



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Análise do Uso de Energia Fotovoltaica na Iluminação Pública Rodoviária no Troço Nó Zimpeto a Maracuene

Autor:

Conde Júnior, Lino Dapassoa

Supervisor:

Dr. Eng. Manuel Cumbi

Maputo, Julho de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Análise do Uso de Energia Fotovoltaica na Iluminação Pública Rodoviária no
Troço Nó Zimpeto a Maracuene**

Autor:

Conde Júnior, Lino Dapassoa

Supervisor:

Dr. Eng. Manuel Cumbi

Maputo, Julho de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Análise do Uso de Energia Fotovoltaica na Iluminação Pública Rodoviária no Troço Nó Zimpeto a Maracuene

Autor:

Conde Júnior, Lino Dapassoa

Supervisor:

Dr. Eng. Manuel Cumbi

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para Conclusão da cadeira de Estágio Profissional, no curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Maputo, Julho de 2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu Conde Júnior, Lino Dapassoa, estudante do 5º nível do curso de Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação, investigação pessoal e da orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados na bibliografia.

Maputo, julho de 2023

(Conde Júnior, Lino Dapassoa)

RESUMO

Com a alta demanda de electricidade nos grandes centros urbanos, é colocada em pauta a necessidade de construções e expansões de hidroeléctricas, mesmo causando grande impacto no ecossistema. O avanço da tecnologia permitiu a descoberta da energia fotovoltaica, que geralmente são placas de silício que captam a energia do Sol, uma fonte de energia renovável e inesgotável de calor e luz, e a transformam em energia eléctrica. Com base em dados e pesquisas, o presente projecto realiza um estudo de implantação da energia fotovoltaica em iluminação públicas, visando a economia aos cofres da concessionária Revimo no que tange ao pagamento mensal da energia consumida, bem como a redução do custo de manutenção, pois é um sistema estável que não necessita de muita intervenção ao longo dos anos, além de garantir óptima iluminação no troço em estudo. Este trabalho analisa a viabilidade técnica e económica e a sustentabilidade de projectos de instalação de iluminação pública urbana utilizando o sistema de energia fotovoltaica (PV). Primeiramente, é realizada uma descrição do estado da arte da tecnologia, estudando os componentes envolvidos em luminárias solares LED para aplicação em iluminação pública e exemplos de sistemas fotovoltaicos autônomos instalados em diferentes países. Posteriormente, é apresentado um estudo de caso baseado em um projecto de instalação de iluminação pública no troço Nó de Zimpeto a Maracuene.

Palavras Chaves: Energia Solar, Fotovoltaico, Iluminação Publica e Renovável.

ABSTRACT

With the high demand for electricity in large urban centers, the need for construction and expansion of hydroelectric plants is on the agenda, even though it causes a great impact on the ecosystem. The advancement of technology allowed the discovery of photovoltaic energy, which are usually silicon plates that capture the sun's energy, a renewable and inexhaustible source of heat and light, and transform it into electrical energy. Based on data and research, this project carries out a study of the implementation of photovoltaic energy in public lighting, aiming at saving the Revimo concessionaire's coffers in terms of the monthly payment of consumed energy, as well as the reduction of maintenance costs, as it is a stable system that does not need much intervention. Over the years, in addition to ensuring optimal lighting in the section under study. This work analyzes the technical and economic feasibility and sustainability of urban public lighting installation projects using the photovoltaic (PV) energy system. First, a description of the state of the art of technology is carried out, studying the components involved in LED solar luminaires for application in public lighting and examples of autonomous photovoltaic systems installed in different countries. Subsequently, a case study is presented based on a public lighting installation project on the N6 de Zimpeto to Maracuene section.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic, Public Lighting and Renewable.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
Capítulo I: Introdução	1
1.1. Introdução:	1
1.2. Formulação do Problema	2
1.3. Justificação	2
1.4. Objectivos	3
1.4.1. Objectivo Geral	3
1.4.2. Objectivos Específicos:	3
1.5 Local De Realização:	3
Capítulo II: Fundamentação Teórica	4
2.1. Iluminação pública	4
2.1.1. Conceitos e unidades utilizadas em iluminação	4
2.1.2. Principais equipamentos de iluminação pública	5
2.1.3. Reactores	8
2.1.4. Ignitores	9
2.1.5. Relé Fotoeléctrico	9
2.1.6. Luminárias	10
2.1.7. Sistema de Fixação	10
2.1.7. LEDS Orientados à Iluminação Pública	11
2.1.8. Luminárias LEDs para Iluminação Pública	12
2.2. Análise comparativa entre luminárias LED e luminárias convencionais	13
2.2.2. Sistemas fotovoltaicos isolados	13
2.2.3. Módulo fotovoltaico	14
2.2.4. Células de silício monocristalino	14
2.2.5. Células de silício policristalino	15
2.2.6. Células de silício amorfo	16
2.2.7. Características eléctricas dos módulos fotovoltaicos	17
2.2.3. Potência de pico	17
2.2.4. Tensão de potência de pico (V_{max})	18
2.2.5. Corrente de potência de pico (I_{max})	18
2.2.6. Corrente de curto-circuito (I_{SC})	18
2.2.7. Tensão de circuito aberto	18
2.2.8. Associação de módulos fotovoltaicos	18
2.2.9. Módulos fotovoltaicos conectados em série	18
2.2.10 Módulos fotovoltaicos conectados em paralelo	19
2.2.11. Baterias	19
2.2.12. Capacidade	20
2.2.13. Ciclo	20
2.2.14. Descarga	20
2.2.15. Eficiência	20
2.2.16. Profundidade de descarga	20
2.2.17. Vida útil	21

2.2.16. Controladores de carga	21
Capítulo III: Metodologia.....	23
3.1. Definição de Pesquisa.....	23
3.2. Objecto de Estudo	23
3.3. Dados	23
Capítulo IV: Memória Descritiva e Justificativa.....	24
4.1. Memória Descritiva e Justificativa	24
4.2. Descrição Física e Funcional	24
4.3. Objetivos e Compromissos	27
Capítulo V: Especificações Técnicas.....	28
5.1. Especificações Técnicas dos Dispositivos	28
5.2. Aspectos Ambientais	33
5.3. Considerações finais	33
Capítulo VI: Medição do nível de iluminância da luminária escolhida para o projeto....	34
6.1. Generalidades.....	34
6.2. Objectivos.....	34
6.3. Metodologia usado para colecta das informações e o seu tratamento	34
6.3.1. Definição de locais de estudo	34
6.3.2. Equipamentos usados no processamento de colecta de dados	35
6.3.3. Especificações técnicas do luxímetro	35
6.3.4. Especificações técnicas do Laser Distance Meter UT392B	36
6.3.5. Níveis padrão de iluminância admissíveis nas vias publicas.	37
6.3.6. Levantamento e avaliação dos níveis de iluminância	38
6.3.7. Pontos de Medição, Sinalizados a Preto e Postes, Sinalizados a Vermelho.....	39
6.4. Dados colectados	39
Capítulo VII: Medições	42
7.1. Lista de Material e Quantidade Necessária.....	42
Capítulo VIII: Estudo do Custo	43
8.1. Custo de Execução	43
8.2. Custo de Manutenção.....	44
8.3. Vantagens do SPV.....	47
8.4. Desvantagens do SPV	47
8.5. Vantagens do Sistema Convencional	48
8.6. Desvantagem do Sistema Convencional	48
Capítulo IX: Conclusões e Recomendações do Estudo.....	49
9.1. Discussões e Recomendação.....	49
9.2. Consumo de Energia do Sistema.....	51
X. Referencias Bibliográficas.....	53
Anexo 1: Tabela 1 de norma Europeia de iluminação publica.....	A1.1
Anexo 2: Tabela 2 de norma Europeia de iluminação publica.....	A2.2
Anexo 3: Tabela 3 de norma Europeia de iluminação publica.....	A3.3
Anexo 4: Tabela 4 de norma Europeia de iluminação publica.....	A4.4

Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação das características fundamentais dos principais tipos de lâmpadas	13
Tabela 2: Factor de Depreciação.....	26
Tabela 3: Característica das luminárias.....	28
Tabela 4: Característica do Painel.....	29
Tabela 5:Característica da bateria.....	30
Tabela 6: Característica do sistema de apoio das luminárias.....	32
Tabela 7: Especificações técnicas do laser distance meter.....	37
Tabela 8: Limites fotométricos para vias de trafico motorizado e de pedestres	38
Tabela 9: Dados extraídos na medição	40
Tabela 10: Lista dos materiais e quantidades necessárias	42
Tabela 11: Custo de execução de um sistema fotovoltaico de 0,08kWp.....	43
Tabela 12: Custo de Manutenção do sistema fotovoltaico durante 20 anos.....	45
Tabela 13: Custo de Logística da Manutenção	45
Tabela 14: Custo de Manutenção de sistema fotovoltaico	46
Tabela 15: Custo de instalação de um sistema convencional de 0,80 kWp	50
Tabela 16: Custo de Manutenção sistema Convencional durante 20 anos	51
Tabela 17: Custo de Manutenção sistema Convencional.....	52

Índice de Figuras

Figura 1: Lâmpada de vapor de mercúrio comum em sistema de iluminação pública	6
Figura 2: Lâmpada de vapor de sódio tubular, comumente utilizada em sistema de iluminação pública.....	7
Figura 3: Lâmpada a multivapor metálico iluminando uma quadra esportiva	8
Figura 4: Reactor externo para lâmpada a vapor de mercúrio	8
Figura 5: Exemplo de relés fotoelétricos	9
Figura 6: Exemplo do funcionamento de uma luminária e do seu conjunto óptico	10
Figura 7: Exemplo de suporte em pétala para 2 luminárias.....	11
Figura 8: Estrutura básica de uma luminária LED para iluminação pública	12
Figura 9: Configuração básica de um sistema fotovoltaico isolado	14
Figura 10: Célula de silício monocristalino	15
Figura 11: Célula de silício policristalino	16
Figura 12: Célula de silício amorfo	17
Figura 13: Imagem do troço Nó Zimpeto a Maracuene tirada do satélite	24
Figura 14: Distância do vão e da faixa.....	25
Figura 15: Nível de Iluminância	25
Figura 16: Luminárias tipo LED 12/24 VDC ou 100-240 VAC	28
Figura 17: Painel Solar	29
Figura 18: Bateria	30
Figura 19: Controlador e Diagrama de Ligação	31
Figura 20: Apoios das luminárias.....	32
Figura 21: Luxímetro MT943	35
Figura 22: Especificações técnicas do luxímetro	36
Figura 23: Laser distance meter	36
Figura 24: Demarcação dos Pontos de Medição (Simulação da estrada com as distâncias).....	39

Lista de abreviaturas e siglas

Assinatura/ Sigla	Descrição
PC-LEDs	Phosphor Converted LEDs
HB-LEDs	High Bightness LEDs
HP-LEDs	Hight Power LEDs
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
VSPV80	Valor do Sistema Fotovoltaico de 80W
VC250	Valor do Sistema Convencional de 250W
VC80	Valor do Sistema Convencional de 80W
SPV	Sistema Fotovoltaico

Capítulo I: Introdução

6. Introdução:

A energia solar é uma energia renovável extraída a partir da luz solar através dos painéis fotovoltaicos, que a transformam em corrente eléctrica. A energia solar é uma energia alternativa, renovável e sustentável, sem impactos negativos para o meio ambiente. O projecto tem a finalidade de aplicar o uso da energia solar para melhorar as condições de segurança de pessoas e veículos na estrutura rodoviária do troço nó Zimpeto a Maracuene.

A tecnologia de iluminação pública eficiente pode ser obtida usando tecnologia de iluminação de energia eficiente e fonte de energia renovável como fonte de alimentação. O avanço das tecnologias de iluminação produziu muitos tipos de novos dispositivos de iluminação para iluminação de estradas. As tecnologias de iluminação mais promissoras para iluminação rodoviária incluem os sistemas de iluminação de diodo emissor de luz (LED), indução, plasma e iodetos metálicos (MH) como substitutos dos actuais sistemas de iluminação de sódio de alta pressão (HPS). (Y Jiang, 2015)

As luminárias LED têm o potencial de aumentar a uniformidade da iluminação e reduzir o encandeamento, o que melhora tanto o conforto visual quanto a capacidade de discriminação visual dos motoristas de automóveis. Entretanto, a possibilidade de utilização de fonte de energia renovável depende de sua disponibilidade em um local específico. Dentre todos os tipos de fontes renováveis de energia existentes no país, a energia solar possui um enorme potencial e tem sido utilizada lentamente tanto em aplicações do tipo industrial quanto em aplicações autônomas. As vantagens da energia solar são contribuídas para sua sustentabilidade, limpeza, facilidade de manutenção e características de ruído zero absoluto. Além disso, existem muitos países tropicais neste mundo que recebem irradiação solar direta em torno de XY de 1700 e 2200 kWh/m² /ano.

7. Formulação do Problema

A geração de energia usando combustíveis fósseis ou por outras fontes convencionais tem sido conotada como nociva ao meio ambiente e insustentável. Para mitigação da inconveniência do uso de fontes convencionais e de crescente importância o uso de fontes renováveis para a geração de energia eléctrica.

Em Moçambique, a iluminação pública é responsável por uma boa percentagem do consumo de energia eléctrica convencional, e com o crescimento da demanda surge a necessidade de diversificar as formas de geração de modo a assegurar a qualidade de energia e permitir que mais pessoas tenham acesso à energia eléctrica. Na estrada circular de Maputo especificamente no troço Nó de Zimpeto até Marracuene não existe nenhum sistema de iluminação pública o que favorece a ocorrência de acidentes de viação, crimes e a falta de investimento social no mesmo.

Por outro lado, a fraca qualidade de energia fornecida pela concessionária devido a alta demanda, e provavelmente não vai permitir que o breve troço se encontre uma solução eficaz para esse problema.

Nessa perspectiva, os sistemas solares fotovoltaicos surgem como uma alternativa promissora integrada na geração distribuída. Sabe-se, porém, que a implementação destes sistemas tem desvantagens ligadas aos altos custos de investimento inicial.

8. Justificação

Com o troço Nó Zimpeto a Maracuene iluminado, melhoramos as condições da estrada para os automobilistas, ciclistas e peões, reduzindo a probabilidade de acidentes bem como assaltos, fazendo isso usando o sistema fotovoltaico nos trará vantagens ao meio ambiente visto que a energia solar não polui, bem como a redução de custos de manutenção, na eliminação de gastos mensais com o pagamento da energia. Por ser um sistema independente para cada luminária e pela estabilidade do sistema, não teremos apagões em série em casos de acidentes, curto-circuito ou avarias.

9. Objectivos

10.

1.1.1. Objectivo Geral

Analisar o uso de energia fotovoltaica na iluminação pública.

1.1.2. Objectivos Específicos:

- ✓ Estudar a viabilidade do uso da energia fotovoltaica para a iluminação do troço nó Zimpeto a Maracuene;
- ✓ Dimensionar os dispositivos a serem aplicados na implantação do projeto;
- ✓ Identificar as vantagens técnicas e financeiras do uso da energia fotovoltaica.

11. Local De Realização:

Província de Maputo, Município da Maputo no Troço Nó de Zimpeto – Maracuene

Capítulo II: Fundamentação Teórica

12. 2.1. Iluminação pública

Proporcionar a quantidade de luz necessária para garantir a segurança, eficiência e conforto nas actividades realizadas é uma das metas de qualquer projecto de iluminação pública. Segundo a COPEL (2012), é possível proporcionar um ambiente onde medidas contra ofuscamento e manutenção da uniformidade ocorram quando há seleção correcta das lâmpadas levando em consideração a reprodução de cores. Utilizar lâmpadas e luminárias que sejam energeticamente eficientes é desenvolver um projecto que esteja ecologicamente correcto, diminuindo a poluição luminosa.

2.1.1. Conceitos e unidades utilizadas em iluminação

A seguir serão apresentados alguns termos luminotécnicos e eléctricos básicos necessários para a compreensão dos demais capítulos deste trabalho.

Fluxo Luminoso (lm)

Fluxo luminoso é definido como a quantidade de luz produzida por uma fonte, através da energia emitida pela radiação em todas as direcções, sua unidade é o lúmen (lm). SILVA (2006).

Eficiência luminosa (lm/W)

Eficiência luminosa é definida como a relação entre o fluxo luminoso total emitido por uma fonte e a potência consumida. A sua unidade é lúmen por Watt (lm/W). SILVA (2006).

Iluminamento ou Iluminância (lux)

Iluminância é o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, sendo assim sua unidade é o lúmen por metro quadrado (lm/m²), denominada de lux. (SILVA, 2006).

Temperatura da cor (kelvin)

Temperatura da cor é um parâmetro relacionado com a sensação de conforto que uma lâmpada proporciona em um determinado ambiente. Quanto maior for o valor de temperatura da cor de uma fonte luminosa, mais branca será a luz emitida pela mesma. Ao contrário, quanto mais baixo for a temperatura da cor da fonte de luz, mais amarelada esta será. A unidade de temperatura da cor é o Kelvin (K), as fontes luminosas artificiais podem variar entre 2000 K, muito quente, até mais de 10000 K, muito quente. (COPEL, 2012).

Índice de reprodução de cor (IRC)

O IRC é definido como a medida de cor real de uma superfície e sua aparência a ser iluminada pela fonte artificial, é quantificado de 0 a 100. Uma fonte luminosa com IRC de 100% é a que apresenta as cores de um objeto com a máxima fidelidade possível. (COPEL, 2012).

2.1.2. Principais equipamentos de iluminação pública

Os sistemas de iluminação pública são caracterizados por todo o conjunto que compõe e propicia a iluminação (SILVA, 2006). A seguir serão apresentados os principais componentes de um sistema de iluminação pública.

Lâmpadas

A lâmpada é o principal componente dos sistemas de iluminação pública, esta transforma energia eléctrica em energia luminosa e/ou energia térmica (LOPES, 2002). A potência e o fluxo luminoso nominal da lâmpada são os dados que caracterizam o sistema de iluminação pública, porém todos os outros componentes do sistema devem actuar de forma integrada que seja efectivamente aproveitado todo o fluxo luminoso que é produzido pela lâmpada. (SILVA, 2006).

Actualmente, as lâmpadas de descarga em alta pressão são as mais utilizadas nos

sistemas de iluminação pública (SCHUCH et al., 2011). Neste tipo de lâmpada o fluxo luminoso é produzido, directa ou indirectamente, pela passagem de corrente eléctrica através de uma mistura gasosa composta de gases inertes e vapores metálicos. Essa mistura de gases é confinada em um invólucro translúcido, chamado de tubo de descarga, que contém em suas extremidades eléctrodos que são responsáveis pela interface entre a descarga e o circuito eléctrico de alimentação (NOGUEIRA, 2013). A seguir são apresentados os tipos de lâmpadas de descargas mais utilizados nos sistemas de iluminação pública.

Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão

Comercializada desde 1908, tem o seu princípio de funcionamento baseado na produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente eléctrica. Em seu arranque, ocorre a ionização de um gás inerte, geralmente o argónio, provocando um aquecimento no bulbo fazendo evaporar o mercúrio e produzindo uma luz amarelada devido a migração de electrões. Posteriormente, há a ionização do mercúrio e, então, as colisões entre os seus electrões livres com o argónio produzem uma luz azulada. A composição dos dois processos é o resultado obtido dessa lâmpada. Após o arranque, as lâmpadas de vapor de mercúrio em altas pressões apresentam uma alta condutância, sendo necessária a utilização de reactores para limitar a corrente eléctrica de alimentação. (COPEL, 2012)



Figura 1: Lâmpada de vapor de mercúrio comum em sistema de iluminação pública

Fonte: Extraído de COPEL (2012).

Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão

Comercializada desde 1955, tem princípio de funcionamento similar ao das lâmpadas de vapor de mercúrio, porém tendo como diferença básica a adição de sódio. Suas características físicas exigem que sua partida seja feita através de um pico de tensão da ordem de alguns quilovolts com duração na ordem de micro segundos. Actualmente, são largamente empregadas em sistemas de iluminação pública, devido a sua considerável eficiência, o lado negativo é o seu baixo IRC e a cor amarelada da luz emitida. (COPEL, 2012).



Figura 2: Lâmpada de vapor de sódio tubular, comumente utilizada em sistema de iluminação pública.

Fonte: Extraído de COPEL (2012).

Lâmpada a multivapores metálicos

Comercializada desde 1964, este tipo de lâmpada é uma evolução da lâmpada a vapor de mercúrio e fisicamente é similar a uma lâmpada de vapor de sódio. O seu princípio de funcionamento é basicamente o mesmo, porém a adição de iodetos metálicos fez com que a fonte luminosa se tornasse mais eficiente e com maior IRC. O seu efeito visual obtido é de brilho intenso, esse tipo de lâmpada é bastante empregada em locais em que se busca também o embelezamento urbano. (RODRIGUES, 2012).



Figura 3: Lâmpada a multivapor metálico iluminando uma quadra esportiva

Fonte: Extraído do site Olympia (2018).

2.1.3. Reactores

Como a grande maioria das lâmpadas utilizadas em iluminação pública são as de descarga, os reactores são equipamentos fundamentais destes sistemas. O reactor é um dispositivo externo a lâmpada, que possui impedância positiva, a fim de estabilizar a corrente no ponto de operação nominal. (NOGUEIRA, 2013)



Figura 4: Reactor externo para lâmpada a vapor de mercúrio

Fonte: Extraído de COPEL (2012).

2.1.4. Ignitores

É um dispositivo utilizado para accionar lâmpadas de vapor de sódio e de multivapores metálicos. Funcionam gerando pulsos de alta tensão, na ordem de quilovolts, para que sejam ionizados os gases existentes no tubo de descarga, fazendo com que se estabeleça uma corrente no seu interior, sendo que o pulso de tensão necessário para a ignição da lâmpada é proporcional ao tamanho do tubo de descarga e a potência da lâmpada em questão. (RODRIGUES, 2012).

2.1.5. Relé Fotoelétrico

Também conhecido como fotocélulas, são utilizados para controlar o acender e o desligar das lâmpadas de forma automática de acordo com a luminosidade do ambiente. Podem controlar o acender de um ponto individual ou de um grupo de lâmpadas. Seu princípio de funcionamento basicamente consiste na abertura e fechamento de um contato elétrico, como já dito, de acordo com a luminosidade do ambiente. (RODRIGUES, 2012).



Figura 5: Exemplo de relés fotoelétricos

Fonte: Extraído de COPEL (2012).

2.1.6. Luminárias

As luminárias são equipamentos responsáveis por abrigar a lâmpada, protegendo-a de variações de clima e agentes externos. São compostas por um conjunto óptico, composto de reflector e difusor, que tem a função de direccionar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas para iluminar apenas as áreas de interesse, reduzindo, assim, a poluição luminosa causada pela dispersão de luminosidade, exemplificada na figura 6. (COPEL, 2012).

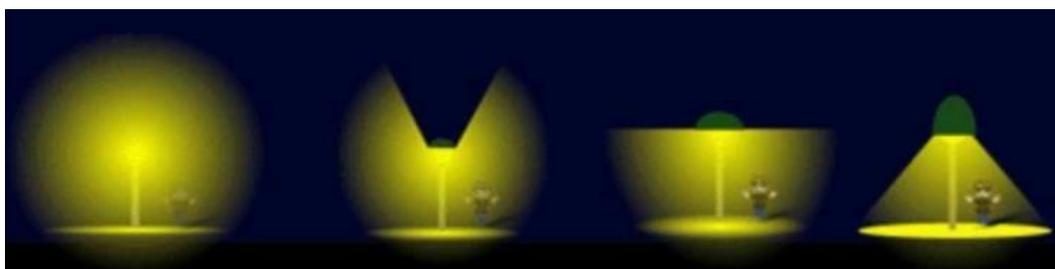


Figura 6: Exemplo do funcionamento de uma luminária e do seu conjunto óptico

Fonte: Extraído de COPEL (2012).

Actualmente, os requisitos particulares para as luminárias destinadas à iluminação pública, são regidos pela Norma Europeia de Iluminação Publica EN 13201, igualmente em uso em Portugal.

2.1.7. Sistema de Fixação

São os braços ou suportes que têm a função de sustentar as luminárias e servir de protecção e canalização para a fiação necessária que conecta o ponto de iluminação à rede eléctrica. Com relação a adequada distribuição da luminosidade, o ângulo de fixação da luminária é de fundamental importância, pois pode comprometer o conjunto óptico. Além disso, os braços ou suportes, devem ser suficientemente resistentes mecanicamente para suportar o peso das luminárias e também os esforços provocados por variações climáticas e agentes externos (COPEL, 2012). Actualmente, existem inúmeras possibilidades de construção de braços e suportes para iluminação pública, variando a escolha de acordo com a necessidade do local de instalação.

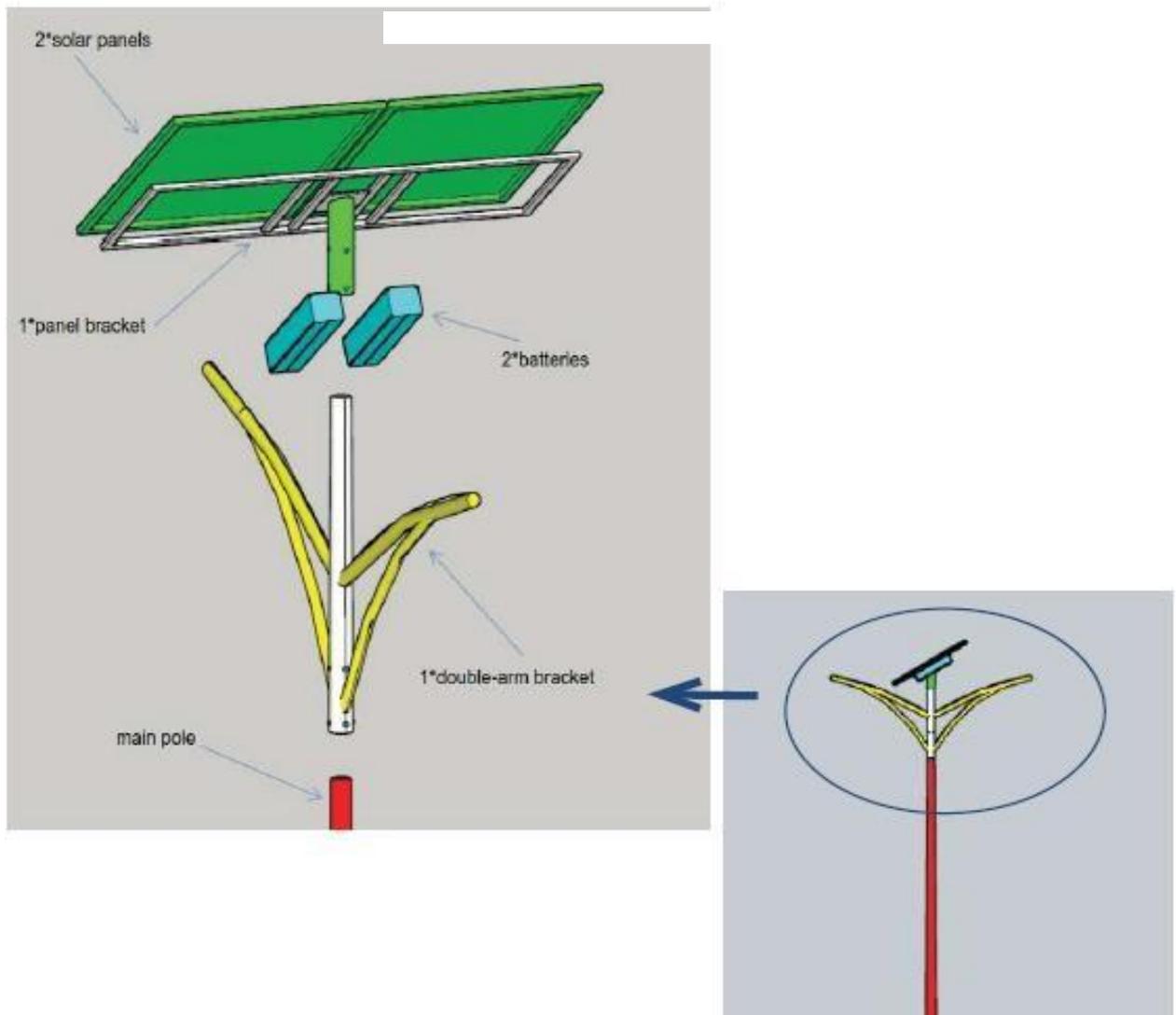


Figura 7:Exemplo de suporte em pétala para 2 luminárias

Fonte: Fornecedor

2.1.7. LEDS Orientados à Iluminação Pública

Os LEDs, ou díodos emissores de luz, são dispositivos semicondutores constituídos por dois materiais diferentes, que formam uma junção do tipo PN, que permite fluxo de corrente em apenas uma direcção. Quando a junção PN é polarizada directamente, as lacunas na camada P e os electrões na cama N movem-se em direcção a região de depleção, que é a área de transição entre os materiais P e N. Nessa região, a recombinação de electrões e lacunas gera energia que é liberada sob a forma de fotões de luz. (NOGUEIRA, 2013).

Os LEDs mais aplicados em sistemas de iluminação pública são os PC-LEDs (Phosphor converted LEDs), que podem ser divididos em dois grupos: Os LEDs de alto brilho, HB-LEDs (High Brightness LEDs), que trabalham em baixos níveis de potência com correntes nominais típicas de 20mA; E os LEDs de alta potência, HP-LEDs (High Power LEDs), que trabalham em elevados níveis de potência com correntes nominais que chegam até a 1,5A. Os HP-LEDs possuem maior fluxo luminoso, sendo mais eficaz do que os HB-LEDs. (RODRIGUES et al., 2011).

2.1.8. Luminárias LEDs para Iluminação Pública

A seguir é exemplificada uma estrutura simplificada de uma luminária LED aplicada em iluminação pública, composta basicamente por quatro partes.

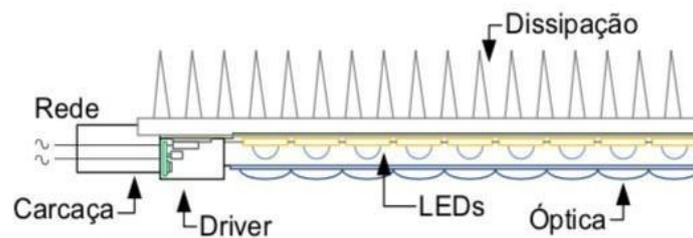


Figura 8: Estrutura básica de uma luminária LED para iluminação pública

Fonte: Extraído de Nogueira (2013).

A estrutura óptica é composta por lentes, focador e reflectores, que auxiliam devido ao pequeno ângulo de abertura do feixe luminoso emitido pelos LEDs. Em alguns modelos, o aumento da abertura do feixe luminoso é realizado através da curvatura da superfície de montagem dos LEDs. (NOGUEIRA, 2013).

A estrutura de dissipação de calor geralmente compõe a carcaça da luminária, e é responsável por fazer a transferência de calor gerado pela junção dos LEDs para o ambiente. Em LEDs de alta potência, estima-se que de 15% a 30% da potência de entrada é convertida em luz, sendo que todo o resto é convertida em calor. (LIU et al., 2010).

O *driver* é responsável pelo accionamento e controlo dos LEDs, adequando o nível da corrente de alimentação do conjunto. Além de prover o correto funcionamento

dos LEDs, eles podem incorporar uma série de funcionalidades à luminária, como dimerização, telecomunicação, etc. (NOGUEIRA, 2013).

13. 2.2. Análise comparativa entre luminárias LED e luminárias convencionais

Com base no estudo feito por Sales (2011) e nos catálogos das luminárias LEDs dos fabricantes, presentes nos anexos, a tabela 1 apresenta uma análise comparativa entre as luminárias convencionais e as luminárias LEDs. São considerados apenas os aspectos principais, expondo valores máximos e mínimos presentes nos catálogos, que variam de fabricante para fabricante.

Tabela 1: Comparação das características fundamentais dos principais tipos de lâmpadas

Tipo de Lâmpada	Eficiência luminosa(lm/W)	Vida útil(h)	IRC(%)	Temperatura da cor (K)
Vapor demercúrio	46 -55	9.000 -15.000	40 -55	3.900 - 4.300
Vapor metálico	82 -104	8.000 -12.000	65 -85	3.000 -4.200
Vapor de sódio	80 -150	18.000 -32.000	22	1.950 - 2.800
LED	35 -130	50.000 -100.000	75 -95	5.000 -6.500

Fonte: O próprio autor (2018).

Dos dados acima, observa-se que os LEDs apresentam vantagens claras em basicamente todos os aspectos.

2.2.2. Sistemas fotovoltaicos isolados

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados principalmente de duas formas: isolados ou conectados à rede de energia. Em ambos os casos a fonte principal de energia é o sol. Os sistemas fotovoltaicos isolados (SFI) ou autônomos, geralmente necessitam de algum tipo de armazenamento de energia, em sua maioria estes utilizam-se de baterias ou banco de baterias para a operação das cargas, quando em períodos em que não haja geração fotovoltaica. Outra unidade essencial para o funcionamento de um sistema fotovoltaico isolado, responsável pelo controlo e condicionamento de potência, é o controlador de carga (PINHO; GALDINO, 2014). Neste

capítulo, serão apresentadas as características dos componentes básicos de um sistema fotovoltaico isolado.

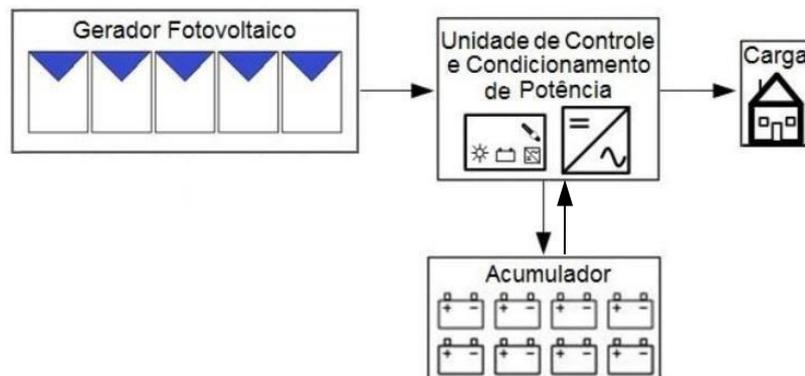


Figura 9: Configuração básica de um sistema fotovoltaico isolado

Fonte: Extraído de Pinho e Galdino (2014).

2.2.3. Módulo fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é o componente unitário do gerador, este é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização efectiva na prática da energia (PINHO; GALDINO, 2014). Existem diversas tecnologias aplicadas na fabricação de módulos e células fotovoltaicas. A seguir destacam-se as principais.

2.2.4. Células de silício monocristalino

Historicamente as células de silício monocristalino são as mais utilizadas e comercializadas para a conversão directa de energia solar em electricidade, seu processo de fabricação é básico e muito bem constituído, começando com a extração do cristal de dióxido de silício. Este material, então, é desoxidado em grandes fornos, sendo posteriormente purificado e solidificado. Todo esse processo atinge um grau de pureza de até 99%. Considerando o seu baixo custo, caracteriza-se por ser razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético. (CRESESB, 2018).

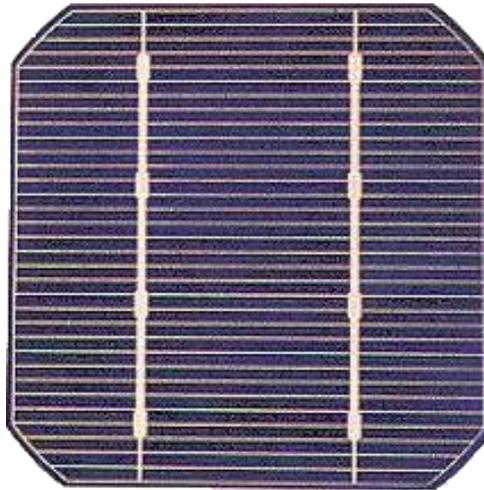


Figura 10: Célula de silício monocristalino

Fonte: Extraído de CRESESB (2018).

2.2.5. Células de silício policristalino

São provenientes de blocos de silício obtidos por fusão de silício puro em moldes especiais. Após o processo de fusão, já nos moldes especiais, o silício esfria lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam em um único cristal e sim são formadas estruturas policristalinas, com superfície de separação entre os cristais. Com relação a sua eficiência, a conversão de energia solar em eletricidade é levemente menor do que nas células de silício monocristalino. Em contrapartida, as células de silício policristalino necessitam de menos energia para a sua fabricação. (DEMONTI et al., 2012).

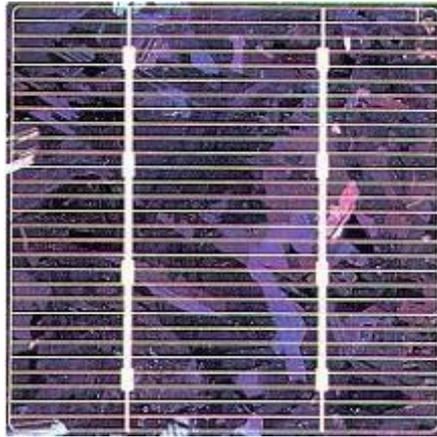


Figura 11: Célula de silício policristalino

Fonte: Extraído de CRESESB (2018).

2.2.6. Células de silício amorfo

Estas células diferem das demais estruturas cristalinas por apresentarem alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades eléctricas quanto no processo de fabricação. Por apresentarem uma absorção da radiação solar na faixa visível e ter um processo de fabricação através da disposição de diversos tipos de substractos, o silício amorfo vem se mostrando uma tecnologia eficaz para sistemas fotovoltaicos de baixo custo. Apesar de apresentar um baixo custo de produção, o uso desta tecnologia apresenta duas desvantagens: a primeira é a baixa eficiência na conversão de energia solar em eléctrica quando comparada com às células mono e policristalinas de silício; a outra é que as células produzidas com esta matéria apresentam uma degradação acentuada logo nos seus primeiros meses de operação, o que reduz muito a eficiência ao longo da vida útil. (CRESESB, 2018).



Figura 12: Célula de silício amorfo

Fonte: Extraído do site Mundo Solar (2018)

2.2.7. Características eléctricas dos módulos fotovoltaicos

Geralmente, um módulo fotovoltaico é identificado pela sua potência eléctrica de pico (Wp). A definição da potência de pico de um módulo fotovoltaico é feita nas condições padrão de ensaio STC (Standart Test Conditions), considerando irradiância solar de 1.000 W/m^2 , massa do ar de $1,5 \text{ kg/m}^3$ e temperatura das células de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (PINHO; GALDINO, 2014). A seguir é apresentado um conjunto de características próprias de cada painel solar que ajudam na escolha para sua aplicação.

2.2.3. Potência de pico

Potência de pico é definida como o produto da corrente do painel e da tensão nos terminais de saída. Representa a potência gerada em determinado ponto de operação onde a máxima potência pode ser alcançada. (LÓPEZ, 2014).

2.2.4. Tensão de potência de pico (V_{max})

Tensão de potência de pico corresponde à tensão no ponto de máxima potência ou potência de pico (LÓPEZ, 2014).

2.2.5. Corrente de potência de pico (I_{max})

Corrente de potência de pico corresponde à corrente no ponto de máxima potência ou potência de pico. (LÓPEZ, 2014).

2.2.6. Corrente de curto-circuito (I_{sc})

Corrente de curto-circuito é a corrente medida entre os terminais de um módulo fotovoltaico, é o valor máximo de corrente de carga, ou seja, máxima corrente gerada pelo efeito fotovoltaico. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.7. Tensão de circuito aberto

Tensão de circuito aberto é definida como a tensão observada nos terminais de um módulo fotovoltaico quando este não possui nenhuma carga conectada. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.8. Associação de módulos fotovoltaicos

Com o objectivo de formar painéis fotovoltaicos com potência mais elevada, os módulos podem ser conectados em ligações série e/ou paralelo, dependendo da corrente e tensão desejada. Ao definir como os módulos serão associados, é necessário ter informações de como deverá ser a instalação e quais os componentes serão utilizados, para que estes sejam compatíveis com os resultados obtidos de corrente e tensão. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.9. Módulos fotovoltaicos conectados em série

Uma conexão em série é aquela em que o terminal positivo de um módulo é conectado ao negativo de outro e assim sucessivamente. Na ligação em série dos módu-

los, as tensões são somadas e a corrente, quando se tratam de módulos iguais, não é afetada, ou seja. (PINHO; GALDINO, 2014)

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (2)$$

Quando uma conexão em série é realizada, as correntes que fluem por cada módulo são sempre iguais entre si, contudo para que a corrente não seja afectada em relação à corrente de um módulo individual, consideram-se módulos idênticos sob as mesmas condições de radiação e temperatura. Caso haja alguma variação nas características eléctricas ou um sombreamento parcial de um determinado módulo da associação, a corrente do conjunto em série será limitada pelo módulo com a menor corrente individual. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.10 Módulos fotovoltaicos conectados em paralelo

Uma conexão em paralelo é feita unindo-se os terminais positivos de todos os módulos entre si e procedendo-se da mesma forma com os terminais negativos. Neste tipo de associação as correntes são somadas e a tensão não é afectada. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.11. Baterias

As baterias electroquímicas são uma das mais importantes formas de armazenamento de energia que podem ser utilizadas em sistemas fotovoltaicos, elas são capazes de fazer a transformação directa de energia eléctrica em energia química e posteriormente converter, directamente, a energia química em energia eléctrica. (SEGUEL, 2009).

A função das baterias é a de armazenar a energia que é produzida durante as horas de luminosidade, que será utilizada durante a noite ou em períodos de intempérie, a seguir são definidas algumas características relevantes das baterias.

2.2.12. Capacidade

A capacidade de uma bateria é normalmente definida como a quantidade de amperes-hora (Ah) que pode ser retirada quando esta se encontra com carga plena, podendo também ser expressa em termos de energia (watts-hora). A capacidade nominal é uma estimativa do fabricante do número total de amperes-hora que pode ser retirado de uma célula ou bateria nova. Normalmente os fabricantes fornecem a capacidade para cada regime de descarga. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.13. Ciclo

Ciclo é definido como a sequência de carga-descarga de uma bateria, até determinada profundidade de descarga. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.14. Descarga

Descarga é o processo de drenagem de corrente eléctrica, por meio da conexão de uma carga, através da conversão de energia química em energia eléctrica. Quando a descarga ultrapassa 50% da capacidade da bateria, ela é chamada de descarga profunda. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.15. Eficiência

A eficiência é definida como a relação da entrada a saída útil e a entrada, existem duas formas de ser expressa: Eficiência coulômbica ou de ampere-hora (Ah) que é a relação entre a quantidade de carga eléctrica (Ah) retirada durante a descarga e a quantidade necessária para restaurar o estado inicial de carga; eficiência voltaica ou de tensão (V), sendo esta a razão entre a tensão média durante a descarga e da tensão média durante a carga necessária para restaurar a capacidade inicial. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.16. Profundidade de descarga

A profundidade de descarga é um indicador em termos percentuais de quanto da capacidade nominal da bateria foi retirado a partir do estado de plena carga. Exemplificando, a remoção de 30 Ah de uma bateria de capacidade nominal de 100 Ah

resulta em uma profundidade de descarga de 30%. É o valor complementar do estado da carga.

Segundo alguns fabricantes, as baterias de níquel-cádmio podem ser totalmente descarregadas e recarregadas sem sofrerem alteração em seu desempenho. Já as baterias de chumbo-ácido possuem restrições maiores quanto a descargas profundas, quanto maior a profundidade de descarga, menor a quantidade de ciclos que a bateria vai apresentar em sua vida útil. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.17. Vida útil

A vida útil de uma bateria pode ser expressa de duas formas: por seu número de ciclos ou por seu período de tempo, dependendo do tipo de aplicação para o qual a bateria foi especificada. Considera-se, então, que a vida útil é o número de ciclos, com uma determinada profundidade de descarga, que uma bateria pode ser submetida antes de apresentar falhas e não satisfazer suas condições de operação padrão. Este número de ciclos, também chamado de vida cíclica, depende da profundidade de descarga do ciclo, da corrente de descarga e da temperatura de operação. Normalmente, em sistemas fotovoltaicos, os ciclos de carga e descarga são diários, assim o número de ciclos corresponde ao número de dias em serviço. (PINHO; GALDINO, 2014).

2.2.16. Controladores de carga

Os controladores de carga são responsáveis por controlar o fluxo de energia que carrega as baterias através da energia fornecida pelos módulos fotovoltaicos, evitando com que estas sejam excessivamente carregadas ou descarregadas, contribuindo para o aumento da sua vida útil. As principais metodologias utilizadas pelos controladores de cargas são PWM (Pulse With Modulation) ou modulação por pulsos e MPPT (Maximum Power Point Tracking), ambas asseguram que a bateria possa ser carregada até atingir sua capacidade máxima. (LÓPEZ, 2014).

Quando a bateria atingir sua carga plena, o controlador de carga deve desconectar o gerador fotovoltaico, assim como deve interromper o fornecimento de energia quando o estado de carga da bateria atingir um nível mínimo de segurança, alguns

controladores também monitoram o desempenho do sistema fotovoltaico isolado e podem accionar alarmes quando algo fora dos padrões ocorre. (PINHO; GALDINO, 2014).

Capítulo III: Metodologia

14. 3.1. Definição de Pesquisa

Esta pesquisa será realizada no formato de uma pesquisa científica. Será analisado o uso de energia fotovoltaica na iluminação pública rodoviária no troço Nó Zimpeto a Maracuene concessionada a Revimo.

Para a realização do presente projecto de pesquisa científica foi necessário colectar dados no campo, consultar catálogos dos fabricantes para a análise técnica dos dispositivos a serem usados assim como análise do custo e pesquisas bibliográficas buscando aumentar conhecimentos sobre o tema.

15. 3.2. Objecto de Estudo

A amostra estudada neste projecto limita-se ao estudo do uso de energia fotovoltaica na iluminação pública rodoviária no troço Nó Zimpeto a Maracuene. Este estudo é feito com base na análise técnica e financeira.

16. 3.3. Dados

Os dados quantitativos e qualitativos utilizados neste projecto foram colectados nas seguintes fontes:

- Visitas técnicas ao local;
- Medições dos espaços físicos;
- Inspeção visual e registo fotográfico;
- Catálogos dos fabricantes;
- Pesquisas bibliográficas.

Todos os dados colectados foram registados e posteriormente usados no processo do dimensionamento do o projecto.

Capítulo IV: Memória Descritiva e Justificativa

4.1. Memória Descritiva e Justificativa

O projecto tem a finalidade de melhorar as condições de segurança de pessoas e veículos na estrutura rodoviária do troço Nó Zimpeto a Maracuene, a partir de instalação de um sistema de iluminação pública, cujas descrições técnicas serão alvo de tratamento pormenorizado, em secções mais em diante. O empreendimento está localizado, na Província de Maputo, Município da Maputo.

4.2. Descrição Física e Funcional

A estrutura também conhecida como uma parte da N1 de Nó Zimpeto a Maracuene, onde se pretende desenvolver o projecto de iluminação pública usando a energia fotovoltaica, pretende-se iluminar o troço com uma extensão de aproximadamente 15km, e considerando a aposta as energias limpas e renováveis. Assim sendo será apresentada a solução solar, com apoios de 12 metros e luminárias de 80W LED, separados em 30 metros, numa extensão de aproximadamente 15000 metros, em torno das zonas activas da rodovia.



Figura 13: Imagem do troço Nó Zimpeto a Maracuene tirada do satélite

Fonte: Própria

A figura 13, apresenta o troço Nó Zimpeto á Maracuene. A escolha da altura do poste baseou-se no critério do cálculo fotómetro em que a altura do poste deve ser maior ou igual a largura da estrada.

$H \geq L = 12\text{m}$ (altura mais próxima encontrado no mercado) $> 10,5\text{m}$ (3)

Onde:

H- Altura do poste

L- Largura da faixa de rodagem

O troço Nó de Zimpeto a Maracuene contém faixa dupla com 10,5m de largura incluindo a área de pedestres, daí que escolheu-se poste de 12m de altura.

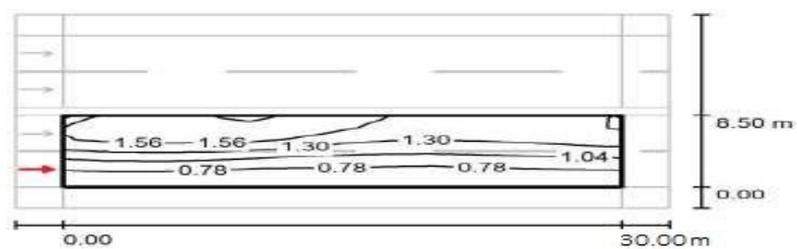


Figura 14: Distância do vão e da faixa

Fonte: Imagem retirado no Dialux

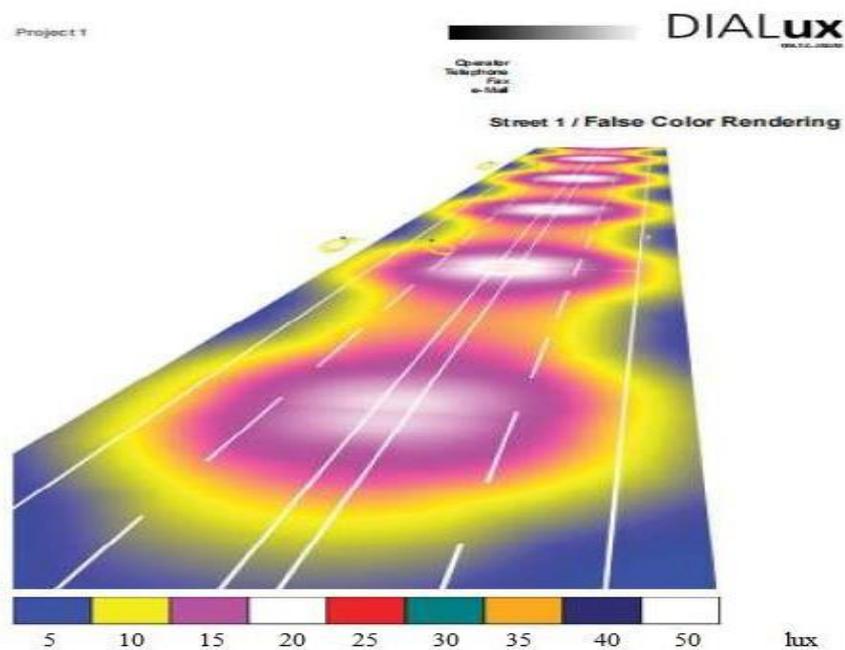


Figura 15: Nível de Iluminância

Fonte: Imagem retirada no Dialux

Para a escolha da luminária deve-se calcular os lumens necessário para obtermos a iluminância requerida na área que segundo a norma são 20lux para rodovias com tráfego intenso (norma EN 13201). Consideramos a distância do centro da faixa até o fim na lateral da faixa como o raio. A partir desses dados podemos calcular o fluxo luminoso que a luminária deve ter.

Tabela 2: Factor de Depreciação

Grau de proteção	Fator de depreciação (h)
IP 65	0,85
IP 66	0,90

Fonte – OSRAM (2000)

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times 10.5^2 = 346,4m^2 \quad (4)$$

Onde:

A – é a área a ser iluminada

E – é a iluminância requerida na área

η – é o factor de depreciação

fu – é coeficiente de utilização

O valor do coeficiente de utilização (U) está relacionado ao facto de que apenas uma parte do fluxo luminoso emitido pelas luminárias é aproveitada. A outra parte não é efectivamente aproveitada na área a ser iluminada. A seguir, são apresentados os valores de U em função da percentagem do fluxo luminoso que atinge a área a ser iluminada:

U = 1; se todo o fluxo luminoso dos projectores se concentra na área a ser iluminada;

U = 0,75; se 50% ou mais do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;

U = 0,60; se 25% a 50% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;

$U = 0,40$; se menos que 25% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada. (OSRAM, 2000).

4.2. Objetivos e Compromissos

Este trabalho tem como objectivo principal a apresentação da solução técnica que satisfaz as necessidades luminotécnicas para a natureza da obra acima descrita, o seu desenvolvimento leva em consideração aspectos técnicos e financeiros para a materialização do mesmo. O objectivo final do trabalho é permitir o conforto visual e segurança nos utilizadores da via.

O projecto tem como compromisso:

- Levar em conta as dimensões e as configurações já existentes, para assim poder estabelecer as áreas e definir onde haverá maior ou menor iluminação, de acordo com o estabelecido nas normas para a rodoviária;
- Apresentar o custo estimado para a realização das actividades de montagem do sistema de iluminação;
- Buscar uma melhor uniformidade e distribuição;
- Utilizar luminárias certificadas;
- Se enquadrar nas seguintes normas ou regulamentos:
 - ✓ EN 13201 - Norma Europeia sobre Iluminação Pública: EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação, diz respeito aos valores de luminância media recomendada, de acordo com a classe das vias. (Anexo 1)

Poder-se-á recorrer a outros instrumentos normativos, em vigor no local que se pretende instalar a obra, nomeadamente decorrente da postura camararia, assim como das normas ambientais em uso no país. Os níveis de luminância para as vias públicas, de acordo com a norma EN 13201 -1, em uso no território europeu, igualmente usados como referência de projectos no território de Moçambique.

Capítulo V: Especificações Técnicas

17. 5.1. Especificações Técnicas dos Dispositivos

Todos os dados colectados foram registados e posteriormente usados no processo de dimensionamento do projecto.

Tabela 3: Característica das luminárias

Características da luminária	
Tipo	LED
Marca	Philpis
Potencia	80W
Luminosidade	12800lm
Temperatura da Lâmpada	3000 - 6500 K
Nível de proteção	IP65

Fonte: Catalogo do fornecedor



Figura 16: Luminárias tipo LED 12/24 VDC ou 100-240 VAC

Fonte: Catálogo do Fornecedor

Tabela 4: Característica do Painel

Características do Painel Solar	
Tipo	Policristalino
Potência	200W
Dimensão	1320 x 992 x 35mm ²
Quadro	Liga de Alumínio Anodizado
Peso	13.8kg
Potência Máxima	200W
Voltagem Máxima	36V
Corrente Máxima	5.56 ^a
Corrente de Curto-Circuito	8.57 ^a
Temperatura de operação	-40 + 80 °C
Tolerância de Potência	0 - 3%
Temperatura Nominal da Célula	45 ± 2 °C

Fonte: Catálogo do Fornecedor



Figura 17: Painel Solar

Fonte: Catálogo do Fornecedor

Tabela 5:Característica da bateria

Características Bateria	
Tipo	LiFePO
Capacidade Nominal	48Ah
Voltagem Nominal	25,6V
Dimensões	600 x 142 x 120 mm
Peso	12.8Kg
Temperatura de Operação	-60°C +50°C
Ciclos de Vida	>= 2000 ciclos
Temperatura de Carregamento	0°C + 50°C
Temperatura de Descarregamento	-20°C + 50°C
Temperatura de Armazenamento	-10°C + 45°C

Fonte: Catálogo do Fornecedor



Figura 18: Bateria

Fonte: Catálogo do Fornecedor

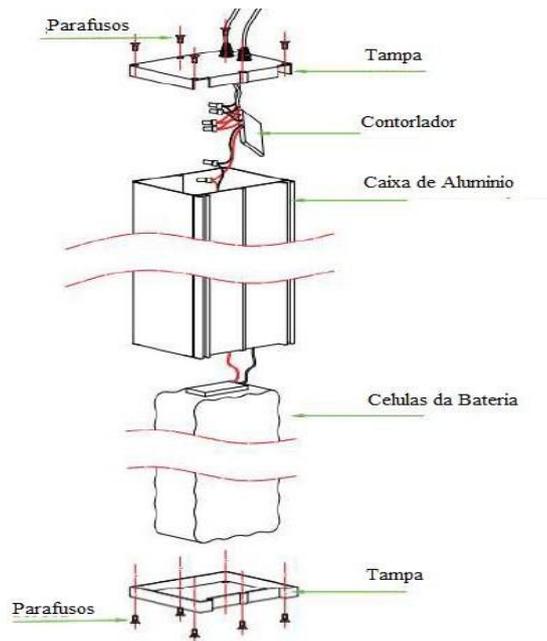


Figura 19: Vista explodida da bateria

Fonte: Catálogo do Fornecedor

Controlador MPPT

Controlador solar é a peça chave para todo o sistema solar e necessário para monitorar e controlar a energia que entra e sai da bateria. Além disso, gerência o tempo de operação do sistema solar.

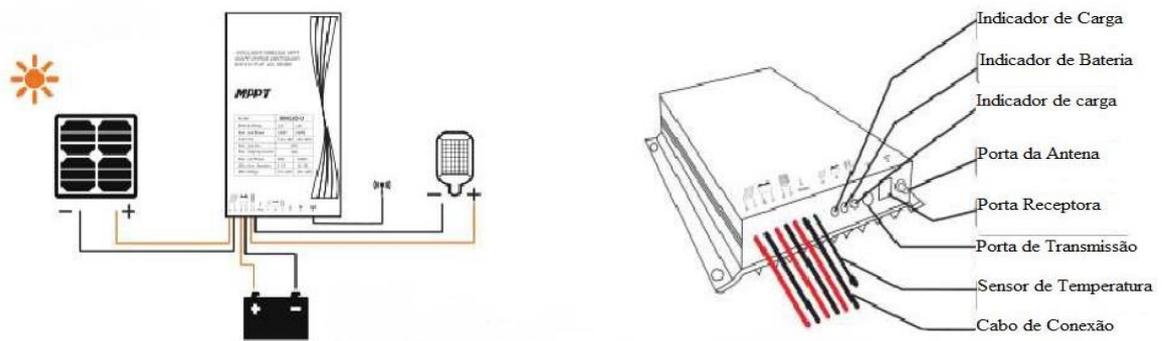


Figura 20: Controlador e Diagrama de Ligação

Fonte: Catálogo do fornecedor

Tabela 6: Característica do sistema de apoio das luminárias

Característica do Sistemas de Apoio das Luminárias	
Altura	12 Metros
Forma	Conoide
Material	Aço
Braço	Duplo

Fonte: Catálogo do fornecedor

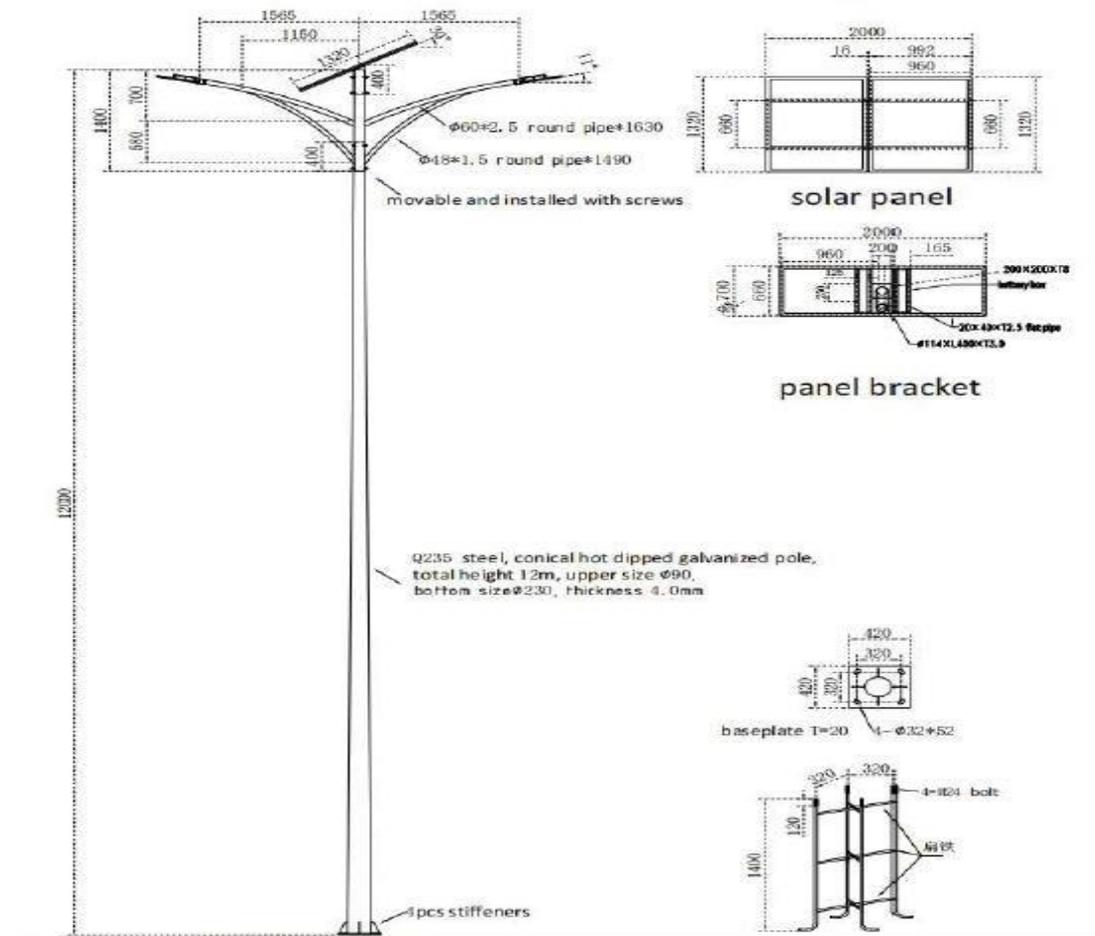


Figura 21: Apoios das luminárias

Fonte: Catálogo do Fornecedor

18. 5.2. Aspectos Ambientais

A escavação dos solos para a implantação dos postes irá criar modificações no local, susceptíveis de provocar a erosão. De forma a mitigar este risco, todas as zonas afectadas pelo trabalho, deverão beneficiar da reposição vegetal. No caso das actividades afectarem zonas com estruturas de alvenarias ou asfaltadas, será necessária a reposição sob orientação de especialistas na área de Construção Civil.

19. 5.3. Considerações finais

De acordo com os dados abordados, a instalação de um sistema de iluminação no troço Nó de Zimpeto a Maracuene, poderá contribuir para o melhoramento de segurança de pessoas e bens. As condições técnicas do local não impedem o desenvolvimento do projecto, de acordo com o tipo de tecnologia a ser usada.

Capítulo VI: Medição do nível de iluminância da luminária escolhida para o projeto

20. 6.1. GENERALIDADES

Este relatório surgiu com a necessidade de fazer o teste do kit de iluminação de amostra para o projecto para verificar se os níveis de iluminância estão de acordo com o regulamento apresentado no anexo 1.

O trabalho de avaliação foi executado em quatro etapas principais, nomeadamente:

- Identificação de locais a serem avaliados;
- Organização de indicadores de acordo com as normas em vigor;
- Colecta de dados usando instrumentos adequados para o efeito;
- Análise dos dados colectados e propostas para o melhoramento.

21. OBJECTIVOS

- ✓ Fazer o levantamento do ponto de situação do desempenho das luminárias solares instaladas no estaleiro;
- ✓ Fazer comparação dos kits de iluminação nas constatações encontradas com o regulamento;
- ✓ Usar como lição para as actividades a serem iniciadas nos próximos momentos.

Metodologia usado para colecta das informações e o seu tratamento

21.1.1. Definição de locais de estudo

O estudo foi realizado e no Estaleiro no bairro Zintava, nos espaços que definem intersecção de luz (em volta), figura 25.

Equipamentos usados no processamento de colecta de dados

Os levantamentos dos níveis de iluminância foram realizados por meio de um luxímetro, sendo para o efeito usado como referência a norma em aplicação localmente, que é a Norma Europeia de Iluminação Pública EN 13201, pelo facto do país não possuir norma própria que regula a iluminação pública, e se apoiar nas normas em uso em Portugal. O luxímetro usado tem como referência de registo - MT 943 LUX METER, calibrado pela EMETRO em janeiro de 2023.

21.1.2. Especificações técnicas do luxímetro

São apresentadas a baixo as especificações técnicas do luxímetro usado nas actividades de avaliação de desempenho.



Figura 22: Luxímetro MT943

Fonte: Própria

The MT943 is a professional light meter providing quick light readings in Foot Candles or Lux up to 400,000 Lux. The meter has special relative efficiency and has a correction factor for non-standard light sources, thus eliminating the need for manual calculations. The Peak Hold function captures the readings within 10 micro seconds and displays either the minimum peak or maximum peak. The MT943 has data logging capabilities and can link up to a computer whereby the information is downloaded via the USB interface, a software CD and USB cable is included. Other features include the Min and Max record, a large LCD display with a quick bargraph and backlight.

Function	Range	Accuracy
K Type	-200°C to 1372°C	
K Type resolution	0.1°C	±(0.5%+1°C)
J Type	-210°C to 1100°C	
J Type resolution	0.1°C	±(0.5%+1°C)
Data logging	18000 per channel	
Channels	Four	
Temperature Ranges	°C, °F or Kelvin (K)	
Size (L x W x D)	160 x 58 x 27mm	
Weight	350g	

Features

- Professional light meter providing quick light readings in Lux
- 4000 Count LCD display with 41 segment bargraph
- Measures to 400 000 Lux
- 4 Measuring ranges
- Peak Hold
- Relative mode
- Min / Max
- Data Hold
- Short rise and fall time
- Data logging up to 99 Readings
- USB Interface



LUX METER

MT943

Figura 23: Especificações técnicas do luxímetro

Fonte: Catálogo do fabricante

21.1.3. Especificações técnicas do Laser Distance Meter UT392B



Figura 24: Laser distance meter

Fonte: Google

Tabela 7: Especificações técnicas do laser distance meter

UNI-T UT392B 100M Laser Distance Meter Handheld Digital Range Finder Auto calibration Area & Volume Calculation Tool

Product Description



Specifications		
Model	UT392A	UT392B
Accuracy (standard value)	±2mm	
Measuring distance	80m	100m
Measuring unit	m/in/ft	
Laser class	635nm, <1mW, class 2	
Features		
Continuous measurement	√	
Area/Volume calculation	√	
Pythagoras Theorem calculation	√	
Cumulative/Regressive Measurement	√	
Length accumulation/substraction	√	
Area accumulation/substraction	√	
Volume accumulation/substraction	√	
Max/Min	√	
Auto calibration	√	
Data storage	30	
Battery life	8000 times	
Auto laser off	√	
Buzzer	√	
Battery indication	√	
Levelling instrument	√	
Auto power off	√	
Storage temp.	-20°C ~ 60°C	
Working temp.	0°C ~ 40°C	
Storage humidity	RH85%	
General Characteristics		
Power supply	1.5V alkaline battery (7#) ×2	
Device color	black and grey	
Device weight	84g	
Device size	112mm × 50mm × 25mm	

Fonte: Catalão do fabricante

Níveis padrão de iluminância admissíveis nas vias publicas.

Como foi referido anteriormente, a definição das margens de tolerância de níveis de iluminância ao longo dos troços e nas rotundas, seguiu-se ao cumprimento das regras em uso no país, que é a Norma europeia de Iluminação Publica EN 13201, igualmente em uso em Portugal.

Tabela 8: Limites fotométricos para vias de tráfico motorizado e de pedestres

Descrição da via	VOLUME de tráfego	E_{min} (lux)	U_{min}
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	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
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	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	Intenso	20	0,3
	Médio	15	0,2
	Leve	10	0,2
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	Médio	10	0,2
	Leve	5	0,2
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)		20	0,3

Fonte: norma EN 13201

22. Levantamento e avaliação dos níveis de iluminância

No Estaleiro foi instalada um ponto de luz com braço duplo de altura de 12 metros. Para colecta de dados a fim de aferir o desempenho das luminárias, em pontos objectivamente identificados.

22.1.1. Pontos de Medição, Sinalizados a Preto e Postes, Sinalizados a Vermelho.



Figura 25: Demarcação dos Pontos de Medição (Simulação da estrada com as distâncias)

Fonte: Imagem tirada do satélite dos pontos de medição

23. Dados colectados

A partir dos pontos indicados na figura acima, foram colectados os dados de iluminação com auxílio de um Luxímetro Digital LED e Medidor de Distância.

Os dados obtidos são apresentados nas tabelas abaixo:

Tabela 9: Dados extraídos na medição

Posição	Distancia(m)	Nível de Iluminância (lux)		Nível de Iluminância Recomendado (lux)
		Medição 1		
		19h	4h	
1	1	40,4	32,6	10<E<20
1'	4	30,6	25,7	10<E<20
1''	10	10,9	9,4	10<E<20
1A	8,5	19,6	15,0	10<E<20
1B	12,5	9,6	8,0	10<E<20
1C	15,52	8,6	6,5	10<E<20
1D	18,03	6,4	5,0	10<E<20
1E	8,5	24,6	13,8	10<E<20
1F	12,5	7,9	6,0	10<E<20
1G	15,52	7,6	N/A	10<E<20
1H	18,03	2,4	N/A	10<E<20
2	1	43,6	31,2	10<E<20
2'	7,5	38,8	18,4	10<E<20
2''	15	8,6	9,0	10<E<20
3	1	41,0	32,1	10<E<20
3'	4	31,0	24,7	10<E<20
3''	10	11,3	9,8	10<E<20
3A	8,5	16,8	19,5	10<E<20

Continuação da tabela 9:

3B	12,5	16,8	7,8	10<E<20
3C	15,52	7,0	6,5	10<E<20
3D	18,03	N/A	2,7	10<E<20
3E	8,5	N/A	23,4	10<E<20
3F	12,5	34,6	13,2	10<E<20
3G	15,52	17,1	N/A	10<E<20
3H	18,03	N/A	N/A	10<E<20
4	1	43,6	33,8	10<E<20
4'	7,5	38,8	31,7	10<E<20
4''	15	8,6	7,6	10<E<20

Fonte: Próprio autor

NB: A distância foi determinada assumindo que o vão (distância entre os postes) será de 30m.

N/A – São pontos que foram possíveis fazer as medições.

Os níveis de iluminância são satisfatórios pois vai de acordo com o regulamento, tendo em conta que a medição foi feita apenas em um poste com luminárias dupla, se contenta com contribuição de postes vizinhos, como estará no projecto se distanciando em 30m de um poste para outro (vão)

Capítulo VII: Medições

24. Lista de Material e Quantidade Necessária

Tabela 10: Lista dos materiais e quantidades necessárias

Item	Descrição	Unid	Qtde
A.1	Posto Metálico de 12 metros	Unid	500
A.2	Luminárias Solares, 80W	Unid	1000
A.3	Base de betão B25	Unid	500
A.4	Terra Completa de Proteção	Unid	500
A.5	Barricadas contra impactos rodoviários	Unid	500
A.6	Chumbadores	Unid	50
A.7	Porcas	Unid	7500
A.9	Anilhas	Unid	7500

Fonte: Próprio autor

Capítulo VIII: Estudo do Custo

25. 8.1. Custo de Execução

Tabela 11 : Custo de execução de um sistema fotovoltaico de 0,08kWp

Item	Descrição	Unid	Qtde	Unit Forn	Total
A.1	Posto Metálico de 12 metros, incluindo a respectiva base de betão B25, porcas e anilhas	Unid	500	117,000.00	58,500,000.00
A.2	Luminárias Solares, 80W, incluindo painéis, baterias, porcas e anilhas	Unid	1000	90,000.00	90,000,000.00
A.3	Terra Completa de Proteção	Unid	500	1,238.00	619,000.00
A.4	Barricadas contra impactos rodoviários	Unid	500	60,000.00	30,000,000.00
SUBTOTAL					179,119,000.00
5% de contingência					8,955,950,00
Mão de Obra					53,735,700.00
TOTAL GERAL					241,810,650.00

Fonte: Próprio autor

26. 8.2. Custo de Manutenção

Considerado o período de 20 anos, definido por ser a expectativa de vida útil dos painéis fotovoltaicos (dado fornecido pelo fabricante).

Os demais equipamentos de um sistema isolado possuem aproximadamente os seguintes períodos de vida útil, conforme estimativa dos fabricantes: 5 anos para banco de baterias e 10 anos para controladores de carregamento e inversores de frequência.

Assim, o custo de um sistema fotovoltaico durante 20 anos leva em consideração o valor inicial dos equipamentos e suas substituições ao final da vida útil: 1 x custo do painel solar, 4 x custo do banco de baterias, 2 x custo do controlador de carga e 2 x custo do inversor de frequência.

O preço de um sistema fotovoltaico de 0,08 kWp é apresentado na tabela. A configuração seleccionada visa ser a que apresenta o melhor custo-benefício, pois é dimensionada para aproveitar ao máximo a capacidade do controlador de carga, reduzindo assim gastos por super dimensionamento. O custo deste sistema, para gerar energia durante 20 anos, é apresentado na tabela 6.

Para o sistema convencional também usamos como padrão os 20 anos tendo em conta que a vida útil dos demais equipamentos que compõem esse sistema. Em geral podemos dizer que o sistema é composto por Candeeiro/Luminária que tem um tempo de vida útil de 5 anos e será necessário ser substituído 4x num período de 20 anos, comandos (contactador, disjuntores, fotocélula, relé de tempo e o armário) que tem o seu tempo de vida útil de 5 anos e será necessário ser substituído 4x, 2x Cabo VAV 4*16mm², 2 x Cabo PCN 3*2,5mm² e 10 x Bornes de ligação. O custo deste sistema, para gerar energia durante 20 anos, é apresentado na tabela 9

Tabela 12: Custo de Manutenção do sistema fotovoltaico durante 20 anos

Descrição	Item	Preço Un [MT]	Custo [MT]
Painel	1	16,540.00	16,540.00
Luminária	2	14,000.00	42,000.00
Controladores	2	1,233.00	2,466.00
Inversores	2	23,089.00	46,178.00
Baterias	4	35,138.00	140,552.00
Total Manutenção para 1000 luminárias			247,736,000.00

Fonte: Próprio autor

Total: MT 247,736,000.00 em 20 anos

Total anual: $MT\ 247,736,000.00 \div 20\text{anos} = 12,386,800.00$

Levando 1:30h para fazer cada manutenção e tendo com padrão 8h de trabalho por dia só será possível fazer a manutenção de 6 postes por dia para cada Equipe de 5 operários, sendo no total 20 operários, formando 4 equipes, será realizada a manutenção de 24 postes e o projecto contém no total 500.

Tabela 13: Custo de Logística da Manutenção

Item	Preço Un[kMT]	Custo [kMT]
1h30 - Manutenção em cada poste		
20 - Operários em campo	0,625	20 x 21 dias
4 – Grua por hora e dia	3,750	4 x 21 dias
Custo total de manutenção		588,840
Ciclo de Manutencao Semestral (preco cobrado pela empresa)		1,200,000.00
ANUAL		2,400,000.00

Fonte: Próprio autor

Tabela 14 : Custo de Manutenção de sistema fotovoltaico

A no	Valor do investimento inicial (MTN)	Custo Manutenção (MTN)	Custo Total do Projecto (MTN)
1	241,810,650.00		256,597,450.00
2		14,786,800.00	271,384,250.00
3		14,786,800.00	286,171,050.00
4		14,786,800.00	300,957,850.00
5		14,786,800.00	315,744,650.00
6		14,786,800.00	330,531,450.00
7		14,786,800.00	345,318,250.00
8		14,786,800.00	360,105,050.00
9		14,786,800.00	374,891,850.00
10		14,786,800.00	389,678,650.00
11		14,786,800.00	404,465,450.00
12		14,786,800.00	419,252,250.00
13		14,786,800.00	434,039,050.00
14		14,786,800.00	448,825,850.00
15		14,786,800.00	463,612,650.00
16		14,786,800.00	478,399,450.00
17		14,786,800.00	493,186,250.00
18		14,786,800.00	507,973,050.00
19		14,786,800.00	522,759,850.00
20		14,786,800.00	537,546,650.00

Fonte: Próprio autor

Para este projecto, está claro que o uso da energia fotovoltaica traz mais vantagens, pois a diferença começa no valor do investimento inicial, nota-se o valor do investimento inicial do sistema convencional é maior que o do sistema fotovoltaico.

Valor do investimento inicial do sistema convencional: **378,501,791.40**;

Valor do investimento inicial do sistema fotovoltaico: **241,810,650.00**.

Valor total do projecto SPV 80W em 20anos (VSPV): **537,546,650.00MT**;

Valor tota do projecto convencional 80W em 20 anos (VC): **725,816,271.40MT**.

8.3. Vantagens do SPV

- Baixo custo de manutenção preventiva e corretiva (necessidade mínima de manutenção)
- Avarias não frequentes;
- Em caso de acidentes só será afetado o ponto acidentado pois o sistema é independente a cada poste;
- Não possuir custos fixos de energia;
- Apresenta menores impactos ambientais, sem emissão de poluentes.

- Diminuição de obstrução da via pois exige pouca intervenção da equipe de manutenção;
- Com os cálculos feitos aplicando o SPV diminuimos aproximadamente 28 a 32% de gastos em 20 anos;

8.4. Desvantagens do SPV

- Alto custo de aquisição
- Não gera energia a noite (solução tomada para esse problema é o uso de baterias potentes e com autonomia de 48h);
- Variação da intensidade luminosa durante o funcionamento (nas 6 primeiras hora a intensidade luminosa é de 100%, nas próximas 3h reduz para 50% e nas ultimas 3h reduz para 30% (solução tomada para o défice de iluminância é reducao da distancia do vão para 30m.

8.5. Vantagens do Sistema Convencional

- Constância na luminância;
- Baixo custo para a instalação do projecto (alta necessidade de manutenção).

8.6. Desvantagem do Sistema Convencional

- Alto custo de manutenção;
- Avarias frequente;
- Obstrução frequente da via devido a alta necessidade de intervenção da equipe técnica;
- Em caso de acidentes não afeta somente o ponto acidentado, mas sim todo o circuito, causando um apagão bem como danos de materiais que não estão no ponto acidentado;
- Custo altos de energia.

Capítulo IX: Conclusões e Recomendações do Estudo

9.1. Discussões e Recomendação

Conclui-se que o projecto é viável, embora tem um alto custo para a execução, o que será compensado ao longo do tempo, pois é um sistema estável, que não precisa de muita intervenção e por estar isento de pagamento de taxas do consumo de energia.

Nota-se também em aspectos técnicos que o SPV é um sistema mais estável, sem presença de muitas oscilações, embora dando como desvantagem que no período da noite não gera energia, desvantagem essa que já é suprida pela bateria.

O SPV apresenta uma variação da iluminância decrescendo com o tempo, com forma de poupança da carga da bateria diferente do sistema convencional que apresenta iluminância constante pois a produção de energia também é constante. A escolha dos dispositivos que compõe o SPV assim como a luminária foi feita tendo em conta esse aspecto de variação da iluminância, de modo que mesmo com o decréscimo da iluminância até 30% que o máximo, continuarmos a ter nível de iluminação recomendado.

O SPV por ser um sistema fora da rede e por ser um sistema autónomo em que nenhum poste depende do outro, isto é vantajoso pois em caso de acidente de viação que afecta a IP, somente irá tirar do funcionamento o poste envolvido no acidente diferente do sistema convencional que afectará todos os postes que estão no mesmo circuito com o poste envolvido no acidente.

Tendo em conta que a produção de energia no SPV não traz consigo impactos negativos para o meio ambiente.

Após as análises acima feita, recomenda-se o uso do SPV pois apresenta muitas vantagens financeiras, técnicas e ambientais.

Recomendamos que se opte mais por projectos do género (off-grid) para aliviarmos o nosso sistema eléctrico da iluminação pública e termos mais possibilidade de novas residências ligadas a rede.

Tabela 15: Custo de instalação de um sistema convencional de 0,80 kWp

Item	Descrição	Unid	Qtd e	Unit Forn	Unit Inst	Total
A.1	Posto Metálico de 12 metros, incluindo os respectivos braços, base de betão especial para taludes acentuados	Unid	1000	100,000.00	70,000.00	170,000,000.00
A.2	Candeeiros Convencionais 80W	Unid	1000	12,000.00	7,350.00	19,350,000.00
A.3	Aluguer da grua Para transporte e implantação dos postes	Dia	120	15,000.00	21,000.00	4,320,000.00
A.4	Aluguer de carro cesto para montagem das luminarias	Dia	10	10,000.00	10,500.00	205,000.00
A.5	Terra Completa de Protecção	Unid	1000	1,238.00	433.30	1,671,300.00
A.6	Barricadas contra impactos rodoviarios	Unid	1000	60,000.00	21,000.00	81,000,000.00
A.7	Cabo VAV 4*16mm ²	Metros	18000	1,360.00	476.00	33,048,000.00
A.8	Cabo PCN 3*2,5mm ²	Metros	15000	118.00	41.30	2,389,500.00
A.9	Bornes de ligação	Unid	51	470.00	164.50	32,359.50
A.10	Quadro de Comando de IP	Unid	4	130,000.00	45,500.00	702,000.00
A.11	PT 25KVA	Unid	4	500,000.00	175,000.00	2,700,000.00
	SUBTOTAL			-		315,418,159.50
	Mão de Obra			-		63,083,631.90
	TOTAL GERAL					378,501,791.40

Fonte: Próprio autor

9.2. Consumo de Energia do Sistema

kMLED – 80W

$$C1 = 80W * 12H = 0,96 kWh * 7,45 MT/kWh = 7,152 MT$$

$$C2 = 80W * 12H * 30 DIAS = 28,8 kWh * 7,45 MT/kWh = 214,56 MT * 1000 = 214,560.00 kMT$$

$$C3 = 80W * 12H * 365 DIAS = 350,4 kWh * 7,45 MT/kWh = 2.610,48 MT * 1000 = 2,610.480kMT$$

Tabela16: Custo de Manutenção sistema Convencional durante 20 anos

Item	Quantidade	Preço Un [MT]	Custo [MT]
Candeeiros	4	12,000.00	48,000.00
VAV 4*16mm ²	2	33,048.000.00	64,096,000.00
Cabo PCN 3*2,5mm ²	2	2,389,500.00	4,779,000.00
Quadro de Comando de IP	4	130,000.00	520,000.00
Bornes de ligação	10	32,359.50	320,359.50
Total em 20 anos			117,715,360.00
Total annual			5,885,767.98
Mao de Obra da Manutenção anual			9,000,000.00

Fonte: Próprio autor

Tabela17: Custo de Manutenção sistema Convencional

ANO	INVESTIMENTO	MANUTENÇÃO	CONSUMO	TOTAL DO PROJETO
1	378,501,791.40	14,885,768.00	2,610,480.00	395,998,039.40
2				413,494,287.40
3				430,990,535.40
4				448,486,783.40
5				465,983,031.40
6				483,479,279.40
7				500,975,527.40
8				515,861,295.40
9				533,357,543.40
10				550,853,791.40
11				568,350,039.40
12				585,846,287.40
13				603,342,535.40
14				620,838,783.40
15				638,335,031.40
16				655,831,279.40
17				673,327,527.40
18				690,823,775.40
19				708,320,023.40
20				725,816,271.40

Fonte: Próprio auto

X. Referencias Bibliográficas

COPE, Companhia Paranaense de Energia. Manual de iluminação pública.

Curitiba: COPEL Distribuição, 2012.

LOPES, S. B. Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

LÓPEZ, Julián Alberto Ramírez. Sistemas autônomos de Iluminação Pública em Corrente Contínua. 2014. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2014.

NOGUEIRA, F. J. Avaliação experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à iluminação pública. 2013. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

OLYMPIA (Brasil) (Ed.). Tecnologia em quadras poliesportivas. 2018. Disponível em:

<<http://www.olympiaquadras.com.br>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco António (Org.). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530p.

RODRIGUES, C. R. B. S. Contribuições ao Uso de Díodos Emissores de Luz em Iluminação Pública. 2012. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

RODRIGUES, C. R. B. S.; ALMEIDA, P. S.; JORGE, J. M.; SOARES, G. M.; PINTO,

D.P.; BRAGA, H. A. C. Experimental Characterization Regarding Two Types Of Phosphor-converted White High-brightness LEDs: Low Power And High Power Devices. In: Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian. IEEE, p. 734-740, 2011.

SCHUCH, Luciano et al. Sistema Autônomo de Iluminação Pública de Alta Eficiência Baseado em Energia Solar e LEDs. Eletrôn Potên. Campinas, 2011.

SEGUEL, J. I. L. Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital. 2009. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, Lourenço L. F. de. Iluminação pública no Brasil: aspectos energéticos e institucionais. 2006. 172 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

Anexo 1: Tabela de norma Europeia de iluminação pública

Tabela A1-1 - Norma Europeia de iluminação pública

NORMA EUROPEIA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EN 13201

Tabela 1 - VIAS INTERURBANAS - Nivel de luminância média (cd/m²)

Quadro	Tipo de via	Características	Luminância média (cd/m ²)		Norma EN 13201.1	
			Fraca	Elevada	Classe Ilum.	Situações
1	AUTESTRADA INTERURBANA Vias separadas Velocidade <= 130 km/h Apenas veículos motorizados	Complexidade: normal Densidade de tráfego: elevada Distância entre acessos: >= 3 km				A ₁
		15000 <= Densidade tráfego <= 25000	1	1,5	ME ₃	
		Densidade tráfego >= 25000	1,5	2	ME ₂ ME ₁	
3	ESTRADA NACIONAL INTERURBANA Via única Velocidade <= 90 km/h Veículos motorizados Veículos motorizados lentos Ciclistas	Complexidade: normal Veículos em estacionamento: não Densidade de tráfego: elevada distância entre acessos: <= 3 km				A ₂
		Densidade de tráfego <= 7000	1	1,5	ME ₃	
		Densidade de tráfego <= 25000	1,5	2	ME ₂	
		Densidade de tráfego >= 25000	1,5	2	ME ₂ ME ₁	
4	ESTRADA SECUNDÁRIA INTERURBANA Velocidade <= 90 km/h Veículos motorizados Veículos motorizados lentos Ciclistas	Complexidade: normal Densidade de tráfego: normal distância entre acessos: <= 3 por km				B ₂
			0,75		ME ₄	
				1	ME ₃	

Anexo 2: Tabela de norma Europeia de iluminação pública

Tabela A2-2 - Norma Europeia de iluminação pública

Quadro	Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201.1	
			Fraca	Elevada	Classe Ilum.	Situações
2	CIRCUNVALAÇÃO AUTOESTRADA URBANA Vias separadas Velocidade <= 110 km/h Apenas veículos motorizados	Complexidade: elevada Densidade de tráfego: elevada Distância entre acessos: >= 3 km 15000 <= Densidade tráfego <= 25000 Densidade tráfego >= 25000				A ₁
			-	1,5	CE ₂	
			-	2	CE ₂	
5	ESTRADA DE ENTRADA EM CIDADE Via única Velocidade <= 70 km/h Zona sem habitações Zona industrial Veículos motorizados Ciclistas Peões	Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: não Tráfego de ciclistas: existente Cruzamentos >= 3 por km Densidade de tráfego: elevada				B ₁
			1	1,5	ME ₃ ME ₂	
6	ESTRADA DE ENTRADA EM LOCALIDADE Velocidade <= 70 km/h Zona habitada Veículos motorizados Veículos motorizados lentos Ciclistas Peões	Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: sim Tráfego de ciclistas: normal Cruzamentos >= 3 por km Densidade de tráfego: elevada				B ₂
			-	1,5	ME ₂	

Armínio Teixeira - DEEC

7

Anexo 3: Tabela de norma Europeia de iluminação pública

Tabela A3-3 - Norma Europeia de iluminação pública

Tabela 3 - VIAS URBANAS - Nível de iluminância média (lux)

Quadro	Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201.1	
			Fraca	Elevada	Classe Ilum.	Situações
7	VIA URBANA IMPORTANTE (PRAÇA, AVENIDA) Velocidade <= 50 km/h Veículos motorizados Veículos lentos Ciclistas Peões	Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: sim Tráfego de ciclistas: normal Cruzamentos >= 3 por km Densidade de tráfego: elevada	-	20	CE ₂	B2
8	VIA URBANA SECUNDÁRIA (RUA, AVENIDA) Velocidade <= 50 km/h Veículos motorizados Veículos lentos Ciclistas Peões	Complexidade: normal a elevada Veículos em estacionamento: sim Tráfego de ciclistas: normal Cruzamentos <= 3 por km Densidade de tráfego normal	10	15	CE ₄ . CE ₃	B2
9	SERVIÇO RODOVIÁRIO (RUA) Velocidade <= 30 km/h Veículos motorizados Veículos lentos Ciclistas	Complexidade: normal ou elevada Veículos em estacionamento: sim Tráfego de ciclistas ou peões: normal ou elevado Tráfego automóvel: normal ou elevado Risco de agressão: normal ou elevado Reconhecimento da face: necessário	10	15	CE ₄ . CE ₃	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄

Anexo 3: Tabela de norma Europeia de iluminação pública

Tabela A4-4 - Norma Europeia de iluminação pública

Tabela 4 - VIAS URBANAS - Nível de iluminância média (lux)

Quadro	Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201.1	
			Fraca	Elevada	Classe Ilum.	Situações
10	VIA ZONA COMERCIAL Velocidade <= 30 km/h Veículos motorizados Veículos lentos Ciclistas Peões	Risco de agressão: elevado Reconhecimento da face: necessário Dificuldade de circulação: elevada Densidade de peões: normal a elevada				D2
			-	20	CE ₂	
11	VIA PEDONAL ISOLADA DA ESTRADA Apenas peões	Risco de agressão: elevado Reconhecimento da face: necessário Densidade de peões: normal a elevada				E ₁
			7,5 a 10	15 a 20	S ₃ a S ₂ S ₂ a S ₁ CE ₂	
12	VIAS DE PEÕES PISTA PARA CICLISTAS ADJACENTE A UMA ESTRADA	Risco de agressão: normal Reconhecimento da face: necessário Densidade de peões: normal a elevada				E ₂ C ₁
			7,5 a 10	15	S ₃ a S ₂ S ₂ a S ₁	
13	PRAÇAS, ROTUNDAS Veículos motorizados Veículos lentos Ciclistas Peões	Múltiplas intercepções Densidade de tráfego: elevada Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: sim ou não Reconhecimento da face: necessário Risco de agressão: normal	Via de acesso mais iluminada	Praça ou rot. respectiva		
			20	30	CE ₁	
			15	20	CE ₂	
			10	15	CE ₃	
			7,5	10	CE ₄	