

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**

**EDGAR GONÇALVES DE MESQUITA**

**REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA COM A SUBSTITUIÇÃO DAS  
LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED E DIMENSIONAMENTO  
DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Manaus  
2017

**EDGAR GONÇALVES DE MESQUITA**

**REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA COM A SUBSTITUIÇÃO DAS  
LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED E DIMENSIONAMENTO  
DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Charles Luiz Silva de Melo, Me.

Manaus

2017

**Universidade do Estado do Amazonas – UEA**  
**Escola Superior de Tecnologia - EST**

Reitor:

**Cleinaldo de Almeida Costa**

Vice-Reitor:

**Mário Augusto Bessa de Figueiredo**

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

**Roberto Higino Pereira da Silva**

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

**Cláudio Gonçalves**

Banca Avaliadora composta por: Data da defesa: 22/12/2017.

**Prof. Charles Luiz Silva de Melo (Orientador)**

**Prof. Almir Kimura Junior**

**Prof. Jozias Parente**

## **CIP – Catalogação na Publicação**

Mesquita, Edgar de Gonçalves

Redução do consumo de energia com a substituição das lâmpadas fluorescente por lâmpadas led e dimensionamento de um sistema fotovoltaico / Edgar Gonçalves de Mesquita; [orientado por] Charles Luiz Silva de Melo. – Manaus: 2017.

40 f. p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2017.

1. Energias Renováveis. 2. Sistema Fotovoltaico.  
I. Silva de Melo, Charles Luiz.

EDGAR GONÇALVES DE MESQUITA

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA COM A SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS  
FLUORESCENTES POR LÂMPADAS LED E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO

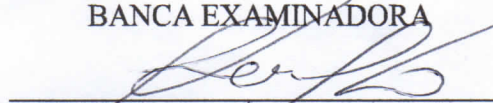
Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade Estadual do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: 8,5 ( OITO, CINCO )

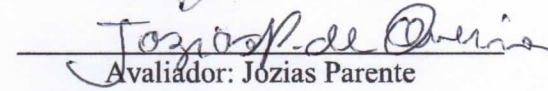
Data aprovação banca 22/12/2017.

Área de concentração: Eficiência Energética.

BANCA EXAMINADORA

  
Orientador: Charles Luiz Silva de Melo, Me.

  
Avaliador: Almir Kimura Junior

  
Avaliador: Jozias Parente

Manaus 2017

## **DEDICATÓRIA**

À minha família por sempre estar me apoiando, dando forças nos momentos difíceis e me ajudando a crescer como pessoa, academicamente e profissionalmente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar iluminando meu caminho e com a sua ajuda, sabedoria e perseverança consegui superar as dificuldades. A minha esposa por me apoiar, cobrar, ajudar e aconselhar, sempre sendo uma grande companheira. A minha família que sempre acreditou em mim. Aos meus amigos, com seus conselhos que são ensinamentos de vida e a todos que os professores que ajudaram na minha formação com seus conhecimentos.

## **RESUMO**

Neste projeto é apresentado uma possibilidade de redução no consumo de energia elétrica com a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led. É também analisado a iluminância das lâmpadas, verificando se a lâmpada led mantém os mesmos níveis da fluorescente, junto com a análise econômica da substituição das lâmpadas e o dimensionamento do sistema fotovoltaico. Está dividido em quatro seções, que são: referencial teórico, metodologia, implementação e análise dos resultado. Primeiramente é apresentado uma revisão dos assuntos mais importantes para desenvolvimento deste trabalho, que são: conceitos básicos referente à iluminação, ajudará a entender as vantagens da lâmpada led sobre as lâmpadas fluorescentes; sistema fotovoltaico interligado à rede, que será fundamental para entender a função dos componentes de um sistema fotovoltaico. A segunda seção é a metodologia na qual estão as etapas e materiais necessários para desenvolvimento do projeto. A terceira seção é a implementação que faz execução dos passos propostos na metodologia. A quarta seção é a análise dos resultados. Ao final é colocada a conclusão, nela define-se que é possível a redução do consumo de energia com a utilização da lâmpada led, que o nível de iluminância da lâmpada led foi o mesmo da lâmpada fluorescente e viabilidade econômica da substituição das lâmpadas.

Palavras-chaves:

consumo de energia. lâmpadas led. iluminância das lâmpadas. sistema fotovoltaico.

## **ABSTRACT**

In this project it is presented a possibility of reduction in the electric energy consumption with the replacement of the fluorescent lamps by led lamps, also the lamp illuminance will be analyzed, verifying if the led lamp will maintain the same levels of the fluorescent, together with the economic analysis of the replacing the lamps and designing the photovoltaic system. It is divided in four sections, which are: theoretical reference, methodology, implementation and analysis of results. Firstly, a review of the most important issues for the development of this work, which are: basic concepts regarding lighting, will help to understand the advantages of led lamp for fluorescent lamps; photovoltaic system interconnected to the grid, which will be fundamental to understand the function of the components of a photovoltaic system. The second section is the methodology in which are the steps and materials needed to develop the project. The third section is the implementation that performs the proposed steps in the methodology. The fourth section is the analysis of results. At the end the conclusion is made, it is defined that it is possible to reduce the energy consumption with the use of the led lamp, that the level of illumination of the led lamp was the same as the fluorescent lamp, economical feasibility of replacing the lamps.

**Keywords:**

energy consumption. led lamps. illumination. photovoltaic system.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Exemplo de Fluxo Luminoso .....	12
Figura 2 — Exemplo de Intensidade Luminosa .....	13
Figura 3 — Exemplo de Iluminância .....	13
Figura 4 — Exemplo de Depreciação do Fluxo Luminoso .....	14
Figura 5 — Exemplo de Sistema Fotovoltaico Interligado à Rede .....	15
Figura 6 — Modelo Placa Fotovoltaica .....	16
Figura 7 — Exemplo Placas Fotovoltaicas Ligadas em Série .....	16
Figura 8 — Exemplo Placas Fotovoltaicas Ligadas em Paralelo.....	17
Figura 9 — Exemplo de Dispositivos de Proteção.....	19
Figura 10 — Exemplo de Disjuntores .....	19
Figura 11 — Exemplo de Condutores e Isolantes .....	20
Figura 12 — Levantamento das Luminárias Existentes .....	23
Figura 13 — Instalação Luminária com Lâmpada Fluorescente .....	25
Figura 14 — Reator para lâmpada Fluorescente.....	26
Figura 15 — Iluminância da Lâmpada Fluorescente .....	26
Figura 16 — Instalação Luminária com Lâmpada LED.....	26
Figura 17 — Esquema Ligação Lâmpada LED .....	27
Figura 18 — Iluminância da Lâmpada LED.....	27
Figura 19 — Latitude e Longitude da Escola Superior de Tecnologia .....	28
Figura 20 — Irradiação Solar no Plano Horizontal em Manaus .....	28
Figura 21 — Ficha Técnica Painel Fotovoltaico .....	29
Figura 22 — Ficha Técnica do Inversor .....	29
Figura 23 — Planta de Cobertura .....	31
Figura 24 — Cobertura pelo Google Earth .....	32
Figura 25 — Diagrama Unifilar .....	33
Figura 26 — Valor Hora de Ponta e Fora de Ponta.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Potência Instalada Lâmpada Fluorescente .....	23
Tabela 2 — Potência Instalada Lâmpada LED .....	24
Tabela 3 — Consumo wh/dia das Lâmpadas Fluorescentes.....	24
Tabela 4 — Consumo Diário com as Lâmpadas LED.....	25
Tabela 5 — Dimensionamento Sistema Fotovoltaico .....	29
Tabela 6 — Comparativo Potência Instalada e consumo diário das lâmpadas.....	36

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
1.1 CONCEITOS BÁSICOS REFERENTE À ILUMINAÇÃO .....	12
1.1.1 Fluxo Luminoso .....	12
1.1.2 Intensidade Luminosa .....	13
1.1.3 Iluminância.....	13
1.1.4 Eficiência Luminosa .....	13
1.1.5 Vida Útil de uma Lâmpada.....	14
1.1.6 Depreciação do Fluxo Luminoso .....	14
1.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERLIGADO À REDE.....	14
1.2.1 Painéis Fotovoltaicos .....	15
1.2.2 Inversores .....	17
1.2.3 Dispositivos de Proteção.....	18
1.2.3.1 Dispositivo de Proteção Contra Surtos .....	18
1.2.3.2 Chave Seccionadora .....	18
1.2.3.3 Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas .....	18
1.2.3.4 Disjuntores.....	19
1.2.3.5 Condutores e Isolantes.....	19
1.2.4 Efeitos de Sombreamento .....	20
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
<b>3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>22</b>
3.1 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS .....	22
3.2 LEVANTAMENTO E PLANTA BAIXA .....	22
3.3 POTÊNCIA INSTALADA E CONSUMO DA ILUMINAÇÃO.....	23
3.4 ILUMINÂNCIA DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES E LED .....	25
3.5 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	27
3.6 ANÁLISE ECONÔMICA .....	33
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>
<b>OBRAS CONSULTADAS .....</b>	<b>40</b>

## INTRODUÇÃO

Atualmente a maior preocupação do setor energético no Brasil é o grande aumento do consumo de energia elétrica, pois o país não tem acompanhado esse aumento. Hoje a principal fonte de geração de energia são as hidroelétricas, dependendo assim dos níveis de água nos reservatórios.

A iluminação é responsável por 19% do consumo de energia elétrica no mundo e 20% no Brasil. Sendo assim, foi verificado a necessidade de um estudo para realizar a análise econômica da substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led, redução do consumo da energia elétrica com a substituição das lâmpadas e dimensionamento de um sistema fotovoltaico interligado a rede. Será realizada uma análise econômica para redução do consumo de energia elétrica com a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, verificar se a lâmpada tuboled irá manter o mesmo nível de iluminância das lâmpadas tubulares e dimensionamento de um sistema fotovoltaico interligado a rede, na área que compreende o prédio das salas de aula da Escola Superior de Tecnologia. O problema a ser abordado é que hoje a maior preocupação do setor elétrico brasileiro é o aumento em ritmo acelerado do consumo de energia elétrica e conseqüentemente sendo necessário o aumento da capacidade de geração e transmissão de energia elétrica.

Tem por hipótese este trabalho a ideia de que é possível reduzir o consumo de energia elétrica realizando a substituição das lâmpadas fluorescente por lâmpadas LED e dimensionando um sistema de geração de energia fotovoltaico. Como objetivo, tem-se um estudo de viabilidade econômica para substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, pois as lâmpadas LED possuem menor potência que as lâmpadas fluorescentes; realizar a análise econômica, análise da iluminância e dimensionar um sistema de geração de energia fotovoltaico.

A justificativa é o aprofundamento nas disciplinas do curso de engenharia elétrica, como: Energias Renováveis, Eficiência Energética, Sistemas Elétricos de Potência, Energia Solar Fotovoltaica e Instalações Elétricas. Também, justifica-se para demonstrar para a população a possibilidade de reduzir os gastos com energia elétrica.

Será feita uma revisão teórica nos seguintes assunto: Conceitos básicos referente à iluminação; Sistema Fotovoltaico Interligado à Rede.

A primeira seção está destinada ao Referencial Teórico, que consiste na revisão dos assuntos citados acima. Os conceitos básicos referente à iluminação irão explicar os aspectos

que qualificam a luz, para que se possa verificar se a lâmpada LED, mesmo com menor potência que a lâmpada fluorescente, terá a mesma capacidade de iluminação que a lâmpada fluorescente. Apresentar o funcionamento do sistema fotovoltaico e a principal função dos seus componentes.

A segunda seção é a metodologia, nela serão descritas as etapas que serão seguidas para o desenvolvimento do projeto; qual o tipo de pesquisa realizada, qual método foi utilizado, quais os procedimentos técnicos, quais os equipamentos utilizados.

A terceira seção está destinada à implementação, nela será descrita a execução dos passos da metodologia.

A quarta seção está destinada a análise e interpretação dos resultados, onde serão descritas as informações sobre os valores da possível redução do consumo de energia elétrica com a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, se a lâmpada que irá substituir a lâmpada fluorescente será capaz de manter, no mínimo, os mesmos índices de iluminação da lâmpada utilizada atualmente, análise do tempo de retorno do valor investido. Por fim, apresenta-se a conclusão, nela é feita uma relação entre o que foi pretendido e o que se obteve.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo do trabalho é proporcionado um referencial adotado como base para o desenvolvimento deste trabalho, e está estruturado conforme os quesitos a seguir:

- Conceitos Básicos Referentes à Iluminação;
- Sistema Fotovoltaico interligado à rede;

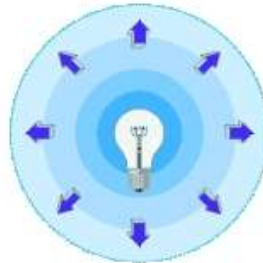
### 1.1 CONCEITOS BÁSICOS REFERENTES À ILUMINAÇÃO

Este item refere-se a aspectos que qualificam a luz e por meio dos quais é possível quantificá-la, para isso serão apresentados fundamentos básicos e conceitos relacionados às superfícies, à luz natural e à luz artificial, de modo a incorporar requisitos mínimos para que os usuários tenham conforto. (AVANTSP, 2012)

#### 1.1.1 Fluxo Luminoso

É quantidade total de energia luminosa, emitida por segundo por uma fonte de luz, que exprime sua aptidão de produzir uma sensação luminosa em um determinado local. Ao longo da vida útil de uma lâmpada, é comum ocorrer depreciação do fluxo luminoso, em razão da própria depreciação normal do fluxo luminoso da lâmpada e, também, por causa do acúmulo de poeira sobre as superfícies da lâmpada e do refletor. Esse fator deve ser considerado no cálculo luminotécnico, a fim de preservar o nível de iluminação do ambiente durante a vida útil da lâmpada. Na figura 1 mostra o exemplo de fluxo luminoso. (AVANTSP, 2012)

Figura 1 — Exemplo de Fluxo Luminoso

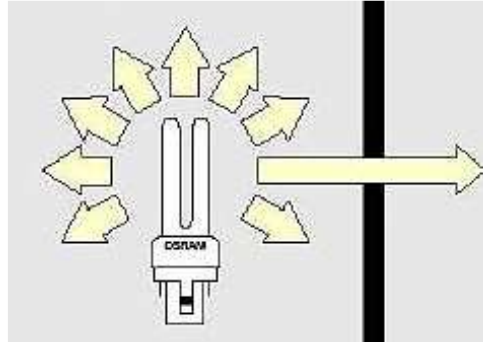


Fonte: (OSRAM, 2000, p. 1)

### 1.1.2 Intensidade Luminosa

Expressa em candelas, é a intensidade do fluxo luminoso de uma fonte de luz com refletor ou de uma luminária, projetado em uma determinada direção. Na figura 2 é ilustrado um exemplo de intensidade luminosa. (AVANTSP, 2012)

Figura 2 — Exemplo de Intensidade Luminosa



Fonte: (OSRAM, 2000, p. 3)

### 1.1.3 Iluminância

Expressa em lux, indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a certa distância desta fonte. Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, que pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Na figura 3 é ilustrado um exemplo de iluminância. (AVANTSP, 2012)

Figura 3 — Exemplo de Iluminância



Fonte: (OSRAM, 2000, p. 4)

### 1.1.4 Eficiência Luminosa

É a relação entre o fluxo luminoso emitido pela fonte de luz e a potência consumida por ela. Um exemplo são as lâmpadas fluorescentes compactas que produzem maior energia em luz

e menor em calor do que as lâmpadas incandescentes. Eficiência Luminosa = Fluxo Luminoso (lm) / Potência Consumida (W). (AVANTSP, 2012)

### 1.1.5 Vida Útil de uma Lâmpada

É medida em horas (h) e é definida pela média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada.

### 1.1.6 Depreciação do Fluxo Luminoso

É a redução do fluxo luminoso de uma lâmpada ao longo de sua vida útil, em função do próprio desgaste e do acúmulo de sedimentos tanto na superfície interna, quanto na externa. Na figura 3 é ilustrado um exemplo de depreciação do fluxo luminoso.

Figura 4 – Exemplo de Depreciação do Fluxo Luminoso



Fonte: (NOGUEIRA, 2011)

## 1.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERLIGADO À REDE.

O sistema fotovoltaico converte a radiação solar em energia elétrica, por meio de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Na figura 5 é mostrado um exemplo de um sistema fotovoltaico interligado à rede.



Figura 5 – Exemplo de Sistema Fotovoltaico Interligado à Rede

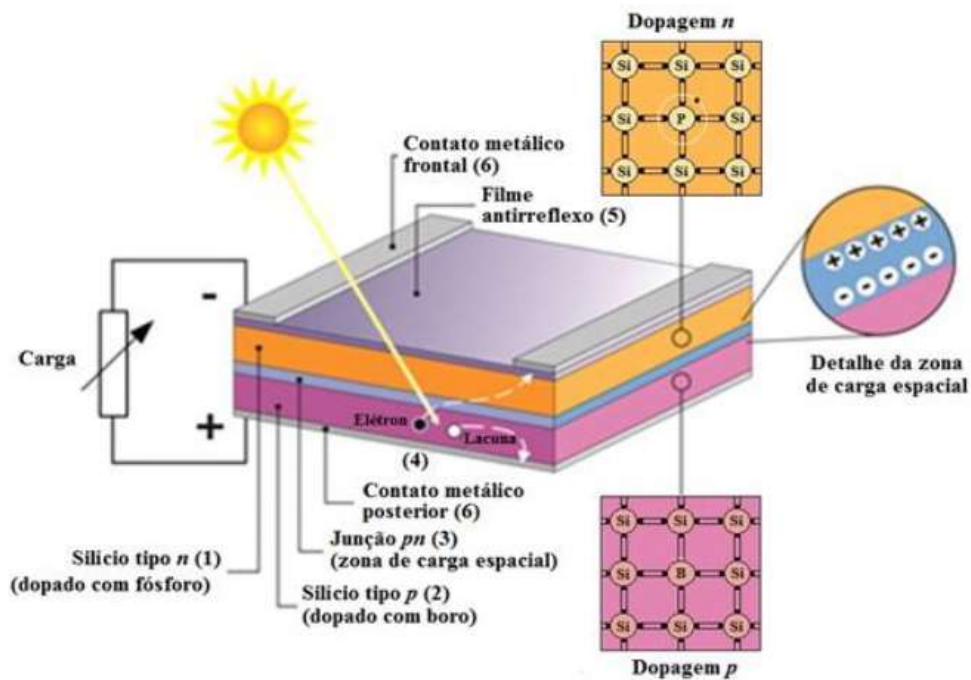


Fonte: (VIGGIANO, 2010, p. 42)

### 1.2.1 Painéis Fotovoltaicos.

As Células solares ou fotovoltaicas são as responsáveis pela transformação da energia solar em energia elétrica. E estas utilizam as propriedades dos materiais semicondutores (na maioria dos casos, o Silício). Estes, quando devidamente dopados com elementos químicos como o Boro e o Fósforo, formam a chamada junção pn, num lado se concentram as cargas positivas, e no outro, as cargas negativas, criando um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de elétrons de um lado para o outro. Caso um fóton incida com energia suficiente para excitar um elétron, haverá a circulação de corrente elétrica, gerando energia em corrente contínua, constituindo assim o chamado Efeito Fotovoltaico. Na figura 6 é mostrado o modelo de uma placa fotovoltaica.

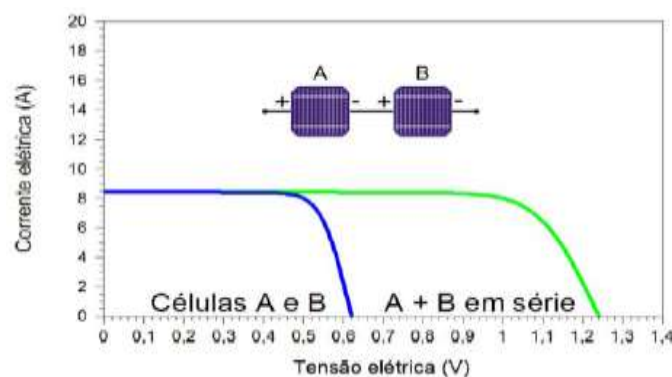
Figura 6 – Modelo Placa Fotovoltaica



Fonte: (PINHO, 2014, p. 112)

Caso a energia produzida por um único painel fotovoltaico não seja suficiente para suprir a demanda das cargas, é possível aumentar a geração simplesmente conectando outros painéis no sistema. Ao se conectar painéis em série, como mostrado Figura 7, o terminal positivo de um dispositivo fotovoltaico é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo, e assim por diante. Para dispositivos idênticos e submetidos à mesma irradiância, quando a ligação é em série, as tensões são somadas e a corrente elétrica não é afetada, a tensão de saída do sistema será proporcional à quantidade de painéis, porém o valor da corrente permanecerá o mesmo, permitindo assim o uso de cabos de mesma bitola. Na figura 7 exemplo de placas ligadas em série.

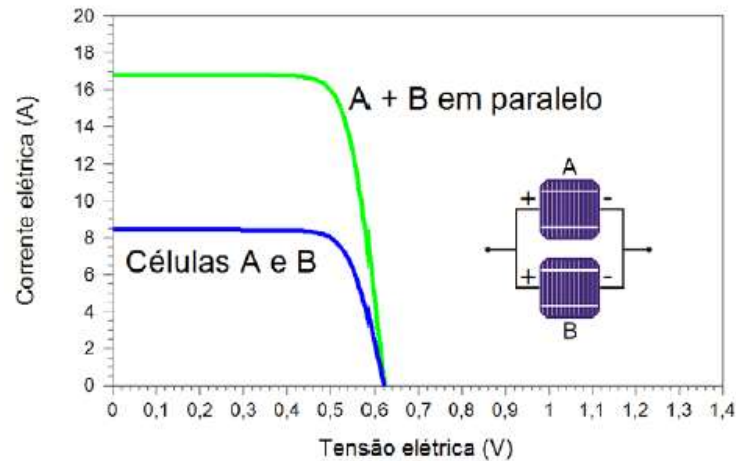
Figura 7 – Exemplo Placas Fotovoltaicas Ligadas em Série.



Fonte: (PINHO, 2014, p. 124)

Na associação em paralelo, os terminais positivos dos dispositivos são interligados entre si, assim como os terminais negativos. A Figura 10 ilustra o resultado da soma das correntes elétricas em células ideais conectadas em paralelo. As correntes elétricas são somadas, permanecendo inalterada a tensão. Na figura 8 é ilustrado um exemplo de placas ligadas em paralelo.

Figura 8 – Exemplo Placas Fotovoltaicas Ligadas em Paralelo.



Fonte: (PINHO, 2014, p. 124)

### 1.2.2 Inversores.

O inversor tem como principal função converter a energia elétrica produzida no gerador fotovoltaico, que é em corrente contínua, para corrente alternada. E ele sempre será necessário quando a carga que irá utilizar a energia proveniente do gerador fotovoltaico seja alimentada por corrente alternada.

Um inversor interligado a rede transfere a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos diretamente ao quadro de distribuição de força do local. Esta energia é então utilizada por toda a carga. Enquanto houver luz solar, a energia produzida estará sendo injetada e utilizada. Se a energia produzida pelos painéis não for suficiente para alimentar tudo que está ligado em um determinado momento, a carga então busca a diferença na rede pública. Caso a energia produzida não seja toda utilizada pela carga, a energia excedente é então injetada na rede.

Durante a noite os painéis não produzem energia, com isso, é a rede elétrica pública que suprirá toda energia requerida. Todo o processo é gerenciado pelo inversor e é totalmente automático, sem nenhuma intervenção do usuário.

A maioria dos inversores utilizado em sistemas fotovoltaicos interligados à rede de médio e grande porte, vem integrados com dispositivos de monitoramento que armazenam e informam, via internet, o comportamento do sistema fotovoltaico.

### **1.2.3 Dispositivos de Proteção.**

#### 1.2.3.1 Dispositivo de Proteção contra Surtos

O DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos) protege a instalação elétrica e seus componentes contra as sobretensões provocadas pelas quedas de raios na edificação ou na instalação ou ainda provocadas indiretamente pela queda de raios nas proximidades do local. Em alguns casos, as sobretensões podem também ser provocadas por ligamentos ou desligamentos que acontecem nas redes de distribuição da concessionária de energia elétrica.

As sobretensões são responsáveis, em muitos casos, pela queima de equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos, particularmente aqueles mais sensíveis, tais como computadores, impressoras, scanners, TVs, aparelhos de DVDs, fax, secretárias eletrônicas, telefones sem fio, dentre outros.

#### 1.2.3.2 Chave Seccionadora

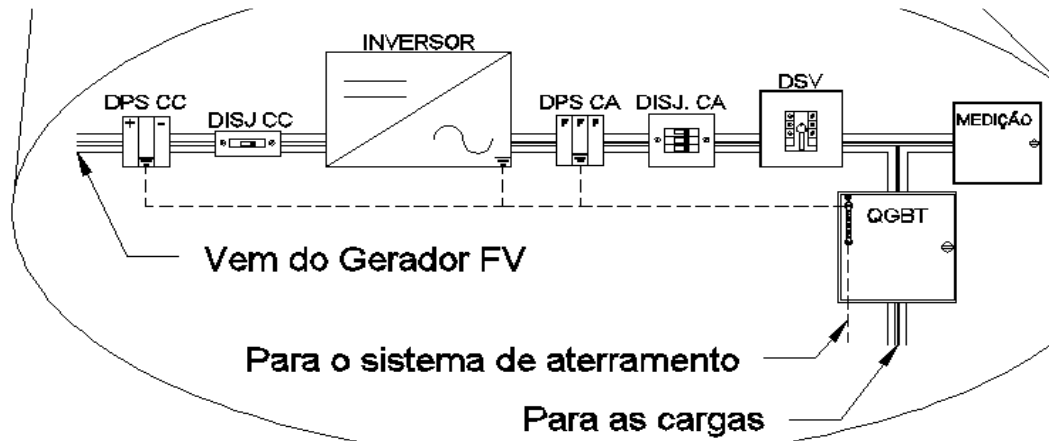
Especificamente no caso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCRs), a regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica exige, como padrão técnico, a instalação, após o medidor, de uma chave seccionadora sob carga, denominada de dispositivo de seccionamento visível (DSV), utilizada para garantir a desconexão da geração fotovoltaica durante procedimentos de manutenção de rede.

#### 1.2.3.3 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas e Aterramento

Geralmente os geradores fotovoltaicos são instalados em área aberta, sujeita a descargas atmosféricas diretas ou indiretas, por isso é necessário instalar um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, pois deve-se proteger a área onde o gerador fotovoltaico está instalado e a estrutura de abrigo dos dispositivos de condicionamento de potência, e deve estar conectado a um sistema de aterramento adequado, assim como o inversor, DPS e barramento de

aterramento do quadro geral da instalação. Na figura 9 é ilustrado um exemplo de dispositivos de proteção.

Figura 9 – Exemplo de Dispositivos de Proteção.



Fonte: (PINHO, 2014, p. 247)

#### 1.2.3.4 Disjuntores

Sua principal função é interromper a corrente em uma instalação antes que os efeitos térmicos e mecânicos desta corrente possam se tornar perigosos às próprias instalações. Como característica tem a capacidade de se rearmar (manual ou eletricamente), quando estes tipos de defeitos ocorrem, diferindo do fusível que têm a mesma função, mas que fica inutilizado depois de proteger a instalação. Por esse motivo, ele serve tanto como dispositivo de manobra como de proteção de circuitos elétricos. Na figura 10 exemplos de disjuntores.

Figura 10 — Exemplo de Disjuntores



Fonte: (SIEMENS, 2016)

#### 1.2.3.5 Condutores e Isolantes

A corrente elétrica é composta por elétrons livres que se movimentam de um ponto para outro devido à diferença de potencial. Quando um corpo possui muitos elétrons livres ele é

denominado condutor. Os isolantes são corpos que não possuem elétrons livres ou possuem em baixa quantidade. Nos isolantes os elétrons estão fortemente ligados às orbitas dos átomos e não permitem a passagem da corrente elétrica. Nos condutores estes elétrons estão fracamente ligados aos átomos e se desprendem com facilidade. Assim os condutores apresentam um número elevado de elétrons livres. São exemplos de condutores o cobre, o ouro, a prata, o alumínio e de isolantes a madeira, a borracha, o plástico, a mica. Os condutores apresentam baixas resistências e os isolantes apresentam altíssimas resistências. Na figura 11 um exemplo de condutor e o isolante.

Figura 11 – Exemplo de Condutor e Isolante



Fonte: (SIL, 2012)

#### **1.2.4 Efeitos de Sombreamento.**

Os módulos de c-Si contêm células fotovoltaicas associadas em série. Quando uma ou mais destas células recebe menos radiação solar do que as outras da mesma associação, sua corrente vai limitar a corrente de todo o conjunto série. Esta redução de radiação incidente pode ocorrer por um sombreamento parcial do módulo, depósito de sujeira sobre o vidro, ou algo que tenha caído sobre o módulo, dentre outras possibilidades. O efeito de redução de corrente no conjunto de células do módulo acaba sendo propagado para todos os módulos conectados em série.

## 2. METODOLOGIA

O Trabalho apresentado é uma Pesquisa Aplicada, e tem como objetivo a realização de Pesquisa Exploratória sobre o material Bibliográfico, de laboratório e de campo colhido sobre o assunto. São utilizados os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica e experimental. É utilizado o método de abordagem hipotético-dedutivo e o método de procedimento monográfico em sua elaboração. Para coleta de dados é utilizada observação direta intensiva e documentação indireta e a análise e interpretação de seus dados.

A primeira etapa consistiu em realizar o levantamento em campo da planta baixa e pontos de iluminação do prédio que compreende as salas de aula da Escola Superior de Tecnologia (Blocos A, B, C e D), este levantamento serviu para saber as cargas de iluminação.

Depois de realizado o levantamento, foi passado para o computador a planta baixa com o auxílio do software da Autodesk, o Autocad 2010.

Com a planta baixa desenvolvida, foram alocados todos os pontos de iluminação do prédio que compreende as salas de aula da Escola Superior de Tecnologia, para isso, foi utilizado o software CadElet 7.10, da empresa Viptec.

Em seguida foi feito um levantamento em campo para verificação aproximada da utilização horas/dia das lâmpadas, para isso foi feita uma consulta com os responsáveis pela liberação das chaves das salas de aula.

Com os dados aproximado da utilização horas/dia das lâmpadas, foi possível realizar o levantamento aproximado do consumo mensal com iluminação no prédio das salas de aula.

Posteriormente, serão realizados testes com o auxílio de um luxímetro para verificar se a lâmpada LED melhorou a iluminância no ambiente, comparados a lâmpada fluorescente.

Em seguida foi realizado o dimensionamento de um sistema fotovoltaico.

E por último foi feita uma análise financeira para verificar se compensa realizar a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED.

### 3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

É explicado em detalhes as etapas e os equipamentos que foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

O projeto foi desenvolvido com as seguintes plataformas de *software* e equipamentos:

- Fita métrica com 20m de comprimento.
- Folha de papel A3.
- Lápis.
- Escalímetro.
- *Software* Autocad 2010.
- Software CAD/Elet 7.10.
- O computador utilizado é um Asus N82JQ-B1, com um processador Intel i7 de 1.73GHz e com memória RAM DDR3 de 8GB.
- Luxímetro digital Minipa modelo MLM-1011.
- Lâmpada Osram Fluorescente 40W LD T10.
- 1 Reator Eletrônico Margirius 1x40W.
- Lâmpada Intral Tubo LED G3 18W-4000K branco.
- 2 Soquete pressão engate rápido.
- Luminária F-140 para 1 lâmpada.

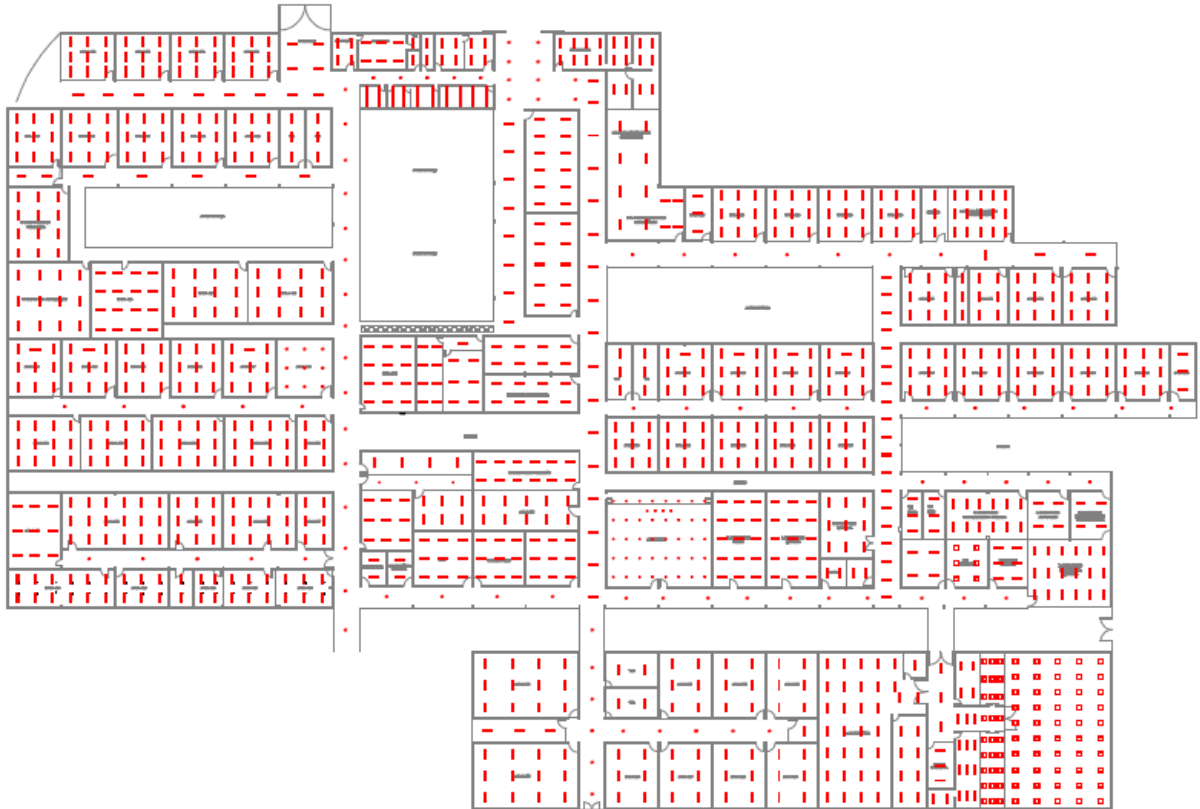
#### 3.2 LEVANTAMENTO E PLANTA BAIXA

A primeira fase consistiu no levantamento in loco da planta baixa dos blocos das salas de aula da Escola Superior de Tecnologia utilizando papel A3, escalímetro e trena, após esboçar toda a planta baixa com os pontos de iluminação, essas informações foram passadas para o computador utilizando o Autocad 2010, da Autodesk.

Com a planta baixa finalizada no Autocad 2010, foi iniciado a alocação dos pontos de iluminação com o auxílio do CAD/Elet 7.10, da Viptec. A figura 12 ilustra a planta baixa e os pontos de iluminação na Escola Superior de Tecnologia.



Figura 12 – Levantamento das Luminárias Existentes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3 POTÊNCIA INSTALADA E CONSUMO DA ILUMINAÇÃO.

Com a planta baixa foi possível verificar a potência instalada com as lâmpadas fluorescentes, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Potência Instalada Lâmpada Fluorescente.

POTÊNCIA INSTALADA LÂMPADA FLUORESCENTE						
	Lâmpada Fluorescente Tubular 40W	Lâmpada Fluorescente Compacta 60W	Lâmpada Fluorescente Compacta 23W	Lâmpada Fluorescente Tubular 20W	Lâmpada Halógena 50W	Potência Total (W)
Salas de Aula	962	9				38.489
Laboratórios	476					19.040
Coordenações	550		3	332		28.709
Banheiros	44					1.760
Corredores	130	96				10.960
Reprografia	4					160
Auditório					44	2.200
<b>POTÊNCIA TOTAL ILUMINAÇÃO</b>						<b>101.318</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram definidas as lâmpadas LED que substituirão as lâmpadas fluorescentes. A decisão dos modelos das lâmpadas LED, foram de acordo com as especificações técnicas, tentando sempre manter o mesmo nível de iluminação nos ambientes e no caso do auditório, foi definida uma lâmpada que fosse possível regular o brilho da luz (dimmer). A tabela 2 mostra a potência instalada com as lâmpadas LED.

Tabela 2 – Potência Instalada Lâmpadas LED.

<b>POTÊNCIA INSTALADA LÂMPADAS LED</b>						
	<b>Lâmpada Tubo LED 20W</b>	<b>Lâmpada Bulbo LED 20W</b>	<b>Lâmpada Bulbo LED 14W</b>	<b>Lâmpada Tubo LED 10W</b>	<b>Led PAR38 COB 20W</b>	<b>Potência Total (W)</b>
Salas de Aula	962	9				19.420
Laboratórios	476					9.520
Coordenações	550		3	332		14.362
Banheiros	44					880
Corredores	130	96				4.520
Reprografia	4					80
Auditório					44	880
<b>POTÊNCIA TOTAL ILUMINAÇÃO</b>						<b>49.662</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para se conseguir o consumo aproximado diário da iluminação, foi feito um levantamento de quantidades de salas utilizadas no período do dia e da noite, além de verificar o horário de funcionamento das coordenações. A tabela 3 apresenta o consumo diário.

Tabela 3 – Consumo wh/dia das lâmpadas fluorescentes.

<b>CONSUMO DIÁRIO COM AS LÂMPDAS FLUORESCENTE</b>			
	<b>Consumo Horário de 07h às 17h (Kw)</b>	<b>Consumo Horário de 17h às 21:30h (Kw)</b>	<b>Consumo diário (Kwh/dia)</b>
Salas de Aula	81,94	105,35	1.240,84
Laboratórios	5,71	5,71	79,97
Coordenações	183,74	68,90	2.112,98
Banheiros	17,60	7,92	207,68
Corredores	12,40	43,74	298,96
Reprografia	1,60	0,72	18,88
Auditório	2,20	2,20	4,40
<b>Consumo Total (Kwh/dia)</b>			<b>3.963,71</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com o consumo diário foi possível calcular o consumo mensal, multiplicou-se o consumo diário por 22 dias, pois de segunda a sexta são os dias de maior consumo, e foi considerado que no sábado o consumo é metade do consumo da tabela 3, portanto o consumo mensal é:

$$CE = (CE_{dia} \times 22 \text{ dias/mês}) + (CE_{final \text{ semana}} \times 4 \text{ dias[sábado]})$$

$$CE = (3.963,71 \times 22) + \left(\frac{3.963,71}{2} \times 4\right) = 95.129,04 \text{ kWh mes}$$

A Tabela 4 apresenta o consumo diário com as lâmpadas LED.

Tabela 4 – Consumo diário com as lâmpadas LED.

<b>CONSUMO DIÁRIO COM AS LÂMPDAS LED</b>			
	<b>Consumo Horário de 07h às 17h (Kw)</b>	<b>Consumo Horário de 17h às 21:30h (Kw)</b>	<b>Consumo diário (Kwh/dia)</b>
Salas de Aula	40,78	52,43	617,56
Laboratórios	2,86	2,86	39,98
Coordenações	91,92	34,47	1.057,04
Banheiros	8,80	3,96	103,84
Corredores	12,40	43,74	298,96
Reprografia	0,80	0,36	9,44
Auditório	0,88	0,88	1,76
<b>Consumo Total (Kwh/dia)</b>			<b>2.128,58</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Utiliza-se o mesmo procedimento para cálculo do consumo mensal com as lâmpadas LED, portanto o consumo mensal é:

$$CE = (CE_{dia} \times 22 \text{ dias/mês}) + (CE_{final \text{ semana}} \times 4 \text{ dias[sábado]})$$

$$CE = (2.128,58 \times 22) + \left(\frac{2.128,58}{2} \times 4\right) = 51.079,92 \text{ kWh mes}$$

### 3.4 ILUMINÂNCIA DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES E LED.

Para a verificar se a lâmpada LED que foi selecionada para substituir a lâmpada fluorescente irá manter o mesmo nível de iluminação no ambiente, foi instalada primeiramente uma luminária com uma lâmpada fluorescente de 40W, conforme figura 13.

Figura 13 – Instalação Luminária com Lâmpada Fluorescente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para instalar a luminária com a lâmpada fluorescente foi utilizado um reator 1x40w e seguiu-se o esquema de ligação, conforme figura 14.

Figura 14 – Reator para Lâmpada Fluorescente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a luminária estar devidamente alimentada, foi acesa a lâmpada e feita a devida aferição com o luxímetro. Na Figura 15 o resultado da iluminância.

Figura 15 – Iluminância da Lâmpada Fluorescente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

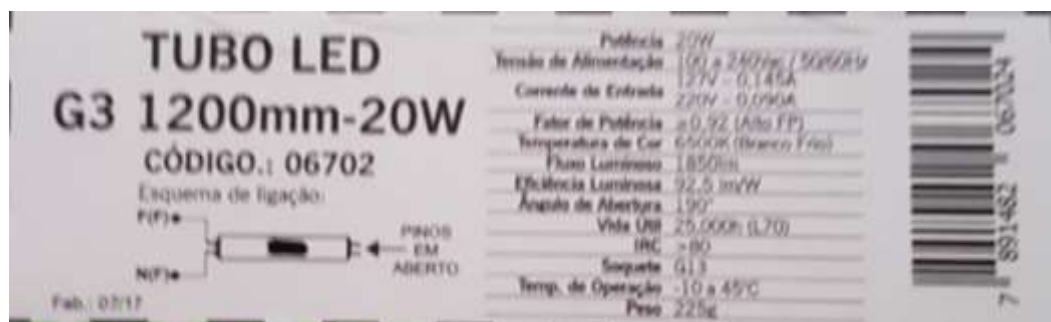
Em seguida, foram realizados os mesmos passos com a lâmpada LED, atentando que foi utilizada a mesma luminária, pois as lâmpadas possuem o mesmo conector, porém a lâmpada LED não necessita de reator, logo o seu esquema de ligação é diferente.

Figura 16 – Instalação Luminária com Lâmpada LED.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 – Esquema de Ligação da Lâmpada LED.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 – Iluminância da Lâmpada LED.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERLIGADO À REDE.

Para dimensionar um sistema fotovoltaico que atenda pelo menos a carga de iluminação é necessário algumas informações, começando pela localização do local onde se quer realizar a implementação do sistema fotovoltaico, no caso é a Escola Superior de Tecnologia, para isso foi utilizado o google maps para se obter os dados da latitude e longitude, conforme mostrado na figura 19.

Figura 19 – Latitude e Longitude da Escola Superior de Tecnologia



Fonte: (GOOGLEMAPS, sem data)

É inserido no site da Cresesb os dados da latitude e longitude, conforme figura 20.

Figura 20 – Irradiação Solar no Plano Horizontal em Manaus.

Coordenada Geográfica

Latitude: 3.092564 Sul Longitude: 60.01785 Oeste

Norte:  graus decimais (00.00°)  graus, minutos e segundos (00°00'00")

Localidades próximas

Latitude: 3.092564° S Longitude: 60.01785° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média				
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set		Out	Nov	Dez	
<input checked="" type="checkbox"/>	Manaus	Manaus	AM	BRA	3,1019° S	60,025° O		1,3	4,45	4,51	4,52	4,50	4,44	4,73	5,12	5,64	5,64	5,48	5,26	4,79	4,92
<input type="checkbox"/>	Itacoatiara	Itacoatiara	AM	BRA	3,1° S	58,441666° O		175,2	3,81	3,85	3,75	3,78	4,14	4,17	4,89	5,17	4,78	4,39	4,33	3,97	4,26
<input type="checkbox"/>	Codajás	Codajás	AM	BRA	3,8° S	62,056944° O		239,9	4,56	4,22	4,67	4,36	4,67	4,22	5,50	6,00	5,44	5,44	5,31	4,61	4,92

Fonte: (CRESESB, sem data)

São verificados os dados que aparecem em Manaus, assim se obtém a radiação solar média anual que é 4,92 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

Agora é definido o painel fotovoltaico e o inversor que serão utilizados para dimensionamento do sistema fotovoltaico, no caso foi definido o painel fotovoltaico da Canadian Solar, modelo MaxPower CS6U-325P, pelo fato de o painel de 325Wp ser o mais comercializado e o inversor foi o da Fronius, modelo Eco 27.0.3-S, foi decidido a utilização de diversos inversores ao invés de um, devido ser mais vantajoso na questão do valor investido e



para melhorar a eficiência do sistema. Na figura 21 e 22, respectivamente, são apresentadas as principais características da ficha técnica do painel fotovoltaico e do inversor.

Figura 21 – Ficha Técnica Painel Fotovoltaico.

DADOS ELÉTRICOS   STC*					DADOS MECÂNICOS	
CS6U	315P	320P	325P	330P	Especificação	Dados
Potência nominal máx. (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W	Tipo célula	Polícristalina, 6 polegadas
Tensão operacional opt. (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V	Configuração cél.	72 (6×12)
Corrente operacional opt. (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A	Dimensões	1960 × 992 × 40 mm (77.2 × 39.1 × 1.57 in)
Tensão circuito aberto (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V	Peso	22.4 kg (49.4 lbs)
Corrente curto-circuito (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A	Vidro dianteiro	Vidro temperado de 3.2 mm
Eficiência do módulo	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%	Material do marco	Alumínio anodizado
Temperatura operacional	-40°C ~ +85°C					
Tensão do sistema máx.	1000 V (IEC) ou 1000 V (UL)					
Proteção contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)					
Class. máx. fusíveis em série	15 A					
Classificação da aplicação	Classe A					
Tolerância de potência	0 – + 5 W					
					Conectores	T4 series ou PV2 series
					Por Pallet	26 peças, 635 kg (1400 lbs)
					Por Container (40' HQ)	624 peças

Fonte: (CANADIANSOLAR, sem data)

Figura 22 – Ficha Técnica do Inversor

DADOS DE ENTRADA	Fronius Eco 27 0-3-8	DADOS DE SAÍDA	
Max. corrente de entrada (Idc max1 / Idc max2)	47.7 A	Tensão nominal de saída (Pac,r)	27,000 W
Max. conjunto corrente curto-circuito (MPP1 / MPP2)	71.8 A	Max. potência de saída	27,000 VA
Min. tensão de entrada (Udc min)	580 V	Max. corrente de saída (Iac max)	39.0 A
Feed-in tensão de entrada (Udc start)	650 V	Conexão a rede (faixa de tensão)	3 – NPE 380 V / 220 V ou 3 – NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)
Tensão nominal de entrada (Udc,r)	580 V	Frequência	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Max. tensão de entrada (Udc max)	1,000 V	Distorção harmônica total	< 2.0 %
Faixa de tensão MPP (Umpp min - Umpp max)	580 - 850 V	Fator de potência (cos φac,r)	0 - 1 ind. / cap.
Numero de rastreadores MPP	1		
Numero de conexões CC	6		

Fonte: (FRONIUS, sem data)

Agora serão inseridas as informações na tabela 5 para dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Tabela 5 – Dimensionamento Sistema Fotovoltaico.

Item		Elemento	Símbolo	Valor	Unidade
Energia de compensação	1	Consumo de Eletricidade em Média Mensal	$F_{MM}$	51079,92	kWh/mês
	2	Custo de Disponibilidade (Mensal)	$F_{min}$	0	kWh/mês
	3	Energia de compensação Mensal = $F_{mm} - F_{min}$	$E_c$	51079,9	kWh/mês
	4	Energia de Compensação Média Diária = $\frac{E_c}{30}$	$E_{cd}$	1702,66	kWh/dia

	5	Radiação Solar diária em média anual	HSP	4,92	kWh/m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>
Características dos componentes	6	Potência de Saída do inversor = $\frac{E_{CD}}{HSP}$	P <sub>AC</sub>	346,07	kW
	7	Eficiência média do inversor (Rendimento europeu)	η <sub>EURO</sub>	98%	%
	8	Potência de Entrada no Inversor = $\frac{P_{AC}}{\eta_{EURO}}$	P <sub>PV</sub>	353,13	kWp
	9	Potência Pico do módulo fotovoltaico (corrigida)	W <sub>p</sub>	276,25	W
	10	Tensão em circuito aberto do módulo fotovoltaico (STC)	V <sub>oc</sub>	45,5	V
	11	Tensão em máxima potência do módulo fotovoltaico (Corrigida)	V <sub>MPP</sub>	37	V
	12	Corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (corrigida)	I <sub>sc</sub>	9,34	A
Limites dos componentes	13	Quantidade módulos no painel = $\frac{P_{PV}}{W_p}$	M <sub>TOTAL</sub>	1278,3	UN
	14	Tensão máxima de entrada do inversor	U <sub>DC,inv</sub>	1000	V
	15	Tensão mínima de entrada do inversor	U <sub>minMPP,inv</sub>	580	V
	16	Corrente máxima de entrada do inversor	I <sub>max,inv</sub>	47,7	A
	17	Máximo de módulos em série no inversor = $\frac{U_{DC,inv}}{V_{oc}}$	N <sub>max</sub>	22,0	UN
	18	Mínimo de módulos em série no inversor = $\frac{U_{minMPP,inv}}{V_{MPP}}$	N <sub>min</sub>	15,7	UN
	19	Máximo de fileiras ( <i>strings</i> ) em paralelo = $\frac{I_{max,inv}}{I_{sc}}$	N <sub>strings</sub>	5,1	UN

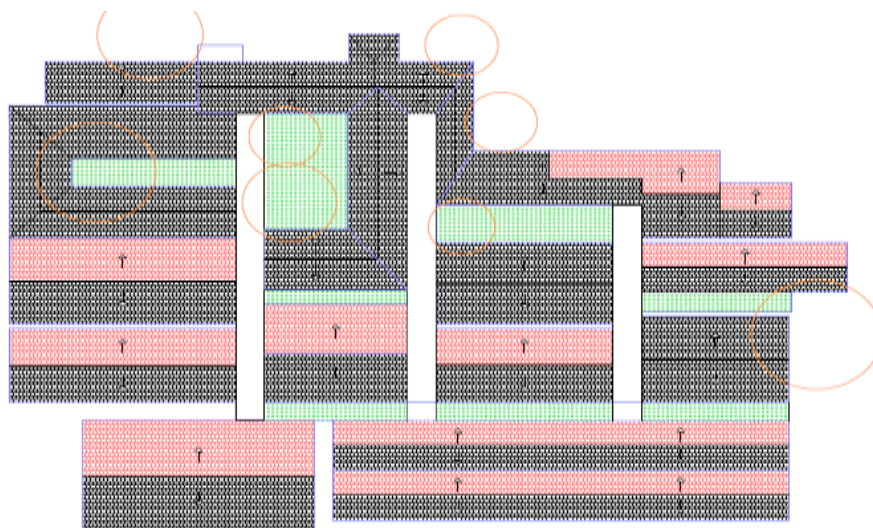
Fonte: Expertise Energia Solar



Para preenchimento da tabela 5 foram utilizadas informações já apresentadas anteriormente, o item 1 corresponde ao consumo médio mensal com as lâmpadas em LED. O item 2 corresponde ao valor mínimo que a concessionária cobra na fatura do consumidor, está em branco pois o sistema fotovoltaico não irá atender 100% do consumo. O campo 3 é a energia de compensação, que é calculada pela subtração do item 1 pelo item 2. O campo 4 é a energia de compensação diária, que é encontrada dividindo-se a energia de compensação por 30 dias do mês. O item 5 é a radiação solar média, que foi obtido quando foi inserida a latitude e longitude no site da Cresesb. A potência de saída do inversor, campo 6, é definido dividindo-se a energia de compensação pela radiação solar média. Os itens 7, 14, 15 e 16 foram obtidos através da ficha técnica do inversor. Os itens 9, 10, 11 e 12 foram obtidos da ficha técnica do painel fotovoltaico, sendo que o item 9 é o valor corrigido da potência de pico do painel, logo pegou-se o valor de 325WP e reduziu-se 15% devido perdas, como temperatura entre o painel e o telhado. O campo 8 é definido pela divisão da potência de saída do inversor pelo rendimento. O item 13 é a quantidade total de módulos fotovoltaicos e é encontrado dividindo-se a potência de entrada no inversor pela potência de pico corrigida do módulo fotovoltaico. Os itens 17, 18 e 19 definem a quantidade máxima e mínima para ligação em série e paralelo dos módulos fotovoltaicos, respeitando os limites do inversor.

Logo o sistema fotovoltaico para atender o consumo das lâmpadas LED será constituído de 13 inversores e em cada inversor será conectada 20 painéis fotovoltaicos em série e 5 fileiras em paralelo. Sabe-se que cada painel tem 2m<sup>2</sup>, logo serão necessários 2.600 m<sup>2</sup> para se implantar 1300 painéis fotovoltaicos. Para isso foi feita uma análise das área disponíveis de cobertura, conforme mostra a figura 23.

Figura 23 – Planta de Cobertura.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a planta de cobertura definiu-se as melhores águas do telhado para a instalação das placas fotovoltaicas. Para definição dessas águas levou-se em consideração alguns fatores, primeiro são as águas que estão para o Norte, pois como Manaus encontra-se no hemisfério sul, deve-se direcionar os painéis fotovoltaicos para o Norte. Depois observa-se quais áreas não sofrem com sombreamento, para isso foi demarcado na planta de cobertura os locais onde se tem árvores altas e utilizou-se a função do Google Earth que permite analisar a cobertura em diversos horários, além de ter sido definidas as águas que tinham as menores inclinações, pois como Manaus se encontra na linha do equador a inclinação do telhado indicada é até 10°. Após verificar todos esses fatores, chegou-se a uma área útil de cobertura de 3.369,63 m<sup>2</sup> (área rosa da figura 23). Na figura 24 mostra-se a cobertura pelo Google Earth.

Figura 24 – Cobertura pelo Google Earth.

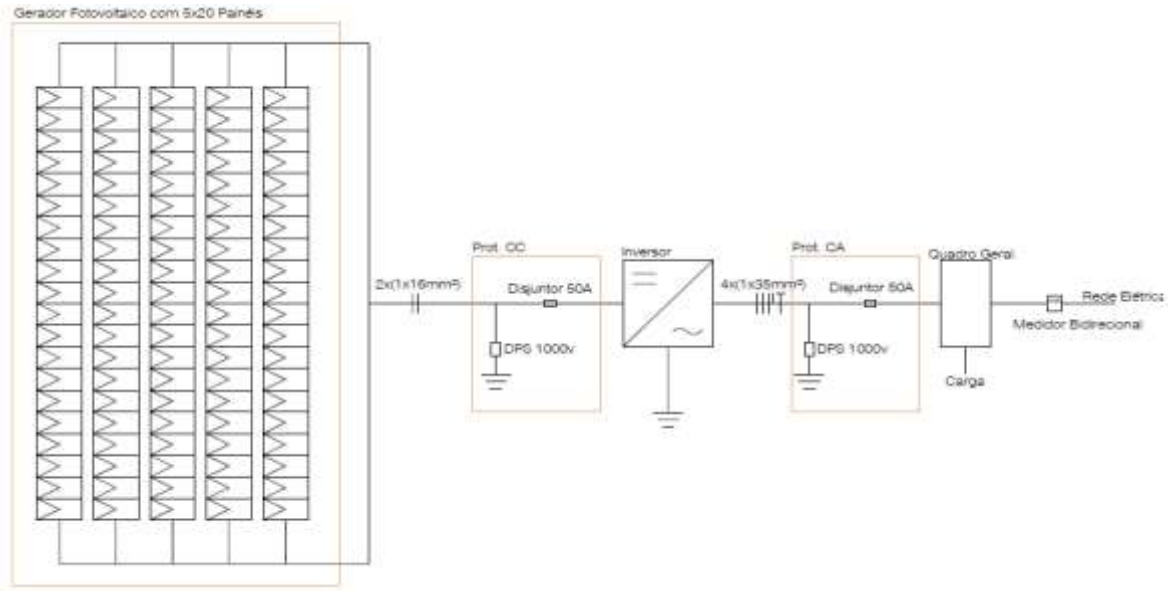


Fonte: (GOOGLEMAPS, sem data)

São treze sistemas fotovoltaicos ligados, a figura 25 demonstra a ligação de um dos sistemas. O gerador fotovoltaico possui 20 painéis ligados em série e 5 fileiras em paralelo, totalizando 100 módulos fotovoltaico, após o gerador tem-se o quadro de proteção da corrente contínua, composto por disjuntor e dps. Saindo do quadro de proteção cc, entra no inversor onde será transformada a corrente contínua em corrente alternada, após sair do inversor tem-se um quadro de proteção de corrente alternada, onde cada um dos treze sistemas terá um dps e um disjuntor, liga-se todos os treze disjuntores em paralelo com o disjuntor geral do quadro de proteção ca. Do disjuntor geral do quadro de proteção ca é alimentado o disjuntor geral do quadro de distribuição, onde se tem as cargas que irão consumir a energia gerada pelos painéis

fotovoltaicos e o medidor bidirecional que faz o controle de energia injetada e consumida na rede da distribuidora de energia.

Figura 25 – Diagrama Unifilar



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.6 ANÁLISE ECONÔMICA

Primeiramente foi verificado o custo mensal com as lâmpadas fluorescentes, para isso foi considerado que do consumo diário, calculado no item 3.3, 110,60 kW/h dia é consumido em horário de ponta e 3.853,11 kW/h dia é consumido em horário fora de ponta nos dias de semana e aos sábados e domingo foi considerado um consumo de 1.981,85 kW/h fora de ponta. Na figura 25 obteve-se o valor em horário de ponta e fora de ponta, sabendo-se que a Escola Superior de Tecnologia é tributada na horosazonal verde.

Figura 26 – Valor Hora de Ponta e Fora de Ponta.

			Ponta	Fora Ponta	Desconto (%)
HORÁRIA VERDE Média Tensão	Industrial / Comercial	Consumo kWh	1,197800 * 0,898350	0,488533 * 0,366400	-
		Demanda kW	9,946666 * 7,460000		
	Serviço Público	Consumo kWh	1,018130 * 0,763597	0,415253 * 0,311440	15
		Demanda kW	8,454666 * 6,341000		
	Poder Público	Consumo kWh	1,197800 * 0,898350	0,488533 * 0,366400	-
		Demanda kW	9,946666 * 7,460000		
A4 2,3 a 25 KV	Rural	Consumo kWh	1,078020 * 0,808515	0,439680 * 0,329760	10
		Demanda kW	8,952000 * 6,714000		

Fonte: (ELETROBRÁS AMAZONAS, 2016)

Com a informação da tarifa, será utilizada a fórmula abaixo para cálculo do custo mensal com as lâmpadas existentes.

$$R\$_{fluor} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) + (CE_p \times R\$_p)] \times dias + [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) \times dias_{final\ de\ semana}]$$

$$R\$_{fluor} = [(110,60 \times 0,89835) + (3.853,11 \times 0,3664)] \times 22 + [(1.981,85 \times 0,3664) \times 4]$$

$$R\$_{fluor} = 36.149,61 \text{ R\$/mês}$$

Agora será realizado o mesmo procedimento para as lâmpadas LED, para isso foi considerado 67,32 kW/h dia é consumido em horário de ponta e 2.061,26 kW/h dia é consumido em horário fora de ponta nos dias de semana e aos sábados e domingo foi considerado um consumo de 1.064,29 kW/h fora de ponta.

$$R\$_{LED} = [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) + (CE_p \times R\$_p)] \times dias + [(CE_{fp} \times R\$_{fp}) \times dias_{final\ de\ semana}]$$

$$R\$_{LED} = [(67,32 \times 0,89835) + (2.061,26 \times 0,3664)] \times 22 + [(1.064,29 \times 0,3664) \times 4]$$

$$R\$_{LED} = 19.505,72 \text{ R\$/mês}$$

Para finalizar a análise econômica, serão utilizado os dados apenas das lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W e as que irão substituí-las, no caso as tuboLED de 20W. O fluxo de caixa é definido pela seguinte fórmula:

$$Fci = (Ii - G - Dep) \times \left(1 - \frac{IR}{100}\right) + Dep$$

Onde Ii é o ganho anual, nesse caso será:

$$Ii = (R\$_{fluor} - R\$_{LED}) \times 10_{meses}$$

$$Ii = (36.149,61 - 19.505,72) = 166.438,90 \text{ R\$}$$

Para o IR será considerado o valor de 33% e depreciação é calculado da seguinte forma:

$$Dep = \frac{K}{n}$$

Onde n, é o tempo máximo desejável para retorno do investimento, neste exemplo o n utilizado foram 5 anos. E k é o investimento inicial, que é encontrado da seguinte forma:

$$K = n^{\circ}_{lâmp} \times R\$_{lâmp+mão\ de\ obra}$$

$$K = 2.166 \text{ lâmpadas} \times 105,16 = 227.776,56$$

O valor da lâmpadas led é R\$25,16, porém foi adicionado um valor de R\$80,00 referente a mão de obra para retirada da lâmpada fluorescente e seu reator e instalação da lâmpada led.

Logo, Dep é:

$$Dep = \frac{227.776,56}{5} = 45.555,31$$

Substituindo na fórmula do Fci, tem-se:

$$Fci = (166.438,90 - 45.555,31) \times \left(1 - \frac{33}{100}\right) + 45.555,31$$

$$Fci = 126.547,31$$

Para verificar se irá compensar financeiramente o investimento, o valor presente líquido tem que ser maior que zero, que é encontrado pela seguinte fórmula:

$$VPL = -k + \sum_{i=1}^n \frac{Fci}{(1 + Td)^i}$$

$$VPL = -227.776,56 + \sum_{i=1}^5 \frac{126.547,31}{(1 + 0,12)^i}$$

$$VPL = -227.775,56 + 456.147,73$$

$$VPL = 228.398,17$$

Logo chega-se ao resultado que  $VPL > 0$ .

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados obtidos é possível verificar que com as lâmpadas LED, é possível reduzir em mais de 50% a potência instalada e em 46,30% o consumo diário de energia elétrica com a iluminação, além de ter sido comprovado que a lâmpada tuboled de 20W manteve o mesmo nível de iluminância que a lâmpada fluorescentes tubular de 40W. Isso ocorre devido a lâmpada tubular fluorescente emitir seu fluxo luminoso em todas as direções, sendo boa parte desperdiçado, já a lâmpada tuboled tem um ângulo de abertura de 190° tornando assim seu fluxo luminoso muito mais eficiente. A tabela 6 demonstra o comparativo da potência instalada e consumo diário das lâmpadas.

Tabela 6 – Comparativo Potência Instalada e consumo diário das lâmpadas

<b>REDUÇÃO DE POTÊNCIA INSTALADA E CONSUMO</b>			
	Fluorescente	LED	Redução (%)
Potência Total Iluminação (W)	101.849	49.662,00	51,24
Consumo diário (kWh/dia)	3.964	2.128,58	46,30

Fonte: Elaborada pelo autor

Quanto ao sistema fotovoltaico verificou-se que a instituição, Escola Superior de Tecnologia, tem ótima área de cobertura podendo implantar a quantidade de painéis na sua cobertura. Foi definido utilizar diversos inversores, pois economicamente é mais viável, além de tornar o sistema mais eficiente, pois se uma área sofrer com sombreamento, somente aquele sistema irá ser afetado, sem interferir nos demais.

Com a análise econômica foi possível verificar que é vantajoso o investimento para a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, pois o valor presente líquido foi maior que zero.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve como intuito a redução do consumo de energia elétrica e o dimensionamento de um sistema fotovoltaico.

Foi apresentado uma recapitulação sobre os principais assuntos necessários para desenvolvimento deste projeto.

Aplicou-se a sequência disposta na metodologia para obtenção do consumo mensal e anual com a iluminação. Depois, foi verificado a iluminância das lâmpadas. Posteriormente, realizado o dimensionamento do sistema fotovoltaico e a análise econômica da substituição das lâmpadas.

Analisando os resultados obtidos, foi verificado que é possível realizar a redução do consumo de energia elétrica com a troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led, mantendo ou até melhorando a iluminância do ambiente. Vale ressaltar outras vantagens da substituição das lâmpadas, pois a lâmpada led não possui mercúrio, material este prejudicial ao meio ambiente, vida útil bem maior que as outras lâmpadas, não ocorre a depreciação do fluxo luminoso e tem uma maior variedade de lâmpadas com a possibilidade de regulação do brilho.

Quanto ao sistema fotovoltaico foi dimensionado e verificou-se que a Escola Superior de Tecnologia possui área de cobertura suficiente para implantar a quantidade de painéis necessários para suprir, durante o dia, o consumo de energia elétrica da iluminação. Observa-se que o esquema de ligação definido assegura o funcionamento do sistema, pois os painéis ligados em série e em paralelo estão dentro dos valores mínimos e máximos de operação do inversor.

Referente a análise econômica, analisando que ocorra o retorno do valor investido dentro de um período de 5 anos, conclui-se que é vantajoso realizar a substituição das lâmpadas, pois o valor que se terá na economia mensal, compensará o valor investido. Vale ressaltar que a economia pode ser ainda maior se a Universidade pagar multa por ultrapassar a demanda contratada.

Sugere-se, portanto, como trabalhos futuros o projeto executivo do sistema fotovoltaico, demonstrando como deve ser feita toda a instalação, com grande nível de detalhamento, realizando cálculo do peso que os painéis irão exercer sobre a estrutura, analisar a utilização de placas em outras águas, sem ser todas voltadas para o norte, tentando aproveitar o sol em horários diferentes e levando-se em consideração as quedas de tensão, além de realizar a análise econômica para instalação do sistema fotovoltaico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

PINHO, João Tavares. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. Rio de Janeiro, [s.n], 2014.

VIGGIANO, Mário Hermes Stanziona. **EDIFÍCIOS PÚBLICOS SUSTENTÁVEIS**. Brasília: Senado Verde, 2010.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **ILUMINAÇÃO ECONÔMICA: CÁLCULO E AVALIAÇÃO**. 3.ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2005.

AVANTSP. **Conceitos Básicos de Iluminação**. São Paulo, 2012. Disponível em <<http://www.avantled.com.br/2013/noticias>>. Acesso em 09 out. 2016.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. [S.l], [sem data]. Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em 19 out. 2017.

SIL, Cabos. **Cabos Flexíveis**. [S.l], [sem data]. Disponível em <<http://www.sil.com.br/pt/produtos/cabos-flex%C3%ADveis/cabo-flex%C3%ADvel-atossil-0,61kv-90%C2%B0-c.aspx>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

CEMIG. **Norma de Distribuição**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em <[http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/ND\\_5\\_2\\_MAIO\\_2013.pdf](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/ND_5_2_MAIO_2013.pdf)>. Acesso em 14 nov. 2017.

SIEMENS. **A Proteção Adequada Para Cada Tipo de Projeto**. São Paulo, 2016. Disponível em <[https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/Documents/Minidisjuntores/Cat%C3%A1logo/Catalogo-Minidisjuntores\\_2016\\_PT-v1.pdf](https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/Documents/Minidisjuntores/Cat%C3%A1logo/Catalogo-Minidisjuntores_2016_PT-v1.pdf)>. Acesso em 14 nov. 2017.

GOOGLEMAPS. **Latitude e Longitude da Escola Superior de Tecnologia**. [S.l], [sem data]. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/@-3.0913368,-60.0145118,16.5z>>. Acesso em 18 nov. 2017.

GOOGLEMAPS. **Vista Superior da Escola Superior de Tecnologia**. [S.l], [sem data]. Disponível em <<https://www.google.com/maps/@-3.09129,-60.01758,17z/data=!3m1!1e3>>. Acesso em 18 nov. 2017.

FRONIUS. **Ficha Técnica do Inversor**. [S.l], [sem data]. Disponível em <[http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-CA3BBDBD-8FE31F60/fronius\\_brasil/hs.xsl/7552\\_11091.htm#.WjH5yFWnHIV](http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-CA3BBDBD-8FE31F60/fronius_brasil/hs.xsl/7552_11091.htm#.WjH5yFWnHIV)>. Acesso em 19 nov. 2017.

CANADIAN SOLAR. **Ficha Técnica do Painel Fotovoltaico**. [S.l], [sem data]. Disponível em



<[https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/datasheets/v5.5/Canadian\\_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6U-M-v5.5en.pdf](https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/v5.5/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6U-M-v5.5en.pdf)>. Acesso em 19 nov. 2017.

ELETROBRÁS AMAZONAS. **Tarifa Horosazonal Verde**. Manaus, 2016. Disponível em <<http://www.eletobrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2017/02/RESUMO-DAS-TARIFAS-ATUALIZADAS-RESOLU%C3%87%C3%83O-N%C2%BA-2182-29.11.2016.pdf>>. Acesso em 19 nov. 2017.

CRESESB. **Irradiação Solar no Plano Horizontal de Manaus**. [S.l], [sem data]. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&#sundata>>. Acesso em 19 nov. 2017.

**OBRAS CONSULTADAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO-CIE 8995-1:** Iluminação de Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

FREITAS, Luciana. A era dos LEDs; **REVISTA LUMIÈRE**, v. 143, p. 72 - 79, março de 2010.

MERLIN, Leroy. **Por que Trocar Lâmpadas Convencionais por Led**. [S.1], 2012. Disponível em <[http://www.leroymerlin.com.br/atitudes\\_sustentaveis/por-que-trocar-lampadas-convencionais-por-led/](http://www.leroymerlin.com.br/atitudes_sustentaveis/por-que-trocar-lampadas-convencionais-por-led/)>. Acesso em: 23 out. 2017.

STARLED. **Veja Porque Trocar Lâmpadas Convencionais por Led**. [S.1], 2014. Disponível em <<http://www.starledluminarias.com.br/2014/01/veja-por-que-trocarolampadas-convencionais-por-led/>>. Acesso em: 14 nov. 2017.