção do meio ambiente, por ser uma energia limpa e renovável.

Adotar a geração de energia solar mesmo em pequena escala em uma residência permiti a redução de gastos com a conta de luz em médio e longo prazo.

Este estudo se justifica, por propor a implantação de sistema de geração de energia solar fotovoltaico em uma residência na capital do Tocantins. Palmas e uma cidade localizada em zona tropical o que acarreta maiores índices de insolação na maior parte do dia e ano.

Ressalta também a possibilidade do aproveitamento fiscal proporcionado pela prefeitura municipal para a instalação do sistema, podendo assim diminuir o tempo de retorno na instalação dos componentes fotovoltaico, além do apelo mundial pela sustentabilidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Energia

Vecchia (2010) afirma que a energia está presente não só no sol, mas também nos alimentos, nas máquinas, nas plantas e em todos os seres vivos. Para qualquer que seja a atividade desenvolvida, usam-se uma ou mais fontes de energia.

O desenvolvimento econômico e os altos padrões de vida são processos complexos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade de uma abastecimento adequado e confiável de energia (HINRICHS, 2014).

Energia é tudo aquilo capaz de produzir calor, trabalho mecânico, luz, radiação etc. Em sentido geral, poderia ser definida como essência básica de todas as coisas, responsável por todos os processos de transformação, propagação e interação que ocorrem no universo. (CREDER, 2007, p. 14).

Segundo Reis (2011), a energia desempenha um papel fundamental na vida humana, influenciando o modo de vida e suas relações. É de fundamental importância para o transportes, telecomunicações, águas e saneamento, compõe a infraestrutura necessária para incorporar o ser humano ao denominado modelo de desenvolvimento vigente.

Para Vecchia (2010) a energia são classificadas em energia de movimento “cinética” e energia armazenada “potencial”.

#### 2.1.1 Energia Elétrica

Segundo CREDER (2007) para executar qualquer movimento ou produzir calor, luz, radiação etc., precisa gastar energia. A energia aplicada por segundo, nas atividades relacionadas acima e chamada potência. O produto da tensão pela corrente.

$$\text{watt} = \text{volt} \times \text{ampère}$$

Usualmente é utilizado o quilowatt (KW) ou megawatt (MW) para expressar os valores de um circuito. 1KW = 1000 watts.

Para expressar o consumo de energia e utilizado a unidade quilowatt-hora (kWh) exprime a quantidade de energia utilizada pelo período de uma hora.

## **2.2 Meio Ambiente e fontes renováveis de energia**

O impacto ambiental produzido pelo setor energético e toda a sua cadeia de desenvolvimento, desde a captura de recursos naturais básicos para seus processos de produção até seus usos finais por diversos tipos de consumidores, são de grandes dimensões. Do ponto de vista global, a geração de energia tem participação significativa nos principais problemas ambientais da atualidade (REIS, 2011).

Segundo (RIBEIRO, 2008), o estudo da viabilidade de implantação da energia solar é de extrema importância nos tempos atuais devido a necessidade de utilização de novas fontes de energias renováveis, pois as fontes atuais, são em sua maioria, não renováveis contribuindo expressivamente para uma futura degradação ambiental.

Para Bezerra (1990) são fontes renováveis de energia em potencial, à disposição da humanidade, são elas: energia eólica, maremotriz, biomassa, geotérmica, hidráulica e solar.

Ações de consumo consciente e estão ao alcance de cada indivíduo, que, ao adotar e as praticar, contribui para um planeta mais limpo e sustentável, ente estas ações está a instalação de sistemas de captação de energia solar (VECCHIA 2010)

Segundo Tolmasquim (2004, apud EPE, 2007, p. 36) A geração de energia elétrica por conversão fotovoltaica, agride menos o meio ambiente, porque elimina etapas do processo de geração de eletricidade por usina termelétricas, destaca outra vantagem importante é a não formação de lagos, evitando a perturbação do equilíbrio ecológico local.

ETE (2007) A tecnologia de conversão fotovoltaica apresenta em duas fases impactos ambientais significativos: na produção dos módulos, que é uma tecnologia intensiva em energia e outra fase no fim da vida útil do painel quando parte dele é reciclada e o restante disposto em aterro sanitário.

## 2.3 Energia Solar

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol é inesgotável na escala terrestre, e sua incidência favorece o Brasil, tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para suprir a demanda energética necessária ao desenvolvimento humano. Em se falando em energia, deve-se lembrar de que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia que se tem conhecimento, em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas, na sua grande maioria, da energia do Sol (CRESESB, 2014).

Segundo Pereira (2009) “o sol irradia no período de um ano o equivalente a 10 mil vezes a energia consumida pela população mundial, neste mesmo período. A produção, continua, chega a 390 setilhões de KW”. Sendo que parte desta energia não é aproveitada em razão da emissão de raios solares serem em várias direções, a terra recebe mais de 1.500 Quatrilhões de kWh de potência por ano.

Uma parte do milionésimo de emissão solar que o Brasil recebe durante o período de um ano poderia suprir a energia equivalente a:

- 54% do petróleo nacional;
- 2 vezes a energia obtida com o carvão mineral;
- 4 vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

Conforme a base de dados da ANEEL (2010), entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido as características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

## 2.4 Radiação Solar

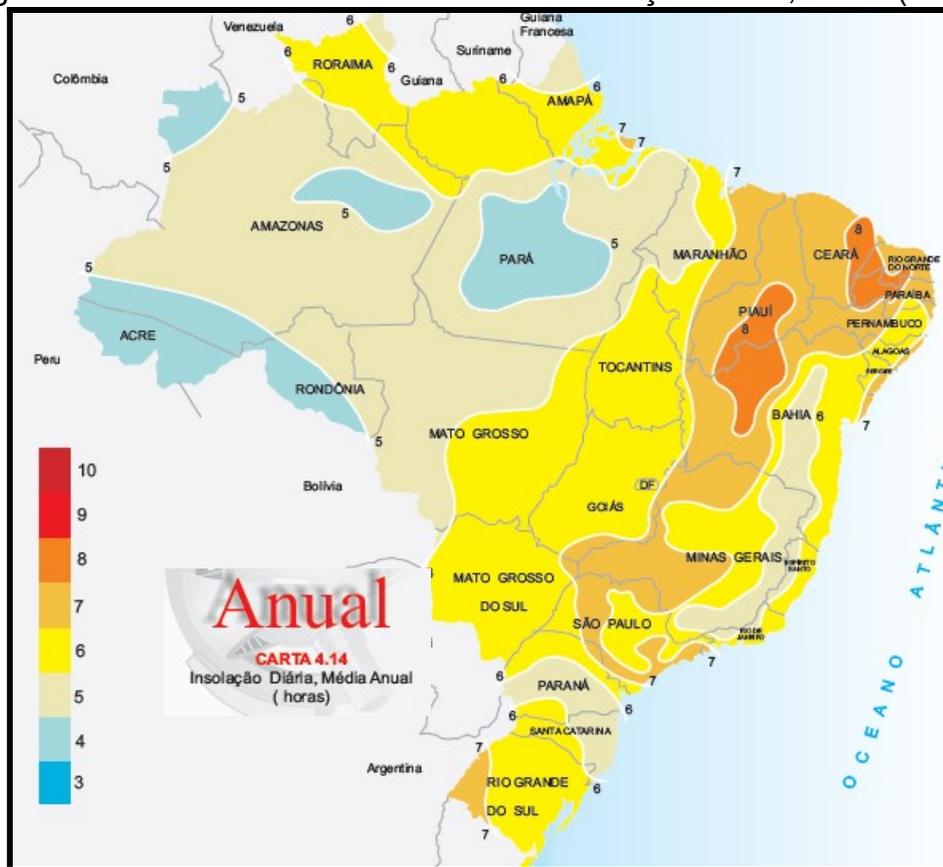
Para Reis (2011) os níveis de radiação solar em um plano horizontal na superfície terrestre variam com as estações climáticas do ano, devido à inclinação do eixo da terra de rotação em relação ao plano da órbita em torno do Sol, podendo

variar também de acordo com a região, devido às diferenças de latitude, altitude e condições meteorológicas.

De acordo com a ANEEL (2010), o Atlas Solarimétrico do Brasil, demonstra uma estimativa da radiação solar incidente no território, sendo resultante da interpolação e extrapolação de dados obtidos em estações solarimétricas distribuídas em vários pontos do país.

Conforme a figura 1 o estado do Tocantins apresenta 6 (seis) horas de insolação diária.

Figura 1 – Atlas Solarimétrico do Brasil – Insolação Diária, Anual (horas)



O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, disponibiliza no seu endereço eletrônico o programa computacional SunData que destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em diversas estações do território Nacional.

## 2.5 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico.

Para Hinrichs (2014) a geração fotovoltaica (FV), conversão de luz solar diretamente em eletricidade, tem sido e continuará sendo uma das mais fascinantes tecnologias no campo de energia. Iniciada muitos anos atrás, recebeu uma grande impulso na década de 1950 por causa da sua utilização no programa espacial norte-americano.

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 material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (CRESESB, 2014).

Vários materiais e tipos de estruturas são usados na produção de células fotovoltaicas. Atualmente o silício é o material mais importante, pois há muito já se tem um conhecimento tecnológico dele e da matéria-prima que lhe dá origem. A célula de silício monocristalino é historicamente a mais utilizada. Porém, existe uma grande quantidade de outros semicondutores capazes de produzir células solares com eficiência razoável, tais como o próprio silício, na forma amorfa ou policristalina (REIS 2011).

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (LIMA 2003 apud GREEN 2000).

Os sistemas fotovoltaicos apresentam duas configurações distintas: isolados ou autônomos e conectados à rede elétrica.

## 2.6 Sistema Fotovoltaico Autônomo

Para Senergam (2016) o sistema de geração de energia fotovoltaica desconectada da rede de distribuição de energia elétrica OFF GRID, necessita armazenar a energia em baterias, que na maioria das vezes, é constituído por um Banco de Baterias. Sendo este sistema a solução para eletrificação de locais remotos e áreas rurais, onde não tem a presença das distribuidoras de energia elétrica.

Conforme a figura de nº 2 o sistema autônomo compreende a utilização e armazenamento de energia elétrica gerada durante o dia, e o seu excedente e armazenado em baterias, onde será permitido utilizar a energia elétrica durante o período da noite.

Os principais componentes constituintes desse sistema são: conjunto de módulos fotovoltaicos, regulador de tensão, sistema para armazenamento de energia e inversor de corrente contínua/corrente alternada.

Figura 2 – Sistema de energia fotovoltaica autônomo



Fonte: <http://www.senergam.com.br/pagina/post/2/energia-solar>, em 21 de abril de 2016

## 2.7 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

Entre as aplicações dos sistemas FV, segundo Reis (2011) são basicamente de um tipo e são aqueles que o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectado. São sistemas que não utilizam armazenamento de energia, pois toda a potência gerada é entregue à rede instantaneamente. As potências instaladas vão desde poucos Kw

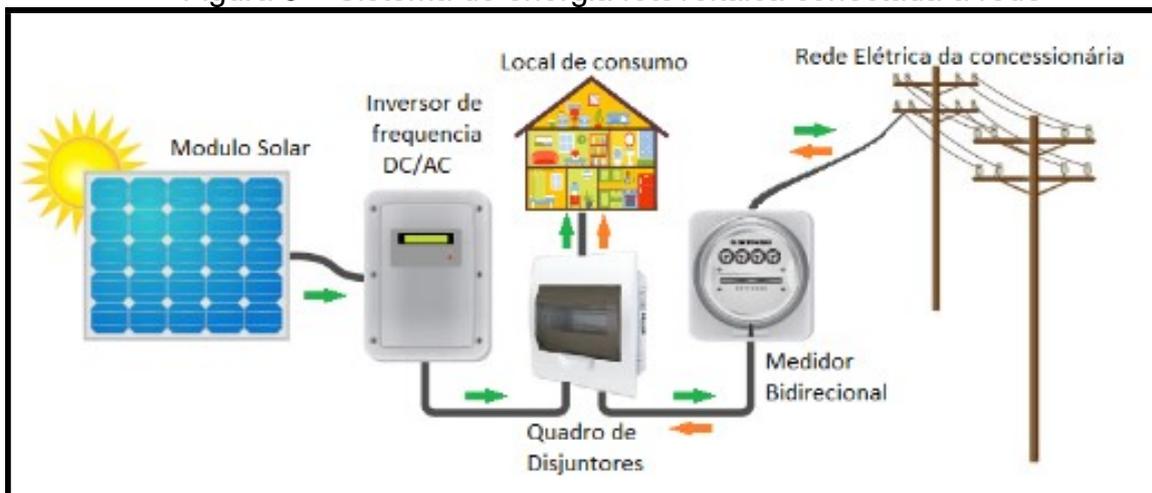
em instalações residenciais, até alguns MW em grandes sistemas operados por empresas. Sendo o sistema fotovoltaico conectado a rede o objeto desse estudo.

## 2.8 Componentes Básicos de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

CRESESB (2014) um sistema fotovoltaico é constituído por um bloco gerador e um bloco de condicionamento de potência. O bloco gerador é constituído por arranjos fotovoltaicos e o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte. Já o bloco de condicionamento de potência é constituído por inversores e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle, conforme figura nº 3.

O medidor bidirecional deve ser fornecido pela companhia de energia elétrica, e tem a função de registrar a energia recebida da distribuidora e a energia solar que é injetada na rede elétrica, para garantir a compensação de créditos de energia.

Figura 3 – Sistema de energia fotovoltaica conectada a rede



Fonte: <http://www.senergiam.com.br/pagina/post/2/energia-solar>, em 21 de abril de 2016

### 2.8.1 Painel Solar Fotovoltaico

Reis (2011) existem vários materiais e tipos de estruturas que são usados na produção de células fotovoltaicas. Historicamente o silício é o material mais utilizado, pois já se tem um conhecimento tecnológico dele e da matéria-prima que lhe dá origem.

O elemento químico Silício (Si) em alguma variação está presente em quase 80% dos painéis fotovoltaicos produzido no mundo. No ano de 2014, 85% dos

sistemas de energia solares fotovoltaicos instalados em todo mundo utilizava alguma tecnologia baseada em silício (Si). Usado na produção dos painéis o silício pode assumir diferentes formas e pureza, suas moléculas quanto mais estiverem alinhadas, melhor será a célula solar na conversão de luz solar em energia elétrica. (SOLAR, [2016]).

A eficiência do painel fotovoltaica é medida em porcentagem, sendo a (%) de energia do sol que atinge a superfície da placa fotovoltaica e transformada em energia elétrica, então quanto maior é a eficiência do painel fotovoltaico, mais Watts por metro quadrado o seu sistema vai gerar, é menor será o painel para mesma produção de energia. (SOLAR, [2016]).

O tamanho do painel é definido de acordo com a demanda de potência da instalação. Como a demanda é variável, sendo específica para cada situação, deve-se agrupar mais de uma placa, quando necessário, para constituir o painel nas dimensões desejadas, sendo assim, podemos encontrar painéis formados por apenas uma placa solar, ou painéis constituídos por mais placas. (ANNEL, 2005).

A eficiência do painel está ligada à pureza do Silício (Si), sendo que os processos para melhorar a pureza do mineral têm um custo elevado, impactando no preço do painel. Podendo ser constituídos e classificados de acordo com a sua estrutura molecular, sendo os mais utilizados monocristalinos, policristalinos. (SOLAR, [2016]).

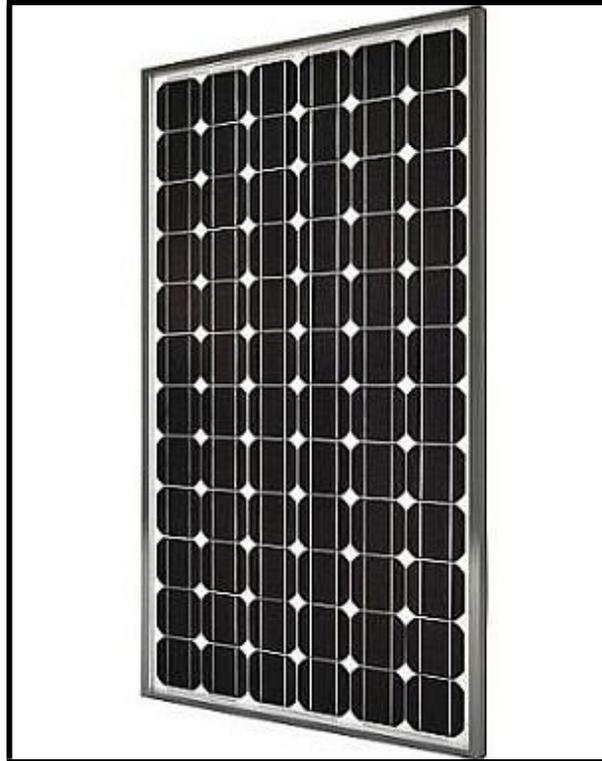
#### **2.8.1.1 Painel Solar Fotovoltaico de Silício Monocristalino**

A célula de silício monocristalino é a mais antiga e uma das mais caras, porém eles possuem a eficiência mais alta. Historicamente a mais comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade.

Características:

- Eficiência média do painel solar monocristalino: 14 – 21%;
- Por possuir eficiência maior, seus painéis são menores, ocupando menos espaço;
- Com vida útil acima de 30 anos, com garantia de 25 anos do fabricante.

Figura 4 – Painel Fotovoltaico Silício Monocristalino



Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>, em 22 de abril de 2016

### 2.8.1.2 Painel Solar fotovoltaico de Silício Policristalino

Por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso que o monocristalino, torna o painel mais barato, no entanto cai a eficiência.

Características:

- Eficiência média do painel solar policristalino: 13 – 16.5%;
- Tendência de ser mais barato que os painéis monocristalinos;
- Com vida útil acima de 30 anos, com garantia de 25 anos do fabricante;
- Por ter uma eficiência menor que o monocristalino é necessário uma área maior de painéis policristalinos para gerar a mesma quantidade de Watts/m<sup>2</sup> que o painel mono cristalino.

Figura 5 – Painel Fotovoltaico Silício Policristalino



Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>, em 22 de abril de 2016

### 2.8.1.3 Durabilidade e Manutenção

Segundo (SOLAR, [2016]) A vida útil do sistema é de 30 a 40 anos, onde os fabricantes tem garantia de 25 anos, com manutenção mínima, sendo necessário em tempos limpar os painéis para retirada de poeira e fuligem.

Para melhor conservação dos painéis solares, recomendam-se a cada seis meses ou anualmente fazer inspeção para averiguar terminais e apertos. Os painéis solares precisam de manutenção mínima, para remoção de poeira ou de sólidos, limpar com água e uma esponja não abrasiva ou pano. Para remoção de substancias contaminante, uso de detergente ou sabão neutro.

A parte frontal dos módulos é constituída por um vidro temperado com 3 a 3,5 mm de espessura, o que os torna resistentes até ao granizo. Além disso, admitem qualquer tipo de variação climática. Eles são auto-limpantes devido à própria inclinação que o módulo deve ter, de modo que a sujeira pode escorrer assim que ocorrer chuva. De qualquer forma, nos lugares onde seja possível, será conveniente limpar a parte frontal dos módulos com água misturada com detergente.

Deve verificar periodicamente se o ângulo de inclinação obedece ao especificado, isto por que é comum que as estruturas de fixação sofram pequenos desvios pela ação dos ventos e até mesmo desgaste mecânico.

Confirmar que não haja projeção de sombras de objetos próximos em nenhum setor dos módulos entre as 09 e as 17 horas, pelo menos. A simples sombra de um varal ou mesmo uma sombra parcial de árvore afeta drasticamente o rendimento do painel solar.

Segundo (RIORENOVAVEL, [2016]) o custo anual de operação e manutenção do sistema é de 1% do custo de investimento.

## 2.9 Inversor Solar

Para CRESESB (2014) inversor é um equipamento eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (c.a) de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (c.c), podendo ser proveniente de baterias, células a combustível ou módulos fotovoltaicos. Em sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída deve estar sincronizada com a tensão da rede.

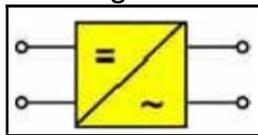
Inversor solar é um dispositivo eletrônico desenvolvido para converter a energia gerada pelos painéis FV em corrente contínua (c.c) para corrente alternada (c.a), sendo esta a corrente utilizada nos equipamentos, no entanto o inversor é um equipamento fundamental para usar a energia solar fotovoltaica, podendo assim alimentar os equipamentos elétricos. Tendo como papel secundário garantir a segurança do sistema e medir a energia produzida pelos painéis solares. (PORTAL SOLAR, [2016]).

Figura 6 – Inversor Solar



Inversor tipo *'grid-tie'* o mesmo que conectado á rede. Inversor utilizado para conectar sistema fotovoltaico sem baterias na rede, onde são projetados para desligar rapidamente caso a rede elétrica venha cair. Em residências normalmente é instalado próximo ao quadro de distribuição, em um local abrigado do sol, do calor e da água. A possibilidade de conectar o inversor solar ao computador pode ser interessante; pois isso possibilita monitorar o desempenho do sistema em tempo real, de qualquer lugar do mundo gerando gráficos e comparações. As maiorias dos inversores solares já possuem um display onde você pode monitorar o desempenho do sistema, portanto, a conectividade ao computador pode ser dispensável para alguns. (PORTAL SOLAR, [2016]).

Figura 7 – Simbologia elétrica do inversor



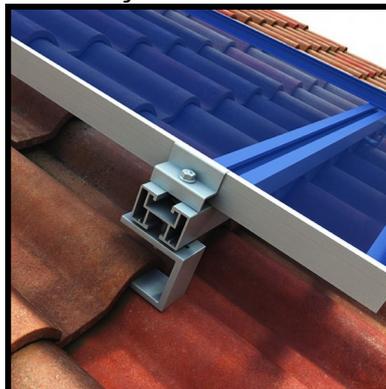
Fonte: <http://www.solenerg.com.br/blog/wp-content/uploads/2013/03/TCC-Valderi.pdf>, em 22 de abril de 2016.

## 2.10 Instalação

A instalação de um sistema de Fotovoltaico é simples, porem requer a execução e acompanhamento de profissional da área, para executar as orientações dos fornecedores dos equipamentos. (SOLARTERRA, [2016]).

- Os painéis devem ser fixados em locais que tenham exposição à luz durante o período diurno, Ser fixado por suportes ou perfis metálicos;

Figura 8 – Fixação do Paineil Fotovoltaico



Fonte: <http://www.neosolar.com.br/loja/kit-montagem-fixacao-thesan-telhado-inclinado-ceramica-ganchos-3-paineis-fotovoltaicos.html> em 27 de abril de 2016.

A fase de exposição do painel fotovoltaico deve estar preferencialmente voltada para o Norte geográfico, em caso de instalações em telhados com face ao NE ou NO tem perdas direcionais de 3% a 8% já em telhados Leste ou Oeste perdas de 12% a 20%, com inclinação mínima 10° que faz necessário para evitar o acúmulo de água e facilitar a limpeza natural com a chuva, conforme figura 9 a inclinação recomendável para as localidades.

Figura 9 - Inclinação dos Painéis por Localidade

Inclinação dos Painéis Fotovoltaicos (em graus)**			
Acre	15	Paráíba	15
Alagoas	15	Paraná	25
Amapá	15	Pernambuco	15
Amazonas	15	Piauí	15
Bahia	15	Rio de Janeiro	22
Ceará	15	Rio Grande Norte	15
Espírito Santo	20	Rio Grande Sul	40
Goiás	16	Rondônia	15
Maranhão	15	Roraima	15
Mato Grosso	15	Santa Catarina	32
Mato Grosso Sul	20	São Paulo	23
Minas Gerais	19	Sergipe	15
Pará	15	Tocantins	15

Fonte: <http://solarterra.com.br/produtos/paineis-solares-fotovoltaicos/> em 27 de abril de 2016.

(\*\*) Latitude do local de instalação

- A instalação da fiação deve seguir às Normas Técnicas da ABNT para instalações elétricas.

## 2.11 Incentivos Fiscais

Em virtude da crise de energia elétrica de 2001, o governo federal começou a investir em políticas energéticas. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, com a iniciativa de alavancar a aprendizagem tecnológica,

competitividade industrial e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis.

Em resposta às ações anteriores os governos federal, estadual e municipal, estão estabelecendo incentivos para geração de energia, em destaque a energia solar. Segundo Moreira (2015) os incentivos do governo ao mercado de energia solar fotovoltaica começaram a surgir com mais intensidade, devido à queda do custo da tecnologia fotovoltaica.

### **2.11.1 Governo Federal**

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL através da Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, onde estabeleceu as regras para compensação de energia, através desta resolução e permitido realizar “troca” de energia com a distribuidora de energia elétrica. Segue o Art. 1º Alterar o art. 2º da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, que passa a vigorar com a seguinte redação, com tópicos relevantes a este trabalho.

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

### **2.11.2 Governo Estadual**

Com a iniciativa de fomentar a geração e o uso de energia solar, em áreas urbanas e rurais o Governo do Estado do Tocantins publicou o Decreto Nº 5.338 no Diário Oficial do Estado (DOE), a medida permiti a concessão e isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), em 25% sobre a energia

gerada pelo sistema solar fotovoltaico, outro benefício é a isenção do ICMS de 17% até dezembro de 15 e 18% a partir de janeiro de 2016, na compra de equipamentos e componentes do sistema fotovoltaico que irá fazer a captação da energia do sol, adquiridos por meio de empresas instaladas no Estado. (GOVERNO DO TOCANTINS, 2015)

Segue o Art. 2º - TOCANTINS. Decreto nº 5.338, de 20 de novembro de 2015. Altera o Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - RICMS, aprovado pelo Decreto 2.912, de 29 de dezembro de 2006, e adota outras providências. Diário Oficial do Tocantins, Palmas, TO, 20 nov. 2015. Seção Nº 4.503, p. 1.

“CXXXI - o fornecimento de energia elétrica, relativamente ao valor utilizado a título de compensação da energia elétrica produzida por microgeração ou minigeração, nos faturamentos sujeitos ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012, atendidos os procedimentos constantes do Ajuste SINIEF 2/15, do inciso I do art.19 e do §15 deste artigo. (Convênio ICMS 16/15)”

### **2.11.3 Governo Municipal**

A prefeitura do município de Palmas implantou em novembro 2015 o programa Palmas Solar, estabelecendo incentivos ao uso e à instalação de sistema de conversão e/ou aproveitamento de energia solar na capital. Instituída através da Lei Complementar Nº 327, o programa visa estimular a sociedade a adotar a energia solar. Para isso, estabeleceu através de PALMAS. Lei Complementar nº 327, de 24 de novembro de 2015. Cria o Programa Palmas Solar para estabelecer incentivos ao desenvolvimento tecnológico, ao uso e a instalação de sistemas de conversão e/ou aproveitamento de energia solar no município de Palmas, e adota outras providências. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, 24 nov. 2015. Seção Nº 1.386, p. 1-3.

No Art.14 do capítulo IV dos incentivos Fiscais da Lei Complementar Nº 327, estabelece que seja concedido desconto de até 80% (oitenta por cento) do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) sendo proporcional ao índice de aproveitamento de energia solar, não sendo aplicados em glebas não microparceladas e/ou áreas microparceladas com baixo índice de ocupação. No Art. 15, fica estabelecido desconto de 80% (oitenta por cento) do Imposto Sobre Serviços de Qualquer

Natureza (ISSQN), sobre os projetos, obras, fabricação e comercialização de sistemas de energia solar. O Art. 17 regulamenta que toda edificação preexistente que se adequar à geração fotovoltaica e/ou aquecimento de água conforme a resolução da ANEEL terá direito aos benefícios previstos nos Art. 14.16. A seguir os Art.18, Art 26 e Art 27 especificam os prazos e os incentivos quanto a utilização energia.

**Art. 18.** Os incentivos estabelecidos nos arts. 14 e 16, quando tratar-se de geração distribuída fotovoltaica, somente serão concedidos para instalações devidamente conectadas junto a concessionária local.

**Art. 26.** Os incentivos fiscais serão concedidos durante 20 (vinte) anos, contados a partir da regulamentação desta Lei Complementar, assegurada a fruição nos limites de prazos estabelecidos no § 1º do art. 14 e inciso II do art. 15, observado que o percentual será:

I - do 1º (primeiro) ao 5º (quinto) ano, de até 100% (cem por cento) dos incentivos previstos;

II - do 6º (sexto) ao 10º (décimo) ano, de até 75% (setenta e cinco por cento) dos incentivos previstos;

III - do 11º (décimo primeiro) ao 15º (décimo quinto) ano, de até 50% (cinquenta por cento) dos incentivos;

IV - do 16º (décimo sexto) ao 20º (vigésimo) ano, de até 25% (vinte e cinco por cento) dos incentivos.

**Art. 27.** Para obtenção dos incentivos previstos nesta Lei Complementar, é obrigatório que todos os serviços (projetos e instalação) sejam contratados de empresas e/ou profissionais no município de Palmas.”

Publicado no Diário Oficial do Município - DOM o DECRETO Nº 1.220, regulamenta os critérios e procedimentos a serem adotados para obtenção dos incentivos, conforme PALMAS. DECRETO Nº 1.220, DE 28 DE MARÇO DE 2016. Regulamenta a Lei Complementar nº 327, de 24 de novembro de 2015, para dispor sobre o fluxo processual e critérios objetivos para a aplicação dos quesitos de obrigatoriedade e incentivos estabelecidos para o Programa Palmas Solar. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, 28 mar. 2016. Seção Nº 1.470, p. 1-4.

O Art. 2º classifica os grupos de Tensão, sendo o Grupo de Tensão A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual, ou superior, a 2,3 kV ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária e o Grupo B composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, conforme Resolução ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010.

Fica estabelecido a Radiação Média Oficial (RMO) a partir da base de dados obtida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), adotando-se a média com o valor de 5,54 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

No Art. 4º que estabelece os critérios do incentivo fiscal para desconto no IPTU:

**Art. 4º** O incentivo fiscal referente ao IPTU observará o seguinte para o enquadramento:

I - Grupo de Tensão A, onde  $IAES (TA) = PI/DC$ :

- a) se IAES (TA) igual a 1, desconto de 80% (oitenta por cento);
- b) se IAES (TA) menor que 1 e maior ou igual 0,75, desconto de 65% (sessenta e cinco por cento);
- c) se IAES (TA) menor que 0,75 e maior ou igual 0,50, desconto de 50% (cinquenta por cento);
- d) se IAES (TA) menor que 0,50 e maior ou igual 0,25, desconto de 35% (trinta e cinco por cento);
- e) se IAES (TA) menor que 0,25, desconto de 20% (vinte por cento);

II - Grupo de Tensão B, onde  $IAES (TB) = GMM/CMM$ :

- a) se IAES (TB) maior ou igual a 1, desconto de 80% (oitenta por cento);
- b) se IAES (TB) menor que 1 e maior ou igual 0,75, desconto de 65% (sessenta e cinco por cento);
- c) se IAES (TB) menor que 0,75 e maior ou igual 0,50, desconto de 50% (cinquenta por cento);
- d) se IAES (TB) menor que 0,50 e maior ou igual 0,25, desconto de 35% (trinta e cinco por cento);
- e) se IAES (TB) menor que 0,25, desconto de 20% (vinte por cento).

Os prazos para a concessão do incentivo do IPTU para uma nova construção e de 1 (um) ano, observado o disposto na alínea “b”, do inciso VII do art. 2º, renovável por mais 4 (quatro) anos, desde que seja apresentada ao Poder Público Municipal e para construção existente, 5 (cinco) anos de incentivos.

§ 2º Os percentuais utilizados para os prazos de incentivos dispostos no § 1º do caput deste artigo serão os fixados no art. 26 da Lei Complementar nº 327, de 2015, de acordo com o período de concessão.

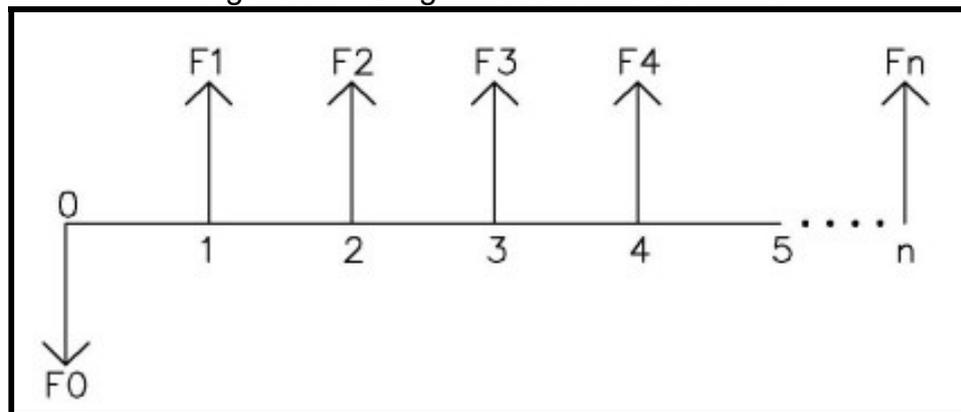
§ 3º O incentivo referente ao IPTU terá vigência a partir do exercício fiscal seguinte à sua obtenção.

## 2.12 Viabilidade Econômica

### 2.12.1 Fluxo de Caixa

O estudo da matemática financeira é desenvolvido, basicamente, com seguinte raciocínio: ao longo do tempo existem entradas de dinheiro (receitas) e saídas de dinheiro (desembolsos) nos caixas das empresas e nas finanças das pessoas. A circulação de valores é denominada, em seu conjunto, fluxo de caixa. (MAGAGNIN 2010 apud TEIXEIRA; NETTO 1998)

Figura 10 – Diagrama de Fluxo de Caixa



Fonte: MAGAGNIN, 2010, p. 44.

Padrão convencional de fluxo de caixa com uma saída inicial (-), por uma série de entradas (+), ou seja, com apenas uma inversão de sinais.

### 2.12.2 Payback

(MUÑOZ, 2015) O método de Payback calcula o tempo de retorno do investimento inicial realizado. É um método limitado no sentido que sua análise não engloba correções monetárias, riscos, entre outros fatores.

O Payback, ou prazo de recuperação do capital, é encontrado somando-se os valores dos fluxos de caixas negativos com os valores dos fluxos de caixa positivos, até o momento em que a soma resulta em zero.

### 2.12.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Taxa mínima de atratividade (TMA) é a menor remuneração desejada sobre o capital investido a cada período de vida do negócio. O projeto será viável sempre que o retorno do capital for igual ou superior a este valor.

E uma das maneiras de analisar um investimento é confrontar a Taxa Interna de Retorno (TIR) com a TMA do investidor.

### 2.12.4 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Kassai (2000) Valor Presente Líquido (VPL) é um dos instrumentos mais utilizados para avaliar propostas de investimentos, não porque trabalha com

fluxo de caixa descontado e pela sua consistência matemática, mas também porque o seu resultado é em espécie (\$) revelando a riqueza absoluta do investimento.

Calculado pela diferença de valor de investimentos e de valores das saídas de caixas, em função de uma determinada taxa de desconto adotada. É considerado atraente todo investimento que apresente VPL maior ou igual a zero.

- Equação 01:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

$F$  representa os valores dos fluxos de caixa;

$N$  representa os períodos;

$i$  representa a taxa de juros adotada pelo investidor (TMA).

Após o cálculo do VPL, faz-se a seguinte análise:

- Se o VPL for maior que zero, o investimento é viável e terá um retorno do capital investido com uma taxa maior do que a TMA;
- Se o VPL for igual a zero, o investimento ainda é viável e terá um retorno do capital investido com uma taxa igual a TMA;
- Porém se o VPL for menor que zero (negativo), o investimento não é viável, pois a taxa de retorno do capital investido será menor que a TMA.

### 2.12.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Taxa interna de retorno (TIR) representa a taxa de desconto que iguala, num único momento, fluxos de entrada com os de saída de caixa, equaliza o valor presente de um ou mais pagamentos (saídas de caixa) com o valor presente de um ou mais recebimentos (entradas de caixa), ou seja, é a taxa de desconto para a qual se tem  $VPL = 0$ . Um projeto é considerado viável se a TIR (símbolo maior ou igual) TMA. Sobrinho (2000)

A taxa final pode ser obtida por interpolação linear entre as taxas encontradas através das tentativas.

- Equação 02:

- Portanto se:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

- Então, a TIR é a taxa  $i$  para a qual

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0$$

Onde:

$F$  representa os valores dos fluxos de caixa;

$N$  representa os períodos;

$i$  taxa de juros que é obtida.

### 3 METODOLOGIA

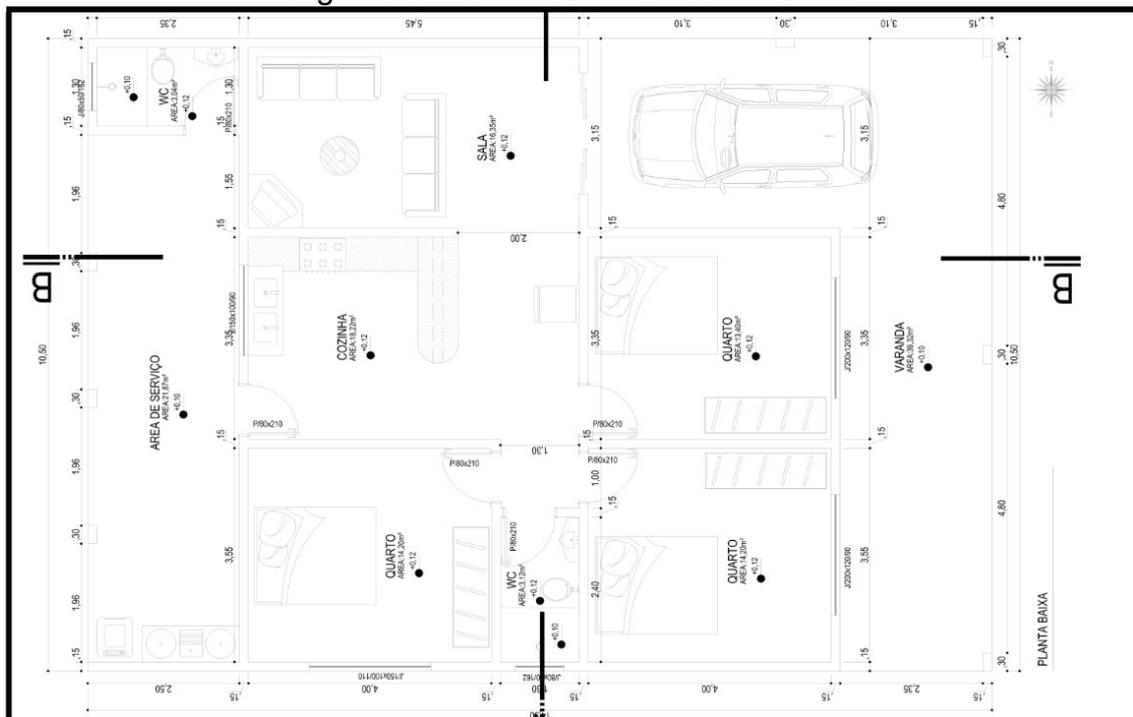
#### 3.1.1 Apresentação do Sistema Fotovoltaico

Adotado para este estudo, o sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede elétrica, uma fonte renovável de energia que está em sintonia com as novas tecnologias da construção civil, agredindo menos o meio ambiente e contribuindo para um planeta limpo e sustentável.

O sistema integrado à rede elétrica dispensa os bancos de baterias utilizados no sistema autônomo, reduzindo a manutenção e o valor do investimento. Outro fator que pondera a escolha, é que, por ser conectada à rede, quando o sistema estiver fornecendo mais energia necessária para residência, o excedente é injetado automaticamente na rede elétrica gerando os créditos de energia.

O estudo da viabilidade econômica para implantação de sistema de energia solar fotovoltaica foi realizado em uma residência unifamiliar com 143,72 m<sup>2</sup> de área construída, situada em um terreno de 360 m<sup>2</sup> no plano diretor do município de Palmas na Quadra 408 Norte, a edificação foi construída no ano 2000, sendo distribuídos em um único piso, 01 sala, 03 quartos, 02 banheiro, 01 hall, 01 cozinha, 01 área de serviço e garagem para 02 carros.

Figura 11 – Planta Baixa da Residência



Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

### 3.1.2 Componentes e Instalação

Com o objetivo de estudar, conhecer os componentes (inversor e painel solar fotovoltaico) e a sua instalação foi realizado pesquisas em artigos, livros, dissertações e visita em empresas especializadas na comercialização do sistema solar na cidade de Palmas - TO.

Para conhecer a residência em estudo e os possíveis locais de instalação do sistema, foi realizada visita *in loco* e análises do projeto de cobertura da edificação, tendo em vista que a locação dos painéis solares tem importância na eficiência na geração de energia.

### 3.1.3 Sistema Solar Fotovoltaico Dimensionamento

O objetivo do dimensionamento é determinar qual a área coletora e o inversor a ser utilizado, sendo assim foi necessário conhecer a demanda em Kwh da residência e a radiação local da instalação.

Para conhecer a demanda em Kwh da residência em estudo foi coletado informações *in loco* e realizado o levantamento da quantidade e os equipamentos utilizados na residência, após a coleta das informações foi lançado em uma planilha de Excel dispostos em colunas:

- Coluna A – Equipamentos
- Coluna B – Potencia Média (W)
- Coluna C – Dias Estimados
- Coluna D – Tempo Médio de Uso
- Coluna E – Quantidade de Equipamentos
- Coluna F – Demanda (KWH)

Para cálculo do painel solar faz necessário conhecer a radiação solar do local da instalação. Através do software SunData foi realizado uma consulta em localidades que possuem estações próximas à Palmas – TO. O software apresentou as cidades de Porto Nacional, Pedro Afonso e Peixe, conforme tabela 1 e 2 e figura11.

Tabela 1 – Coordenada Geográfica

Município	Latitude [°]	Longitude [°]
Palmas	10,2° S	48,325813° O
Porto Nacional	10,5° S	48,417206° O
Pedro Afonso	8,9° S	48,174722° O
Peixe	12° S	48,539166° O

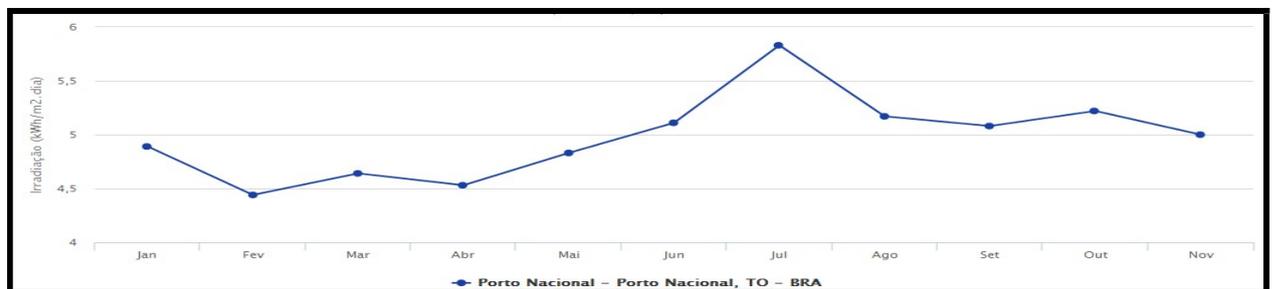
Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, em 21 de abril de 2016

Tabela 2 – Irradiação solar diária média [kWh/m<sup>2</sup>.dia]

	Distância Palmas [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Porto Nacional	36,3	4,89	4,44	4,64	4,53	4,83	5,11	5,56	5,83	5,17	5,08	5,22	5	5,03
Pedro Afonso	144,2	5,03	4,31	4,86	4,67	4,75	4,97	5,5	5,94	5,17	5,19	5,19	5,06	5,05
Peixe	203,2	5,25	4,67	5,17	4,64	4,83	4,97	4,58	5,11	6,08	5,11	5,17	4,97	5,05

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, em 21 de abril de 2016

Figura 12 – Irradiação solar no Plano Horizontal em Porto Nacional



Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, em 21 de abril de 2016

### 3.1.3.1 Dimensionamento do Painel Solar

Para cálculo da energia produzida pelo módulo fotovoltaico, foi utilizado as seguintes equações:

- Equação 03: Eficiência do módulo.

$$\text{Eficiência} = (P_{\text{mpp}} / A) / 1000 \text{ W m}^2$$

Onde:

Eficiência = Eficiência do Modulo Fotovoltaico

Pmpp = Potencia do módulo fotovoltaico

A = Área do módulo fotovoltaico

- Equação 04: Energia produzida pelo módulo fotovoltaico [Wh]

$$E_{FV} = E_{sol} \cdot A \cdot \eta$$

Onde:

$E_{FV}$  = Energia produzido pelo módulo fotovoltaico [Wh]

$E_{sol}$  = Radiação solar média diária no local [kWh/m<sup>2</sup>/dia]

A = Área do módulo fotovoltaico

$\eta$  = Rendimento do módulo

- Equação 05: Quantidade de módulos fotovoltaicos

A quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para atender a carga pode ser calculada dividindo-se a energia desejada pela energia produzida por cada módulo, respeitando a depreciação do painel fotovoltaico fornecido pelo fabricante.

$$N = E_{consumo} / E_{FV}$$

Onde:

N = Número de módulos fotovoltaicos

$E_{consumo}$  = Consumo de energia

$E_{FV}$  = Energia produzida pelo módulo fotovoltaico

### 3.1.3.2 Dimensionamento do inversor Solar

A potência do inversor deve superar a potência elétrica calculada para o sistema.

### **3.2 Custo do Sistema Solar Fotovoltaico**

Para obter o valor em reais para instalação do sistema, foi realizado no comércio local dois orçamentos em empresas do ramo de atividade ligadas à venda do sistema fotovoltaico. Para tanto foi fornecido um termo de referência na solicitação dos orçamentos com os itens e especificações necessárias, sendo possível a conformidade dos orçamentos.

Após a coleta dos orçamentos, os dados foram transcritos para uma planilha do software Excel, denominada “Tabela Resumo Orçamento” com o seguinte detalhamento:

- Coluna “A” Fornecedor – Empresas orçadas;
- Coluna “B” Valor Total – Valor apresentado pelas empresas para instalação total do sistema.

Foi utilizado como o custo de investimento o menor preço “sem perder a qualidade dos materiais” exibido pela planilha “Tabela Resumo Orçamento” entre as duas empresas comparadas.

Seguindo padrões éticos não foi apresentado o nome das empresas e respectivos endereços, visando não prejudicar em nenhum aspecto a empresa.

### **3.3 Viabilidade Econômica e Incentivo Fiscal**

Com este estudo foi possível demonstrar que os custos da implantação e funcionamento do bem adquirido serão ou não compensados, seja pelas vantagens de receita ou benefícios em decorrer de um período conveniente.

Para a análise econômica faz necessário levantar o custo da tarifa de energia elétrica final ao consumidor (kWh). Este dado foi retirado no endereço eletrônico da ENERGISA, empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no Tocantins. Também foi retirado do site da ENERGISA o reajuste anual dos últimos 5 (cinco) anos, com reajuste no ano 2016 com 12,79%, 2015 com 5,88%, 2014 com 10,75%, 2013 com 10,23% e no ano de 2012 9,68%. Por não haver estudo relacionado ao

aumento da tarifa optou-se em utilizar a média aproximada de 10% de reajuste para os próximos anos.

Para efeito de cálculo, no tempo de retorno do investimento, a residência foi enquadrada como beneficiária da Lei Complementar Nº 327 Art. 14 da Prefeitura Municipal de Palmas dentre os critérios e procedimentos a serem adotados para obtenção do incentivo fiscal do Decreto Nº 1.220 de 28/03/2016.

Entre os incentivos ofertados pelo Decreto Nº 1.220 e o único a ser aproveitado por este estudo, que estabelece o desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano, o valor do IPTU da residência foi levantado junto a Prefeitura Municipal referente à residência na quadra 408 Norte.

O período de 25 anos e usualmente utilizado como horizonte de tempo para projetos de viabilidade de instalação de energia solar fotovoltaica, sendo este, o tempo de garantia das placas solares. No entanto para esse trabalho o período foi de 240 meses (20 anos) sendo justificado pela a lei municipal que concede o incentivo fiscal com desconto no IPTU durante o prazo máximo de 20 anos.

Contando com previsões estatísticas quanto o aumento da energia elétrica, e para a análise financeira será adotado como TMA a taxa da caderneta da poupança.

Com os dados coletados foi possível montar o fluxo de caixa do projeto, e com os resultados dos indicadores econômicos descritos no referencial teórico; Payback, Valor Presente Líquido (VPL) é a Taxa Interna de Retorno (TIR) os dados foram lançados em uma planilha de Excel, demonstrando os resultados e o estudo de viabilidade econômica.

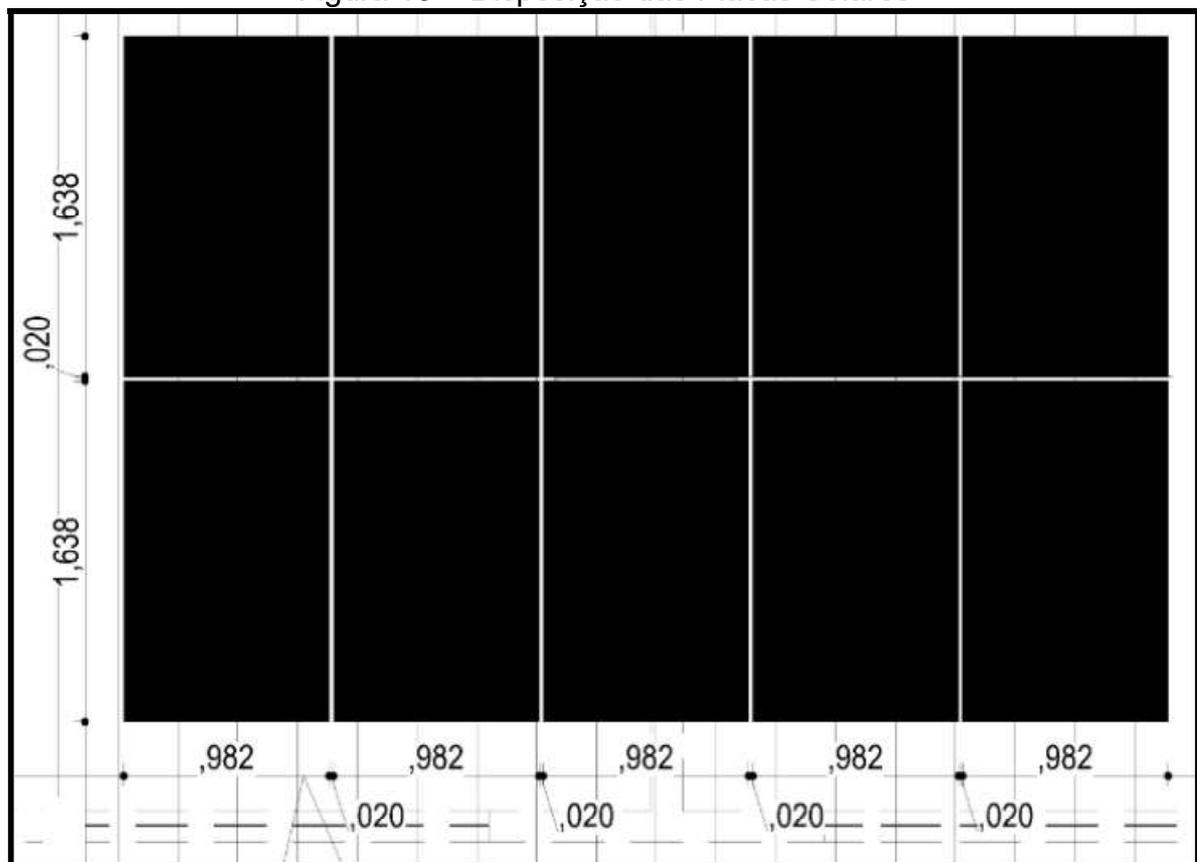
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estudo dos componentes e instalação do sistema de fotoconversão

Baseado no referencial teórico deste trabalho e em pesquisa de mercado o painel solar fotovoltaico indicado e o de Silício Policristalino. Para a escolha do painel foi ponderado à diferença de valor entre os modelos referenciados no trabalho, tendo como objetivo de minimizar o custo inicial da instalação. O painel escolhido e o modelo mais utilizado no mercado local, com garantia de 25 anos pelo fabricante, por ter eficiência menor que o Monocristalino faz necessário maior quantidade de painéis sendo assim maior área, que neste caso a edificação em estudo dispõe de área de telhado suficiente para a instalação das placas.

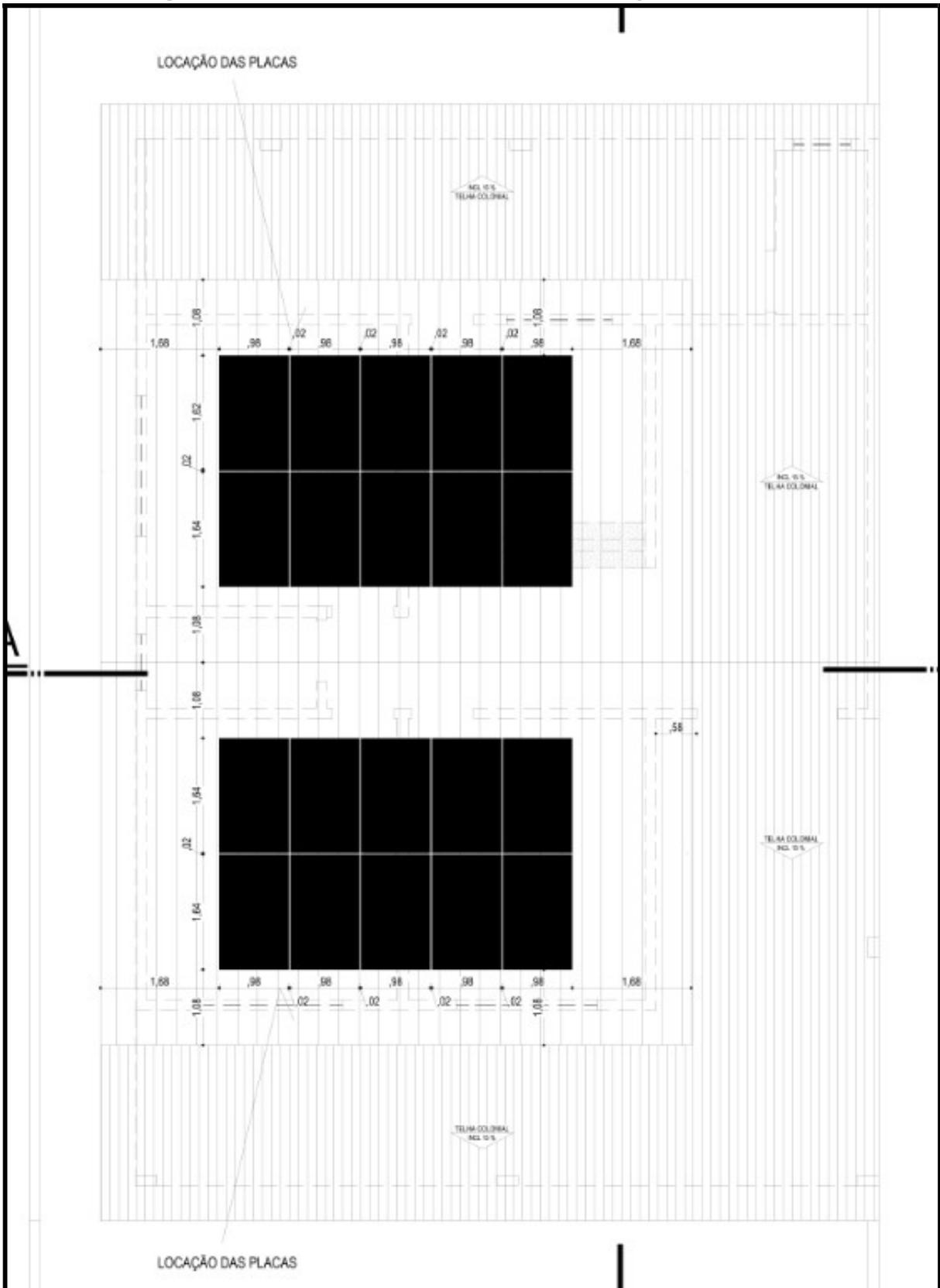
Após a visita na edificação e análise do projeto de cobertura foi possível realizar o projeto de locação das placas solares conforme figuras 13, 14.

Figura 13 – Disposição das Placas Solares



Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Figura 14 – Planta de Cobertura com a Locação das Placas



Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Tabela 3 - Características do módulo

<b>Tipo de célula</b>	Silício Policristalino
<b>Modelo</b>	Canadian Solar 265Wp
<b>Potência Máxima (Pmax)</b>	265Wp
<b>Tensão de Pico (Vmpp)</b>	30,6 V
<b>Dimensões painel</b>	1638 x 982 x 40 mm
<b>Módulo</b>	Alumínio

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Conforme o projeto de cobertura, a edificação conta com dois telhados de duas águas, o sistema deve ser instalado no telhado principal com a face ao leste e oeste geográfico, o telhado escolhido não sofre com projeção de sombra (árvores, beiral) que poderia diminuir a eficiência das placas.

Instalação do sistema: Após a realização do projeto de locação das placas solares, é desenhado sobre o telhado cada painel seguindo o projeto, para instalar os suportes dos painéis deve remover as telhas cerâmicas e parafusar a peça no caibro do telhado, após a fixação dos suportes instala os trilhos e as placas solares conforme figuras 15 e 16.

Figura 15 – Instalação do Sistema Solar Fotovoltaico



Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>, em 27 de setembro de 2016

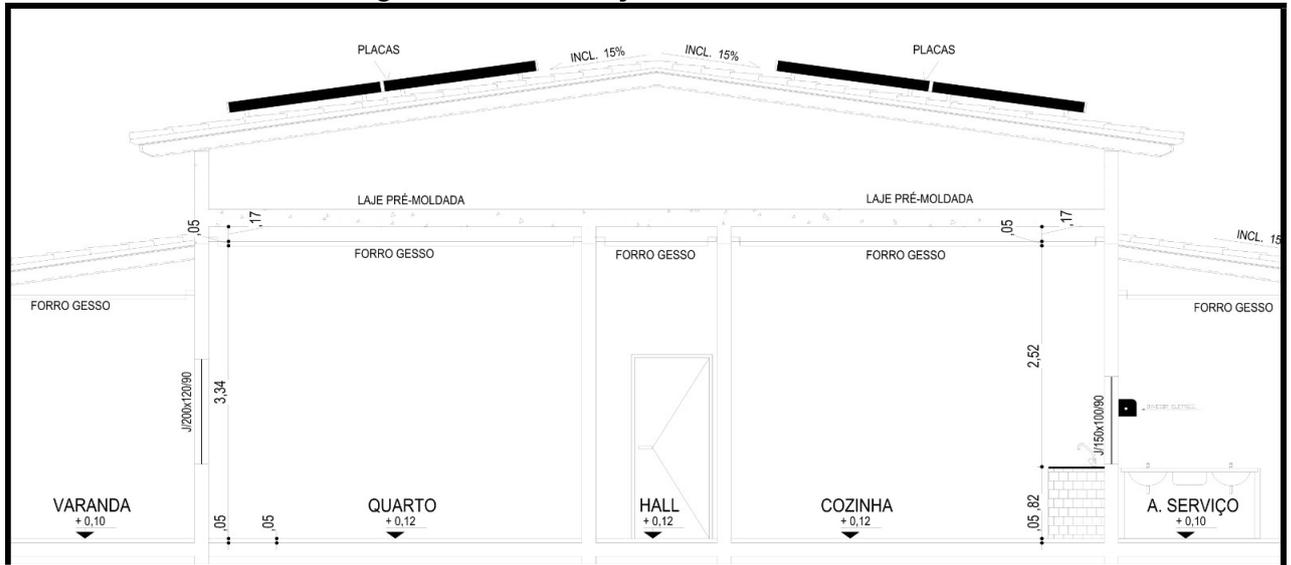
Figura 16 – Instalação do Sistema Solar Fotovoltaico



<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/11/1372709-sol-vira-fonte-de-renda-no-sertao-baiano.shtml>, em 08 de novembro de 2016

O telhado da edificação permitiu a instalação direta sobre as telhas respeitando a inclinação ideal ao estado do Tocantins sem a necessidade de estruturas de alumínio conforme figura 14.

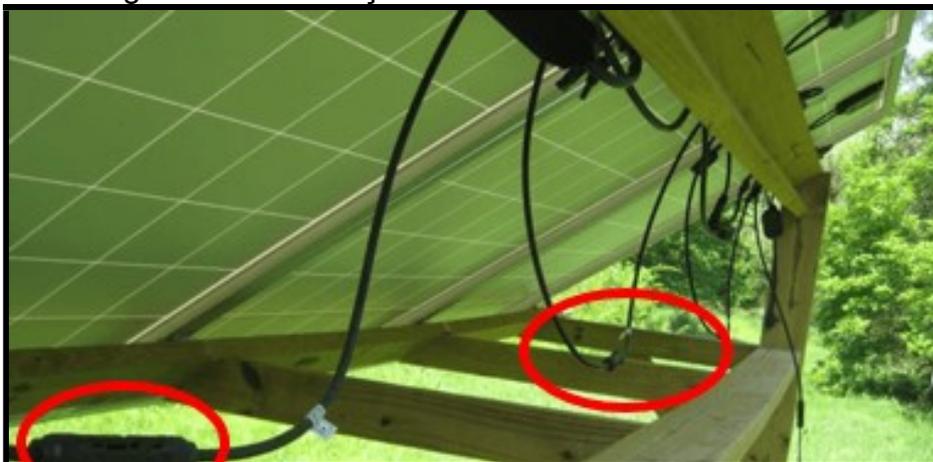
Figura 17 – Instalação Sistema Solar



Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Para cada placa existe um conector para instalação dos cabos elétricos, os painéis devem ser instalados em série (figura 18), após são conectados ao inversor solar e posterior a rede elétrica da residência (figura 19), não havendo a necessidade de alterar o sistema elétrico da edificação. O inversor deve ser instalado em local arejado e próximo ao quadro de distribuição da edificação.

Figura 18 – Instalação Conector Módulo Fotovoltaico



Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>, em 08 de novembro de 2016

Figura 19 – Instalação Inversor Solar



<http://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/tocantins/palmas/moove-energia-solar---palmas>

#### 4.2 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Foi conhecido *in loco* a quantidade de equipamentos utilizados na residência conforme a tabela 3. A potência média dos equipamentos foi pesquisada no portal eletrônico da ANEEL.

Tabela 4 – Consumo kwh

Equipamentos	Potência média (W)	Dias estimados de uso no mês	Média de uso por dia (h)	Quantidade	Consumo total (kWh)
Alisador de cabelos	50	4	0,3	1	0,06
Aparelho de som	80	8	2	1	1,28
Ar-condicionado 9.000 btu	810	25	8	2	324,00
Batedeira	120	8	0,4	1	0,38
Cafeteira elétrica	600	30	0,2	1	3,60
Chuveiro elétrico	3500	30	0,6	1	63,00
Cortador de grama pequeno	500	1	2	1	1,00
Dvd player	20	5	2	1	0,20
Espremedor de frutas	65	20	0,2	1	0,26
Ferro elétrico automático	1000	5	1	1	5,00
Forno elétrico grande	1500	4	1	1	6,00

Forno microondas	1200	15	0,3	1	5,40
Geladeira 2 portas	130	30	16	1	62,40
Grill/sanduicheira	750	8	0,5	1	3,00
Impressora multifuncional	20	5	0,5	1	0,05
Lâmpada fluorescente compacta 15 w	15	30	2	12	10,80
Lavadora de alta pressão	1400	1	2	1	2,80
Lavadora de roupas	500	4	1	1	2,00
Liquidificador	300	4	0,3	1	0,36
Notebook	25	30	2	1	1,50
Portão automático	600	30	0,2	1	3,60
Secador de cabelo grande	1400	4	0,3	1	1,68
Tv em cores crt - 29"	110	30	4	1	13,20
Tv plasma 42"	280	30	4	1	33,60
Ventilador pequeno	65	30	4	2	15,60
<b>TOTAL</b>					<b>560,77</b>

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

A demanda da residência totalizou média de 560,77 Kwh mês, este dado foi possível após conhecer a potência de cada equipamento existente na residência multiplicado pelo período de utilização.

Após conhecer a demanda em Kwh consumida pela residência, foi possível encontrar o numero de placas solares ideal para edificação em estudo com seguintes fórmulas:

- Equação 03: Eficiência do módulo

Para o cálculo foi definido a potência de 265W do painel solar policristalino com dimensões de 1,638x0,982m.

$$\text{Eficiência} = (P_{mpp} / A) / 1000W \text{ m}^2$$

$$\text{Eficiência} = (265W / 1,638 \times 0,982m) / 1000W \text{ m}^2$$

$$\text{Eficiência} = 0,1647$$

O percentual encontrado para o módulo é igual a 16,47%.

- Equação 04: Energia produzido pelo módulo fotovoltaico [Wh]

A partir do valor encontrado da eficiência do modulo de 16,47%, foi multiplicado pela área do painel e pela incidência solar local 5,45 kWh/m<sup>2</sup>/dia para um período de 30 dias. A radiação solar foi verificado pelo software SunData e pela Radiação Média Oficial (RMO) da prefeitura de Palmas, neste estudo utilizado o valor adotado pela RMO.

$$E_{FV} = 5,45 \text{ kWh/m}^2/\text{dia} \times (1,638 \times 0,982) \text{ m}^2 \times 30 \text{ dias} \times 0,1647$$

$$E_{FV} = 43,39 \text{ kWh}$$

Conforme o fornecedor dos painéis existe rendimento médio de 80%, então o valor de EFV será de **34,61 kWh**.

- Equação 05: Quantidade de módulos fotovoltaicos

Através da formula  $N = E_{\text{consumo}} / E_{FV}$ , foi possível conhecer a quantidade de módulos fotovoltaicos necessário para atender a demanda da residência.

$$N = 560,77 \text{ kwh} / 34,61 \text{ kwh}$$

$$N = 17 \text{ Módulos Fotovoltaicos}$$

No entanto a edificação tem o telhado voltado para o leste e oeste que resulta na perda de eficiência. Para efeito de cálculo foi utilizado o coeficiente de 13% contendo agora a necessidade de **20 Módulos Fotovoltaicos** para atender 100% da edificação.

O inversor deve atender a potência nominal do sistema de 5,3 kwp.

#### 4.3 Custo de Implantação do sistema

Para a cotação de preço foi fornecido um termo de referência com os dados pertinentes à instalação do sistema na residência em estudo.

Após levantar o quantitativo do material foi elaborado um termo de referência para parametrizar os orçamentos.

Tabela 5 – Termo de Referência

<b>INSTALAÇÃO</b>	
<b>CIDADE:</b>	PALMAS - TO
<b>PRODUÇÃO MÉDIA:</b>	560 kwh/mês <span style="float: right;">6.720 kwh/ano</span>
<b>LOCAL:</b>	Sobre telhas cerâmica com suportes, sendo 2 filas de 5 Módulos tanto na face leste e oeste do telhado.
<b>INCLINAÇÃO:</b>	15°
<b>CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SOLAR</b>	
<b>MÓDULOS:</b>	20 x Módulos Fotovoltaicos
	Modelo: Canadian Solar 265Wp
	Potência: 265W
	Tipo de Céula: Policristalino
	Tensão de Pico (Vmpp): 30,6 V
	Módulo: Alumínio
	Peso: 18 kg
	Dimensões: 1638 x 982 x 40 mm
<b>INVERSOR:</b>	Modelo: ABB PVI 5000-6000
	Dimensões 645 x 431 x 204 mm

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Os orçamentos foram realizado em duas empresas em Palmas - TO, ambas empresas apresentaram em seu orçamento com o valor total da instalação do sistema solar fotovoltaico incluindo os equipamento, materiais para instalação (suportes, fiação) frete e instalação.

Tabela 6 – Orçamentos

<b>FORNECEDOR</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>EMPRESA "A"</b>	R\$ 36.780,69
<b>EMPRESA "B"</b>	R\$ 39.047,61

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

### **Quantidade e itens e serviços incluso nas propostas:**

#### **Incluso**

- 20 Módulos Fotovoltaicos 265 Wp (Selo INMETRO A)
- Inversor ABB PVI 5000-6000
- Cabos, conectores, estrutura de fixação em alumínio e aterramento.

**Não Incluso**

- Serviços de Serralheria, alvenarias e marcenarias.

**Garantia**

- Módulos – 25 Anos
- Inversor – 7 Anos

Para cálculo de investimento do sistema a Empresa “A” foi à escolhida por apresentar o menor preço, respeita a qualidade exigida dos materiais.

**4.4 Viabilidade Econômica e Incentivo Fiscal****4.4.1 Custo da energia local**

O custo por KWh de energia foi retirado do endereço eletrônico do Grupo ENERGISA, empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica aos consumidores do estado do Tocantins. O preço da Tarifa e de R\$ 0.52574 por KWh contudo com o acréscimo de Impostos (ICMS, PIS e CONFINS) o valor da tarifa em média e de R\$ 0,74 (setenta e quatro centavos) por KWh sendo este o valor utilizado para cálculo de viabilidade.

**4.4.2 Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU)**

Para cálculo do IPTU são utilizados os seguintes dados: valor venal do imóvel, a área e padrão da edificação, zona fiscal. O valor do Imposto varia de local para local. O valor do Imposto Predial e Territorial e Urbano da residência em estudo localizada na quadra 408 Norte no ano de 2016 foi de R\$ 387,21 (Trezentos e oitenta e sete reais e vinte e um centavos), sendo este o valor utilizado para cálculo da viabilidade econômica. Na viabilidade econômica não foi atualizado monetariamente o custo do IPTU, tendo em vista que o mesmo foi corrigido após anos em 2014 e passa por novos estudos quanto ao plano diretor da cidade de Palmas – TO.

#### 4.4.3 Viabilidade Econômica

Neste trabalho, para a instalação do sistema de energia solar fotovoltaico já apresentado, foi realizado o estudo de viabilidade econômica, baseando se em indicadores econômicos utilizados para análise de projetos, como: Fluxo de Caixa, Método do tempo de recuperação de capital (Payback), VPL (valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

Nas tabelas a seguir serão apresentados os dados necessários para análise econômica da residência em estudo.

Tabela 7 - Sistema Energia Solar Fotovoltaico

Consumo mensal de energia	560,77 Kwh
% economia mensal	100%
Investimento	R\$ 36.780,69

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Tabela 8 - Dados Energia

Custo da energia elétrica ao consumidor final	0,74 R\$/kWh
Quant. de energia economizada (kWh) x custo (R\$)	560,77 x 0,74
Valor de economia mensal	R\$ 414,97
Valor de economia anual	R\$ 4.979,64

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Tabela 9 - Dados IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano)

Valor IPTU	R\$ 387,21
Desconto de 80% (oitenta por cento)	R\$ 309,77
I - do 1º (primeiro) ao 5º (quinto) ano, de até 100% (cem por cento) dos incentivos previstos;	R\$ 309,77
II - do 6º (sexto) ao 10º (décimo) ano, de até 75% (setenta e cinco por cento) dos incentivos previstos;	R\$ 232,33
III - do 11º (décimo primeiro) ao 15º (décimo quinto) ano, de até 50% (cinquenta por cento) dos incentivos;	R\$ 154,88
IV - do 16º (décimo sexto) ao 20º (vigésimo) ano, de até 25% (vinte e cinco por cento) dos incentivos.	R\$ 77,44

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Nessa seção, iremos explicar os indicadores econômicos, bem como calculá-los para dois casos, sendo um caso com a utilização do incentivo do IPTU e outro caso sem utilizar o valor do Imposto Predial e Territorial Urbano.

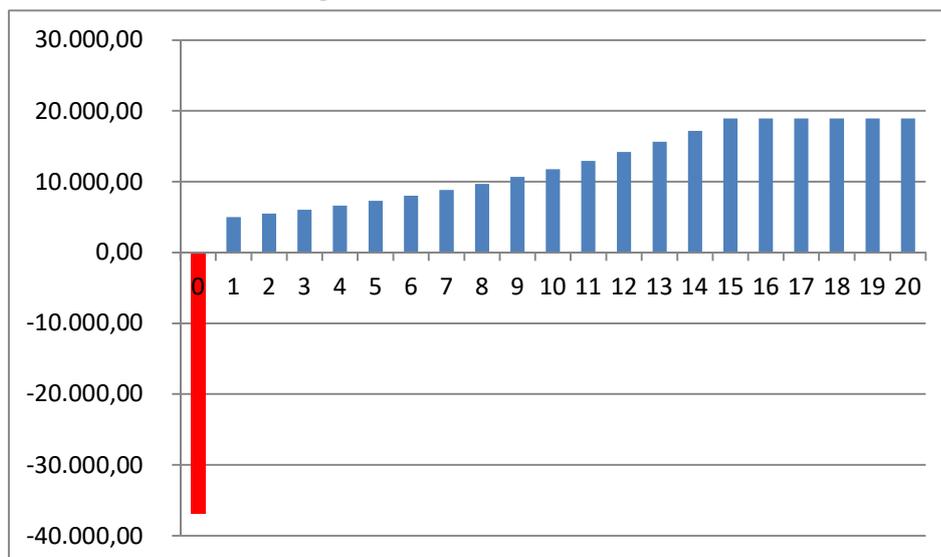
Para realização da análise econômica, utilizou-se para a TMA o valor percentual aproximado do rendimento de uma caderneta de poupança de 8,21% ao ano, considerada esta taxa, pelo baixo grau de risco, quanto aplicação do capital disponível.

Fator importante para o estudo da viabilidade e o custo da tarifa de energia elétrica cobrada pela distribuidora. O reajuste é autorizado pela ANELL e sofre impacto direto na conta do consumidor, conforme os dados apresentados no item 3.3 foi lançado neste trabalho o reajuste médio de 10% ao ano.

#### 4.4.3.1 Cálculo das Variáveis para a Análise Financeira

Após coletados e calculados todos os dados necessários, foi possível montar um fluxo de caixa com todas as entradas e saídas do projeto, estabelecendo os valores de gastos e lucro. No estudo econômico teve como gastos o valor da aquisição do sistema, e para o lucro foi calculado para dois casos, sendo o caso A o valor da economia anual de energia, já no caso B a soma da economia de energia e o desconto do IPTU.

Figura 20 – Fluxo de Caixa



Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

Conforme a tabela 10 foi encontrado o payback que é o período de tempo necessário para obter retorno de todo o investimento. Para a análise de tempo foi utilizado o payback nominal que desconsidera taxas de atualização monetária.

Em comparação com os casos estudados, através do Payback, o caso B teve o retorno do investimento com 01 (um) mês antes que no caso A, com o tempo de retorno de 06 (seis) anos e 09 (nove) meses.

Tabela 10 - Payback

Payback Caso A			Payback Caso B		
Período	Remuneração (*)	Fluxo de Caixa	Período	Remuneração (*) (**)	Fluxo de Caixa
0		-36.780,69	0		-36.780,69
1	4.979,64	-31.801,05	1	5.289,41	-31.491,28
2	5.477,60	-26.323,45	2	5.787,37	-25.703,91
3	6.025,36	-20.298,08	3	6.335,13	-19.368,78
4	6.627,90	-13.670,18	4	6.937,67	-12.431,11
5	7.290,69	-6.379,49	5	7.600,46	-4.830,65
6	8.019,76	1.640,27	6	8.252,09	3.421,44
7	8.821,74	10.462,01	7	9.054,07	12.475,51
8	9.703,91	20.165,92	8	9.934,24	22.409,75
9	10.674,30	30.840,22	9	10.906,63	33.316,38
10	11.741,73	42.581,95	10	11.974,06	45.290,44
11	12.915,90	55.497,85	11	13.070,78	58.361,22
12	14.207,49	69.705,34	12	14.362,37	72.723,59
13	15.628,24	85.333,59	13	15.783,12	88.506,71
14	17.191,07	102.524,66	14	17.345,95	105.852,66
15	18.910,17	121.434,83	15	19.065,95	124.918,61
16	18.910,17	140.345,00	16	18.987,61	143.906,22
17	18.910,17	159.255,17	17	18.987,61	162.893,83
18	18.910,17	178.165,34	18	18.987,61	181.881,44
19	18.910,17	197.075,51	19	18.987,61	200.869,05
20	18.910,17	215.985,68	20	18.987,61	219.856,66

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

(\*) Remuneração: Economia anual de energia elétrica com reajuste de 10% na tarifa ao ano.

(\*) Após o 15º Ano, o valor de economia fica constante devido às incertezas quanto à estimativa do valor de reajuste da tarifa para um grande período.

(\*\*) Remuneração: Economia mensal de energia elétrica com reajuste de 10% na tarifa ao ano acrescido com valor de desconto do IPTU.

Nas tabelas 11 e 12 foi calculado o VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Rentabilidade) para cada caso.

O estudo econômico apresentou TIR 21,19% em A e 22,74% em B, superando a fixação do TMA de 8,21%.

Através dos cálculos efetuados determinou-se o valor do VPL do projeto, para o caso A de R\$ 63.832,83 e no caso B de R\$ 66.058,15.

Tabela 11- Equação 01 e 02 - VPL e TIR Caso A

<b>Valor Presente Líquido (VPL)</b>		<b>63832,83</b>	
<b>Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>		<b>21,19%</b>	
<b>Período</b>	<b>Remuneração (*)(**)</b>	<b>Valor Presente (VPL) (***)</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>
<b>0</b>			-36.780,69
<b>1</b>	4979,64	4.601,83	-32.178,86
<b>2</b>	5477,60	4.677,95	-27.500,91
<b>3</b>	6025,36	4.755,34	-22.745,57
<b>4</b>	6627,90	4.834,00	-17.911,57
<b>5</b>	7290,69	4.913,96	-12.997,61
<b>6</b>	8019,76	4.995,25	-8.002,37
<b>7</b>	8821,74	5.077,88	-2.924,49
<b>8</b>	9703,91	5.161,88	2.237,39
<b>9</b>	10674,30	5.247,26	7.484,65
<b>10</b>	11741,73	5.334,06	12.818,71
<b>11</b>	12915,90	5.422,30	18.241,01
<b>12</b>	14207,49	5.511,99	23.753,01
<b>13</b>	15628,24	5.603,17	29.356,18
<b>14</b>	17191,07	5.695,86	35.052,04
<b>15</b>	18910,17	5.790,08	40.842,12
<b>16</b>	18910,17	5.350,78	46.192,90
<b>17</b>	18910,17	4.944,81	51.137,71
<b>18</b>	18910,17	4.569,64	55.707,35
<b>19</b>	18910,17	4.222,94	59.930,29
<b>20</b>	18910,17	3.902,54	63.832,83

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

(\*) Remuneração: Economia anual de energia elétrica com reajuste de 10% na tarifa ao ano.

(\*) Após o 15º Ano, o valor de economia da energia fica constante devido às incertezas quanto à estimativa do valor de reajuste da tarifa para um grande período.

(\*\*) Valor Presente: Calculado com Taxa de Retorno de 8,21%.

Tabela 12 - Equação 01 e 02 - VPL e TIR Caso B

<b>Valor Presente Líquido (VPL)</b>		<b>66058,15</b>	
<b>Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>		<b>22,74%</b>	
<b>Período</b>	<b>Remuneração (*)(**)</b>	<b>Valor Presente (VPL) (***) (****)</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>
<b>0</b>	-36.780,69		
<b>1</b>	5289,41	4.888,10	-31.892,59
<b>2</b>	5787,37	4.942,50	-26.950,09
<b>3</b>	6335,13	4.999,81	-21.950,28
<b>4</b>	6937,67	5.059,93	-16.890,36
<b>5</b>	7600,46	5.122,75	-11.767,61
<b>6</b>	8252,09	5.139,96	-6.627,65
<b>7</b>	9054,07	5.211,61	-1.416,04
<b>8</b>	9936,24	5.285,46	3.869,42
<b>9</b>	10906,63	5.361,47	9.230,89
<b>10</b>	11974,06	5.439,61	14.670,50
<b>11</b>	13070,78	5.487,32	20.157,82
<b>12</b>	14362,37	5.572,08	25.729,90
<b>13</b>	15783,12	5.658,70	31.388,60
<b>14</b>	17345,95	5.747,18	37.135,78
<b>15</b>	19065,05	5.837,50	42.973,28
<b>16</b>	18987,61	5.372,69	48.345,97
<b>17</b>	18987,61	4.965,06	53.311,03
<b>18</b>	18987,61	4.588,36	57.899,39
<b>19</b>	18987,61	4.240,23	62.139,62
<b>20</b>	18987,61	3.918,52	66.058,15

Fonte: Autor – Mês de setembro de 2016

(\*) Remuneração: Economia mensal de energia elétrica com reajuste de 10% na tarifa ao ano.

(\*\*) Após o 15º Ano, o valor de economia da energia fica constante devido às incertezas quanto à estimativa do valor de reajuste da tarifa para um grande período.

(\*\*\*) Remuneração: Economia mensal de energia elétrica com reajuste de 10% na tarifa ao ano acrescido com valor de desconto do IPTU.

(\*\*\*\*) Valor Presente: Calculado com Taxa de Retorno de 8,21%.

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No mercado da construção civil a disseminação de fontes de energias sustentáveis, de forma especial à energia solar fotovoltaica, faz-se necessário na medida em que a geração de energia solar atua como um vetor na preservação do meio ambiente e na concretização de edificações sustentáveis.

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz do sol em eletricidade, no Brasil, o potencial de geração de energia solar é excelente em quase toda a sua extensão devido a uma localização favorável à insolação.

Este trabalho teve como objetivo principal estudar a viabilidade econômica para implantação de sistema de energia solar fotovoltaico conectado à rede elétrica em uma residência unifamiliar, durante a elaboração deste estudo foi possível elencar vantagens e desvantagens na geração de energia solar:

### Vantagens:

- Economia ao longo do tempo com gastos de energia;
- Redução na demanda de energia elétrica das distribuidoras, minimizando uma nova crise energética no país;
- Manutenção mínima do sistema;
- Sustentabilidade. A geração de energia não polui durante o seu uso;
- Facilidade na instalação.

### Desvantagens:

- A produção de energia pode ser comprometida de acordo com a situação climática (chuva);
- Baixo rendimento dos painéis fotovoltaicos, sendo necessário a utilizar mais módulos;
- Alto custo dos equipamentos fotovoltaicos.

Com base no estudo realizado para a implantação de um sistema que atende-se 100% de consumo de uma residência unifamiliar em Palmas – TO. O presente trabalho analisou qual a economia financeira que o sistema fotovoltaico traz para quem o implanta, sendo realizado para dois casos, o caso A utilizando da economia

anual de energia elétrica com o reajuste de 10% e o caso B que utilizou da economia de energia e o valor do desconto do IPTU, com os resultados do caso B foi possível obter inicialmente a economia de energia R\$ 5.289,41 ao ano na conta de energia. Dessa forma, ao fim dos 20 anos é possível ter todo o capital investido de volta em ambos os casos, além de lucro presente superior ao montante investido inicialmente.

Também será possível a geração de créditos com a concessionária, pelo o fato do sistema fotovoltaico estar conectado a rede, a energia que se exceder e enviada é convertida em créditos para serem utilizados posteriormente.

O resultado apresentado por meio das análises demonstrou que a utilização do sistema de energia solar fotovoltaico em uma residência unifamiliar na cidade de Palmas - TO é realmente viável, pois o VPL do projeto resultou em um valor positivo e a TIR apresentou valor superior a TMA em ambos os casos, com o tempo de retorno em 06 (seis) anos e 09 (nove) meses.

Os resultados econômicos e a irrelevância de tempo quanto à utilização do incentivo fiscal, deve ser atribuída ao valor inexpressivo nos cálculos do IPTU da residência em estudo que está localizada em zona fiscal de cobrança com menor porcentagem sobre o valor venal do imóvel, contudo outras residências localizadas em área nobre da capital com valor de IPTU mais expressivo possa apresentar maior relevância de tempo de retorno do capital investido.

É importante salientar que a irrelevância de tempo com a utilização do incentivo fiscal não expõe um fator negativo, onde todos os incentivos e importantes ao setor fotovoltaico. Para o que o setor desenvolva é importante que haja políticas públicas que estimulem a utilização de energia solar, possibilitando o surgimento de indústrias voltada a essa tecnologia, gerando novas vagas de trabalho para profissionais da área é conseqüentemente a redução do custo dos equipamentos.

Devido aos incentivos públicos o uso do sistema fotovoltaico aos poucos vai incorporando na construção civil. Uma realidade no município de Palmas onde todas novas obras e/ou reformas em edificações públicas que impliquem no consumo energético é obrigatório a instalação de sistema de geração fotovoltaica.

Apesar de ter dedicado este estudo a um consumidor individual, pode-se evidenciar que a principal contribuição na implantação dos sistemas fotovoltaicos não se trata de economia financeira, mas a contribuição com planeta, buscando fontes de energia que agrida menos o meio ambiente.

Por fim recomenda-se a engenheiros civis e arquitetos, que nos futuros projetos permitam a utilização do sistema fotovoltaico. Aos profissionais da construção cabe sempre aprimorar e conhecer novas tecnologias a ser empregada nas construções.

Como sugestão para trabalhos futuros podem ser realizados os seguintes temas:

- a) Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico em residências de alto padrão localizadas em área nobre do município de Palmas - TO;
- b) Estudo da viabilidade econômica para implantação do sistema em escola pública do município de Palmas - TO;
- c) Comparativo da instalação do sistema em cidades do estado do Tocantins.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e Documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

Atomra: engenharia em energia renovável. Disponível em: <<http://www.atomra.com.br/indice-solarimetrico-do-local/>>. Acesso em: 20 de Abril de 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nº 482, de 17 de abril de 2012: Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. Brasil, 2012.

\_\_\_\_\_. Atlas Solarimétrico do Brasil. **Banco de Dados Solarimétricos**. Recife, 2000.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

\_\_\_\_\_. CRESESB-CEPEL. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. CRESESB-CEPEL. **Energia solar princípios e aplicações**. 2006.

\_\_\_\_\_. CRESESB. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 15 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

Dimensionamento do sistema solar. Disponível: <[http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento\\_solar\\_fotovoltaico.htm](http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm)>. Acesso em: 15 de Abril de 2016.

Elaboração e administração de projetos. Disponível em: <[http://www.virtual.ufc.br/solar/aula\\_link/gad/A\\_a\\_H/elabora\\_e\\_admi\\_d\\_projetos/aula\\_01/04.html](http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/gad/A_a_H/elabora_e_admi_d_projetos/aula_01/04.html)> . Acesso em: 17 de Abril de 2016.

ENERGIA FOTOVOLTAICA. **Manual sobre tecnologias, projeto e instalação**. 2004.

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Guia Prático**. Solarterra – Soluções em Energia Alternativa. São Paulo.

Energia solar conectada à rede dobra em um ano. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-empresa/1707-energia-solar-conectada-a-rede-dobra-em-um-ano.html>>. Acesso em: 16 de Abril de 2016.

Escola da energia: energias renováveis. Disponível em: <<http://escoladaenergia.com/>>. Acesso em: 18 de Abril de 2016.

ESTADO DO TOCANTINS. Governador apresenta isenção do ICMS e incentiva uso da Energia Solar no TO. 2015. Disponível em: <<http://secom.to.gov.br/noticia/253249/>>. Acesso em: 16 de Abril de 2016.

BEZERRA, ARNALDO MOURA. **Aplicações práticas de energia sola: aquecedor de água, fogão, destilador, silo-secador de grãos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1990.

COELHO, Daniel. **Energia solar fotovoltaica: guia prático de dimensionamento**. Escola de energia.

FACHINI, Odília. **Fundamentos de Metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2013.

HINRICHS, ROGER A. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

KASSAI, José Roberto. et al. **Retorno de investimento. Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KASSATEC energia solar. Disponível em: <<http://www.kasatec.com.br/Nossos-Produtos>>. Acesso em: 18 de Abril de 2016.

MAGAGNIN, André Luiz. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares**. Criciúma, 2010, 77 pag.

Mapa da radiação solar no Brasil. Disponível em: <[http://gsfotovoltaico.com.br/?page\\_id=70](http://gsfotovoltaico.com.br/?page_id=70)>. Acesso em: 14 de Abril de 2016.

PEREIRA, MÁRIO JORGE. **Energia: Eficiência e alternativas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

Prefeitura de Palmas Tocantins. Disponível em: <<http://www.palmas.to.gov.br/>>. Acesso em: 13 de Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. I Seminário Internacional Palmas Solar. 2015. Disponível em: <<http://palmassolar.palmas.to.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Abril de 2016.

REIS, LINEU BELICO DOS. **Geração de energia elétrica**. 2. ed. rev. e atual. Barueri: Manole, 2011.

Sistema fotovoltaico passo a passo. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: 16 de Abril de 2016.

Soluções Energéticas e Ambientais. Disponível em: <<http://www.senergam.com.br/>>. Acesso em: 17 de Abril de 2016.

Porto Nacional recebe primeira usina de energia solar do Tocantins. Disponível em: <<http://cenariotocantins.com.br/principal/porto-nacional-recebe-primeira-usina-de-energia-solar-do-tocantins/>>. Acesso em: 17 de Abril de 2016.

ROESH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de Estagio e de Pesquisa em Administração**. Guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertação e estudo de caso. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, Délcio & MATAJS, Roberto. **Um banho de sol para o Brasil: o que os aquecedores solares podem fazer pelo meio ambiente e sociedade**. São Lourenço da Serra, 2004.

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.

VECCHIA, RODNEIR. **O meio ambiente e as empresas renovável: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável**. 1ª ed. Barueri: Manole, 2010.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. et al. **Eficiência energética: Fundamentos e aplicações**. 1ª ed. Campinas: 2012.

Voltaica energia solar. Disponível em: <<http://www.voltaica.com.br/portfolio.html>>. Acesso em: 18 de Abril de 2016.

ZEGNA, GLAUCO. **Fontes de energia**. 1ª ed. São Paulo: Ática S.A, 1991.