



Universidade Politécnica

A Politécnica

Escola Superior de Estudos Universitários de Nampula

ESEUNA

Engenharia Electrica

Airton Fonseca José Etide

Projecto de Implantação de Painéis Solares Para Iluminação Publica na Cidade de Nampula Caso  
Especifico Avenida do Trabalho

Nampula, 2019

Airton Fonseca José Etide

Projecto de Implantação de Painéis Solares Para Iluminação Pública na Cidade de Nampula Caso  
Especifico Avenida do Trabalho

Monografia apresentada à Universidade  
Politécnica, para obtenção do grau de  
licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Tutor: Eng.º Alfredo Nihilode Manuel Siaca

Nampula, 2019

## DECLARAÇÃO DO SUPERVISOR

Eu, Alfredo Nihilode Manuel Siaca na qualidade de supervisor, declaro por minha honra ter orientado de forma coesa e sabia o estudante cujo nome: Airton Fonseca José Etide, e que todos os procedimentos de um trabalho científico foram devidamente seguidos e os manuais de pesquisa e bibliografias usadas, estão devidamente mencionados no trabalho, cujo tema denomina – se: **Projecto de Implantação de Painéis Solares Para Iluminação Publica na Cidade de Nampula Caso Especifico Avenida do Trabalho.**

Alfredo Nihilode Manuel Siaca

---

Nampula, 2019

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Airton Fonseca José Etide, estudante desta instituição de ensino, no curso de Engenharia Elétrica, declaro por minha honra que o presente trabalho é da minha autoria, tendo o elaborado consultando pesquisas bibliográficas, entrevistas e não só, também usando técnicas de conhecimentos adquiridos ao longo da formação acadêmica. Este trabalho ainda não foi apresentado em nenhuma Instituição para a obtenção de qualquer grau acadêmico.

Airton Fonseca José Etide

---

Nampula 2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

**PROJECTO DE IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES PARA ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA NA CIDADE DE NAMPULA CASO ESPECIFICO AVENIDA DO  
TRABALHO**

Monografia a ser apresentada à Universidade Politécnica, Escola Superior de Estudos  
Universitários de Nampula (ESUNA), na obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia  
Eléctrica, tendo sido atribuída a nota final (\_\_\_\_\_), \_\_\_\_\_ valores

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/2019

Os Júris

---

---

---

Presidente de Mesa

---

Oponente

---

Supervisor

---

## Índice

Dedicatória _____	II
Agradecimentos _____	III
Epigrafe _____	IV
Resumo _____	V
Abstract _____	VI
Lista de abreviaturas _____	VII
Lista de figuras _____	VIII
Lista de tabelas _____	X
1. Introdução _____	11
1.1. Justificativa _____	12
1.2. Problematização _____	12
1.3. Objectivos _____	14
1.3.1. Objectivo Geral _____	14
1.3.2. Objectivos específicos _____	14
1.4. Hipóteses _____	14
1.5. Estrutura do trabalho _____	14
CAPITULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA _____	15
1. Sistemas de iluminação pública _____	15
1.1. Definições de termos luminotérmicos _____	15
1.1.1. Fluxo luminoso _____	15
1.1.2. Eficiência luminosa _____	15

1.1.3. Iluminamento ou iluminância _____	15
1.1.4. Factor de uniformidade _____	16
1.1.5. Temperatura de cor _____	16
1.1.5.1. Índice de reprodução de cor _____	17
1.2. Célula Fotovoltaica _____	18
1.2.1. Estrutura e funcionamento de uma célula fotovoltaica _____	18
1.2.2. Princípio de funcionamento de um LED _____	21
1.2.3. Circuito equivalente de uma célula fotovoltaica _____	20
1.3. Recurso Solar _____	23
1.3.1. Componentes do Sistema Fotovoltaico _____	24
1.3.1.1. Painéis fotovoltaicos _____	24
1.3.1.2. Inversor _____	24
1.3.1.2.1. Inversor para sistemas desligados da rede _____	25
1.3.1.3. Baterias _____	25
1.3.1.4. Regulador de carga _____	26
1.3.1.5. Inclinação Ótima para os painéis _____	26
1.3.1.6. Escolha do controlador de carga _____	27
1.3.2. Vantagens e Desvantagens do uso da energia solar _____	27
1.3.2.1. Vantagens _____	27
1.3.2.2. Desvantagens _____	28
1.4. Classificação das vias _____	28

1.4.1. Características luminotécnicas _____	29
1.4.2. Topologias de iluminação viária _____	30
<b>CAPITULO II – METODOLOGIA APLICADA _____</b>	<b>33</b>
2. Metodologia de pesquisa _____	33
2.1. Procedimentos metodológicos _____	33
2.2. Quanto ao método científico _____	33
2.3. Tipos de pesquisa _____	33
2.3.1. Quanto a natureza _____	34
2.3.2. Quanto a forma de abordagem _____	34
2.3.3. Quanto aos objectivos _____	35
2.3.4. Quanto aos procedimentos técnicos _____	35
2.4. Técnica e colheita de dados _____	36
2.4.1. Entrevista _____	36
2.4.2. Observação _____	36
2.4.3. Questionário _____	37
2.5. Universo e Amostra _____	37
2.5.1. Universo _____	37
2.5.2. Amostra _____	38
<b>CAPITULO III – DESENHO DO PROJECTO _____</b>	<b>39</b>
3. Breve historial da Av. Do Trabalho _____	39
3.1. Composição do sistema PTS _____	39

3.2. Implantação do PTS _____	42
3.2.1. Preparação para instalação do PTS _____	42
3.3. Potencial Solar de Moçambique _____	55
3.3.1. Estudo do potencial solar _____	55
3.3.1.1. Classes de radiação global em plano horizontal _____	55
3.3.1.2. Locais com potencial para implantação de painel solar _____	55
3.4. Manutenção do sistema PTS _____	56
3.4.1. Preditiva _____	56
3.4.1.1. Frequência _____	56
3.4.1.2. Procedimentos _____	56
3.5. Manutenção correctiva _____	57
3.5.1. Queda na autonomia _____	57
3.5.2. Cuidados na manutenção _____	58
3.6. Valor da aquisição do sistema _____	58
CAPITULO V – CONCLUSOES E SUGESTOES _____	58
4. Conclusão _____	59
4.1. Sugestões _____	60
Bibliografia e Referencias bibliográficas _____	61
Apêndice A _____	62
Apêndice B _____	65
Anexos _____	66

## **Dedicatórias**

Este trabalho é dedicado a toda minha família em especial ao meu pai Fonseca José Manuel Etide e minha mãe Maria Tereza Inácio Mutábia, que são e sempre serão a peça fundamental do desenvolvimento do meu caráter e da pessoa que sou hoje. Sempre ao meu lado e apoiando as minhas decisões, sejam elas quais forem.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar devo agradecer a Deus pai todo-poderoso que tem me acompanhado durante toda a minha caminhada, tenho de expressar todo o meu carinho e admiração pelos meus pais, por desde sempre serem o exemplo ideal para mim e por terem sido os principais impulsionadores desta fase da vida em que me encontro. Agradeço também a todos meus professores da ESEUNA, que incansavelmente caminharam comigo desde o primeiro ano até então de modo especial aos professores Amurane Abdula, a mestre Ana Guina, Enoque Andela, Felisberto Uissitomo e em especial a minha noiva Anifa e meus irmãos que sempre me apoiaram durante todo o percurso que andei ausente.

Quero também prestar o meu mais sincero agradecimento ao meu orientador e professor Alfredo Nihilode Manuel Siaca. , por em todos os momentos, ter demonstrado toda a sua competência pedagógica, organizacional e técnica. O professor é, sem dúvida, um exemplo, para mim, no decorrer da minha vida futura.

Um muito obrigado ao meus amigos de modo particular o , Gerson Rodrigues, Egerson Gouveia, Age Jamal, Klizman Laqueliua, Helder Cardoso e os demais, por toda a delicadeza, por serem pessoas mais prestáveis que alguma vez conheci, pela demonstração de competências pessoais que sempre demonstraram durante o plano de estudos, e, por fim, pela disponibilização de referências ao longo deste período.

## Epígrafe

*“Nós não podemos deixar que as incapacidades das pessoas  
nos impossibilitem de reconhecer as suas habilidades!”*

Hallahan e Kaufman (1994)

## RESUMO

Este trabalho tem como tema “projecto de implantação de painéis solares para iluminação pública na cidade de Nampula caso específico avenida do trabalho” apresenta os requisitos para elaboração de um projecto de iluminação pública eficiente, baseando – se em manuais da electricidade. Tem como objectivo principal projectar um sistema de implementação de painéis solares para a iluminação pública são apresentados os principais conceitos utilizados na ciência da iluminação, pois são necessários ao entendimento do trabalho, também são comparados equipamentos de diferentes tecnologias utilizados na iluminação pública, destacando aqueles de maior eficiência energética. No final, há uma simulação de aplicação de um projecto de eficiência energética para a iluminação do município de Nampula. A incessante busca por soluções sustentáveis com foco em causar o mínimo impacto ao meio ambiente tornou-se prioridade mundial. Não restam dúvidas de que o futuro sustentável depende de atitudes ambientalmente correctas, socialmente justas e economicamente viáveis, assim como da utilização eficiente dos recursos naturais que integre novas soluções energéticas. Diante desse contexto, o projecto tem como finalidade projectar e construir postes de iluminação pública que utilize a energia solar como recurso energético para suprir a demanda eléctrica necessária para o seu funcionamento e que possa ser implantado na avenida do Trabalho, buscando incentivar o uso de energias limpas, renovais e económicas, de forma mais responsável e sustentável. A energia eléctrica utilizada é obtida por meio de módulos fotovoltaicos que geram a energia eléctrica necessária para o funcionamento do sistema.

**Palavras – chaves:** Iluminação pública, eficiência energética, painel fotovoltaico, viabilidade económica

## **ABSTRACT**

This work has the theme "project of implantation of solar panels for public lighting in the city of Nampula specific case avenue of work" presents the requirements for elaboration of an efficient public lighting project, based on electricity manuals. Its main objective is to design a system for the implementation of solar panels for public lighting. The main concepts used in the science of lighting are presented, as they are necessary for the understanding of the work, also equipment of different technologies used in public lighting is compared, highlighting those of greater energy efficiency. At the end, there is a simulation of the application of a project of energetic efficiency for the lighting of the municipality of Nampula. The incessant search for sustainable solutions with a focus on having the least impact on the environment has become a global priority. There is no doubt that the sustainable future depends on environmentally sound, socially just and economically viable attitudes, as well as the efficient use of natural resources that integrate new energy solutions. Given this context, the project aims to design and construct public lighting poles that use solar energy as an energy resource to supply the electrical demand necessary for its operation and that can be deployed in the avenue of Work, seeking to encourage the use of energy clean, renewable and economic, in a more responsible and sustainable way. The electrical energy used is obtained by means of photovoltaic modules that generate the electrical energy necessary for the operation of the system.

**Keywords:** Public lighting, energetic efficiency, photovoltaic panel, economic viability.

## **Lista de abreviaturas**

ESEUNA – Escola Superior de Estudos Universitários de Nampula.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

LED – Light emitting diode (Díodo Emissor de Luz)

MME – Ministério de Minas e Energia

THDi – Distorção Harmônica Total de Corrente

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CFL – Lâmpada Fluorescente Compacta

IP – Iluminação Pública

IRC – Índice de Reprodução de Cor

kWh – quilo watt hora

CC – Corrente Continua

CA – Corrente Alternada

PTS – Poste Solar

## Lista de figuras

Figura 1: Temperatura de cor	17
Figura 2: Comparativo entre duas fontes luminosas com diferentes IRC's	17
Figura 3: Estrutura de uma célula fotovoltaica	19
Figura 4: Ilustração da estrutura solar recebendo radiação solar	20
Figura 5: Bandas energéticas	20
Figura 6: Junção P-N polarização directa	21
Figura 7: Circuito eléctrico equivalente de uma célula fotovoltaica	21
Figura 8: Desenvolvimento das células fotovoltaicas	23
Figura 9: Arranjo unilateral das luminárias	30
Figura 10: Arranjo bilateral alterado das luminárias	31
Figura 11: Arranjo bilateral oposto das luminárias	31
Figura 12: Arranjo empregado em vias com canteiro central	31
Figura 1. Partes que compõem o sistema PTS	40
Figura 14. Suporte articulado	42
Figura 15: Deve estar voltado para o Norte Geográfico	43
Figura 16: Prepare a base	44
Figura 17: Instalação da luminária. Parafusos de regulação	45
Figura 18: Base regulável	46
Figura 19: Fixação do gabinete no poste	46
Figura 20: Ligação das baterias em paralelo e em série	48
Figura 21: Controlador LZP	49
Figura 22: Verificação dos fusíveis de proteção	49
Figura 23: Inserir nos bornes	50
Figura 24: Pressione os bornes com fusíveis instalados	50
Figura 25: Ilustrações do funcionamento dos LED's	52
Figura 26: Esquema de ligação que acompanha o PTS	54
Figura 27: Potencial fotovoltaico por classe de radiação global	55
Figura 28: Moçambique apresenta um recurso solar elevado e consistente ao longo do território	56

Figura 29:Via pública equipada de postes solares _____	67
Figura 30:Rotunda do aeroporto do aeroporto _____	67
Figura 31:Inicio da Avenida do Trabalho _____	68
Figura 32:Avenida do trabalho a luz do dia _____	68
Figura 33:Avenida do Trabalho _____	69
Figura 34:Avenida do trabalho período nocturno _____	69
Figura 35:Fim da Avenida do Trabalho _____	70

## Lista de tabelas

Tabela 1: Tipo de trafego motorizado e de pedestres _____	29
Tabela 2: Limites fotométricos para vias de trafego motorizado e de pedestres _____	29
Tabela 3: Características técnicas das lâmpadas _____	32
Tabela 4: Luminária DC Led ILC Delta _____	40
Tabela 5: Características do braço da luminária _____	41
Tabela 6: Controlador fotossensível _____	41
Tabela 7: Baterias solares Deep Cycle _____	42
Tabela 8: Interpretação dos LED's de supervisão do controlador LZP _____	53
Tabela 9: Interpretação de falhas do controlador LZP _____	54

## 1. Introdução

O presente trabalho tem como tema **Projecto de Implantação de Painéis Solares Para Iluminação Pública na Cidade de Nampula Caso Especifico Avenida do Trabalho**, visto que, a iluminação pública é primordial para a segurança e qualidade de vida nas províncias, cidades, vilas e localidades. O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre do tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano.

Um dos maiores desafios do futuro próximo é obter a quantidade de energia limpa necessária para tentar conter os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aliviar o impacto económico da subida dos preços do petróleo. Uma das melhores formas de resolver os problemas anteriores é a utilização de recursos de energia renovável. Neste aspeto, os sistemas de energia solar fotovoltaica desempenham um papel fundamental na geração de eletricidade. Bayod-Rújula et al (2013) De facto, verifica-se um dos maiores crescimentos de utilização desta tecnologia para geração de eletricidade na área das energias renováveis e é expectável que essa tendência expansionista se verifique nos próximos anos. Eltawil & Zhao (2010)

A essência deste projecto está em substituir materiais de alto consumo de energia eléctrica, utilizados actualmente na iluminação pública na Avenida do Trabalho, por materiais que utilizam novas e eficientes tecnologias. Com estas substituições espera – se reduzir o consumo de energia e conseqüentemente, irá melhorar as condições de iluminação nocturna na Avenida, isto é, irá substituir as lâmpadas de vapor de sódio com as LED's que irão trabalhar somente com o sistema fotovoltaico. A Iluminação a LED's possui cores vibrantes, longa duração e flexibilidade de instalação, é excelente para realçar as paisagens urbanas, como: edifícios, pontes e monumentos, criando novos padrões de identidade visual. Eles consomem menos energia, o que ajuda as cidades a cumprir objectivos ambientais.

O principal motivo para a escolha deste tema é o défice de energia que tem se verificado na cidade de Nampula nas horas de Pico e o sistema actual de iluminação pública tem contribuído bastante para que este problema continue a prevalecer no nosso meio.

### **1.1. Justificativa**

Segundo Gil (2008), justificativa *“trata-se de uma apresentação inicial do projeto, que pode incluir: factores que determinam a escolha do tema, argumentos relativos à importância da pesquisa e a referência a sua possível contribuição para o conhecimento de uma questão teórica ou prática”*.

Este projecto tem o intuito de melhorar a qualidade de iluminação na avenida do Trabalho, racionalizar os gastos de energia e reduzir o índice de calor na cidade contribuindo assim para o baixo nível do efeito estufa na natureza. Um factor que está presente no quotidiano de todos os cidadãos das zonas urbanas e rurais é a iluminação das vias públicas. Segundo Rodrigues (IEEE/IAS, 2010), *“a iluminação pública tem como função promover luz ou claridade artificial em locais públicos, estes locais têm grande importância na vida das pessoas uma vez que está presente em parques, ciclovias, calçadas, ruas e também auxilia o comércio, turismo e lazer das pessoas no período nocturno”*. O que tem se notado é que a avenida tem uma extensão de 6 km com a largura de 20 metros e duas faixas de rodagem, tem um sistema de iluminação pública fornecida pela EDM que agrupa 192 lâmpadas de vapor de mercúrio, com um potência de 150W cada, cujas lâmpadas tem um nível de consumo energético muito elevado, cerca de 28.800W, isso faz com que haja um aquecimento excessivo, também sendo um sistema que carece de materiais como condutores, contactores, ligadores, fotocélulas etc., requer uma manutenção constante visto que, sendo avenida mais movimentada não pode em momento algum existir problemas de iluminação. Contudo, o tipo de lâmpada a ser usada serão as LED'S que são mais económicas, tem um fluxo maior de luminosidade e tem um tempo de vida útil mais prolongada.

### **1.2. Problematização**

Segundo Marconi e Lakatos (2007) problema *“é uma dificuldade, teórica ou prática, no conhecimento de alguma coisa de real importância, para a qual se deve encontrar uma solução”*.

Nos últimos tempos tem se verificado uma crescente evolução na procura de energia eléctrica na cidade de Nampula e a nível nacional, isto é, ***há um défice de energia*** e o que gera uma preocupação para a concessionária EDM, responder a demanda dos clientes, e um dos factores que leva a esta entidade EDM a ter essa dificuldade de responder a demanda dos clientes é a falta de racionalização da energia eléctrica na iluminação pública e também devido ao aquecimento global este sistema de iluminação tem contribuído bastante na emissão de gases de efeito de

estufa. Ela tem uma extensão de 6 Km e durante o seu percurso encontramos 192 lâmpadas de vapor de sódio de 150W cada, o que gera um grande consumo para concessionária. Tendo em conta do sistema actual em funcionamento podemos apurar o seguinte:

A avenida do Trabalho possui 192 lampadas de vapor de sódio com a potência de 150W o que corresponde um consumo excessivo de energia, ora vejamos:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}} \quad \text{Energia} = \text{Potência} \times \text{Tempo}$$

$$E = P * \Delta t * \text{Dias}, \Delta t = \frac{\text{minutos}}{60} \text{ hora}$$

$$E = P * \Delta t * \text{Dias}$$

$$E = 150 \times 12 \times 30$$

$$E = 54000\text{W/h}$$

$$E = \frac{54000}{1000} = 54\text{kWh} \rightarrow E = 54\text{kWh} * 11.80 = 637,2 \text{ MT}$$

Tendo em conta o preço médio de venda de energia na categoria de tarifa geral, o custo por kilowatt hora é de **11,80 (MT/kWh)**, e é nesta categoria que se enquadra a Iluminação Pública (anexo nº ), segundo a EDM, podemos verificar que:

$$\text{Consumo de energia (MT)} = E \times n^{\circ} \text{ de lampadas}$$

$$\text{Consumo de energia (MT)} = 637.2 \times 192 = 122.342,4\text{Mt}$$

Portanto, a EDM em 30 dias perde cerca de **122.342,4 MT** com energia de Iluminação Pública só nesta avenida, isto porque é uma energia que é facturada e não paga, encontra-se enquadrada na responsabilidade social.

***Que medidas devem ser tomadas de modo a melhorar a iluminação pública na Avenida do Trabalho?***

### **1.3. Objectivos**

Segundo Diehl & Tatim (2004:97) defende que o objectivo “*determina o que se pretende realizar para obter resposta ao problema proposto, de um ponto de vista geral*”

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

Projecto de um sistema de painéis solares para iluminação pública.

#### **1.3.2. Objectivos específicos**

- Descrever o sistema actual de iluminação pública;
- Dimensionar o sistema de painéis solares para a avenida do trabalho;
- Implantar sistemas que possam melhorar a eficiência energética.

#### **1.3.3. Hipóteses**

Segundo Good & Hatt (1969), *apud* Gil (1994:56), a hipóteses “*é uma proposição que pode ser colocada a prova para determinar uma validade. Neste sentido, a hipótese é uma suposta resposta ao problema a ser investigado (...)*”.

Segundo Richardson (1999:6) “*As hipóteses devem ser extraídas dos problemas levantados para estudo, os quais devem estar explícitos nos objectivos*”. Que no acto da sua formulação obedece Exigências. Sendo que qualquer estudo científico contém variáveis que devem estar inseridas nos objectivos e/ou nas hipóteses. De acordo com o tema apresentado bem como os objectivos específicos destacam-se as seguintes hipóteses:

1<sup>a</sup> – Melhorar a qualidade de iluminação pública nesta avenida do trabalho;

2<sup>a</sup> – Racionalizar os custos para obter benefícios para concessionária, visto que também os equipamentos não requerem uma manutenção rigorosa e não são feitas constantemente;

3<sup>a</sup> – A garantia de um recurso inesgotável de fonte primária de energia.

### **1.5. Estrutura do trabalho**

Este trabalho esta dividido em 4 capítulos. Inicia com a introdução, é apresentado o tema, a justificativa, a problematização e os objectivos da elaboração deste trabalho, mostrando assim necessidade do estudo realizado, que é o objectivo deste trabalho.

No Capítulo 1, é apresentada a fundamentação teórica para a conceituação deste projecto, nele são abordados alguns conceitos básicos acerca da iluminação pública e seus componentes, do princípio de funcionamento das células fotovoltaicas tal como o funcionamento de um LED.

No Capítulo 2, é apresentada a metodologia aplicada na pesquisa, ela fala dos procedimentos aplicados, os tipos de pesquisa, as técnicas e colheita de dados, do universo e amostra, e por fim das limitações do estudo.

No Capítulo 3, é apresentada o caso de estudo do projecto, onde nela é possível encontrar o estudo do potencial solar em Moçambique, é neste capítulo onde podemos encontrar toda informação acerca montagem do poste solar PTS, o método de conservação da carga que será usada pelo poste solar e os procedimentos efectuados na manutenção da mesma, como também é ilustrado o valor de aquisição deste sistema.

No Capítulo 4, é analisado especificamente os impactos da efficientização na iluminação com impactos em energia e a economia, utilizando todo o conteúdo descrito nos capítulos 1, 2 e 3. É detalhado o cenário ideal de substituições de lâmpadas tradicionais por lâmpadas LED, com apresentação dos resultados para a concessionária, e também apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## **CAPITULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1. Sistemas de Iluminação Publica**

Nesta secção serão abordados de maneira geral os diversos aspectos relacionados aos projectos de iluminação pública e uma revisão sobre as principais tecnologias disponíveis e aplicáveis para este fim Indal (2011):

#### **1.1. Definições de termos luminotérmicos**

A seguir serão definidos de alguns termos luminotécnicos e eléctricos necessários para a compreensão das demais secções.

##### **1.1.1. Fluxo Luminoso**

O fluxo luminoso pode ser entendido como a quantidade de energia radiante em todas as direcções, emitida por unidade de tempo, e avaliada de acordo com a sensação luminosa produzida. A unidade de medida é o lúmen (lm).

##### **1.1.2. Eficiência Luminosa**

A eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido pela potência eléctrica absorvida, sendo a unidade de medida o lúmen por Watt (lm/W). Este conceito é utilizado para comparar as diferentes fontes luminosas.

### 1.1.3. Iluminamento ou Iluminância

Iluminância é a densidade de fluxo luminoso recebido por uma superfície. Por definição a unidade de medida é o lúmen por metro ao quadrado ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ), que pode ser denominada também de lux. A verificação deste parâmetro é fundamental para comprovar a qualidade de iluminação de um determinado local.

### 1.1.4. Factor de Uniformidade

O factor de uniformidade é uma relação entre a iluminância mínima e a média de uma determinada área. Resulta em um valor dimensional variando entre zero e a unidade, que indica como está a distribuição da luminosidade na superfície aferida.

### 1.1.5. Temperatura de cor

É a grandeza que expressa a aparência da cor da luz. Quanto mais alta for a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A luz quente é a que tem aparência amarelada e a temperatura de cor baixa, 3000K ou menos. A luz fria, ao contrário, tem aparência azul-violeta com temperatura elevada, 6000K ou mais. A luz branca natural é aquela emitida pelo céu aberto ao meio dia, cuja temperatura de cor é de 5800K. Unidade Kelvin (K). OSRAM (2007).



Figura 2. Temperatura de Cor

Fonte: OSRAM (2007).

#### 1.1.5.1. Índice de reprodução de cor

O índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte luminosa é a medida de cor real de uma superfície e sua aparência a ser iluminada pela fonte artificial. Uma fonte de IRC 100% é a que Apresenta as cores de um objecto com a máxima fidelidade. Na figura 1, é apresentado o mesmo

local sob as mesmas condições, porém iluminado com fontes luminosas diferentes. À esquerda é feita por LED's (*light emitting diode* ou díodo emissor de luz) de alto IRC, é a direita com lâmpadas a vapor de sódio em alta pressão com baixo IRC. Nota-se que na segunda situação a definição das cores é prejudicada. COPEL e GE – *General Eletric* (2011).



Figura 3. Comparativo entre duas fontes luminosas com diferentes IRC's

Fonte: COPEL e GE – *General Eletric* (2011)

## 1.2. CÉLULA FOTOVOLTAICA

Segundo Fadigas (1993:162) as células fotovoltaicas são constituídas por um material semicondutor. O silício é o material mais importante, mas este não é elemento químico puro mas sim uma ligação química em forma de  $\text{SiO}_2$ . Para a obtenção do silício em primeiro lugar é necessário separar o  $\text{O}_2$  não desejado de  $\text{SiO}_2$ , a areia de sílica é aquecida e fundida num cadinho junto com pó de carvão, durante o processo é criado o silício metalúrgico com uma pureza de 98% e uma impureza na ordem de 2% sendo esta demandada para aplicações electrónicas.

A célula fotovoltaica é o elemento mais pequeno do sistema fotovoltaico, produzindo potências eléctricas na ordem de 1,5 Wp correspondentes a uma tensão de 0,4 V a 0,5 V e uma corrente de 3A. Para obter potências maiores, as células são ligadas em série ou em paralelo, formando módulos com potências na ordem de 50 a 100 Wp. O silício é explorado sob diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. Outros materiais alternativos estão sendo testados para

essa aplicação, como por exemplo as células de filmes finos, em que seu processo de fabricação requer menor custo, sua eficiência energética é superior se comparada com a de silício convencional e a sua aplicação é melhor em equipamentos de baixo consumo. Fadigas (1993: 162)

### 1.2.1. Estrutura e funcionamento de uma célula fotovoltaica

A célula fotovoltaica de silício cristalino, é composta por duas camadas de silício dopadas com diferentes impurezas. A camada *n* orientada para o sol está dopada negativamente com elementos do V grupo da tabela periódica, como por exemplo o fósforo, e a camada *p* inferior, está dopada positivamente com elementos do III grupo da tabela periódica como por exemplo o boro, nas suas partes frontal e posterior são impressos contactos metálicos. A parte frontal da célula fotovoltaica é feita de nitreto de silício ou de dióxido de titânio, deverá ser translúcida quanto possível. Aqui os contactos são essencialmente aplicados na forma de uma grelha fina e a reflexão da luz solar pode ser reduzida até abaixo de 5%, com o depósito por vapor de uma camada mais fina (camada de anti-reflexão). As perdas podem ser ocasionadas pela recombinação, reflexão e pelo sombreamento entre os contactos frontais, na célula solar. Uma parte da energia não aproveitada é absorvida e transformada em calor. CÁSSIO A.D.N (2004)

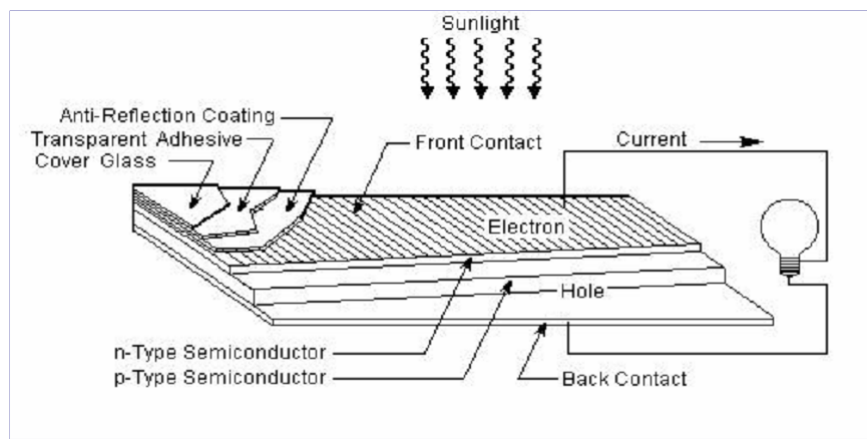


Figura 4. Estrutura de uma célula fotovoltaica

(Fonte: Green Martin 1998)

A radiação solar ao incidir sobre a célula fotovoltaica mais concretamente na superfície *n*, parte dela é reflectida outra parte atravessa a célula fotovoltaica e outra parte é absorvida pela célula fotovoltaica, sendo que os fotões da radiação solar incidente absorvida pela célula, contendo

energia atinge os electrões que encontram-se na banda de valência (banda de menor energia comparando com a banda de condução), transmitindo-lhes energia suficiente transitando deste modo para a banda de condução deixando lacunas e consequente criação de pares electrão - lacuna. Devido a criação da junção **p-n** surge o campo eléctrico e ocorre o intercâmbio dos portadores entre os componentes p-n durante o processo de difusão dos portadores em maioria. Segundo condição da equação (1) faz com que as cargas eléctricas das impurezas aceitadoras e ionizadas deixem de ser compensadas originando deste modo a criação da carga volumétrica negativa na componente **p** e positiva na componente **n**.

Quando é atingido o equilíbrio na junção p-n e ligando os terminais a um circuito que se fecha exteriormente estabelece-se a diferença de potencial na célula fotovoltaica dada pela equação (2), gerando-se deste modo a corrente eléctrica que circula através da carga eléctrica.

$$\text{Equação 1: } E_{f_n} > E_{f_p}$$

$$\text{Equação 2: } U_n - U_p = (E_{f_n} - E_{f_p})/q$$

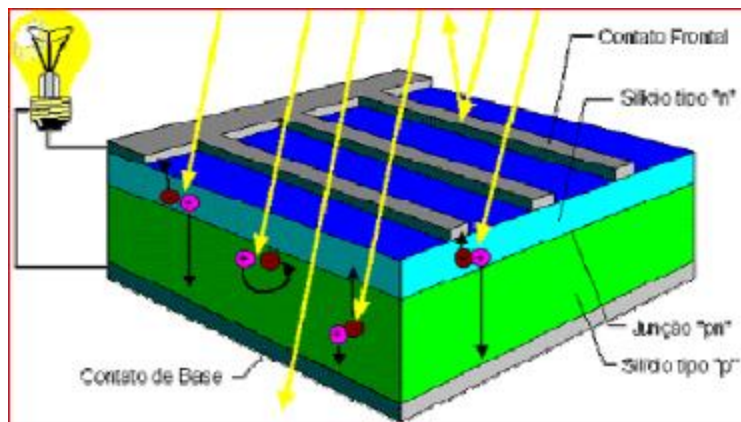


Figura 5. Ilustração da estrutura solar recebendo radiação solar

(Fonte: Ferreira B.M.G 2006)



Figura 6. Bandas energéticas (Fonte: Ramos 2006)

### 1.2.2. Princípio de funcionamento de um LED

A maioria dos semicondutores é feita por dopagem de silício com um material que cria carga negativa (tipo N), ou carga positiva (tipo P). Winder (2008).

Nesta junção, o lado P contém essencialmente lacunas (falta de elétrons) enquanto o lado N contém cargas essencialmente cargas negativas (excesso de elétrons).

Quando é aplicada uma voltagem directa no semiconductor de junção “PN” os elétrons movem-se do pólo “N” para o pólo “P” e as lacunas do “P” para o “N”.

Durante este movimento ocorre recombinação, ou encontro, dos elétrons com as lacunas nas proximidades da junção, sendo que a energia possuída pelo electrão é liberada em forma de calor ou fotões de luz, que é emitida pelo LED.

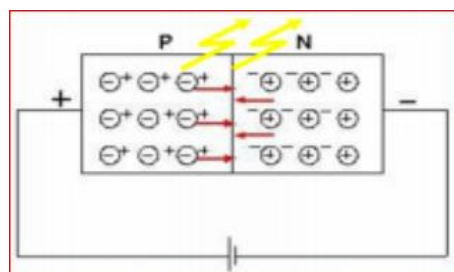


Figure 7 - Junção P-N - Polarização Direta

Fonte: Página do Sistema Maxwell da PUC-Rio.

### 1.2.3. Circuito eléctrico equivalente de uma célula fotovoltaica

Em termos de modelo simplificado, uma célula fotovoltaica pode ser descrita através do circuito eléctrico equivalente que se mostra na figura abaixo.

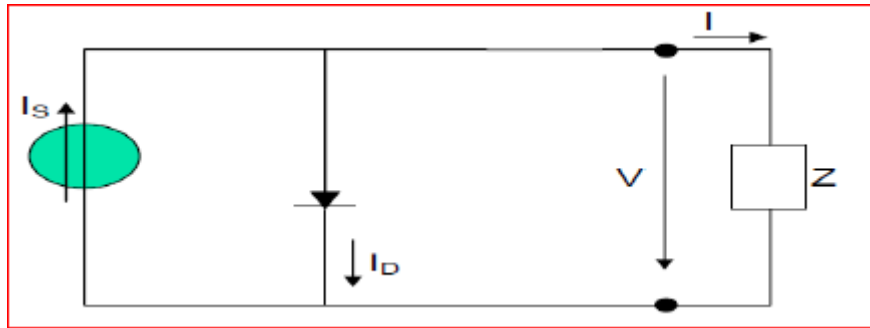


Figura 8. Circuito eléctrico equivalente de uma célula fotovoltaica. (Fonte RUI M.G. Castro,2008)

A fonte de corrente  $I_s$  representa a corrente eléctrica gerada pelo feixe de radiação solar incidente, constituído por fotões, ao atingir a superfície activa da célula (efeito fotovoltaico).

A junção p-n funciona como um díodo que é atravessado por uma corrente interna unidirecional  $I_D$ , que depende da tensão  $V$  nos terminais da célula. RUI M.G. (2008)

Onde :

$I_0$  – corrente inversa máxima de saturação do díodo

$V$  – tensão nos terminais da célula fotovoltaica

$m$  – factor de idealidade do díodo (díodo ideal:  $m = 1$ ; díodo real:  $m > 1$ )

$T$ - temperatura absoluta da célula em K ( $0^\circ\text{C} = 273,16 \text{ }^\circ\text{K}$ )

$q$  - carga eléctrica do electrão ( $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

$K$  – constante de Boltzmann ( $K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ )

$I_{sc}$  – corrente de curto-circuito

$V_{oc}$  - tensão de circuito aberto

$P_{max}$  - potência máxima

A corrente  $I_D$  que passa pelo díodo é dada por:

$$I_D = I_0(e^{V/mV_T} - 1) \quad 2.5$$

$$V_T = KT/q \quad \text{quando } (T = 298,16 \text{ }^\circ\text{K}) \quad V_T = 25,7 \text{ mV} \quad 2.6$$

A corrente  $I$  que passa pela carga  $Z$  é dada portanto:

$$I = I_s - I_D = I_s - I_0(e^{V/mV_T} - 1) \quad 2.7$$

Pontos de operação da célula solar fotovoltaica:

### Curto – circuito

$$V = 0$$

2.8

$$I_D = 0$$

$$I = I_S = I_{sc}$$

A corrente de curto-circuito  $I_{sc}$  é o valor máximo da corrente de carga, igual, portanto, à corrente gerada por efeito fotovoltaico. O seu valor é uma característica da célula, sendo um dado fornecido pelo fabricante para determinadas condições de radiação incidente e temperatura.

### Circuito aberto

$$I = 0$$

2.9

$$V_{oc} = mV_T \ln\left(1 + \frac{I_S}{I_0}\right)$$

A tensão do circuito em aberto  $V_{oc}$  é o valor de tensão máxima nos terminais da célula, que ocorre quando está aberto. O seu valor é uma característica da célula, sendo um dado fornecido pelo fabricante para determinadas condições de radiação solar incidente e temperatura.

### Potência máxima

$$P_{max} = I_{mp} * V_{mp}$$

2.10

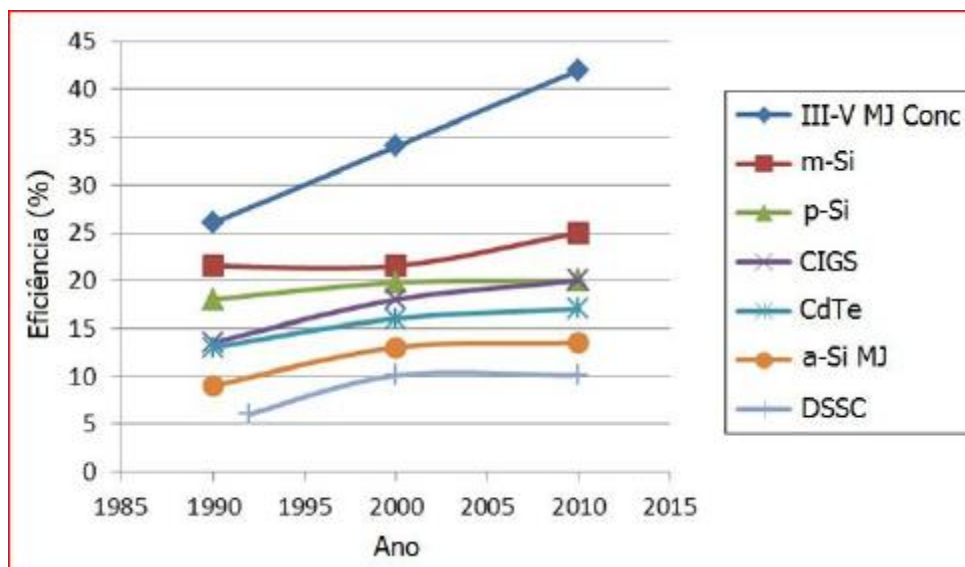


Figura 9. Desenvolvimento das células fotovoltaicas.

Fonte Adaptada de (GREEN et al.,2011)

### 1.3. RECURSO SOLAR

A energia solar representa a fonte permanente de energia mais abundante no planeta. A energia solar interceptada pelo planeta anualmente é cerca de cinco mil vezes superior à soma de todas as outras energias (energia nuclear terrestre, geotermal, gravitacional, etc). Da energia solar extraterrestre – sob a forma de radiação – apenas um terço corresponde ao total da radiação solar terrestre, sendo que dessa porção 70% incide nos oceanos. No entanto, os restantes 30% que incidem em solo terrestre correspondem a uma quantidade de energia significativa e corresponde a, aproximadamente, seis mil vezes o consumo energético total dos Estados Unidos da América (em 2009, por exemplo). Goswami (2015)

#### Componentes da Radiação

Quando incidente num qualquer receptor, a radiação solar pode ser dividida em três principais componentes Segundo Pereira & Oliveira (2011):

- Radiação Direta: representa todos os raios solares que são recebidos pelo recetor quando em linha reta com sol, ou seja, a que incide diretamente na superfície;

- Radiação Difusa: diz respeito à luz solar recebida de forma indireta, ou seja, que é proveniente da difração nas nuvens, nevoeiro, poeiras suspensas na atmosfera, assim como de outros obstáculos atmosféricos;
- Radiação Refletida no Albedo: refere-se à radiação que é proveniente do solo e com origem na reflexão da radiação incidente em nuvens e na superfície terrestre. O termo albedo traduz-se como a razão entre a radiação refletida e a incidente.

### **1.3.1. COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

#### **1.3.1.1. Painéis Fotovoltaicos**

A energia fotovoltaica diz respeito à tecnologia que gera potência eléctrica em corrente contínua (DC), medida em Watts, a partir de materiais semicondutores, quando estes são iluminados por fótons. Enquanto incidir luz na célula solar – componente individual do PV – é gerada potência eléctrica. As células solares são constituídas por materiais chamados semicondutores, que tem electrões ligados de forma fraca que ocupam uma faixa energética chamada banda de valência (*valence band*). No caso de ser exercida sob um electrão de valência uma energia superior a certo limite - energia de *band gap* - as ligações são quebradas e o electrão encontra-se livre para se deslocar até uma nova camada de energia chamada camada de condução (*conduction band*), onde se torna possível a condução de electricidade através do material. Assim, os electrões livres na banda de condução são separados da banda de valência pelo intervalo de banda (medidos em unidades de electrão de volts **V**, ou **eV**).

Os electrões perdem a sua energia ao fazerem trabalho num motor eléctrico, que depois pode ser utilizado para bombear água, alimentar uma lâmpada ou máquina de costura, entre outros. De seguida, os electrões são restaurados para a célula solar através do *loop* de retorno do circuito, feito através de um segundo contacto selectivo, que os encaminha de volta à banda de valência com a mesma energia com que haviam iniciado o seu caminho. Este movimento de electrões no circuito externo e nos contactos é chamado de corrente eléctrica. Luque & Hegedus (2003)

#### **1.3.1.2. Inversor**

Os inversores são dispositivos utilizados para fazer a ligação entre o gerador fotovoltaico (conjunto de módulos fotovoltaicos) e a carga AC dos equipamentos ou a rede. Têm o objectivo

de converter o sinal eléctrico DC proveniente do gerador fotovoltaico num sinal AC, sendo que, numa fase posterior, ajusta o sinal para a frequência e nível de tensão da rede à qual está ligado.

Estes equipamentos podem ser utilizados para vários tipos de configurações:

- Sistemas ligados à rede;
- Sistemas desligados da rede com baterias recarregáveis;
- Sistemas de bombeamento com baterias de armazenamento.

#### **1.3.1.2.1. Inversor para sistemas desligados da rede**

Estes inversores deverão ser capazes de alimentar um elevado número de equipamentos eléctricos, pelo que a sua eficiência deverá rondar os 90%. A qualidade do inversor autónomo depende de um conjunto de características, como por exemplo. Luque & Hegedus (2003):

- Protecção contra sobreintensidades;
- Baixa flutuação da tensão e frequência de saída;
- Alta eficiência;
- Baixo consumo em *stand-by* com auto detecção da presença de uma carga;
- Capacidade de suportar curto-circuitos;
- Elevada tolerância às correntes de arranque.

#### **1.3.1.3. Baterias**

Para sistemas PV desligados da rede, os sistemas de armazenamento de energia tornam-se importantes para compensar os períodos sem radiação solar suficiente (por exemplo, durante a noite ou em dias nublados). Neste contexto, recorre-se normalmente a baterias de ácido de chumbo. Existem também baterias de níquel-cádmio, hidreto metálico e de iões de lítio.

Para caracterizar uma bateria, é necessário ter em conta alguns factores, entre eles a sua tensão, densidade e energia específica, rendimento energético, capacidade (quantidade máxima de energia eléctrica que a bateria pode fornecer durante o seu processo de descarga e até a descarga estar completa), auto descarga (percentagem de descarga da bateria mesmo quando não é utilizada), ciclos de vida (número de vezes que bateria pode carregar/descarregar durante a sua vida útil) e profundidade de descarga.

#### 1.3.1.4. Regulador de carga

Luque & Hegedus (2003), o regulador de carga funciona como elo de ligação entre os módulos fotovoltaicos, o banco de baterias e a carga de consumo. Este controla o armazenamento de energia das baterias, evitando a sua sobrecarga/sobre-descarga, através da análise da tensão na mesma. As suas características principais para bom funcionamento são:

- Apresentar um baixo consumo interno;
- Elevada eficiência é recomendável (96% a 98%);
- Cortar a ligação entre as baterias e o consumo em caso de uma descarga profunda;
- Carregamento deverá ser feito a altas tensões;
- Tensão de rutura dos componentes semicondutores deverá ser pelo menos duas vezes a tensão em circuito aberto do gerador solar;
- Proteção integrada no caso de sobretensão;
- Deve encontrar-se num local abrigado.

#### 1.3.1.2. Inclinação Óptima para os painéis

De modo a que seja feita a máxima captação de radiação incidente, o ângulo de inclinação de um sistema de energia solar é um dos parâmetros importantes a ter em consideração. Este ângulo depende da variação anual, mensal e diária da posição relativa sol-terra, foi feito um estudo matemático/geométrico simples, com os seguintes passos (por ordem efectiva):

1. Cálculo do ângulo de altitude solar,  $\alpha$ , para cada dia do ano:

2.14

$$\sin\alpha = \sin L \sin\delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s,$$

em que  $h_s = 0$ , uma vez que os cálculos foram feitos para o meio-dia solar, porque a produção é máxima quando o sol está ao meio dia solar

2. Determinação final de  $\beta_{opt}$  para cada dia.

Conhecendo o valor de  $\alpha$ , que corresponde ao ângulo entre uma linha colinear com os raios solares e o plano horizontal, pode calcular-se, para um sistema orientado a sul,  $\beta_{opt}$  da seguinte forma, para cada dia:

$$(\beta_{opt}) = 90 - \alpha$$

2.15

3. Cálculo da declinação solar,  $\delta_s$ , de todos os dias de um ano (dado que corresponde ao valor associado à latitude escolhida a qual a radiação solar incide directamente segundo um eixo vertical ao meio dia solar).

$$\delta_s(^{\circ}) = 23.45^{\circ} \sin \left[ \frac{360 \times (284 + n)}{365} \right] \quad 2.16$$

### 1.3.1.3. Escolha do controlador de carga

A integração de um controlador de carga tem como principal objectivo a protecção das baterias de eventuais sobrecargas e de descargas excessivas. Para a escolha desta componente é necessário ter em conta a corrente de entrada  $I_{in}$  (ou seja, a corrente de saída do gerador fotovoltaico), que o equipamento deverá ser capaz de suportar. É este o valor que limita o funcionamento do equipamento.

$$I_{reg} > I_{in} \quad 2.17$$

Sendo que a corrente a considerar é dada por:

$$I_{in}[A] = \frac{P_P}{V_{DC}} \quad 2.18$$

Pode ser necessária a colocação de mais que um controlador, dependendo da corrente máxima do escolhido ( $I_{max}$ ). Assim, o número de controladores de carga a colocar em paralelo, pode ser calculado através da equação abaixo:

$$\text{Número de controladores} = \frac{I_{in}}{I_{max}} \quad 2.19$$

## 1.3.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA ENERGIA SOLAR

### 1.3.2.1. Vantagens

Dentre as vantagens de se utilizar a Energia solar podemos citar:

- ✓ Não é necessário sua extração, refinamento ou transporte para o local da geração, uma vez que ele é próximo à carga. Evita-se assim, custos com transmissão em alta tensão;
- ✓ O processo de geração de energia é mais simples e não há emissão de gases poluentes ou ruídos. Ruther (1999);
- ✓ Necessita de mínima manutenção. Ruther (1999);

- ✓ Os painéis solares estão cada vez mais eficientes e o seu custo cada vez mais baixo. Silva (2007);
- ✓ É recomendada em áreas de difícil acesso pois sua instalação em pequena não demanda investimentos altos em linhas de transmissão Silva (2007);
- ✓ Em países tropicais é viável em praticamente todo o território. Silva (2007);
- ✓ Não necessita de turbinas ou geradores para a produção de energia (Ambiente Brasil, 2009);
- ✓ Proporciona elevada economia no uso de energia elétrica que acarreta diminuição no pagamento da conta de luz do usuário. Abrava (2001);

### **1.3.2.2. Desvantagens**

Segundo Ruther (1999) as principais desvantagens do uso da energia solar são:

- ✗ As variações climáticas influenciam na quantidade de energia produzida (chuva, neve), além do que à noite, como não há produção nenhuma de energia é necessário que haja um sistema de armazenamento dessa energia;
- ✗ Alto custo das placas devido ao alto valor do silício.
- ✗ Alto consumo de energia para a fabricação do painel;
- ✗ Estes sistemas dependem de baterias que geralmente são do tipo chumbo-ácido, e possuem vida útil de dois anos (UFG, 2010).

## **1.4. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS**

O ponto de partida do projecto de um sistema de iluminação pública é a classificação da via que se pretende iluminar. Conforme o Código de Transito Brasileiro, publicado em 1997, as vias podem ser classificadas da seguinte forma:

**a) Vias Urbanas** – aquela caracterizada pela existência de construções as suas margens, com prevenção de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala.

**b) Vias Rurais** – Via mais conhecida como estrada de rodagem, que nem sempre apresenta, exclusivamente, trafego motorizado.

### 1.4.1. Características Luminotécnicas

Classificada a via, deve-se consultar a NBR 5101:1992 para verificar os níveis de iluminância e factores de uniformidades mínimos para cada situação. O tipo de tráfego deve ser levado em consideração, sendo classificados como: sem, leve, médio ou intenso tanto para pedestres quanto para veículos. Na tabela são apresentadas as características de cada tipo de tráfego.

Tabela 1: Tipo de tráfego motorizado e de pedestres

Classificação	Tipo de trafego	
	Motorizado	Pedestres
<b>Sem</b>	Ate 500	Ocupação em ruas arteriais, exclusivas para trafego motorizado
<b>Leve</b>	501 à 1200	Ocupação em ruas residenciais médias
<b>Medio</b>	> 1200	Ocupação em ruas comerciais secundárias
<b>Intenso</b>	---	Ocupação em ruas comerciais principais

[Fonte: Adaptado da NBR 5101: 1992]

Feita a classificação da via e determinado o tipo de tráfego, faz-se necessário definir os parâmetros fotométricos adequados para atender a necessidade do local. Na NBR 5101 são estipulados valores mínimos para iluminância  $E_{min}$  e o factor de uniformidade  $U_{min}$ , em função do tipo da via. Estes limites estão resumidos e apresentados na Tabela abaixo.

Tabela 2. Limites fotométricos para vias de tráfego motorizado e pedestres

Descrição da via	Volume do trafego	$E_{min}$	$U_{min}$
		(Lux)	
<b>Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; auto-estradas</b>	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
<b>Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo</b>	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
<b>Vias colectoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado</b>	Intenso	20	0,3
	Médio	15	0,2

	Leve	10	0,2
<b>Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial</b>	Médio	10	0,2
	Leve	5	0,2
<b>Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)</b>		20	0,3
<b>Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)</b>		10	0,25
<b>Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)</b>		5	0,2
<b>Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)</b>		3	0,2

[Fonte: Adaptado da NBR 5101: 1992]

#### 1.4.2. Topologias de Iluminação Viária

Definidos os níveis luminotécnicos, devem-se especificar os materiais a serem utilizados e a topologia de distribuição dos pontos de iluminação, de maneira a atingir os valores mínimos exigidos para cada situação sem perder de vista os custos envolvidos e principalmente diversidade construtiva do local, como por exemplo as estruturas das redes existentes, postes, prédios, ou quaisquer componentes que possam interferir na montagem dos sistemas de iluminação. Entretanto, como em vários casos as estruturas das redes eléctricas já existem, estas podem ser aproveitadas para montagem de componentes. CPFL (2006)

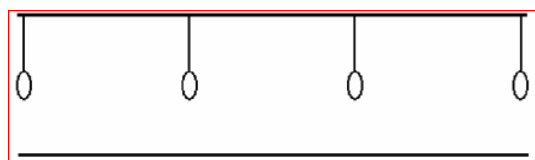


Figura 10. Arranjo unilateral das Luminárias [Fonte: CPFL (2006)]

O arranjo unilateral das luminárias, é o mais comumente utilizado, atendendo geralmente a vias colectoras e locais, com largura máxima da pista de rolamento igual ou menor que 9m, com tráfego motorizado leve ou médio.

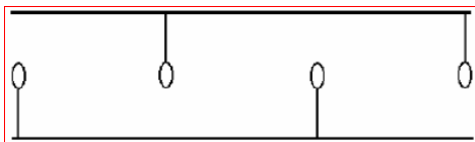


Figura 11. Arranjo bilateral alternado das luminárias [Fonte: CPFL (2006)]

Este sistema é utilizado geralmente em vias de tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 16m. Para vias com tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 18m, pode-se empregar o arranjo bilateral oposto, alternativa apresentada na figura 5. E por fim na figura 6 é apresentada uma opção para vias em que há um canteiro central.

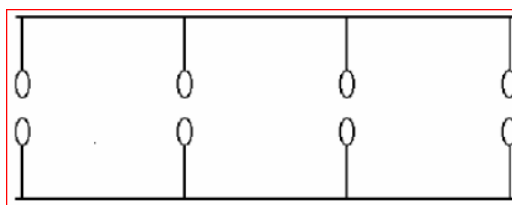


Figura 12. Arranjo bilateral oposto das luminárias. [Fonte: CPFL (2006)]

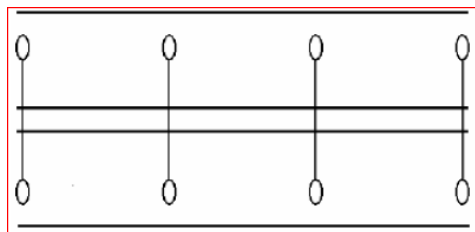


Figura 13. Arranjo empregado em vias com canteiro central. [Fonte: CPFL (2006)]

**Nota:** Segundo a topologia de iluminação viária que se encontra em todo o percurso da avenida do trabalho são empregue o arranjo unilateral e o arranjo com canteiro central. O arranjo unilateral começa logo após a rotunda do aeroporto e se estende por 400 m e da início ao canteiro central que estende se por 3 km e por fim continua o arranjo unilateral.

A tabela 3 apresenta valores médios de fluxo luminoso, eficiência luminosa e vida útil de diversas lâmpadas, de acordo com catálogos de vários fabricantes. Consideram-se lâmpadas incandescentes (I), halógenas (H), fluorescentes (F), mistas (M), vapor de mercúrio (VM), multi vapores metálico (MVM) e vapor de sódio em alta pressão (VSAP).

Tabela 3. Características técnicas das lâmpadas

<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Fluxo luminoso (lm)</b>	<b>Eficiência Luminosa(lm/W)</b>	<b>Vida Mediana (horas)</b>
<b>I 100W</b>	1.300	13	1.000
<b>I 150W</b>	2.200	15	1.000
<b>I 200W</b>	3.150	16	1.000
<b>I 300W</b>	5.000	17	1.000
<b>I 500W</b>	8.400	17	1.000
<b>H 300W</b>	5.000	17	2.000
<b>H 500W</b>	9.500	19	2.000
<b>H 1.000W</b>	22.000	22	2.000
<b>H 1.500W</b>	33.000	22	2.000
<b>F 40W</b>	2.700	68	7.500
<b>F 110W</b>	8.300	76	7.500
<b>M 160W</b>	3.100	19	6.000
<b>M 250W</b>	5.500	22	6.000
<b>M 500W</b>	13.500	27	6.000
<b>VM 80W</b>	3.600	45	9.000
<b>VM 125W</b>	6.200	50	12.000
<b>VM 250 W</b>	12.700	50	12.000
<b>VM 400W</b>	22.000	55	15.000
<b>VM 700W</b>	38.500	55	15.000
<b>VM 1.000W</b>	58.000	58	15.000
<b>MVM 70W</b>	5.000	72	8.000
<b>MVM 150W</b>	11.000	73	8.000
<b>MVM 250W</b>	20.000	72	12.000
<b>MVM 400W</b>	38.000	80	12.000
<b>VSAP 70W</b>	5.600	80	16.000
<b>VSAP 100W</b>	9.500	95	24.000
<b>VSAP 150W</b>	14.000	94	24.000
<b>VSAP 250W</b>	36.000	104	24.000
<b>VSAP 350W</b>	34.000	97	14.000
<b>VSAP 400W</b>	48.000	120	24.000
<b>VSAP 600W</b>	90.000	150	32.000

## **CAPITULO II. METODOLOGIA APLICADA**

### **2. Metodologia de Pesquisa**

De acordo com Flinday, et at. (2006, p.16) metodologia *é o conjunto de métodos e técnicas utilizadas para a realização de uma pesquisa.*

Metodologia é o conjunto de métodos e técnicas utilizadas para a realização de uma pesquisa (Univille, 2005, p.16).

#### **2.1. Procedimentos Metodológicos**

Os métodos constituíram um suporte para a investigação do tema em estudo com vista a atingir os objectivos enunciados. Segundo Nérici (1980:15) citado por Lakatos e Marconi (1991:40), “método é o conjunto coerente de procedimentos racionais ou práticos-rationais que orienta o pensamento para serem alcançados conhecimentos válidos”.

Para dar-se a finalização desta monografia, tivemos como o processo inicial, a recolha de dados por parte da área da manutenção, de modo a obtermos informações do consumo da energia eléctrica somente com o uso da iluminação pública.

#### **2.2. Quanto ao método científico**

O método científico na qual foi usado é o método indutivo ou indução, porque este método é o raciocínio que, após considerar um número suficiente de casos particulares, conclui uma verdade geral. Ele é muito utilizado nas ciências no qual parte de premissas verdadeiras para chegar em conclusões que podem ou não serem verdadeiras. Nesse caso a indução acrescenta informações novas nas premissas foram dadas anteriormente.

Segundo Lakatos e Marconi (2007) citado por Prodanov e De Freitas Indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objectivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

#### **2.3. Tipos de Pesquisa**

Pesquisa é um processo de investigação que se interessa em descobrir as relações existentes entre os aspectos que envolvem os factos, fenómenos, situações ou coisas. Para Ander-Egg (apud MARCONI & LAKATOS (2003:155) é um ”procedimento reflexivo sistemático, controlado e

crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento.”

Para Rúdio (1999:9) “é um conjunto de actividades orientadas para a busca de um determinado conhecimento”.

Rudio (1999:9) grifo do autor) afirma que “ a pesquisa científica se distingue de qualquer outra modalidade de pesquisa pelo *método*, pelas *técnicas*, põe estar *voltada para a realidade empírica*, e pela *forma* de comunicar o conhecimento obtido.

Contudo, para a finalização dos objectivos propostos, o proponente do presente trabalho de investigação aplicada desenvolveu genericamente usando os seguintes tipos de pesquisa: quanto a natureza, quanto a forma de abordagem, quanto aos objectivos e quanto aos procedimentos técnicos.

### **2.3.1. Quanto a natureza**

Foi aplicada este tipo de pesquisa porque ela é mais dinâmica e utiliza conhecimentos gerados pela pesquisa básica nas tecnologias existentes, uma vez que ela gera produtos e seus processos têm uma finalidade imediata.

De acordo com Gil (1999:42) a pesquisa básica “procura desenvolver os conhecimentos científicos sem a preocupação directa com suas aplicações e consequências práticas.”

De acordo com Gil (1999:43) “a pesquisa aplicada possui muitos pontos de contacto com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas e se enriquece com o seu desenvolvimento.”

### **2.3.2. Quanto a forma de abordagem**

Quanto ao método ou abordagem metodológica, a pesquisa obedece a um ou a dois métodos, ou à conjunção de ambos. Tais abordagens e métodos têm características diferentes, mais carregam carácter complementar, não excludente.

Mais para este trabalho de investigação (Monografia) foi usado o método de abordagem qualitativo, porque o autor procura compreender e interpretar os fenómenos que influenciam para que haja défice de energia por causa do tipo de sistema aplicado à iluminação pública na Avenida do Trabalho na Cidade de Nampula.

Pois é baseado na interpretação dos fenómenos observados e no significado que carregam, o processo é descritivo, indutivo, de observação que considera a singularidade do sujeito e a singularidade do fenómeno.

Alguns autores, a exemplo das estudiosas Menga Ludke e Marli André (1999), afirmam que uma pesquisa não seria somente qualitativa, porquanto haveria quantificação na escolha das variáveis a serem estudadas.

### **2.3.3. Quantos aos objectivos**

Para a contextualização deste trabalho foi utilizada a pesquisa exploratória, pois este é o método que nos permitiu observar, registrar, analisar, descrever e correlacionar factos e fenómenos sem manipulação. Geralmente ela procura descobrir a frequência com que um fenómeno ocorre e a sua relação com os factores.

Segundo Martins (1994:28) pesquisa descritiva *tem como objectivo a descrição de das características de determinada população ou fenómeno, bem como como o estabelecimento de relações entre variáveis e factos.*

De acordo com Marconi e Lakatos (2003:188) são estudos que têm por objectivo descrever completamente determinado fenómeno, como, por exemplo, o estudo de um caso para qual são realizadas análises empíricas e teóricas.

### **2.3.4. Quanto aos procedimentos técnicos**

Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho utilizou uma pesquisa bibliográfica, porque ela apenas foi realizada em materiais escritos como textos, livros, publicações periódicas, paginas de internet, ou seja, o pesquisador não sai a campo para fazer sua pesquisa, pois ela é feita em materiais que já foram pesquisados e elaborados por outros autores. É considerada o primeiro passo de qualquer pesquisa científica.

No dizer de Gil (1991), a pesquisa bibliográfica é um trabalho de natureza exploratória, que propicia bases teóricas ao pesquisador para auxiliar no exercício reflexivo e critico sobre o tema em estudo. Em primeiro momento é bastante útil para aguçar a curiosidade do pesquisador e despertar inquietações sobre o tema a ser estudado.

Koche (1997:122) afirma que a pesquisa bibliográfica pode ser realizada com diferentes fins:

- a) para ampliar o grau de conhecimento em uma determinada área, capacitando o investigador a compreender ou delimitar melhor um problema de pesquisa;
- b) Para dominar o conhecimento disponível e utilizá-lo como base ou fundamentação na construção de um modelo teórico explicativo de um problema, isto é, como instrumento auxiliar para a construção e fundamentação de hipóteses;

c) Para descrever ou sistematizar o estado da arte, daquele momento, pertinente a um determinado tema ou problema.

## **2.4. Técnica e colheita de dados**

Para satisfazermos a técnica e colheita de dados deste trabalho e posteriormente um estudo mais aprofundado sobre ela, recorreremos à algumas informações oralmente relativas aos dados estáticos da empresa de forma a compararmos quais são os gastos feitos em um mês só com a iluminação pública e o novo sistema fotovoltaico que será implementado, não só recorreu-se à revisão bibliográfica e a entrevistas do pessoal da área de manutenção de modo a obtermos resultados satisfatórios. Contudo, a entrevista e a observação foi o foco desta técnica para a colheita de dados.

### **2.4.1. Entrevista**

Entrevista é a obtenção de informações de um entrevistado sobre um determinado assunto ou problema. Foi na base duma entrevista, onde o proponente e o entrevistado ficaram a vontade para responder as questões lançadas, tiveram oportunidades de exclamar, dar exemplos, argumentar, salientar etc. Possibilitou captar atitudes e reacções, principalmente sinais não verbais como: gestos, risos e silêncio que possuíram significados importantes para pesquisa.

De acordo com Gil (1999:116), a entrevista é uma das técnicas de colecta de dados mais utilizadas no âmbito das ciências sociais, psicólogos, sociólogos pedagogos assistentes sociais e praticamente todos outros profissionais que tratam de problemas humanos valem-se dessas técnica não apenas para colecta de dados, mas também com objectivos voltados para diagnóstico e orientação”.

“Encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de um determinado assunto” Marconi & Lakatos (1999: 94).

### **2.4.2. Observação**

Esta técnica foi uma das principais para a colheita de dados para esta pesquisa, porque ela nos permitiu ir ate ao local (Avenida do Trabalho e a EDM) da ocorrência dos factos que nos motivou a fazer este trabalho, bem como de vivenciarmos os fenómenos dia após dia.

Ludke e André (1986:25) discutem o carácter científico da técnica de observação, uma vez que as observações de cada um são muito pessoais, sendo influenciadas por vários factores, como: história de vida, bagagem cultural, grupo social a que pertence, aptidões e predileções. Esses factores acabam influenciando nosso olhar, no sentido de privilegiarmos certos aspectos e não outros.

“...utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Consiste de ver, ouvir e examinar fatos ou fenómenos”. Marconi & Lakatos (1999:90)

### **2.4.3. Questionário**

“ Instrumento de colecta de dados constituído por uma série de perguntas, que devem ser respondidas por escrito”. Marconi & Lakatos (1999:100)

O questionário usado na colecta de dados para o presente trabalho contém perguntas abertas e fechadas contidas num formulário onde estão formuladas diversas questões e submetidas ao pessoal seleccionado para assinalar de acordo com o seu ponto de vista, de forma a dar mais ênfase e objectivo por se sentirem livres.

Segundo Gil (1999:129) pode-se definir questionário como a “técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito as pessoas, tendo por objectivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações da vivência, etc.”.

## **2.5. Universo e Amostra**

### **2.5.1. Universo**

O universo ou população é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objecto de estudo (Vergara:1997).

Conjunto da população sobre o qual recai um determinado estudo, Segundo Ghiglione e Matalon (2001) citados em Pereira (2007:29) “a primeira é definir o universo ou população a estudar. De seguida deve-se escolher a população que irá ser alvo do inquérito, mais conhecida como amostra, que é o objectivo da investigação que define a natureza e a dimensão do universo”.

Contudo, para esta pesquisa que realizou, o universo foi toda a população que passa pela avenida do trabalho com frequência em especial aos automobilistas de semi-colectivos de passageiros e aos moradores aos arredores da avenida.

### **2.5.2. Amostra**

A amostra, ou população amostral, é uma parte do universo escolhido seleccionada a partir de um critério de representatividade. Vergara (1997)

Desta forma, a amostra seleccionada pode ser classificada como não probabilística, sendo que a selecção foi feita por acessibilidade e tipicidade, onde os elementos pesquisados são considerados representativos da população-alvo. Vergara (1997)

Para o presente trabalho, considerou-se como amostra um grupo 30 indivíduos, dentre eles 15 fazem o transporte semi-colectivo de passageiros pelo percurso da avenida do trabalho, 10 são taxistas e 5 são peões assíduos naquela via. A estes foram feitas algumas perguntas aleatórias aleatória simples que segundo Lakatos e Marconi (2001:108), “é aquela que se baseia na escolha aleatória dos pesquisados, significando o aleatório que a selecção se faz de forma que cada membro do universo ou população, tenha a mesma probabilidade de ser escolhido”. no que diz respeito a implementação de um novo sistema de iluminação na via. Chegamos a conclusão que o projecto seria viável.

## **CAPITULO III. DESENHO DO PROJECTO**

### **3. Breve Historial da Avenida do trabalho**

A avenida do trabalho está localizada na Província de Nampula, Cidade de Nampula a norte do centro da cidade, esta é a avenida mais longa da cidade e mais movimentada, por ela passa a estrada nacional N1 que está em paralelo com a ferroviária dos Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM), ela tem uma distância de aproximadamente 6 Km de comprimento, partindo da rotunda que dá acesso ao bairro de Namicopo e ao aeroporto até o desvio que vai para antiga Waresta (mercado de venda à grosso de produtos agrícolas), e 20 metros de largura, possui duas faixas de rodagem e por la passam todos os transportes semicolectivos de passageiros que circulam pela cidade, esta avenida faz a separação dos bairros mais populosos e extensos da cidade, me refiro à:

- Bairro de Mutauanha e Murrapaniua;
- Bairro de Mutauanha e Napipine;
- Bairro de Namicopo e Namutequeliua.

#### **3.1. Composição do sistema PTS**

O sistema PTS é composto pela haste estrutural (1), luminária (2) a LED, braço de sustentação (3), painel solar (4) com suporte articulado e regulável, gabinete especial (5) para conter o controlador de recarga, as baterias e protecções.

Código		Poste	
Prefixo	Sufixo	Altura	Tipo
91.508	105	5 metros	FLANGEADOS
91.508	106	6 metros	
91.508	107	7 metros	
91.508	108	8 metros	
91.508	109	9 metros	
91.508	110	10 metros	
91.508	111	11 metros	
91.508	112	12 metros	
91.509	005	5 metros	ENGASTADOS
91.509	006	6 metros	
91.509	007	7 metros	
91.509	008	8 metros	
91.509	009	9 metros	
91.509	010	10 metros	
91.509	011	11 metros	
91.509	012	12 metros	

Figura 14. Partes que compõem o sistema PTS. Fonte: SunLab (2018)

**1º ESTRUTURA (POSTE):** Em aço carbono galvanizado a fogo, com fixação por flange e chumbadores ou engastado. O diâmetro e espessura de materiais são calculados para sustentar o peso dos equipamentos e a ação de ventos acima de 150 Km/h, incluindo sobre os painéis solares.

**2º LUMINARIA LED:** Com gabinete em alumínio, lente em policarbonato e módulos LED com potencia de acordo com o modelo e aplicação.

Tabela 4. Luminária DC Led ILC Delta

Código		Luminária DC Led ILC Delta	
		Modelo	Potencia
821.015		DELTA 15	15W
821.030		DELTA 30	30W
822.060		DELTA 60	60W
822.090		DELTA 90	90W
822.120		DELTA 120	120W
822.150		DELTA 150	150W
822.180		DELTA 180	180W
822.210		DELTA 210	210W

Código		Luminária DC Led ILC	
Prefixo	Sufixo	Peça	
30.003	699	DRIVER ILC	
49650	315	MÓDULO 15 LED ILC DELTA	
49651	330	MÓDULO 30 LED ILC DELTA	
70125	000	LENTE FRONTAL MODULO 15	
70126	000	LENTE FRONTAL MODULO 30	

Fonte: SunLab (2018)

Obs.: A luminária LED DELTA possui fotos sensor incorporado no sistema e isento de falhas.

**3º BRAÇO SUPORTE DA LUMINARIA:** Em aço galvanizado a fogo, tem a capacidade de sustentar a luminária e atender às normas de segurança relacionados ao item 1.

No braço será instalada a luminária. Este pode ser curto, médio ou longo. O braço poderá ter entre 0,5 a 2,5 metros de comprimento e a inclinação é regulável pela luminária.

Tabela 5. Características do braço da luminária

Código		Braço da luminária
Prefixo	Sufixo	Peça
91.513	025	BRAÇO ø 48mm x 2,5 m
91.513	020	BRAÇO ø 48mm x 2,0 m
91.513	015	BRAÇO ø 48mm x 1,5 m
91.513	005	BRAÇO ø 48mm x 0,5 m

Fonte: SunLab (2018)

Tabela 6. Controlador Fotossensível

Código		CONTROLADOR FOTOSSENSIVEL	
Prefixo	Sufixo	Peça	TENSÕES
91.122	LZP-10	CONTROLADOR ATÉ 10A	12V
91.123	LZP-20	CONTROLADOR ATÉ 20A	12/24V
91.124	LZP-30	CONTROLADOR ATÉ 30A	24V
91.125	LZP-40	CONTROLADOR ATÉ 40A	24V
91.126	LZP-60	CONTROLADOR ATÉ 60A	24V

Fonte: SunLab (2018)

**4º SUPORTE ARTICULADO:** Em aço galvanizado a fogo, tem a capacidade de sustentar o painel solar. Possui regulagem tanto na inclinação como na rotação.



Código	Suporte articulado	
Prefixo	Peça	
<b>41.520</b>	KIT SUPORTE PARA POSTE 3,5"	
<b>41.521</b>	KIT SUPORTE PARA POSTE 4,0"	

Figura 14. Suporte articulado. Fonte: SunLab (2018)

**5º GABINETE PARA BATERIAS E ELETRONICOS:** O gabinete é em aço, com pintura electrostática, com ventilação natural ou forçada (opcional). Atende as exigências de segurança e isolamento para ambientes externos. Contêm os grampos de fixação para postes até 104 mm, trilho DIN para fixação do controlador de recarga, dispositivos de protecção e de conexões.

Tabela 7. Baterias solares Deep Cycle

Código		BATERIAS SOLARES DEEP CYCLE	
Prefixo		Peça	Tensões
<b>93.503</b>	40Ah	ACUMULADOR- 175x175x175	12V
<b>93.505</b>	70Ah	ACUMULADOR- 350x166x176	12V
<b>93.508</b>	105Ah	ACUMULADOR- 355x167x179	12V
<b>93.515</b>	165Ah	ACUMULADOR- 510x213x230	12V

Fonte: SunLab (2018)

## 3.2. IMPLANTAÇÃO DO POSTE SOLAR

A linha PTS é composta pelo sistema solar e luminária LED alimentada em corrente contínua, característica da energia solar. Utiliza-se na iluminação pública, rural ou urbana e decorativa.

São equipamentos de última geração, que combinam a tecnologia fotovoltaica com a economia e durabilidade dos emissores de luz a LED. Energia limpa, renovável, natural e ecologicamente correcta.

### 3.2.1. PREPARAÇÃO PARA INSTALAÇÃO DO POSTE SOLAR

Estude o local antes de colocar o poste solar. Eles devem ficar totalmente expostos à luz do Sol, durante todo o dia. Se houver sombra, isso comprometerá a autonomia (tempo de

funcionamento). A altura de montagem (AM), determina a cobertura vertical e transversal, pelas características da luminária. A distância entre postes determinará a uniformidade da iluminação no solo.

Toda instalação de painel solar no hemisfério Sul deve estar voltado para o **Norte geográfico**, melhorando a geração durante o período de insolação. O ângulo de inclinação em relação ao horizonte deverá ser calculado pela latitude do local, conforme a expressão abaixo:

$$\text{Inclinação} = \text{Latitude} - (\text{Latitude}/3)$$



Figura 15. Deve estar voltado para o Norte Geográfico. Fonte: SunLab (2018)

### **Passo 1: Preparação da base**

Prepare a base e faça as fundações necessárias. Verifique o espaçamento máximo recomendado entre postes; O poste tem uma estrutura suficientemente forte e dimensionada para suportar os equipamentos (painéis, braços, luminária, caixa de baterias) e a força de arraste dos ventos.

Recomenda-se que a BASE seja engastada entre 1 a 1,5 metros, dependendo da altura e peso.

Para postes flangeados, a base de concreto é variável conforme peso e altura. Terá entre 0,5 a 1,5 metros de profundidade.

- Utilize equipamentos adequados para a obra. Instale a estrutura (1) a prumo e fixe-a, conforme a característica do poste.
- Passe o cabo de energia (c1) principal por dentro do poste.



Figura 16. Prepare a base. (Exemplo da base flangeada). Fonte: SunLab (2018)

### **Passo 2: Braço para instalação da luminária**

- A fixação é através de parafusos na estrutura e poderá ser feita tanto no alto quanto no chão, dependendo do equipamento de instalação sendo utilizado.
- Ao instalar ou içar o(s) braços (3), lance o cabeamento (c2) de ligação da luminária pelo tubo do braço e o do poste;
- Use as janelas de inspeção; Passe a fiação (c2) pela parte interna do poste;

### **Passo 3: luminária LED**

A luminária é em alumínio e possui lente transparente. O acesso interno é desnecessário.

- Faça a conexão de energia da luminária no cabo que foi passado (passo 2). A conexão é polarizada;
- Cuidado para não danificar a isolação da fiação, pois poderá provocar curto ao ligar;
- Encaixe a luminária no braço. Aperte os dois parafusos do dispositivo de travamento;
- Verifique o ângulo de projeção no chão (à noite);
- Regule a inclinação para que o foco de luz esteja adequado e aperte os parafusos.

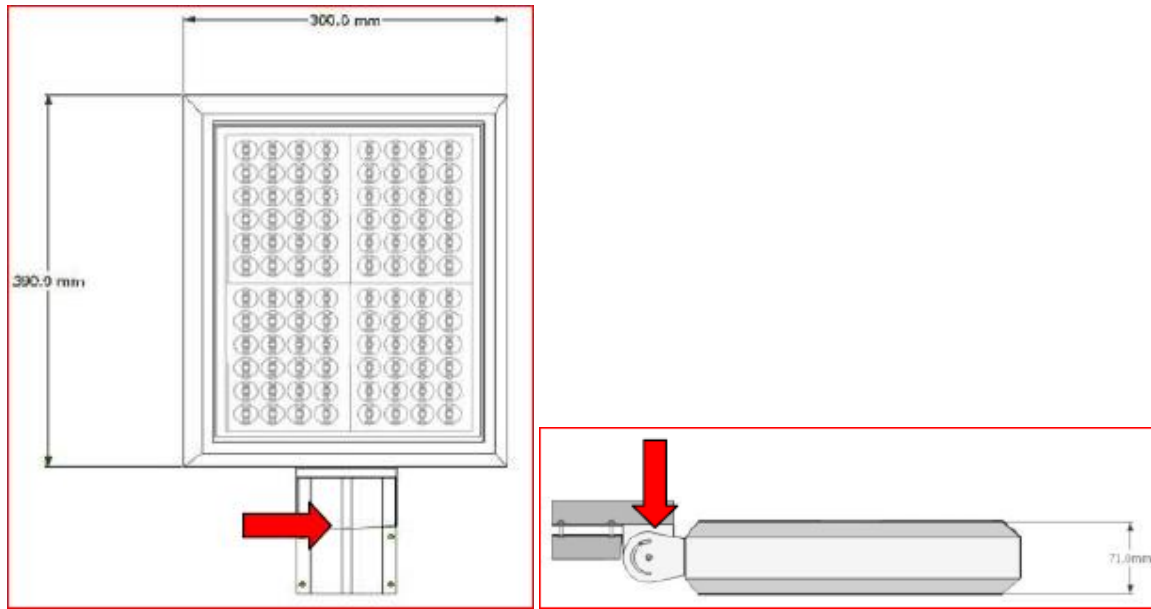


Figura 17. Instalação da luminária. Parafusos de regulagem.

Fonte: SunLab (2018)

**Obs.:** A ILC nos postes solares funciona na tensão do sistema, dimensionado de fábrica. Não precisa de inversor, reator ou outro acessório. Basta conectar directamente ao cabo de energia que vem do controlador.

Não corte o conector ou inverta a polaridade pois poderá danificar o equipamento.

#### **Passo 4: Suporte do painel solar**

O suporte é articulado para permitir o direccionamento da face do painel para o norte (no hemisfério sul). Faça a instalação do painel e o aperto dos parafusos após o encaixe deste no topo do poste.

- Considere se a opção de instalar primeiro o suporte no poste e depois os painéis, ou
- Montar os painéis e encaixes no suporte ainda no chão e içá-los. Dependerá dos equipamentos e recursos disponíveis.

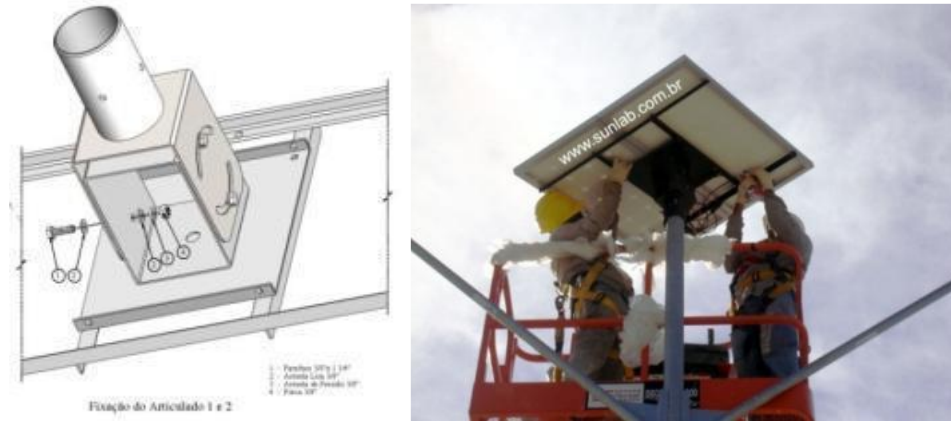


Figura 18. Base regulável. É fixada no topo do poste. Fonte: SunLab (2018)

- Suba os painéis cobertos para que eles não fiquem gerando eletricidade.
- Regule a inclinação do suporte para o painel solar.
- Faça a conexão do cabo de energia principal.
- Faça a verificação e o aperto final dos parafusos.

#### **Passo 5: Gabinete de controle**

- Seu posicionamento pode ser na altura previsto no projecto e da estrutura do poste. Deverá coincidir com a(s) janela(s) de inspeção da estrutura para que as conexões fiquem acessíveis.
- Após o posicionamento, fixe o gabinete através das abraçadeiras em “u”. Verifique no poste o furo de referencia para o pino guia (parafuso) que travará o gabinete. Utilize-o para obter mais segurança.
- Aperte-as braçadeiras na estrutura.



Figura 19. Fixação do gabinete no poste. Fonte: SunLab (2018)

### **Passo 6: Conexões internas**

- Os cabos de energia são os dois (C1 e C2). Um da luminária e o outro que vai para os painéis solares.
- Verifique que os conectores são propositalmente diferentes e respeitam as polaridades dos fios.
- Instale os fios nas posições indicadas pelo esquema (fornecido e fixado cópia na tampa do gabinete).
- Verifique se os fusíveis estão nos próprios bornes, antes da conexão.

Utilize do esquema de ligação para auxiliar na identificação e posicionamento dos fios nos respectivos contactos dos bornes.

### **Passo 7: Baterias**

- As baterias de eletrólito líquido não devem ser inclinadas além de 45°, para evitar que a solução vazze acidentalmente.
- Caso ocorra, basta desvira-las, verificando se houve vazamento. Caso tenha ocorrido e em pequena quantidade, não chegará a provocar maiores danos, bastando limpar.
- Ao contrário, não toque no líquido!
- Não toque nos olhos ou na boca, na pele ou vestimenta. Lave-se imediatamente.
- A bateria e a solução ácida que vazou pode ser lavada cuidadosamente, em uma solução de água e bicarbonato de sódio.
- Baterias devem ser armazenadas em locais ventilados, longe da luz solar direta, do calor intenso e do alcance de crianças e animais.
- Elas contém uma grande quantidade de energia.
- em corrente contínua um dos fios sempre será positivo (marca sinal +) e é utilizada a cor **vermelha** para distingui-lo e o outro, de polaridade negativa (marca de sinal “-“) é na cor **preta**.

### **Colocando as baterias**

Verifique a tensão do seu pts se é em 12 ou 24 volts.

- Instale as baterias no gabinete e faça a conexão entre elas, conforme o esquema, obedecendo a tensão de funcionamento do pts.

- Os cabos de ligação são fornecidos.
- Efetue a confirmação da tensão de operação do sistema.

Nas figuras abaixo ilustram duas ligações para ligar duas ou mais baterias 12v com saída em 12 volts e para ligar duas ou mais baterias 12v com saída em 24 volts:

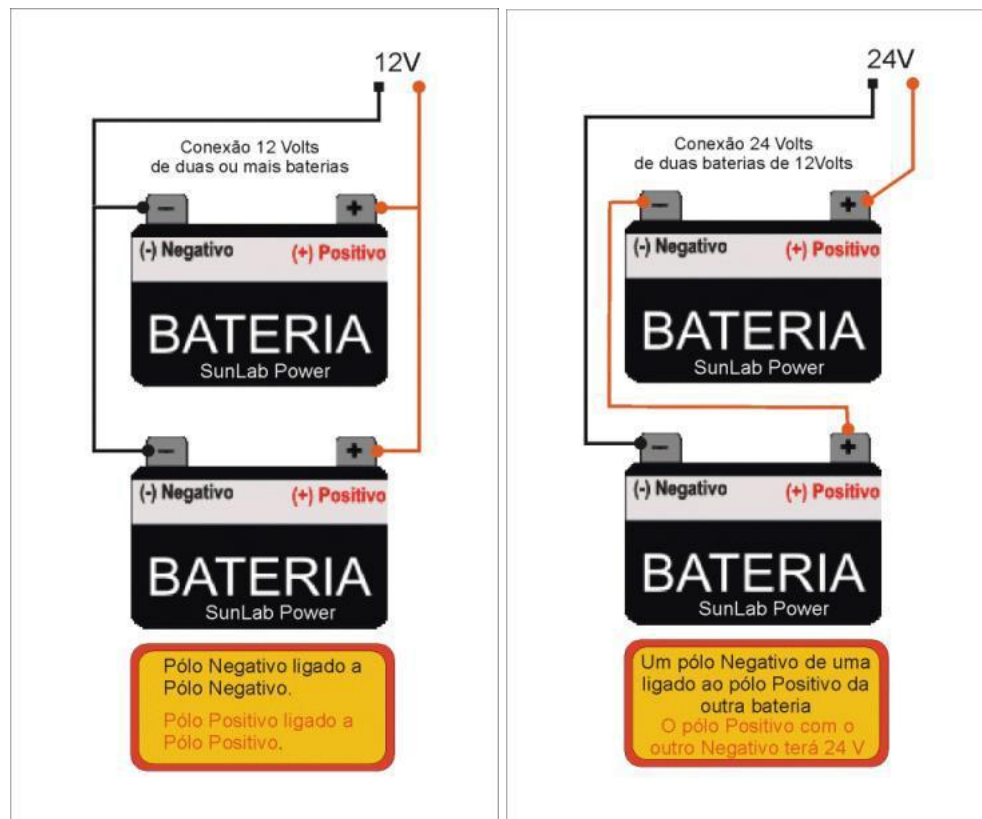


Figura 20. Ligação das baterias em paralelo para obter 12 Volts/ Ligação das baterias em série para obter 24 Volts.

Fonte: SunLab (2018)

### **PASSO 8: Controlador de carga**

O controlador é o principal componente do sistema. Totalmente electrónico e microcontrolador, é programado para as operações de ligar/desligar a iluminação, controlar de recarga e descarga das baterias, supervisionar o consumo e dar protecção aos equipamentos do sistema.

O PTS utiliza o controlador modelo LZP.

Além das proteções contra sobrecarga e sobre descarga da bateria, há outras que incluem a inversão de polaridade e curto circuito. A recarga da bateria é feita em quatro estágios e utiliza a

modulação da frequência de pulso (PWM), ajustando de acordo com a temperatura e tensões da bateria.



Figura 21. Controlador LZP. Fonte: SunLab (2018)

### **PASSO 9: Start Up – início de operação**

- Verifique se as conexões do controlador e cabos estão corretas, comparando com o esquema fornecido.
- Verifique se todos os parafusos, tanto da estrutura quanto do circuito eléctrico estão apertados. O aperto deverá ser suficiente para não causar mal contacto.
- Verificar se os fusíveis estão em ordem.



Figura 22. Verificação dos fusíveis de proteção. Fonte: SunLab (2018)

- Inserir os fusíveis nos bornes SAK respectivos

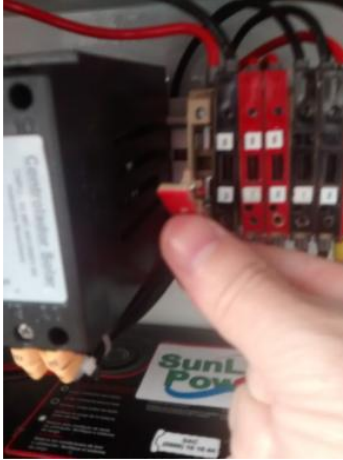


Figura 23. Inserir nos bornes. Fonte: SunLab (2018)

- Start-up: Faça uma ultima verificação das conexões e estando tudo correto, basta apertar os bornes.

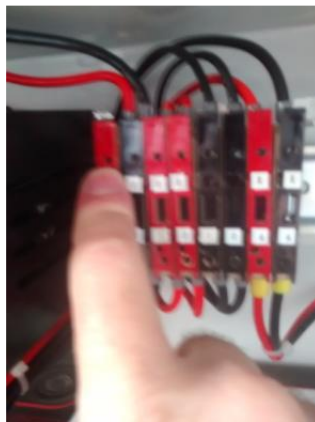


Figura 24. Pressione os bornes com os fusíveis instalados. Fonte: SunLab (2018)

### **PASSO 10: Operação**

- Uma vez conectados os fusíveis e baterias, o controlador inicializa dando um “bip” e faz o auto-diagnóstico. Se não houver falha, indicará nos LEDs frontais a tensão da bateria.
- Se o painel solar estiver coberto ou se for noite, a luminária se acenderá após meio minuto.
- Se estiver de dia, o LED verde (*CARGA*) do controlador (LZP) passará a acender, mostrando que o painel solar está gerando e a luminária se apaga.
- O controlador dará 1 bip para o sistema 12V e dois bips no sistema em 24Volts.
- Para outros sinais sonoros veja a tabela neste manual.

- O LED verde indica a situação do painel solar, e se este está aceso, o painel está gerando energia e nesse caso a luminária deverá estar apagada;
- Na luz do Sol, o painel solar carregará a bateria;
- LEDs amarelos: Indicam o estado da carga da(s) baterias: carregada, meia carga ou com carga baixa.

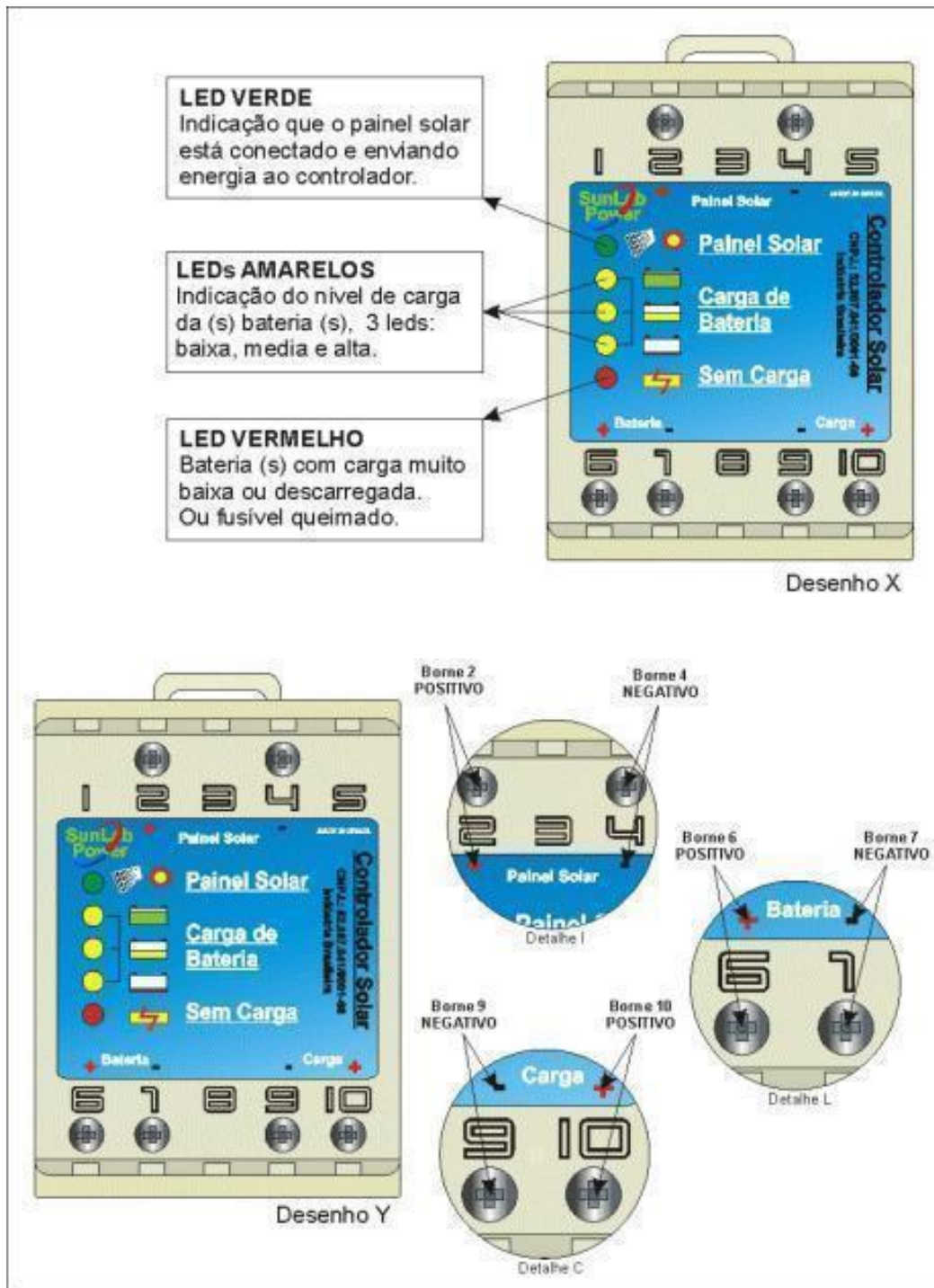


Figura 25. Ilustrações do funcionamento dos LEDs. Fonte: SunLab (2018)

- LED vermelho: Em caso de falta de bateria ou de painel o controlador estará mostrando o LED vermelho aceso. Em caso de piscar, mostra que a bateria está em recarga e não atingiu a tensão necessária para a iluminação funcionar.

- Desconexão do consumo: O controlador desliga a saída em caso da carga muito baixa da bateria, evitando que se danifique.
- Caso isso se repita com frequência, recomenda-se a verificação da bateria e conexões.
- O sistema PTS não precisa de qualquer intervenção para funcionar. O circuito eletrônico o fará acender sempre que não houver luz suficiente e desligará quando do contrário.

Tabela 8: Interpretação dos LED's de supervisão do controlador LZP

	OPERAÇÃO	ACESO	PISCANDO	APAGADO	SINAL SONORO
	<b>LED VERDE</b>	Painel solar gerando energia	N.A.	Painel solar desligado - Bateria com carga máxima	Não há
	<b>LED AMARELO ALTA</b>	Bateria carregada >80%	Carga em flutuação ou PWM	Carga abaixo desse nível	Não há
	<b>LED AMARELO MEDIA</b>	Bateria em carga media	-	Carga acima ou abaixo desse nível	Não há
	<b>LED AMARELO BAIXA</b>	Bateria abaixo de 30%	Bateria abaixo de 20%	Carga acima ou abaixo desse nível	Não há
	<b>LED VERMELHO</b>	Bateria c/ carga baixa	Bateria em recarga se LED verde aceso ou SEM carga e consumo desligado	Carga acima desse nível	Bips de aviso para desligar a luminária

Fonte: SunLab (2018)

Tabela 9: Interpretação de falhas do controlador LZP

MOSTRADOR	FALHA	CAUSA PROVÁVEL	PROTEÇÃO	CORREÇÃO
<b>TOTALMENTE APAGADO</b>	Não há energia do painel e na bateria	Painel desconectado, fusível aberto, bateria danificada.	Fusível - desligamento em caso de curto.	Verificar fusível, cabos e conexões.
<b>LED vermelho piscando</b>	Alarme sonoro contínuo	Curto circuito no controlador ou luminária	Fusível e auto-desligamento.	Trocar fusível. Caso repita reparar controlador e/ou luminária.
		Painel com polaridade invertida		Inverter a polaridade da conexão.
<b>LED vermelho piscando</b>	Alarme sonoro 4 bips curtos	Carga baixa da bateria e sem autonomia	Desligamento da luminária	Em caso de repetição, após recarga, verificar fusível ou bateria.
<b>LED vermelho e verde piscando alternados</b>	Somente há energia do painel	Bateria danificada ou desconectada	Fusível	Verificar fusível, conexão da bateria e bateria.
<b>LED vermelho contínuo</b>	Auto travamento do processador	Falha por fator externo (ex.: raio).	Auto Reset	Desconectar painel e bateria e reconectar.

Fonte: SunLab (2018)

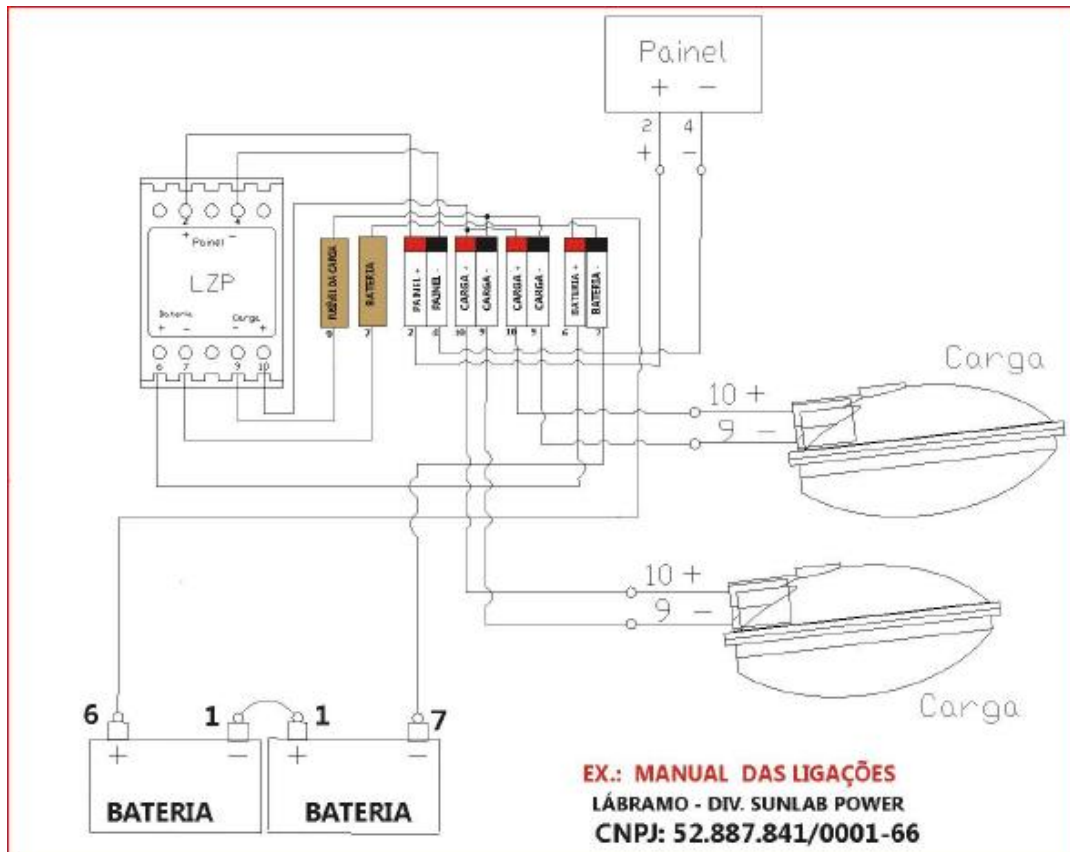


Figura 26. Esquema de ligação que acompanha o PTS. Fonte: SunLab (2018)

### 3.3. POTENCIAL SOLAR DE MOÇAMBIQUE

#### 3.3.1. Estudo do Potencial Solar

Moçambique tem um bom recurso solar, consistente ao longo do território e estável ao longo do ano. Para o estudo do potencial solar, foram recolhidos e analisados os dados de radiação global em plano horizontal de 11 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (período de 1970 – 2000) e os dados disponibilizados pelo World Radiation Data Center (WRDC), para 17 estações de medição (entre 8 a 28 anos de registos existentes).

Foram instalados 16 piranómetros, em 12 localizações dispersas por todo o território e foram registadas medições com uma amostragem de 2 em 2 segundos e registo de 10 em 10 minutos, ao longo de mais de 1 ano. FUNAE (2015)

##### 3.3.1.1. Classes de Radiação Global em Plano Horizontal [KWh/m<sup>2</sup>/ano]

Em Moçambique, a radiação global em plano horizontal varia entre os 1.785 e 2.206 KWh/m<sup>2</sup>/ano. Com base na radiação global em plano inclinado e na análise de declive do terreno, densidade florestal e áreas inundadas, o potencial de Moçambique é de 23 TWp.

##### 3.3.1.2. Locais com potencial para implantação de painel solar

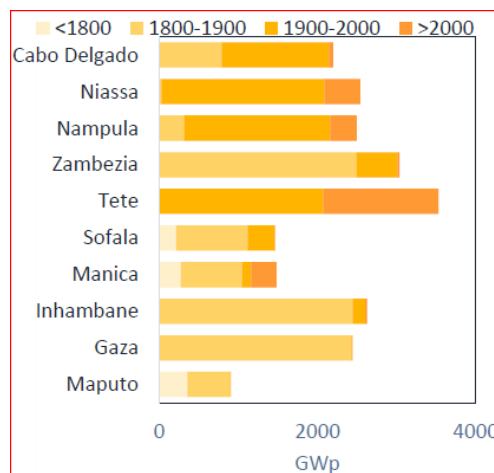


Figura 27. Potencial fotovoltaico por classe de radiação global em plano horizontal [kWh/m<sup>2</sup>/ano]

Fonte: FUNAE (2015)

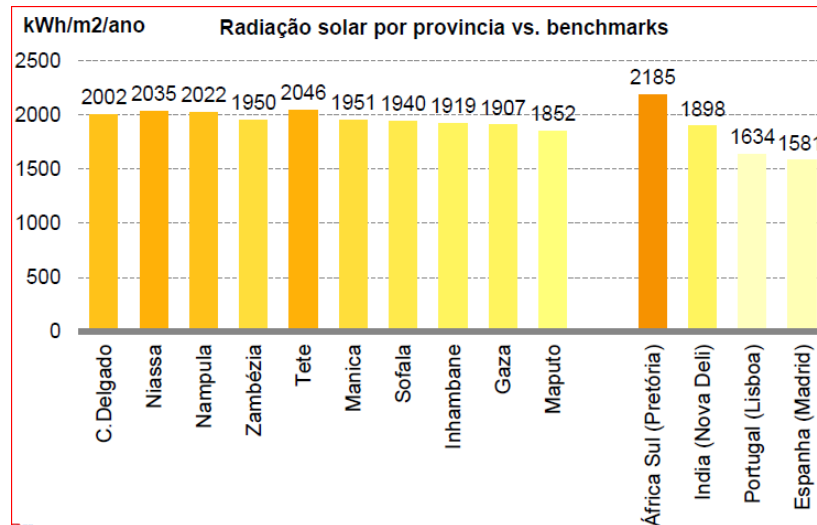


Figura 28. Moçambique apresenta um recurso solar elevado e consistente ao longo do território.

Fonte: FUNAE (2015)

### 3.4. MANUTENÇÃO DO SISTEMA DO POSTE SOLAR

O sistema PTS precisa de verificação periódica e a manutenção se compõe de:

#### 3.4.1. Preditiva

- Verificação visual e limpeza de contactos das baterias;
- Limpeza dos painéis solares e;
- Limpeza da lente da luminária.

##### 3.4.1.1. Frequência:

- Recomenda-se que a manutenção seja feita 1 ou 2 vezes por ano.
- Em locais de atmosfera agressiva, redobre o cuidado e reduza o período de verificação.

##### 3.4.1.2. Procedimentos:

###### **Limpeza**

- Na remoção da poeira e depósito de sólidos não utilize materiais agressivos ou derivados de petróleo.
- No painel solar e na lente da luminária, use somente água e sabão neutro, aplicado com pano ou esponja não abrasiva.

- Na verificação da bateria e limpeza de contactos é recomendado produtos de remoção de óxido e aplicação de resina de protecção condutora.
- As baterias têm a durabilidade segundo a tecnologia aplicada em sua fabricação. A vida útil é definida pelo fabricante da bateria.

#### **Vida Útil:**

- Não há um tempo determinado de duração dos componentes do PTS, visto que excedem a décadas de uso, exceto as baterias.
- Em geral as baterias de electrólito líquido têm uma vida útil entre 3 a 5 anos, a as de Gel 2 a mais. A variação depende do local em que está instalado, devido a temperaturas, humidade e do regime de carga/descarga, relativo ao clima a que está sujeito.
- As baterias utilizadas são de descarga profunda e encontradas no mercado. Na necessidade de troca, deve atender a tensão e corrente da original. Em caso de dúvida, consulte nosso departamento de suporte e as marcas de baterias homologadas pela Sunlab Power.
- Ao notar a diminuição de autonomia, averigue o tempo de uso e o estado da bateria.

### **3.5. Manutenção corretiva**

A manutenção correctiva poderá ocorrer caso seja detectado alguma falha de funcionamento. Em geral se ocorre, há a queima de fusível e o controlador passa a indicar através do LED vermelho ou senão com BIPS constantes. O serviço de suporte da SunLab está a disposição para atender e dar a assistência necessária.

#### **3.5.1. Queda na autonomia:**

A diminuição de funcionamento e autonomia pode ocorrer por vários factores e tais possibilidades são pela vida útil da bateria, ampliadas pelo clima de inverno ou na falta de insolação. Caso ocorra prematuramente, verifique se:

- O painel solar está limpo e voltado para o norte.
- A conexão do painel está interrompida (veja o LED verde).
- A conexão com a luminária está com mau contacto ou oxidação?
- A bateria está devidamente conectada?
- Os pólos das baterias estão limpos e sem oxidação?
- Qual o tempo de uso da bateria?

### **3.5.2. Cuidados na manutenção:**

- O equipamento possui partes eléctricas e somente deve ser feito por pessoa habilitada;
- Cuidado com a inversão de polaridade das conexões pois podem causar curto-circuito e danificar o equipamento.
- Em nenhuma hipótese **ligue o PTS na energia convencional (110/220v)**.
- Para se provocar o acendimento da luminária é necessário que o painel não esteja gerando electricidade.
- Para testar, a alternativa é a de cobrir o painel solar com um plástico preto ou desconectar o fusível do painel no controlador, e esperar 30 segundos.

### **3.6. VALOR DE AQUISIÇÃO DO SISTEMA**

Para este sistema o valor vai variar de acordo com a qualidade do material e o modelo, e modelo na qual estamos estudando é o Poste Solar da Sunlab, onde o Kit completo é composto por:

- Luminária a LED ILC (90W)
- Braço de fixação da luminária. (48mm x 2,0m)
- Painel solar.
- Suporte articulado do painel solar.
- Gabinete de baterias.
- Baterias de Ciclo Profundo para trabalhar com energia solar. (70Ah/12v)
- Controlador inteligente, para carga e descarga das baterias com função foto sensora.(20A/12v)
- Dispositivo de protecção contra falhas.
- Conexões através de bornes para fios até 6 mm<sup>2</sup>.
- Cabos eléctricos e conectores para todo o sistema.

A este Kit completo irá custar cerca de 181.000,00 MT a cada poste solar. Fazendo um estudo de aquisição para avenida que irá precisar de 192 postes isto vai render aos bolsos dos investidores um valor de **34.720.000,00 MT**.

## **CAPITULO IV: CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **4. Conclusão**

De acordo com o descrito no presente trabalho, traz uma vasta gama de informação sobre sistemas de iluminação pública. O tema que de início parece simples, revela-se com tal grau de detalhamento e tecnologia que faz os estudiosos buscarem cada vez mais informações, em busca de um ponto óptimo de qualidade e economia.

Além disso, foi realizada uma simulação bastante detalhada da aplicação de postes solares de Iluminação Pública para a cidade de Nampula caso específico a avenida do trabalho, na qual os resultados evidenciam a real eficácia deste projecto.

Vimos que o Sol, como recurso energético possível de gerar energia eléctrica, vem ganhando reconhecimento e representatividade no mundo inteiro. E uma das tecnologias que usam tal recurso conforme apresentado é a energia solar fotovoltaica.

Apesar de ainda apresentar necessidade de incentivos económicos para se tornar popular, o sistema fotovoltaico já é utilizado em grande escala. Dada a flexibilidade e a praticidade de instalação de plantas solares fotovoltaicas autónomas, sugere-se o desenvolvimento de estudos sobre a viabilidade técnica e económica da tecnologia ser aplicada em postes de iluminação pública. E com os resultados obtidos neste trabalho, é possível perceber que, do ponto de vista da geração de energia eléctrica, o mercado para a tecnologia LED é muito promissor para os próximos anos, visto que as lâmpadas LED estão em uma fase de crescimento de sua popularização e com caimento de seus preços.

Com isso, este sistema ira racionalizar o consumo de energia eléctrica, reduzir o consumo de energia eléctrica da concessionária (EDM).

#### 4.1. Sugestões

Com a aplicação deste novo sistema usando uma fonte de energia externa (solar), a EDM pouparia mensalmente um valor de **122.342,4 MT**, cujo valor podia ser aplicado na melhoria de redes de baixa tensão e qualidade de energia nos bairros periféricos da cidade que há muito vem reclamando. Com isso, sugeria que:

- Aplicação de lâmpadas LED, em substituição das lâmpadas de vapor de sódio e assim como as lâmpadas de Mercúrio;
- Fazer o devido acompanhamento dos gastos de energia na iluminação pública em todas as avenidas e bairros da cidade, de modo a se ter um cálculo geral do consumo de energia perdido durante o dia, mês e anos;
- Sencibilizar os clientes da eficiência energética;
- Fazer o bom uso da via pública de modo a não danificação dos postes, devido ao alto custo da reposição do material;

## Bibliografia e Referências bibliografias

- COPEL. **Arborização de vias públicas. Guia para os municípios.** 2008. Disponível em: <[www.copel.com/hpcopel/guia\\_arb/](http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/)> Acesso em: outubro de 2011.
- Grupo de Trabalho de Energia Solar fotovoltaica – GTEF. **Sistemas fotovoltaicos.** Manual de Engenharia. 1 ed., junho de 1995.
- EPE, Nota Técnica EPE, **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira.** Rio de Janeiro. Maio, 2012.
- COPEL. **Manual de instruções comerciais nº 14 – Módulo 6: Iluminação Pública.** Documento interno. 2009.
- MME - Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030. Geração de energia elétrica a partir de outras fontes.** Brasília. v. 9. 2007.
- Pereira, F., Oliveira, M. "Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica". Edições Publindustria, 2011.
- ANEEL. **Nota técnica nº 021/2011-SRC/ANEEL,** de 25 de agosto de 2011. Disponível em: [www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/049/documento/nt-021\\_2011\\_art\\_218.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/049/documento/nt-021_2011_art_218.pdf)  
Acesso em: outubro de 2011.
- COPEL. **Iluminação Pública.** 2009. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcArquivos.nsf/53FB6DE69DDFD5B30325758A06FE37F/\\$FILE/ntc810044.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcArquivos.nsf/53FB6DE69DDFD5B30325758A06FE37F/$FILE/ntc810044.pdf)> Acesso em: novembro de 2011.
- GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação Teoria e Projeto.** 1º Edição. São Paulo: Érica Ltda, 2007. Capturado em 25/03/2019
- Rolf M. Sitta\_ **MANUAL\_DE\_INSTALACÃO\_E\_MANUTENÇÃO-LINHA PTS\_rev7,** criado em 04/01/2018
- CPFL Energia. **Projeto – Iluminação Pública.** 2006. Disponível em: <[www.cpfl.com.br/LinkClick.aspx?fileticket=hfMh4LMEWHk%3D&tabid=310&mid=1083](http://www.cpfl.com.br/LinkClick.aspx?fileticket=hfMh4LMEWHk%3D&tabid=310&mid=1083)>  
Acesso em: outubro de 2011.

## Apêndice A – QUESTIONÁRIO

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA

Á POLITÉCNICA

ESCOLA SUPERIOR DE ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS DE NAMPULA

(ESEUNA)

Questionário desenvolvido para a pesquisa sobre o projecto de implantação de painéis solares para a iluminação pública na cidade de Nampula caso específico avenida do trabalho, este questionário foi feito aos técnicos electricista da EDM bem como para alguns colaboradores (tarefeiros), com finalidade de identificar e solucionar as melhores práticas e técnicas para melhoria deste sector.

Tempo médio de resposta: 10 a 15 minutos

Elaborado pelo autor.

### Legenda:

I.P – Iluminação Pública

[ ] Escolha apenas uma alternativa.

1. Já ouviu falar de sistemas que envolvem os painéis solares?

a) [ ] Sim

b) [ ] Não

2. A Iluminação Pública é essencial à segurança e qualidade de vida nos centros urbanos?

a) [ ] Sim

b) [ ] Não

a) [ ] As vezes

3 – A falta de iluminação nesta via tem contribuído para acidentes e congestionamento das viaturas e utentes?

- a)  Sim
- b)  Não
- c)  As vezes
- d)  Sempre

4 – Com que frequência tem - se feito a Manutenção na Rede da I.P nesta avenida?

- a)  Rotina diária
- b)  Semanal
- c)  Mensal
- d)  Solicitada
- e)  Outros \_\_\_\_\_

5 – Como está organizado o sector de manutenção para I.P em sua empresa (E.D.M)?

- a)  É descentralizado, sendo que há uma equipe própria de manutenção para cada processo ou área.
- b)  É centralizado, havendo apenas uma equipe de manutenção que actua em toda a empresa.
- c)  É misto, sendo que cada área/processo tem uma equipe própria, mas a função de manutenção é centralizada por um órgão que gerência e controla os processos e pessoas envolvidas.
- d)  A manutenção é terceirizada (Empresa contratada).
- e)  Não sei dizer

6 – A empresa ou departamento possui meios necessários e suficiente para a manutenção da Iluminação pública?

- a)  Sim
- b)  Não
- c)  Outra \_\_\_\_\_

7 – Relativamente ao sistema actual de iluminação em termos de consumo de energia há muitos gastos?

- a)  Sim
- b)  Não
- c)  Não sei dizer

8 – Acredita que o sistema de painéis solares sendo Autónomo ira melhorar a iluminação e contribuir na redução dos gastos de consumo de energia?

a)  Sim

b)  Não

Muito Obrigado pela colaboração!

## APENDICE B - ENTREVISTA

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA

Á POLITÉCNICA

ESCOLA SUPERIOR DE ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS DE NAMPULA

(ESEUNA)

O presente guião de entrevista tem por finalidade colher informações relacionadas ao *Projecto de implantação de painéis solares na cidade de Nampula caso específico a avenida do trabalho*, face ao melhoramento da iluminação e a racionalização dos custos em valores por parte da concessionária.

Elaborado pelo autor.

- 1 – Tem conhecimento sobre o funcionamento de sistema fotovoltaico?
- 2 – A iluminação pública é essencial para a qualidade de vida e desenvolvimento socio – económico?
- 3 – É impossível melhorar a eficiência energética do sistema de I.P já existente?
- 4 – Se os sistemas de Iluminação Pública nas cidades forem melhorados, a imagem da cidade também o será?
- 5 – O sistema actual implementado gera gastos desnecessários a empresa?
- 6 – Acha necessário melhorar e adoptar técnicas sustentáveis de I.P de modo a tornar mais eficiente e qualitativa a avenida?
- 7 – A iluminação pública nesta avenida esta em condições de atender as necessidades dos utentes no período nocturno?
- 8 – Qual tem sido o constrangimento dos utentes, quando não tem a iluminação Pública em funcionamento ou defeituosa?
- 9 – Oque acha sobre a projecção de sistema um fotovoltaico alimentando a I.P independentemente capaz de funcionar 12 horas sem gastos mensais?

Muito Obrigado pela colaboração!

# **Anexos**



Figura 29. Via pública equipada de postes solares

Fonte: O autor 2019



Figura 30. Rotunda do aeroporto que dá acesso cidade de Nampula

Fonte: O autor 2019



Figura 31. Início da Avenida Trabalho

Fonte: O autor 2019



Figura 32. Avenida do Trabalho a luz do dia

Fonte: O autor 2019



Figura 33. Avenida do Trabalho

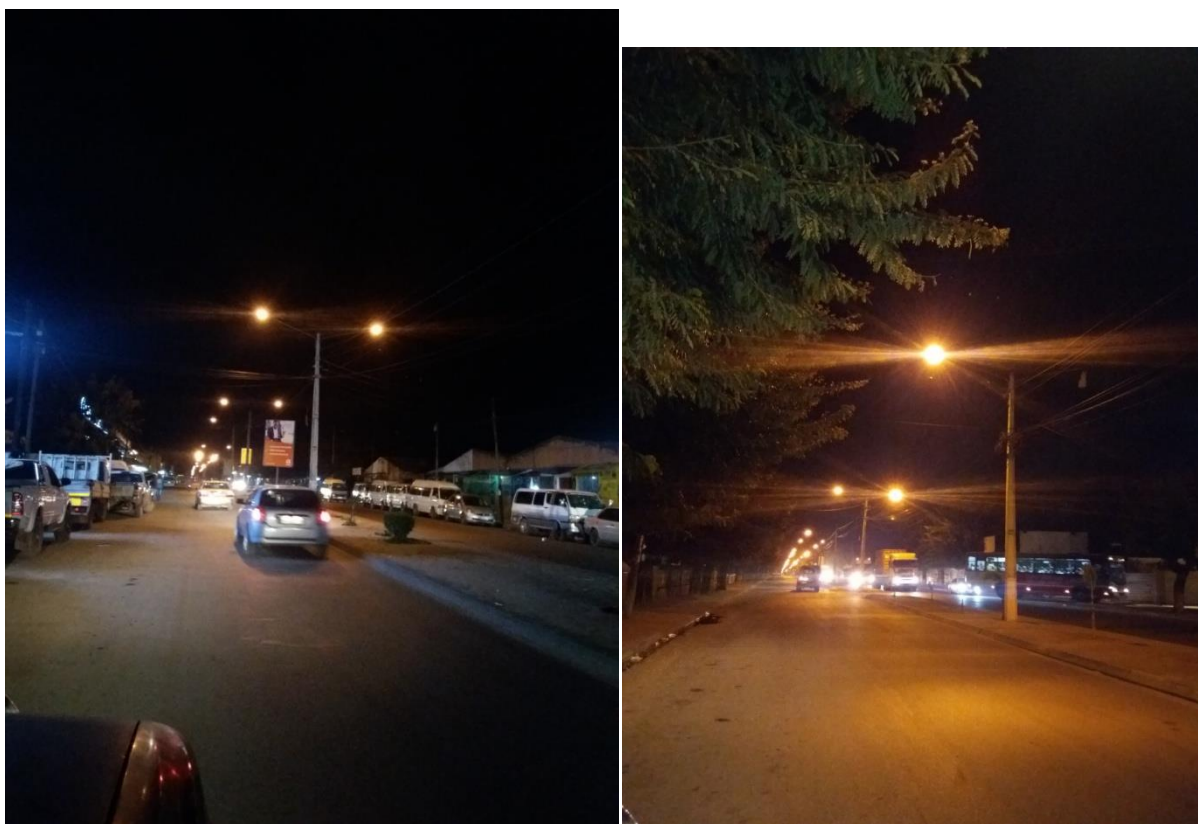


Figura 34. Avenida do trabalho período nocturno

Fonte: O autor 2019



Figura 35. Fim da Av. Do Trabalho

Fonte: O autor 2019