



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

TÍTULO:

OPTIMIZAÇÃO DA MATRIZ DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA
ESTRADA CIRCULAR
DE MAPUTO NO TROÇO ZIMPETO - ALBAZINE

AUTOR:

Aílton Sete Eduardo Tovele

SUPERVISOR:

Msc. Fernando Chachaia

Maputo, Junho de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

TITULO:

**OPTIMIZAÇÃO DA MATRIZ DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA
ESTRADA CIRCULAR
DE MAPUTO NO TROÇO ZIMPETO -ALBAZINE**

AUTOR:

Aílton Sete Eduardo Tovele

SUPERVISOR:

Msc. Fernando Chachaia

Maputo, Junho de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉCTRICA

Declaração de honra

Eu, Ailton Sete Eduardo Tovele, declaro que este relatório de estágio profissional nunca foi apresentado para a obtenção de nenhum grau ou num âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual.

(Ailton Sete Eduardo Tovele)

07/06/2023

Data

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe e avó, pela crença que tiveram em mim em todo o meu percurso académico, pelas suas palavras e obras, em todos os momentos da minha formação.

Agradecimentos

A este feito, quero desde já, endereçar os meus agradecimentos a todos que directa ou indirectamente tiveram uma participação na minha formação desde o meu primeiro dia de aulas no ensino primário ate a conclusão deste garu de licenciatura. Em especail os meus agradecimentos vão a minha mãe Sandra Chambule. minha avó Maria Albina e a minha namorada Chelsea Chemane, se não fosse por elas com certeza cá não chegava.

A minha namorada, que nos momentos dificis e tempestuosos durante a formação, sempre soube estar aqui para me encorrajá. Aos meus colegas, professores, supervisores e todo pessoal da Faculdade de Engenharia da UEM, aqui vai o meu obrigado por tudo.

Resumo

Racionalizar o consumo de energia eléctrica tem sido prioridade em quase todo o mundo em Moçambique não é diferente, e uma das alternativas mais viáveis para se alcançar esse objectivo é o uso de dispositivos eléctricos de alta eficiência energética. O método descrito anteriormente pode ser combinado com energias de fonte renováveis de modo a se obter mais ganhos.

Este projecto é resultado de um estudo feito na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto – Albazine, com vista a otimizar a matriz de iluminação pública nesta parcela de estrada onde concluiu-se que é possível poupar-se cerca de dois terços da energia que é gasta neste momento em que a matriz de iluminação pública é feita na base de lâmpadas a VSAP ligadas a rede pública. Do estudo feito, e com vista a racionalizar o consumo de energia eléctrica na rede de IP, definiu-se como alternativa o uso de sistema fotovoltaico conjugado com lâmpadas LED de 70W.

A nova matriz de IP nesta parcela de estrada adopta um sistema OFF-GRID, sendo o primeiro passo feito, o levantamento de carga, seguido do estudo económico da matriz de IP com lâmpadas VSAP, na sequência dimensionaram-se todos os componentes da nova matriz. O projecto é finalizado com um estudo de impacto financeiro.

Palavras-Chave: Iluminação pública, Sistemas fotovoltaicos, LED, VSAP

Índice

Guia de Aceitação de Estágio	I
Guiao de conclusão do estagio	II
Dedicatória	XV
Agradecimentos	XVI
Resumo	XVII
Lista de simbolos	XXI
1. Introdução	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Formulação do problema	2
1.3. Hipotese	3
1.4. Justificativa.....	3
1.5. Objectivos.	3
1.5.1. Objectivo geral	3
1.5.2. Objectivos específicos	3
1.6. Metodologia.....	4
2. Revisão da literatura	5
2.1. Introdução	5
2.2. Iluminação pública	5
2.3. Matriz de iluminação pública	5
2.4. Nocções de luminotécnia	6
2.4.1. Iluminância	6
2.4.2. Luminância	7
2.4.3. Fluxo luminoso	7
2.5. Lâmpadas usadas na iluminação pública	9
2.5.1. Lâmpada a vapor de sódio alta pressão	9
2.5.2. Lâmpadas LED	10
2.6. Parâmetros das lâmpadas	11
2.6.2. Temperatura de cor	11
2.6.3. Vida útil	12
2.7. Comparação entre lâmpadas VSAP e LED	12
2.8. Energia solar	12

2.9.	Irradiância	13
2.10.	Irradiação	13
2.11.	Painel solar	13
2.12.	Tipos de painéis solares	13
2.13.	Célula fotovoltaica	14
2.14.	Características eléctricas das células fotovoltaicas	15
2.15.	Parâmetros eléctricos de uma célula fotovoltaica	16
3.	Apresentação da matriz actual existente	18
3.1.	Introdução	18
3.2.	Local de estudo	18
3.3.	Classificação da via	18
3.4.	Disposição dos postes de iluminação pública na via	19
3.5.	Rede eléctrica na via	19
3.6.	Número de lâmpadas em cada poste	19
3.7.	Tipo de luminárias usadas	20
3.8.	Consumo de energia eléctrica na rede de IP nesta via	20
3.8.1.	Determinação do número de lâmpadas na via	21
3.9.	Determinação da potência consumida	21
3.10.	Potência consumida em cada poste	22
3.11.	Potência consumida em toda rede.....	22
3.12.	Determinação da energia consumida em um dia	23
3.13.	Determinação dos parâmetros fotométricos da via	23
3.14.	Determinação do números de lux`s na via actualmente com as lâmpadas VSAP 24	
3.15.	Cálculo do número de lux`s usando uma lâmpada LED	25
3.16.	Avaliação do impacto económico do consumo de energia eléctrica da rede de IP 27	
4.	Definição do modelo para a iluminação pública que consuma menos energia em relação ao modelo actual	29
4.1.	Definição de uma matriz otimizada para a iluminação pública no local em estudo	30
4.2.	Descrição do sistema	30
4.3.	Lavantamento preliminar da carga	30

4.4.	Determinação da potência a produzir	31
4.5.	Autonomia pretendida	32
4.6.	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	32
4.7.	Dimensionamento do painel fotovoltaico do sistema	33
4.8.	Avaliação da disponibilidade do recurso solar na área em estudo	33
4.9.	Determinação da potência mínima do gerador	34
4.10.	Determinação do número de módulos a conectar em série e em paralelo ...	36
4.11.	Determinação da potência máxima do gerador fotovoltaico	36
4.12.	Determinação dos novos parâmetros do gerador fotovoltaico	36
4.13.	Dimensionamento das baterias	37
4.13.1.	Efeito da temperatura nas baterias do sistema fotovoltaicos	39
4.14.	Dimensionamento do regulador de carga	40
4.15.	Dimensionamento do inversor	41
4.16.	Dimensionamento dos conductores	42
4.16.1.	Determinação da queda de tensão máxima admissível	43
4.16.2.	Determinação da secção dos conductores pelo método da queda de tensão 46	
4.16.3.	Cálculo da secção em função da corrente máxima admissível	47
4.16.4.	Correção da corrente nos cabos	47
4.16.5.	Escolha da secção comercial	48
4.17.	Dimensionamento dos dispositivos de protecção	49
4.17.1.	Protecção contra sobrecarga no sistema	49
4.17.2.	Protecção contra sobretensão.....	50
4.18.	Ligação a terra	50
4.19.	Funcionamento do sistema	50
5.	Estudo de viabilidade económica do projecto	51
5.1.	Orçamento do projecto	51
6.	Considerações finais	54
6.1.	Conclusões	54
6.2.	Recomendações	55
7.	Referencias bibliograficas	56
ANEXOS	A

Lista de símbolos

A – Amper

S – Secção

S_n – Secção nominal

V – Volt

W – Watt

I – Corrente

I_n – Corrente nominal

I_{sc} – Corrente de curto circuito

I_{pv} – Corrente do gerador fotovoltaico

I_{MMPT} – Corrente de máxima potência do gerador fotovoltaico

I_F – Corrente do fusível

I_{reg} – Corrente do regulador de carga

U_{oc} – Tensão de circuito aberto

U_{MMP} – Tensão de máxima potência

U_F – Tensão do fusível

U_{Gmax} – Tensão máxima do gerador fotovoltaico

U_R – Tensão do regulador de carga U_{inv}

– Tensão do inversor

$\Delta U_{\%}$ - Queda de tensão F_g

- Factor de grupo F_t –

Factor de temperatura f_s –

Factor de sobrecarga

l_t – Comprimento total

I_{sinv} – Corrente de saída do inversor

γ_{inv} – Rendimento do inversor

S_{inv} – Potência aparente do inversor

I_z – Corrente na zona

S – Potência aparente

P – Potência activa

F_p – Factor de potência

P_l – Potência da lâmpada

C_n – Capacidade nominal da bateria

I_{Gsc} – Corrente de curto – circuito do gerador fotovoltaico

E – Energia

Q_{md} – Consume médio diario

$P_{máxg}$ – Potência máxima gerada

N_p – número de modulos ligados em paralelo

N_s – número de modulos ligados em serie

G – irradiância

E – iluminância

U_o – factor de uniformidade

L - largura das faxas de rodagem

m^2 – metro mm - milimetro

lista de Abreviaturas

EDM - Electricidade De Moçambique

VSAP – Vapor de Sódio Alta Pressão

LED – Light Emitting Diodes

IP – Iluminacao Pública

MT –Meticais

C.C – Caixa de Conexões

PT – Posto de Transformação

SI – Sistema Internacional

A.h – Amper-hora

VA - Volt-Amper

W.h – Watt-hora

IRC – índice de reprodução de cores.

Lista de figuras

Figura: 1- Iluminação pública com lâmpadas VSAP. [1].....	5
Figura: 2– Ilustração da iluminância. Fonte:{Manual de iluminação pública, EDP, 2016}	6
Figura: 3– Ilustração da Luminância. Fonte {Manual de iluminação pública, EDP, 2016}	7
Figura: 4– Ilustração da distribuição do fluxo luminoso.Fonte {Manual de iluminação pública, EDP, 2016}	8
Figura: 5- Lâmpada a vapor de sódio. [3]	10
Figura: 6- Circuito de uma lâmpada a vapor de sódio alta pressão. Fonte: [3]	10
Figura: 7- Luminária LED. [15]	11
Figura: 8- Via iluminada por uma lâmpada LED	12
Figura: 9- Via iluminada por uma lâmpada a VSAP	12
Figura: 10- Módulo fotovoltaico.[8]	14
Figura: 11- Modelo básico de uma célula fotovoltaica. [9]	15
Figura: 12- Curvas de corrente e potência de uma célula fotovoltaica. [9]	16
Figura: 13- Ilustração no mapa da parcela em estudo. Fonte: {Google Maps, 16.05.2023}.	18
Figura: 14- Disposição dos postes de iluminação pública na via. Fonte - {Autor, 05.2023}	19
Figura: 15- Alinhamento axial de postes. fonte:{Autor, 04.2023}	20
Figura: 16-Sistema fotovoltaico em iluminação pública. Fonte: {Autor, 05.2023}	30

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Valores de iluminância nas lâmpadas a VSAP e LED em comparação com a iluminância padrão. Fonte: {Autor}	26
Gráfico 2- Valores relativos da iluminância nas lâmpadas LED vs VSAP. Fonte:{Autor, 05.2023}.	29
Gráfico 3- Valores médios mensais de irradiância na cidade de Maputo. Fonte: { power data, Nasa }	34

Lista de tabelas

Tabela 1- Dados de uma lâmpada VSAP. Fonte: {catálogo keiko reatores, 2017}	20
Tabela 2- Dados da via em estudo. Fonte: {Autor, 05.2023}	22
Tabela 3-Valores de iluminância média para vias de tráfego médio. Fonte: {Manual de iluminação pública, EDP, 2016}	24
Tabela 4- Dados da lâmpada LED.[13]	25
Tabela 5- Comparação da iluminância média entre as lâmpadas VSAP e LED. [13] ...	26
Tabela 6-Tarifa de energia. Fonte {www.edm.com}	27
Tabela 7- Dados da via pública em estudo. Fonte:{Autor}	31

Tabela 8- Valores da tensão a escolher em função da potência activa do painel solar.[11]	33
Tabela 9- Valores de irradiância média mensal na cidade de Maputo. Fonte:{power data, Nasa}	34
Tabela 10- Parâmetros eléctricos do painel solar escolhido. Fonte {Solar Enjoy, 2021}.	35
Tabela 11- Distância entre os componentes do sistema. Fonte {Autor. 05. 2023}	44
Tabela 12- Secções dos conductores a serem usados. Fonte {Autor, 0.5.2023}	48
Tabela 13- Orcamento. Fonte: {Autor, 05.2023}	53

Lista de anexos

Tabela A 1-1: Intensidades nominais para diferentes cabos a temperatura ambiente de 40°.	A1-1
Tabela A 2- 2: Factores de correção para agrupamento de vários cabos.	A2-2
Tabela A 3- 3: Factores de correção de temperatura, para cabos instalados a temperaturas diferentes de 40oC.	A3-3
Diagrama A 4- 4: Curvas características de disparo de fusíveis tipo Gr.	A4-4
Imagem A 5-5: Ilustração do local de estudo.	A5-5
Figura A 6-6: Classes de iluminação.	A6-6
Tabela A 7- 7: Folha de dados de uma lâmpada vapor de sódio.	A7-7
Tabela A 8-8: Folha de dados do inversor.	A8-8
Tabela A 9-9: características do painel solar.	A9-9
Tabela A 10-10: Folha de dados da bateria.	A10-9
Tabela A 11- 11: Folha de dados do regulador de carga.	A11-11
Anexo A 12.1 - 12 Actas de encontro	A12.1-12
Anexo A 13.2 -13 Actas de encontro	A13.2-13
Anexo A 14.1 -14 Actas de encontro.	A13.2-13
Anexo A 15.2 -15 Actas de encontro	A14.1-14
Anexo A 16.2-16 Relatório de progresso	A16.2-16
Anexo A15.1-17Tabela A 17.1-17Guia de avaliação do relatório escrito	A15.1-17
Tabela A 18.3-18 Ficha de Avaliação	A18.3-18
Tabela A 19.1-19 GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA	A19.1-19
Tabela A 20.1-22 FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBALTabela 17.1-22 FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL	A20.1-22

1. Introdução

1.1. Contextualização

A energia eléctrica nos dias actuais pode ser considerada como sendo o pilar de qualquer economia em qualquer nação, pois sem ela praticamente nada se pode fazer, o que o torna um item de ouro, e embora todos precisemos dela no nosso dia-adia, nem todos conseguem ainda ter acesso a ela, seja por limitações de infraestruturas para fazer chegar ate ao consumidor final ou mesmo pela escassez da mesma. E falando em escassez, é importante sempre que possível tomar medidas que pautem para um consumo mais racional da energia eléctrica, e essas medidas podem ser implementadas de varias maneiras, tais como o uso de equipamentos modernos que consuma menos energia, como motores de alta eficiência, a troca de lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas LED.

Em moçambique a demanda por mais energia nos ultimos anos tem crescido, especialmente nos arredores da cidade de maputo onde novos bairros habitacionais tem surgindo, mas nem sempre as subestações dispõem de potência para suprir esta demanda emergente muito por conta das cargas ja existentes nas redondasas desses bairros, e para contornar isso, o uso de energia de fontes renováveis tem surgindo para dar auxilio sob forma de substituição da rede pública pelos sistemas fotovoltaicos. O uso de sistemas fotovoltaicos em Maputo é mais aplicado actualmente nas redes de IP, especialmente nas estradas como forma de racionalização da energia eléctrica.

Em varios pontos da cidade de Maputo o sistema de IP usa as lâmpadas a VSAP, que são lâmpadas que apresentam um grande consumo de energia e não apresentam uma luz de bastante, e em muitos casos ate chegando a entragar as vias muito mais luz do que o necessario, o que consequentemente se traduz em gasto desnecessário de energia eléctrica, sendo que poderia se usar lâmpadas de baixo consumo como é o caso das lâmpadas LED que com uma potência relativamente muito inferior as lâmpadas a VSAP conseguem uma luz de qualidade superior que atenda aos requisitos fotométricos que se pretendam numa via pública. Considerando isso, conjudado com a necessidade racionalizar o gasto de energia na cidade de maputo, surge este projecto que visa a

optimizar a matriz de iluminação pública na estrada circular de Mputo na troço zimpeto – Albazine.

1.2. Formulação do problema

Métodos de racionalização de energia eléctrica tem sido um dos temas mais discutidos em todo mundo, e em Moçambique não tem sido diferente, e encontrar soluções rapidas, baratas e inovadoras não é tarefa facil. O uso de equipamentos eléctricos obsoletos, de baixa eficiência ou de uma potência sobredimensionada em uma dada instalação contribuir para a não racionalização do uso de energia eléctrica no país, um exemplo disso é o uso de lâmpadas a VSAP em vias públicas para iluminação sendo que se poderia optar em uso de lâmpadas LED que conferem maior qualidade na iluminação a com um consumo de energia eléctrica muito baixo em relação em relação as lâmpadas a VSAP.

Isto acaba se tornando um problema para as redes de distribuição em baixa ja que a energia gasta na rede de IP sai dos postos de transformação que alimentam os bairros e isso cria um defice de potência, que poderia ser usada para ligar mais instalações e consequentemente gerar mais receitas a consenssionaria de distribuição de energia eléctrica em Moçambique. Na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto – Albazine, vemos que a matriz de iluminação pública e feita com base em lâmpadas de vapor de sódio alta pressão que consomem uma quantidade de energia eléctrica bastante elevada, se comparada a quantidade de energia que consumiriam se fosse uma matriz com lampadas LED`s ou se o sistemas fosse em módulos fotovoltaicos.

Perante esta comparação surge a seguinte questão:

- Ate que ponto a opção por uma matriz de iluminação baseada em eficiência de energia eléctrica contribuiria para a racionalização do consumo da energia eléctrica?

1.3. Hipotese

Aplicação de um lote de iluminação fotovoltaico como alternativa as lâmpadas a vapor de sodio alta pressao constitui um optima extremamente viavel para a realizacao deste trabalho.

1.4. Justificativa

A economia é um dos factores que deve ser levado em consideração a quando do dimensionamento de projeto eléctrico, e por isso o uso de equipamentos recentes com alto rendimento é sempre recomendável para se chegar a essa economia, e daí vêm a pertinência pela elaboração deste projecto, de modo a racionalizar o consumo de energia na rede de IP na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto – Albazine.

Racionalização da energia eléctrica em Moçambique passa por optar por equipamentos que possam entregar um óptimo desempenho mas que demandem menos potência, e olhando para a matriz de iluminação pública em boa parte da cidade de maputo vemos que há espaço para optimização da sua matriz, o que leva a necessidade de um projecto que visa a definir soluções para tal, bem como estudar a viabilidade económica do mesmo.

Diante disto surge a necessidade de elaboração de um projecto de modo a estudar e aplicar alternativas para racionalização da energia eléctrica naquele sistema. Diante deste cenário surge a necessidade deste projecto para se otimizar a matriz de iluminação pública no troço Zimpeto – Albazine com vista a racionalizar o consumo de energia eléctrica e automaticamente reduzir o impacto económico deste sistema.

1.5. Objectivos.

1.5.1. Objectivo geral

Optimizar a matriz de iluminação pública na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto-albazine.

1.5.2. Objectivos específicos

- Apresentar a matriz de iluminação pública actual;
- Fazer o estudo do consumo de energia eléctrica e estudo economico, visando a comparação entre uma matriz usando lâmpadas a VSAP e outra com lâmpadas LED;
- Definir um modelo para a iluminação pública que consuma menos energia em relação ao modelo actual;
- Elaborar o estudo de viabilidade económica do projecto.

1.6. Metodologia

Para a elaboração deste trabalho serão levados como guia os métodos de pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e o método quantitativo.

Pesquisa bibliográfica: Desta forma para Lakatos e Marconi (2003, p. 183): “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

Pesquisa de campo: Pode-se então afirmar que o objetivo de uma pesquisa de campo é entender a diferença entre um indivíduo e outro, a partir da análise da interação entre as pessoas de um grupo ou comunidade, extraindo dados diretamente por meio da realidade dos indivíduos. (GIL, 2002).

Método quantitativo: A pesquisa quantitativa é um método de pesquisa social que utiliza a quantificação nas modalidades de coleta de informações e no seu tratamento, mediante técnicas estatísticas, tais como percentual, média, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outros. (GIL, 2010).

2. Revisão da literatura

2.1. Introdução

Neste capítulo iremos tratar de todos os aspectos teóricos que norteiam este projecto. Serão feitas definições dos principais componentes a serem usados neste projecto, bem como a explicação teórica sobre o seu funcionamento.

2.2. Iluminação pública

Entende-se como sendo iluminação pública o sistema que garante a luz artificial nas ruas das cidades e bairros durante a noite. Este sistema pode apresentar várias tipologias, as quais serão abordadas mais adiante neste trabalho.



Figura: 1- Iluminação pública com lâmpadas VSAP. [1]

2.3. Matriz de iluminação pública

De uma maneira geral, clara e objectiva, uma matriz de iluminação pública é o conjunto que compõe o sistema de iluminação pública. As matrizes de iluminação pública em Moçambique podem ser divididas em dois tipos, sendo os mesmos os seguintes:

- Matriz dependente da energia da rede eléctrica nacional;
- Matriz independente, com uso de fontes renováveis.

Um exemplo para estes dois tipos de matrizes de iluminação pública no país, podem ser encontrados na estrada circular de Maputo, em que na parcela Zimpeto-Albazine temos

uma matriz que é alimentada pela rede pública da EDM e no troço Zimpeto – Matola Gare o sistema de iluminação é garantido por painéis solares, instalados em cada poste.

O grande objectivo da iluminação pública é de garantir luz artificial nas noites, mas essa luz têm de atender certos padrões de qualidade estabelecido na área de luminotécnica, tais como uniformidade da luz, nível de lux na via em que se pretende iluminar, não incomodar aos utentes da via (por excesso ou défice da luz).

A não observância destes parâmetros de luminotécnia pode levar a um mau dimensionamento de um sistema de iluminação pública, podendo resultar em gasto de energia eléctrica de maneira desnecessária, uma vez que pode-se colocar lâmpadas que emitam mais luz que o necessário. Sendo assim, em um projecto de iluminação pública é importante levar em consideração os seguintes aspectos luminotécnicos:

- Luminância
- Fluxo luminoso ▪ Iluminância

2.4. Nocções de luminotécnia

2.4.1. Iluminância

A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície em função da área. A sua unidade no SI é o lux, E.

A figura 2 pode ser traduzida no modelo matemático seguinte que define a fórmula da

iluminância. $E = \frac{\phi_1}{A}$

Onde:

E – iluminância em Lux.

A – área iluminada.

ϕ_1 – fluxo luminoso em lumens.

2.4.2. Luminância

É a unidade de medida da densidade da luz

refletida numa dada direcção, que descreve a quantidade de luz que atravessa ou é

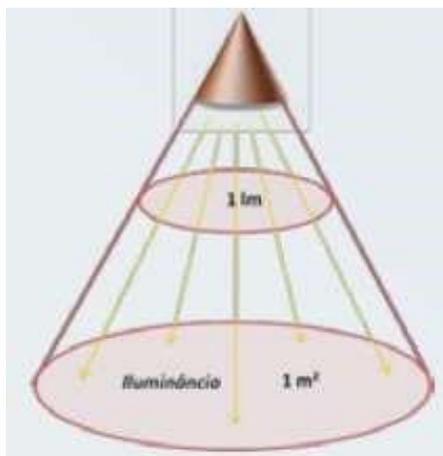


Figura 2 Ilustração da iluminância.
Fonte:Manual de iluminação pública,
EDP, 2016

emitida numa dada superfície, segundo um ângulo sólido. O fluxo luminoso tem como unidade no SI o cd/ m². [Manual de iluminação pública]

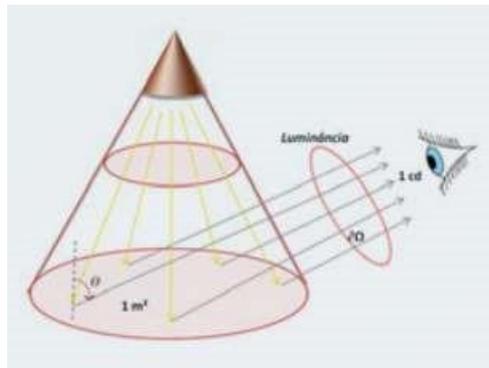


Figura: 3– Ilustracao da Luminância. Fonte: Manual de iluminação pública, EDP, 2016

$$L = \frac{I}{A \times \text{Acos}\theta} \quad (1.0)$$

Onde:

L – fluxo luminoso em cd/m²

2.4.3. Fluxo luminoso

É a quantidade de luz emitida por uma fonte de luz em qualquer direcção. O fluxo de luz emitido por uma lâmpada instalada em um poste de iluminação pública pode tomar várias direcções como ilustra a figura abaixo.



Figura: 4– Ilustração da distribuição do fluxo luminoso. Fonte: Manual de iluminação pública, EDP, 2016

Assim o fluxo luminoso pode ser medido tanto o que é emitido para cima, como para baixo usando as seguintes expressões:

$$F_{eb} = \frac{\phi_B}{\phi_{tl}} \quad (1.1)$$

$$F_{ec} = \frac{\phi_c}{\phi_{tl}} \quad (1.2)$$

Onde:

F_{eb} – Fluxo de luz emitido para baixo

F_{ec} – Fluxo emitido para cima

ϕ_{tl} – Fluxo total da lâmpada

Os três conceitos apresentados acima representam apenas uma pequena parcela daquilo que são os requisitos fotométricos usados em projectos de iluminação pública, ou seja, como não é o objectivo deste projecto falar da luz mas sim iluminação pública, não é muito pertinente abordar sobre todos os aspectos da luminotécnica, pelo que as três variáveis apresentadas acima (Luminância, fluxo luminoso e iluminância) serão as únicas abordadas com maior enfoque neste projecto. A iluminação pública é feita por luz

artificial, ou seja, a luz que ilumina as vias durante a noite é emitida a partir de lâmpadas, e cada lâmpada apresenta suas características de luz.

2.5. Lâmpadas usadas na iluminação pública

As lâmpadas usadas na iluminação pública são as classificadas como sendo de uso exterior, e aqui em Moçambique, a maioria dos pontos de luz de iluminação pública são a vapor de sódio alta pressão (VSAP), mas também há pontos em que são usadas lâmpadas LED que é a tecnologia que vêm ganhando cada vez mais espaço nos sistemas de iluminação pública no país.

2.5.1. Lâmpada a vapor de sódio alta pressão

As lâmpadas a vapor de sódio alta pressão, são um tipo de lâmpada de descarga que utilizam dois elementos principais para o seu funcionamento, nomeadamente o mercúrio e o sódio. Tal como na variante de baixa pressão, nestas lâmpadas a principal fonte de luz é a emissão espectral do sódio elementar com predomínio para a sua linha

D. [2]



Figura 5. Lâmpada a vapor de sódio. [3]

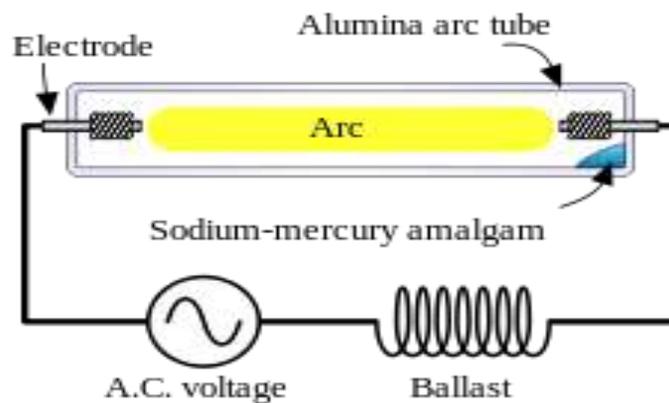


Figura: 6- Circuito de uma lâmpada a vapor de sódio alta pressão. Fonte: [3]

2.5.2. Lâmpadas LED

Nestas lâmpadas a luz é produzida a partir de diodos emissores de luz. Como o próprio termo sugere, LED é uma sigla para “Light Emitting Diode”, ou traduzindo para português, diodo emissor de luz. O campo de aplicação das lâmpadas LED é bastante vasto, indo desde iluminação residencial, iluminação em escritórios e até na iluminação pública.



Figura: 7- Luminaria LED. [15]

As lâmpadas LED representam a tecnologia mais eficiente da iluminação a todos os níveis, pois apresentam maior eficiência na reprodução de cores, baixo consumo energético e maior longividude.

2.6. Parâmetros das lâmpadas

Na escolha de uma lâmpada para uso em determinado ambiente, toma-se em consideração os seguintes parâmetros: índice de reprodução de cores, temperatura de cor, vida útil. A definição destes parâmetros nos garante fazer uma seleção mais adequada da lâmpada que pretendemos em função do local.

2.6.1. Índice de reprodução de core (IRC)

É o grau que a luz apresenta de reproduzir com acertividade a real cor de um objecto quando este é atingido por essa luz. Quanto maior for o IRC de uma lâmpada, de melhor qualidade é classidcada essa lâmpada e também a luz que por ela é emitida.

2.6.2. Temperatura de cor

Temperatura de cor é o termo usado em luminotécnia para indicar a aparência que a luz emitida por uma determinada lâmpada apresenta. Quanto mais fria for a temperatura da lâmpada esta tem a tendência em apresentar uma luz mais amarelada, e quanto mais quente for, a lâmpada apresenta uma cor que tende para o branco.

2.6.3. Vida útil

Vida útil representa o tempo que a lâmpada pode ficar em funcionamento, e é expressa em horas.

2.7. Comparação entre lâmpadas VSAP e LED

A diferença mais notória entre as lâmpadas LED e VSAP está na cor da luz, como mostram as figuras 8 e 9. Mas não só a luz é um divisor de águas para estes dois tipos de lâmpadas, o tempo de vida útil, o IRC e a qualidade de luz emitida para a mesma potência nas duas lâmpadas ajudam a entender as diferenças.



Figura: 8- *Via iluminada por uma lâmpada LED*
Fonte: Autor, 05,2023.



Figura: 9- *Via iluminada por uma lâmpada VSAP*
Fonte: Autor, 05.2023

2.8. Energia solar

É a energia proveniente da luz emitida pelo sol. Esta energia pode ser aproveitada de várias maneiras dependendo do objectivo de cada um, embora dois campos de aplicação se destaquem actualmente, que são: o aquecimento e geradores fotovoltaicos.

É importante realçar que esta energia vem da luz do sol e não do calor, então nem sempre regiões onde existam a abundância de raios solares impliquem ter um enorme potencial para produção de energia solar, até porque em modulos fotovoltaicos altas temperaturas podem interferir de maneira negativa na quantidade da potência gerada. Para que uma região seja considerada de potencial solar, deve se ter em conta o seguinte:

- insolação
- Irradiância
- Irradiação

2.9. Irradiância

É o fluxo de energia radiante incidente sobre uma superfície por unidade área, cuja unidade no SI é W/m^2 .

2.10. Irradiação

É a quantidade de energia radiante incidente sobre uma superfície por um período de tempo definido, por unidade área desta. A sua unidade no SI é $W.h/m^2$.

2.11. Painel solar

É um dispositivo que converte a energia luminosa emitida pela luz do sol em energia eléctrica.

Um painel solar é composto de células solares também chamadas de células fotovoltaicas que são responsáveis por captar essa energia emitida pela luz do sol e transformá-la em electricidade segundo a a teoria do efeito fotoeléctrico que diz que quando um feixe de luz incide sobre um alvo metálico provoca o deslocamento ordenado de cargas eléctricas de um ponto para o outro.

O efeito fotoeléctrico é a emissão de electrões sobre um alvo, geralmente metálico, que esteja exposto a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, que depende do material, como por exemplo a radiação ultravioleta.

2.12. Tipos de painéis solares

Os diferentes tipos de painéis fotovoltaicos podem ser classificados em função do número de junções e em função da geração de desenvolvimento. No que se refere ao número de junções, os painéis podem ser de junção única ou de junção múltipla. Além disso, dependendo do estágio temporal de desenvolvimento, as células dos painéis, podem ser classificadas como de primeira, segunda ou terceira geração. O que diferencia as diferentes

gerações são os materiais utilizados, o número de camadas e a utilização ou número de junções. [8]

Painel solar de silício monocristalino.

Painel solar de silício policristalino.

Painel solar de silício amorfo (a-Si)

Painel solar de telureto de cádmio (CdTe)

Painel solar de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS /CIGS)

Células fotovoltaicas orgânicas (OPV)

Painel solar híbrido – HJT

2.13. Célula fotovoltaica

Tal como em biologia a célula é a unidade vital do corpo humano, em sistemas fotovoltaicos as células fotovoltaicas são o seu componente mais básico, que quando associadas formam um painel solar fotovoltaico. As células fotovoltaicas são responsáveis pela conversão da energia luminosa advinda do sol em energia eléctrica.

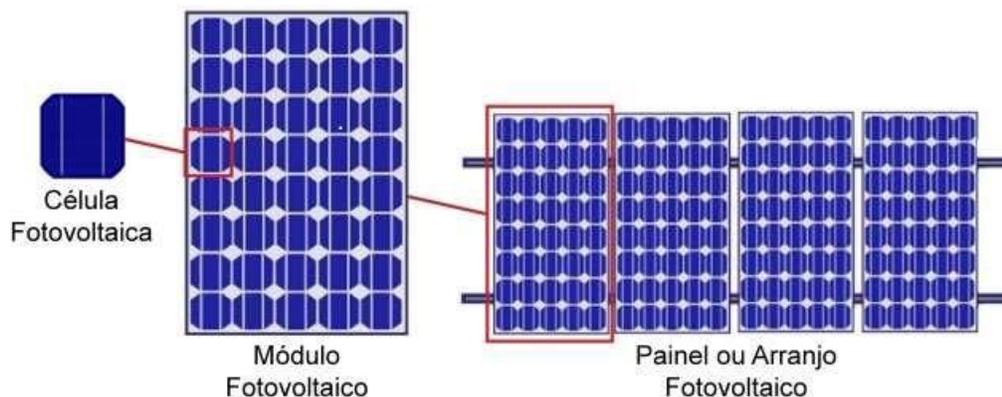


Figura: 10- Módulo fotovoltaico.[8]

Da figura 10, pode-se ver claramente que um painel solar nada mais é que um conjunto de células fotovoltaicas conectadas umas as outras.

Existem dois principais tipos de células fotovoltaicas que são as células feitas a base de silício e as feitas a base de germânio.

2.14. Características eléctricas das células fotovoltaicas

A figura 11 ilustra o modelo básico de uma célula fotovoltaica.

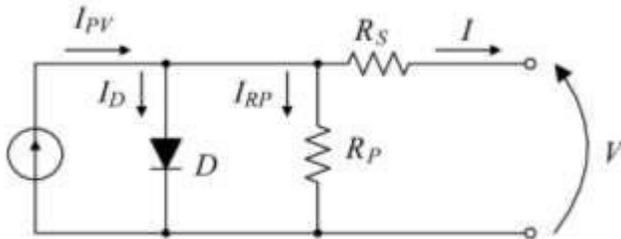


Figura: 11- Modelo básico de uma célula fotovoltaica. [9]

Aplicando a primeira lei de Kirchoff no primeiro nó tem-se o seguinte:

$$I_{PV} = (I_D + I_{RP}) = I \quad (1.4)$$

A corrente do diodo pode ser expressa da seguinte forma, segundo a equação de Shockley.

$$I_D = I_0 \cdot \left(e^{\frac{V_D}{n \cdot V_T}} - 1 \right) \quad (1.5)$$

Fazendo a substituição da equação do diodo na equação da corrente total, obtêm-se a equação característica da célula fotovoltaica.

$$I = I_{PV} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{V_D}{n \cdot V_T}} - 1 \right) - I_{RP} \quad (1.6)$$

A corrente gerada na célula fotovoltaica e a corrente em I_0 dependem muito das condições de irradiância e temperatura a que a célula está exposta no determinado local.

Na figura 12, estão ilustrados dois graficos a e b. Estes gráficos apresentam as curvas que simulam o comportamento da potência e corrente em uma célula fotovoltaica.

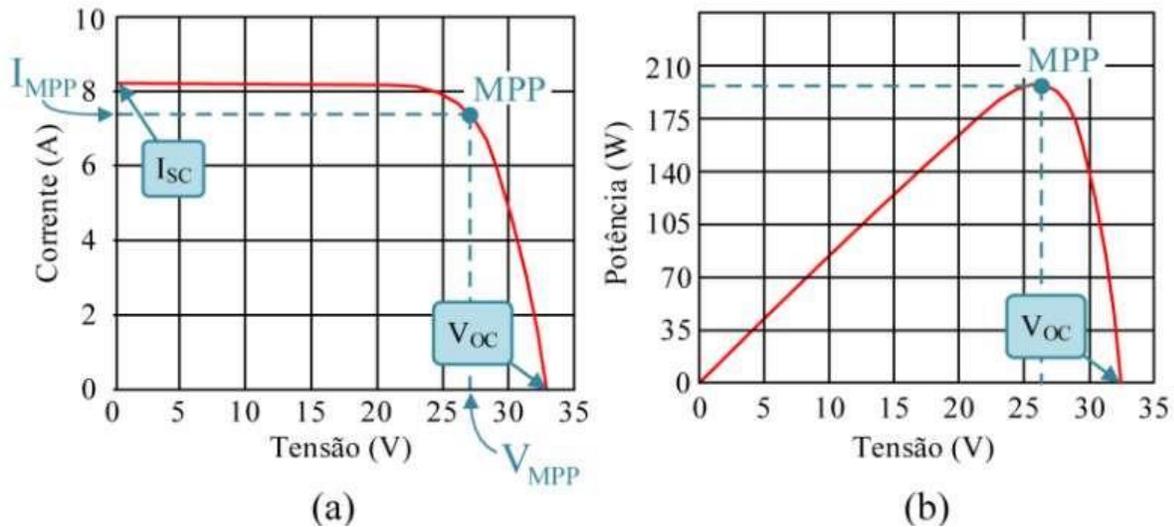


Figura: 12- Curvas de corrente e potência de uma célula fotovoltaica. [9]

2.15. Parâmetros eléctricos de uma célula fotovoltaica

Na seleção de uma célula fotovoltaica, devem ser considerados os seguintes parâmetros:

- Tensão de circuito aberto (V_{oc})
- Corrente de curto – circuito (I_{sc})
- Ponto de máxima potência (MPP)
- Tensão de máxima potência (V_{MPP})
- Corrente de máxima potência (I_{MPP})
- Factor de forma (FF)

Tensão de máxima potência - Como o próprio termo sugere, esta é a tensão nominal da célula fotovoltaica, quando a mesma esta em circuito aberto.

Corrente de curto-circuito da célula – É a máxima corrente que se pode medir na célula e é obtida quando a tensão nos terminais da célula é nula.

Ponto de máxima potência – Corresponde ao ponto de operação onde se gera a máxima potência na célula.

Tensão de máxima potência – É a tensão medida nos terminas da célula quando se esta em máxima operação.

Corrente de máxima potência – Corrente gerada pela célula sob condições de máxima potência.

Factor de forma – É a razão entre a máxima potência e o produto da tensão de circuito aberto com a corrente de curto-circuito. Esta afirmação pode ser expressa pela seguinte equação:

$$FF = \frac{V_{MMP} \times I_{MMP}}{V_{OC} \times I_{SC}} \quad (1.7)$$

Tensão de circuito aberto – É a tensão medida nos terminais do módulo fotovoltaico quando não há circulação de corrente. Esta tensão depende da corrente de saturação, I_0 , da corrente fotogerada, I_{PV} e da temperatura. O modelo matemático para esta afirmação é apresentado na equação a seguir:

$$V_{OC} = \frac{k.T}{q} \cdot \ln\left(\frac{I_{PV}}{I_0} + 1\right) \quad (1.8)$$

3. Apresentação da matriz actual existente

3.1. Introdução

Neste capítulo serão apresentados os aspectos técnicos da matriz de iluminação pública existente neste momento na área de estudo deste projecto. Será também apresentada a proposta sobre uma nova matriz mais optimizada de modo a se obter um sistema mais eficiente.

3.2. Local de estudo

Este estudo será feito na estrada circular de Maputo, concretamente na parcela compreendida entre a rotunda do zimpeto até ao bairro do Albazine. Vidê a figura 13.

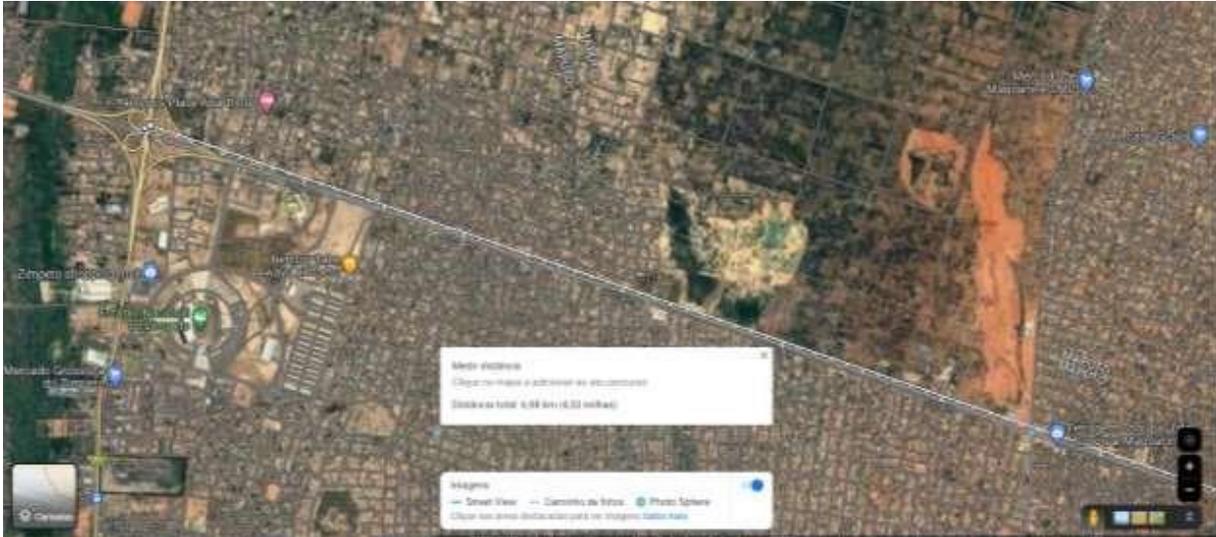


Figura: 13- Ilustração no mapa da parcela em estudo. Fonte: Google Maps, 16.05.2013

A imagem acima foi extraída a partir do google Maps, e segundo este, o troço Zimpeto – Albazine tem 6,980 km de extensão.

3.3. Classificação da via

A estrada circular de Maputo é uma via destinada a veículos motorizados, cuja velocidade máxima permitida nela é de 60 km/h. A vias com estas especificações designam-se como sendo vias arteriais.

3.4. Disposição dos postes de iluminação pública na via

A disposição de postes nesta via é do tipo axial (também chamada de cantero central). Neste tipo de alinhamento, os postes são alinhados entre as separações das faixas de rodagem cujos separadores não tenham uma largura que ultrapasse aos três metros. fonte: {Manual de Iluminação pública, EDP, 2016}



Figura: 14- Disposição dos postes de iluminação pública na via. Fonte - Autor, 05.2023

3.5. Rede eléctrica na via

Nesta parcela de estrada a rede eléctrica para a iluminação pública é do tipo subterrânea. Esta modalidade de rede é recomendada quando se tem um vão entre os postes de 35 metros, que é o caso da estrada circular de Maputo.

3.6. Número de lâmpadas em cada poste

Comforme indicado anteriormente, sobre a disposição dos postes, em que se designou como sendo axial, neste tipo de alinhamento dos postes são montadas duas luminárias em cada poste, de modo que elas iluminem as duas faixas, como mostra a figura 15.



Figura: 15- Alinhamento axial de postes. fonte:Autor, 04.2023

3.7. Tipo de luminárias usadas

Neste parcela de estrada, têm-se uma iluminação considerada convencional, ou seja, ela é feita através de lâmpadas a vapor de sódio alta pressão com uma potência de 250 W, dispostas duas a duas em cada poste. Estas luminárias são montadas horizontalmente a uma altura de 10 metros do nível da estrada.

Modelo da lâmpada a vapor de sódio alta pressão

Tabela 1- Dados de uma lampada VSAP. Fonte: catálogo keiko reatores, 2017

Modelo	Lâmpada	Potência [W]	Potência do balastro [W]
LAVSE400VL250 VSAP	VSAP	250	35

3.8. Consumo de energia eléctrica na rede de IP nesta via

Para estudar-se o consumo de energia nesta via, tomemos em conta os seguintes dados apresentados no quadro abaixo.

3.8.1. Determinação do número de lâmpadas na via

Para este cálculo vamos considerar os seguintes dados:

- Extensão da via
- Vão entre os postes
- Número de luminárias em cada poste

A fórmula para a determinação do número de lâmpadas será a seguinte:

$$NL = \frac{L}{v} \times 2 \quad (2.0)$$

Onde:

L – Extensão da via em metros v –

Vão entre os postes em metros

O número 2 que aparece na fórmula é pelo facto de em cada poste termos duas luminárias.

$$NL = \frac{6980}{35} \times 2 \quad (2.1)$$

$$NL = 398,85 \quad (2.2)$$

É importante lembrar que ao longo desta via tem-se três rotundas, então para um cálculo mais exato sobre o número de luminária instaladas vamos adicionar mais 6 postes, uma vez que nas rotundas temos dois postes a mais, o que conseqüentemente leva a um acréscimo de mais 12 luminárias na via. Sendo assim, o número total de luminárias na via é de 410.

3.9. Determinação da potência consumida

É importante observar que a potência consumida pode apresentar uma ligeira variação de acordo com a estação do ano atravessada, já que as horas de iluminação natural em dias de verão são um pouco a mais em relação as horas de iluminação no período de inverno. Mas como esta diferença gira em torno de 1 hora no máximo, vamos considerar 12 horas em que as lâmpadas ficam ligadas.

Dados da via em estudo

Tabela 2. Dados da via em estudo. Fonte: Autor, 2023

Modelo	Tipo de lâmpada	Potência [W]	Número de lâmpadas na via	Horas em funcionamento no dia [h]
LAVSE400LV250	VSAP	250	410	12

$$P_{cdp} = 2 \times (P_l + P_b) \quad (2.3)$$

$$P_{cdp} = 2 \times (250 + 35) \text{ W} \quad (2.3.1)$$

$$P_{cdp} = 2 \times 285 = 570 \quad (2.3.4)$$

Onde:

P_{cdp} – potência consumida em cada poste

P_b – potência consumida pelo balastro P_l

- potência consumida pela lâmpada

A potência consumida pelo balastro deve ser sempre considerada no cálculo, pois influi no consumo total daquilo que a luminária consome. Este valor pode variar dependendo da potência da lâmpada. Para este caso, em que a lâmpada usada é uma VSAP como uma potência de 250W a potência do balastro indicada pelo fabricante de 35W.

3.11. Potência consumida em toda rede

$$P_{CR} = P_{CP} \times N_p \quad (2.4)$$

$$P_{CR} = 570 \times 205 \quad (2.4.1)$$

$$P_{CR} = 116\,865 \text{ W} = 116,865 \text{ Kw}$$

Onde:

P_{CR} – potência consumida pela rede de IP da via.

3.12. Determinação da energia consumida em um dia

Neste cálculo vamos considerar apenas dias de inverno, sendo assim vamos determinar 12 horas o tempo que as lâmpadas ficam ligadas durante o dia.

$$E_C = P_{CR} \times H_D \quad (2.5)$$

$$E_C = 116.85 \times 12 \quad (2.5.1)$$

$$E_c = 1402,2\text{kW.h} \quad (2.5.2)$$

Onde:

E_C – Energia consumida pela rede de IP em um dia util.

Nb: neste cálculo não foram consideradas as perdas no cobre nos cabos que fazem a ligação entre os postes, e também desprezou-se o pico de corrente que se verifica no momento em que as lâmpadas são accionadas.

3.13. Determinação dos parâmetros fotométricos da via

Mais do que garantir a iluminação numa via, é importante garantir que esta luz fornecida tenha qualidade. Sendo assim deve-se garantir que as lâmpadas instaladas tenham a capacidade de emitir a superfície pelo menos o número mínimo aceitável de lux`s. A tabela 3 mostra os diferentes níveis de lux`s para cada diferentes vias.

Tabela 3. Valores de iluminância média para vias de tráfego médio. Fonte: Manual de iluminação pública, EDP, 2016

Classe de iluminação	E média [lux]	U ₀ [E]	Para velocidades altas e moderadas	Para velocidades baixas e muito baixas
C0	50	0.4	10	15
C1	30	0.4	10	15
C2	20	0.4	10	15
C3	15	0.4	15	20
C4	10	0.4	15	20
C5	7.5	0.4	15	25

Para a via em estudo, a classe de via definida é a C4. Conforme visto no capítulo anterior, esta categoria é definida para vias cuja velocidade máxima permitida é de 60 km/h. Sendo assim, a partir da tabela podemos extrair a seguinte informação relevante para a avaliação dos parâmetros fotométricos da via, que são iluminância média e factor de uniformidade.

3.14. Determinação do número de lux's na via actualmente com as lâmpadas VSAP
Vamos agora determinar o número de lux's que a via apresenta de acordo com a fórmula abaixo. Esta fórmula é para uma situação entre dois postes consecutivos.

$$E = \frac{\phi \times U_o}{L \times v} \quad (2.6)$$

Onde:

ϕ - fluxo luminoso em lúmens

U_o – factor de uniformidade

v – vão entre os postes

L - largura das faixas de rodagem

$$E = \frac{27.500 \times 0,4}{10 \times 35} \quad (2.6.1)$$

$$E = 31,42 \text{ lux}$$

Claramente que este valor está muito acima do indicado para via, logo pode-se concluir que as lâmpadas VSAP instaladas, pelo menos a nível fotométrico, atendem excessivamente aos parâmetros exigidos. Mas, e se fossem lâmpadas LED's que apresentam um consumo muito inferior em relação às lâmpadas VSAP, qual a potência destas lâmpadas seria necessária para cumprir com esta exigência fotométrica?! Essa questão é bastante pertinente quando se trata de optimização, que é objectivo principal na elaboração deste projecto.

3.15. Cálculo do número de lux's usando uma lâmpada LED

Para este cálculo usar-se-á inicialmente uma lâmpada LED com uma potência de 68W, cujos dados estão mostrados na tabela 4.

Parâmetros eléctricos de uma lâmpada LED

Tabela 4. Dados da lâmpada LED.[13]

Modelo	da Potência [w]	Fluxo luminoso [lm]	Grau de protecção luminária
	70	9.100	IP65

$$E = \frac{9100 \times 0,4}{10 \times 35} \quad (2.7)$$

$$E = 10,4 \text{ lux}$$

Com este resultado podemos chegar á uma conclusão muito interessante, que é:

- De acordo com a norma EN 50618 que estabelece os valores de iluminância média para as vias públicas , nota-se que com as lâmpadas a vapor de sódio temos um grande fluxo luminoso a ser desperdiçado, o que consequentemente se traduz no desperdício de energia eléctrica da rede. O cálculo da iluminância média com uma lâmpada LED ilustrado anteriormente, ajustou perfeitamente naquilo que é estabelecido pela norma.

Comparação da iluminância média entre as lâmpadas

Tabela 5- Comparação da iluminância média entre as lâmpadas VSAP e LED. [13]

Tipo lâmpada	de Potência [W]	Fluxo luminoso E _{média} [lux]	E _{padrão} [Lux]
VSAP	250	27 500 31,42	10
LED	70	9100 10,4	

A tabela 5 é um resumo dos principais parâmetros eléctricos e fotométricos da rede de IP da via em estudo, no contexto actual (com lâmpadas VSAP) e numa situação de optimização e racionalização do consumo de energia (com lâmpadas LED), bem como o valor da iluminância padrão (valor de referencia).

Valores de iluminância nas lâmpadas a VSAP e LED

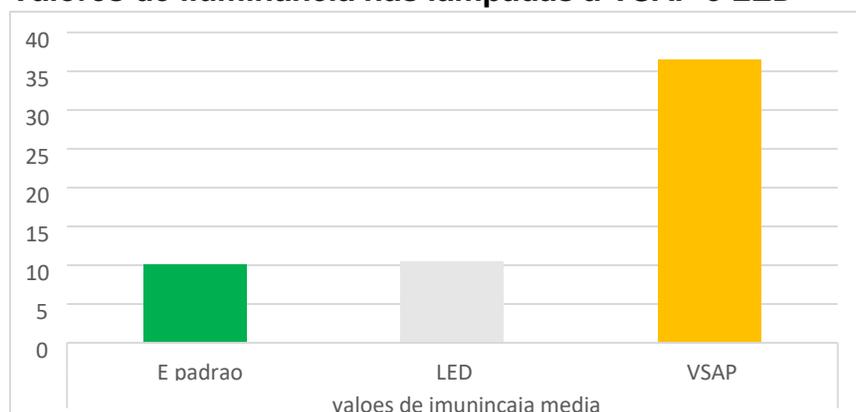


Gráfico 1. Valores médios da iluminância. Fonte: EDP, 2016

3.16. Avaliação do impacto económico do consumo de energia eléctrica da rede de IP

Antes de realizar este estudo vamos começar por abordar um pouco daquilo que são as políticas dos preços por kW.h praticadas pela Electricidade de Moçambique.

Tabela 6-Tarifa de energia. Fonte: www.edm.com

Tarifário de Energia Eléctrica					
Consumos registados	Preço de venda por categoria tarifaria				Taxa fixa (MT)
	Tarifa social (MT/kWh)	Tarifa doméstica (MT/kWh)	Tarifa Agrícola (MT/kWh)	Tarifa geral (MT/kWh)	
De 0 a 125	0.97				
De 0 a 300		6.00	3.69	9.32	233.37
De 301 a 500		8.49	5.26	13.31	233.37
Superior a 500		8.91	5.75	14.56	233.37
Pré-pagamento	0.97	7.64	5.11	13.34	

A EDM apresenta quatro variantes para tarifa de energia em baixa tensão, nomeadamente:

- ✓ Doméstica

- ✓ Social
- ✓ Tarifa geral
- ✓ Agrícola

A rede de IP embora tenha os seus próprios contadores nos armários de distribuição dos PT`s de modo a se saber o consumo gasto por ela, a concessionária não ganha dinheiro com energia gasta por ela. Sendo assim, o custo por kW.h gasto pela rede de IP, enquadra-se na vairante da tarifa doméstica cujo valor está mostrado na figura 16.

1 kW.h = 8,91 Meticais

Agora pode-se determinar o gasto em meticais de um dia útil da rede de IP na Estrada circular de Maputo no troço Zimpeto - Albazine.

Valor gasto em um dia pela rede de IP em estudo

Tabela 6.1. valor gasto em um dia pela rede de IP em estudo. fonte: Autor, 05.2023

Tipo de lâmpada	Eneriga [kW.h]	Tarifa [MT/kW.h]	Valor gasto em um dia útil [mtn]
VSAP	1285,85	8.91	11 452,46

Este valor pode ser reduzido (ou mesmo eliminado) se se introduzir uma nova matriz de iluminação pública nesta parcela de estrda, com o uso de lâmpadas de baixo consumo mas que possam entregar uma iluminação dentro dos parâmetros estabelecidos na norma. E uma das alternativas para isto são as lâmpadas LED, que entregam uma qualidade de luz superior em relação as lâmpadas a vapor de sódio, apresentam mais tempo de vida útil com um factor de manutenção superior, e o mais importante, apresentam um gasto de energia três vezes menos em relação as lâmpadas a vapor de sódio como mostra o grafico. **Valores relativos da iliminância nas lâmpadas**

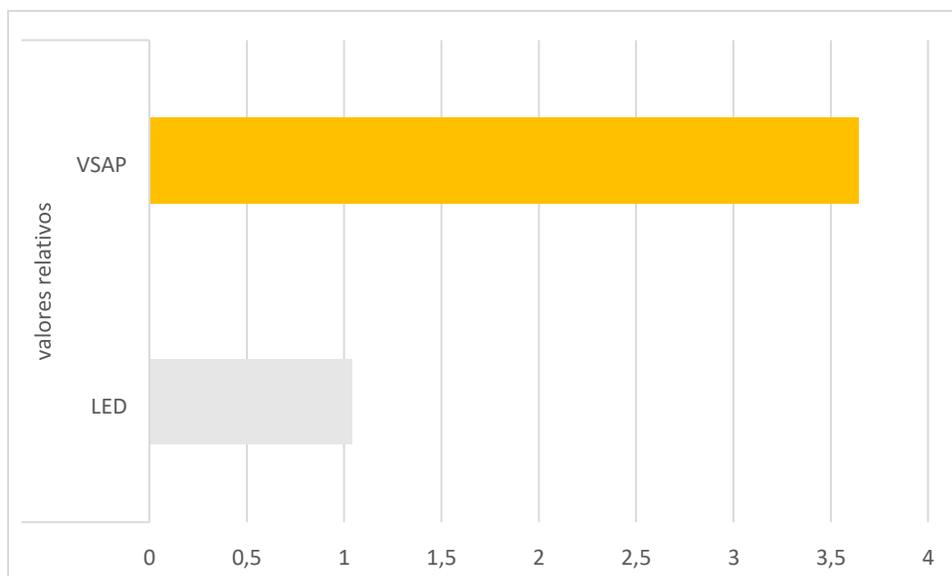


Gráfico 2- Valores relativos da iluminância nas lâmpadas LED vs VSAP. Fonte:Autor, 05.2023

Este gráfico apresenta valores relativos, da iluminância média que se obtém na Estrada circular de Maputo no troço Zimpeto –Albazine, utilizando lâmpadas VSAP em comparação com lâmpadas LED.

Do gráfico vê-se que as lâmpadas a VSAP chegam a gastar duas vezes mais potência do que o necessário para se garantir uma boa iluminância na via.

Diante disto, é necessário definir um modelo para a IP nesta parcela de estrada que apresente menor consumo de energia, maior longividade e que seja de preferencia autónomo.

4. Definição do modelo para a iluminação pública que consuma menos energia em relação ao modelo actual

Introdução

Neste capítulo vamos escolher e fazer o dimensionamento para uma nova matriz de iluminação pública de forma a otimizar o modelo actual. O modelo escolhido adoptará o uso de lâmpadas LED, uma vez que estas apresentam um baixo consumo e serão

conjugadas com um sistema fotovoltaico como fonte de alimentação para as mesmas, criando assim sistema off – grid de iluminação.

4.1. Definição de uma matriz otimizada para a iluminação pública no local em estudo

Comforme dito na introdução deste capítulo, o modelo escolhido será um modelo off – grid, tendo como fonte de energia módulos fotovoltaicos a luminárias LED. Um exemplo deste modelo é mostrado na figura 17.



Figura: 16-Sistema fotovoltaico em iluminação pública. Fonte: Autor, 05.2023

Como se vê na figura 17, cada poste possui um sistema autónomo para a iluminação pública, com um painel solar sendo usado para alimentar duas luminárias LED com accionamento automático.

4.2. Descrição do sistema

A matriz proposta será off –grid, ou seja será autónoma.

4.3. Lavantamento preliminar da carga

O primeiro passo para qualquer projecto eléctrico é sempre o levantamento da carga, ou por outra, para saber escolher os equipamentos que vão compor um sistema eléctrico é crucial saber a carga que estes vão alimentar, para tal vamos tomar os seguintes dados da via em estudo:

Dados da via

Tabela 7- Dados da via pública em estudo. Fonte:Autor, 2023

Dados da via			
Extensão da via	Nº de postes	Nº de lâmpadas	Tensão de alimentação das lâmpadas [V]
6980	205	420	220

4.4. Determinação da potência a produzir

O valor da potência que deverá ser produzida diariamente deverá ser igual ou superior ao valor da potência consumida pelas luminárias em cada poste, sendo assim vamos considerar os seguintes dados:

- Potência das lâmpadas
- Número de horas ligadas durante o dia
- Autonomia pretendida

Dito isto, pode-se agora determinar, por meio de um cálculo simples a potência a ser produzida diariamente pelos painéis em cada poste.

$$P_{cd} = P_L \times 2 \quad (3.0)$$

$$P_{cd} = 70 \times 2 \quad (3.1)$$

$$P_{cd} = 140 \text{ W}$$

O cálculo acima representa a potência que será consumida a cada hora em cada poste. Considerando que estas lâmpadas deverão estar ligadas por 12 horas durante o dia, a potência total que os painéis em cada poste deverão produzir deve tomar em consideração a autonomia pretendida.

4.5. Autonomia pretendida

O sistema deve ser fiável, então para tal, deve-se tomar em consideração que haverá dias de baixa geração de energia, mas isso não pode implicar que no primeiro dia em que isso aconteça não haja iluminação. Com vista a contornar essa situação, é importante garantir que a energia gerada pelo módulo fotovoltaico em um dia seja de

suficiente para suprir o dia seguinte, ou seja, garantir que módulo fotovoltaico tenha uma autonomia de dois dias úteis.

Uma autonomia de dois dias úteis, implica que a potência que deverá ser gerada pelo módulo fotovoltaico em cada um dos postes deva ser o dobro daquilo que será consumido em um dia, sendo assim tem-se:

$$P_{gd} = P_{cp} \times 2 \quad (3.2)$$

$$P_{gd} = 140 \times 2$$

$$P_{gd} = 280 \text{ W}$$

4.6. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

O sistema que proposto será do tipo autónomo. O primeiro passo para dimensionar um sistema eléctrico é conhecer os parâmetros eléctricos da carga que se pretende alimentar, importanos saber dados como a tensão de alimentação, a corrente nominal, e claramente a potência.

Os parâmetros eléctricos mencionado no parágrafo anterior são crucias para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, pois é com base neles que determinaremos o painel a usar, a tensão nominal do painel, o inversor, o regulador de carga, os condutores e a bateria para o acúmulo da carga.

4.7. Dimensionamento do painel fotovoltaico do sistema

O painel solar a ser selecionado deverá atender as condições da carga. A tensão de operação do painel a ser usado no sistema pode ser escolhido em função da potência da carga a ser alimentada, como mostrado na tabela 8.

Valores de tensão a escolher em função da potência activa do painel solar

Tabela 8- Valores da tensão a escolher em função da potência activa do painel solar.[11]

Potência [W]	Tensão nominal [VDC]
$P \leq 800W$	12
$800W \leq P \leq 1600W$	24
$1600W \leq P \leq 3200W$	48
$P \geq 3200W$	120 ou 300 V

De acordo com a tabela 8, a tensão nominal que adoptaremos para o nosso painel será de 12 V.

4.8. Avaliação da disponibilidade do recurso solar na área em estudo

Sabida a potência que se pretende produzir em um dia, deve-se agora verificar a disponibilidade do recurso para a geração dessa potência, para tal vamos fazer um estudo com os valores médios mensais da insolação e irradiância na cidade Maputo.

A tabela 9 mostra os valores médios mensais de irradiância na cidade de Maputo.

Tabela 9- Valores de irradiância média mensal na cidade de Maputo. Fonte:power data, Nasa

Valores médios mensais de irradiância na cidade de Maputo													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anu
Valor	5.9	5.1	5.8	4.8	4.22	3.7	4.0	4.0	5.0	5.0	5.5	5.6	4.9
[wh/m ²	5	7	8	9		1	3	5	8	1	3	4	3

O período de Novembro á janeiro é onde se regista o pico da irradiância, enquanto o período de Maio á Agosto corresponde aos meses de menor irradiância na cidade de

Maputo. Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico dever-se-á trabalhar com o menor da valor da irradiância correspondente a um mês.

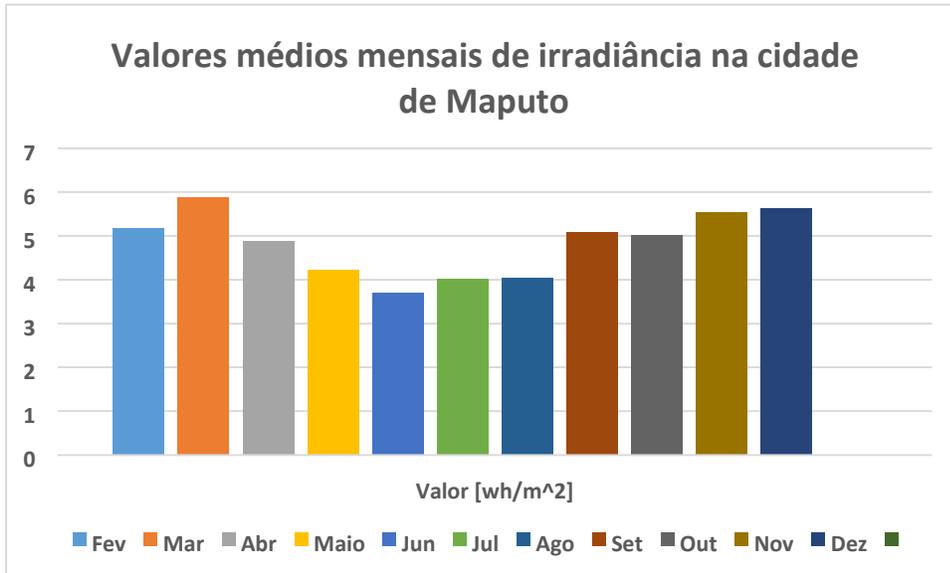


Gráfico 3- Valores médios mensais de irradiância na cidade de Maputo. Fonte: power data, Nasa

4.9. Determinação da potência mínima do gerador

Esta potência é determinada usando-se a seguinte expressão:

$$P_{mg} = \frac{E_d \times G_{mm}}{G_d \times PR} \quad (3.3)$$

Onde:

G_{mm} – Irradiância

G_d – irradiância média mensal

Para a determinação desta potência considerou-se o mês cuja irradiância é a mais baixa, e neste caso de acordo com os valores fornecidos na tabela 9 é o mês de Junho. Esta medida não pode ser negligenciada, pois se não for escolhido o mês com a irradiância mais baixa pode-se ter o caso de escolher-se um painel solar que não irá atender as exigencias da carga.

Sendo assim tem-se:

$$P_{mg} = \frac{1,540 \times 1000}{3,71 \times 0,81} = 512,46W$$

A potência do gerador fotovoltaico não pode ultrapassar os 20% da potência mínima gerada de acordo com a expressão seguinte.

$$P_{mg} \leq P_g \leq 1.2 \times P_{mg} \quad (3.3.1)$$

$$512,46 \leq P_g \leq 1.2 \times 512,46$$

$$512,46 \leq P_g \leq 614,95 \text{ W}$$

Agora, selecciona-se o painel solar de acordo com os parâmetros eléctricos da carga que se pretende alimentar. O painel escolhido foi o da “Solar Enjoy” cujos dados técnicos aparecem na tabela 10.

Tabela 10- Parâmetros eléctricos do painel solar escolhido. Fonte: Solar Enjoy, 2021

Parâmetros do painel solar	
P [W]	150
V _{oc} [V]	22,5
V _{mp} [V]	18,5
I _{sc} [A]	8,77
I _{mp} [A]	8,12
μ [%]	81,2

4.10. Determinação do número de módulos a conectar em série e em paralelo

$$N_S \times N_P \geq \frac{P_{gmin}}{P_{máx}} \quad (3.4)$$

$$N_S \times N_P \geq \frac{512,46}{150}$$

$$N_S \times N_P \geq 3,41$$

Logo, o gerador fotovoltaico terá 4 modulos ligados em paralelo e 1 modulo ligado em serie.

4.11. Determinação da potência máxima do gerador fotovoltaico

Com esta configuração consegue-se manter o valor da tensão, e aumentar o valor da corrente, uma vez que o valor da tensão não pode ser alterado. Sendo assim, pode-se determinar a potência máxima do gerador fotovoltaico a partir da seguinte expressão:

$$P_{\text{máxg}} = N_p \times P_{\text{máx}} \quad (3.5)$$

$$P_{\text{máxg}} = 4 \times 150 = 600W$$

Com este valor, vamos verificar a seguinte condição:

$$P_{\text{mg}} \leq P_{\text{máxg}} \leq 1.2 \times P_{\text{mg}} \quad (3.5.1)$$

$$512,46 \leq 600 \leq 614,95 W$$

Condição satisfeita. Logo conclui-se que o painel escolhido atende as necessidades da carga a ser alimentada.

4.12. Determinação dos novos parâmetros do gerador fotovoltaico

Agora teremos novos parâmetros em comparação com aqueles que foram apresentados na chapa de características do painel ilustrados no tabela 10, devido a associação de varios painéis. A seguir vamos determinar esses novos valores.

▪ Tensão de circuito aberto

$$U_{\text{gOC}} = N_s \times U_{\text{OC}} \quad (3.6)$$

$$U_{\text{gOC}} = 1 \times 12$$

$$U_{\text{gOC}} = 12V$$

▪ Corrente de curto-circuito do gerador fotovoltaico

$$I_{\text{Gsc}} = N_p \times I_{\text{SC}} \quad (3.7)$$

$$I_{\text{Gsc}} = 4 \times 8,77$$

$$I_{\text{Gsc}} = 37,08$$

▪ **Tensão máxima do gerador fotovoltaico**

$$U_{Gmáx} = N_S \times U_{mpp} \quad (3.8)$$

$$U_{Gmáx} = 1 \times 18.5$$

$$U_{Gmáx} = 18.5V$$

▪ **Corrente máxima do gerador fotovoltaico**

$$I_{Gmpp} = N_p \times I_{mpp} \quad (3.9)$$

$$I_{Gmpp} = 4 \times 8,12$$

$$I_{Gmpp} = 32,48A$$

4.13. Dimensionamento das baterias

Neste projecto as baterias desempenham um papel muitíssimo importante, pois será nelas onde a energia será armazenada para posteriormente uso, e também garantir fiabilidade do sistema de iluminação em dias de baixa ou nenhuma insolação. Por isso é um critério imprescindível a definição do número de dias em que se pretenda com que o sistema possa funcionar mesmo com baixa insolação ou mesmo nenhuma insolação.

Neste projecto o número de dias definidos é de dois. Atendendo aquilo que é o clima em Maputo, mesmo em épocas chuvosas é extremamente raro que fiquemos mais de dois dias sem insolação suficiente para gerar a potência necessária para fazer acender as lâmpadas deste projecto.

Definida a autonomia do sistema, pode-se agora calcular o consumo médio diário do sistema em Ah/dia (Q_{md}) que é dado pela seguinte expressão:

$$Q_{md} = \frac{E_{md}}{U_n} \quad (4.0)$$

Onde:

Q_{md} – Consumo médio diario em A.h/dia

E_{md} – Energia consumida por dia

$$Q_{md} = \frac{1540}{12} = 128,33\text{Ah/dia}$$

De seguida define-se a capacidade total que poderá ser suportada pelo sistema a partir da seguinte expressão:

$$C_n = \frac{Q_d \times A}{PD_{m\acute{a}x} \times \mu_{inv} \times \mu_{rb}} \quad (4.1)$$

Onde:

C_n – capacidade de acumulação das baterias em Ah

$PD_{m\acute{a}x}$ – profundidade máxima de descarga

μ_{inv} – rendimento do inversor

μ_{rb} – rendimento da bateria

De modo que a vida útil da bateria não seja sacrificada, é necessário que se defina um valor em percentagem que representa a profundidade máxima de descarga da respectiva bateria. Neste projecto a profundidade máxima de descarga da bateria será fixado em 50% que é o valor recomendado para instalações fotovoltaicas de uso profissional.

$$C_n = \frac{128,33 \times 2}{0,5 \times 0,85 \times 0,8} = 377,44\text{Ah}$$

NB: Se a capacidade das baterias forem sobredimensionadas, o gerador fotovoltaico não terá capacidade para carrega-las completamente, então de modo a se evitar isso é importante garantir que a capacidade de armazenamento das baterias não seja superior a 25 vezes que a corrente de curto-circuito do gerador fotovoltaico.

$$C_n < 25 \times I_{Gsc} \quad (4.2)$$

$$377,44 < 25 \times 37,08$$

377,44 Ah < 927 A condição satisfeita

4.13.1. Efeito da temperatura nas baterias do sistema fotovoltaicos

Temperaturas diferentes de 20° podem influenciar negativamente no funcionamento de um dispositivo que foi concebido para funcionar a essa temperatura como é o caso da maioria das baterias, podendo alterar aquilo que é a capacidade real de armazenado de carga de uma bateria. Sendo assim foi necessário aplicar a seguinte expressão para se corrigir o valor capacidade da bateria no que diz respeito a carga armazenada, para condições de temperaturas inferiores a 20°C.

$$C_n = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}} \quad (4.3)$$

Onde:

ΔT – variação da temperatura

C_n – capacidade de armazenamento de carga da bateria corrigida para temperaturas abaixo de 20°C.

Mas para este projecto esta correção não será feita, uma vez que a temperatura média anual de Maputo é de aproximadamente 26,3°C.

Posto todos os valores dos parâmetros que as baterias devem obedecer, pode-se agora seleccionar a bateria a ser usada no projecto. A bateria escolhida para este projecto terá uma capacidade de 400A.h, cujos dados estão apresentados no apêndice

9.

4.14. Dimensionamento do regulador de carga

Para o dimensionamento do regulador de carga temos que tomar em consideração os seguintes dados: tensão nominal, corrente nominal e a tensão máxima que o mesmo tem de suportar. Além disso três condições devem ser respeitadas, nomeadamente:

- A tensão nominal das baterias deve ser a mesma com a tensão do regulador de carga;

- As correntes de curto-circuito do gerador fotovoltaico adicionando a um factor de segurança de 25%, deve corresponder ao valor da corrente nominal do regulador de carga;
- A tensão máxima do regulador de carga não deve ser superior a tensão máxima de circuito aberto do gerador fotovoltaico.

Tendo já estes dados definidos, segue-se a consulta de catálogo de alguns fabricantes de modo a se seleccionar o regulador de carga que melhor se enquadra as condições apresentadas acima. Posto isto definimos os seguintes parâmetros para gerador fotovoltaico.

▪ Tensão do regulador

A tensão do regulador será de 12 V, que é a mesma tensão da bateria.

▪ Corrente nominal do regulador

$$I_{reg} = 1,25 \times I_G \quad (4.4)$$

$$I_{reg} = 1,25 \times 37,08$$

$$I_{reg} = 46,35A$$

Onde:

I_{reg} – Corrente nominal do regulador

▪ Tensão máxima na entrada do regulador de carga

A tensão máxima na entrada do regulador de carga não deverá ser superior que a tensão máxima do gerador fotovoltaico deste projecto. Com base nesta afirmação temse:

$$U_{max.ent} \leq U_{Gmax} \quad (4.5)$$

Os dados do regulador de carga usado neste projecto estão apresentados no anexo 10.

4.15. Dimensionamento do inversor

Para que se possa fazer uma óptima escolha do inversor, é necessário determinar com muita precisão a sua tensão nominal de entrada e a sua potência nominal. Conjugado a esses factores, duas condições deverão ser satisfeitas:

1ª – A tensão nominal na entrada do inversor deve coincidir com a tensão nominal das baterias;

2ª – A potência nominal do inversor deve ser maior ou igual que a soma de todas as potências que possam funcionar em simultâneo no sistema.

NB: Aqui é extremamente importante que as cargas estejam na forma de potência aparente. E caso haja cargas em que se deve considerar a sua corrente de arranque, deve-se dimensionar o inversor para suportar a potência durante esse pico de corrente na partida.

As lâmpadas, que representam as cargas neste projecto, apresentam um factor de potência de 0,95. Sendo assim pode-se determinar a potência aparente a considerar no dimensionamento do inversor.

$$S = \frac{P_l}{f_p} \quad (4.6)$$

$$S = \frac{140}{0,95} = 147,36VA$$

Com este valor escolheu-se um inversor de algum fabricante que atenda aos parâmetros eléctricos estabelecido neste projecto. O inversor a ser usado neste projecto terá uma potência aparente de 200VA cujos dados são apresentados no Anexo 7.

4.16. Dimensionamento dos conductores

Os conductores a serem usados aqui serão de dois tipos, nomeadamente de corrente continua e de corrente alternada. Do gerador fotovoltaico até a entrada do inversor, os equipamentos que estão nesse caminho funcionam todos em corrente continua, mas a carga, que será ligada na saída do inversor funciona em corrente alternada.

Começamos por dividir o sistema em zonas para facilitar o cálculo. O sistema vai apresentar 4 zonas, apresentadas a seguir:

▪ Zona 1 – Gerador fotovoltaico

Nesta zona o conductor a ser dimensionado deverá tomar em consideração a corrente de curto-circuito do painel escolhido para o projeto. Sendo assim, e seguindo a expressão abaixo tem-se:

$$I_{z1} = I_{scp} \times 1,25 \quad (4.7)$$

$$I_{z1} = 8,77 \times 1,25$$

$$I_{z1} = 10,96A$$

- **Zona 2 – Cabo de ligação do gerador fotovoltaico ao regulador de carga** Nesta zona o cabo a ser dimensionado deverá ter em consideração a corrente de curto-circuito do gerador fotovoltaico, e usando a expressão tem-se:

$$I_{z2} = I_{scpv} \times 1,25 \quad (4.7.1)$$

$$I_{z2} = 37,08 \times 1,25$$

$$I_{z2} = 46,35A$$

- **Zona 3 – Cabo de ligação do regulador de carga a bateria**

Nesta zona o cabo a ser usado terá as mesmas características do cabo usado na zona dois, uma vez que os dois cabos devem suportar a mesma corrente, sendo assim pode-se dizer o seguinte:

$$I_{z3} = I_{z2} = 46,35A \quad (4.7.2)$$

- **zona 4 - Cabo de ligação entre o regulador de carga e o inversor**

Neste troço deveremos considerar alguns dados como a potência aparente do inversor, o rendimento do inversor e a tensão na entrada do inversor.

$$S_{inv} = 500VA \quad U_{ent} = 12V \quad \gamma_{inv} = 0,93$$

Com estes dados determina-se a corrente do inversor a partir da seguinte expressão:

$$I_{inv} = \frac{S_{inv}}{U_{ent} \times \gamma_{inv}} \quad (4.8)$$

$$I_{inv} = \frac{500VA}{12 \times 0,95}$$

$$I_{inv} = 43,806A$$

Considerando o factor de sobrecarga de 1,25 tem-se:

$$I_{inv} = 1,25 \times I_{inv}$$

$$(4.8.1) \quad I_{inv} = 1,25 \times 43,806A = 54,7575A$$

$$I_{inv} = 54,825A$$

▪ **Zona 5 – Cabo de ligação entre a saída do inversor e a carga**

Este será o único cabo em corrente alternada neste sistema. Para o seu dimensionamento vamos primeiro considerar os seguintes dados:

$$S_{\text{inv}} = 500\text{VA} \quad U_{\text{inv}} = 220\text{V}$$

Cálculo da corrente na saída do inversor:

$$I_{\text{inv}} = \frac{S_{\text{inv}}}{U_{\text{inv}}} \quad (4.8.2)$$

$$I_{\text{inv}} = \frac{500}{220}$$

$$I_{\text{inv}} = 2,273\text{A}$$

4.16.1. Determinação da queda de tensão máxima admissível

Nos troços 1,2,4 e 5 a queda máxima admissível será de 1,5%, desprezando assim a queda de tensão no ramo entre o regulador de carga e bateria. Assim sendo comecemos por indicar a distância em metros de um componente do sistema ao outro.

Tabela 11- Distância entre os componentes do sistema. Fonte: Autor. 05. 2023

Distância entre componentes do sistema		
Zona	Componentes	Distancia [m]
Troco 1	Painéis – C.C.P	0,3
Troco 2	C.C.P – Regulador de carga	0,5
Troco 3	Regulador – bateria	0,3
Troco 4	Regulador – inversor	0,3
Troco 5	Inversor – carga	1,2

Vamos determinar a queda de tensão percentual por unidade de metro nos condutores em cada troço a partir da seguinte expressão:

$$\Delta U = \frac{\Delta U_{\%t}}{l_t} \quad (4.9)$$

Onde:

ΔU – Queda de tensão percentual por unidade de metro

$\Delta U_{\%t}$ – Queda de tensão máxima admissível no sistema

l_t – Comprimento total em metros

$$\Delta U = \frac{1,5}{2,6} = 0,576 \text{ \%/m}$$

No troço 1

$$\Delta U\% = \Delta U \times l_1 \quad (4.9.1)$$

$$\Delta U\% = 0,576 \times 0,3$$

$$\Delta U\% = 0,172\% \cdot m$$

No troço 2

$$\Delta U\% = \Delta U \times l_2 \quad (4.9.2)$$

$$\Delta U\% = 0,576 \times 0,5$$

$$\Delta U\% = 0,288\% \cdot m$$

No troço 3

$$\Delta U\% = \Delta U \times l_3 \quad (4.9.3)$$

$$\Delta U\% = 0,576 \times 0,3$$

$$\Delta U\% = 0,1728\% \cdot m$$

No troço 4

$$\Delta U\% = \Delta U \times l_4 \quad (4.9.4)$$

$$\Delta U\% = 0,576 \times 0,3$$

$$\Delta U\% = 0,1728\% \cdot m$$

Troço 5

$$\Delta U\% = \Delta U \times l_2 \quad (4.9.5)$$

$$\Delta U\% = 0,576 \times 1,2$$

$$\Delta U\% = 0,691\%.m$$

Somatório das quedas de tensão

$$\sum \Delta U\% = (0,691 + 0,1728 + 0,1728 + 0,172 + 0,288)\% = 1,496$$

Condição: O somatório das quedas de tensão deve ser inferior a queda de tensão máxima admissível.

$$\sum \Delta U\% < 1,5\% \quad (4.9.6)$$

$$1,49 < 1,5 \text{ condição satisfeita.}$$

4.16.2. Determinação da secção dos conductores pelo método da queda de tensão

A secção dos conductores será determinada com recurso da seguinte expressão:

$$S_n = \frac{200 \times l \times I}{\Delta U\% \times U \times \gamma} \quad (5.0)$$

Onde:

S_n – Secção do condutor

γ – Temperatura a qual o cabo estará submetido

l – comprimento do conductor **secção do**

conductor no troço 1

$$S_n = \frac{200 \times 0,3 \times 10,96}{0,172 \times 12 \times 40}$$

$$S_n = 7,96 \text{mm}^2$$

Secção no troço 2

$$S_n = \frac{200 \times 0,5 \times 46,35}{0,288 \times 12 \times 40}$$

$$S_n = 33,52\text{mm}^2$$

Secção no troço 3

$$S_n = \frac{200 \times 0,3 \times 46,35}{0,1728 \times 12 \times 40}$$

$$S_n = 33,52\text{mm}^2$$

Secção no troço 4

$$S_n = \frac{200 \times 0,3 \times 54,3}{0,172 \times 12 \times 40}$$

$$S_n = 39,27\text{mm}^2$$

Secção no troço 5

$$I_{4c} = \frac{54,3}{0,8 \times 1,0} = 67,3A \rightarrow S_n = 10\text{mm}^2$$

No troço 5

$$I_{5c} = \frac{I_5}{F_g \times F_t} \quad (5.5)$$

$$I_{1c} = \frac{2,214}{0,8 \times 1,0} = 2,76A \rightarrow S_n = 1,5\text{mm}^2 \quad (5.5.1.)$$

4.16.5. Escolha da secção comercial

A secção a ser escolhida será a maior de entre as secções determinadas pelo método da queda de tensão e pelo método de corrente máxima admissível conforme ilustra a tabela 12.

Valores da secção dos conductores

Tabela 12- Secções dos conductores a serem usados. Fonte: Autor, 0.5.2023

Troço	Secção pelo método da queda de tensão [mm ²]	Secção pelo método da corrente [mm ²]	Secção comercial escolhida [mm ²]
1	7,96	1,5	10
2	33,52	10	35
3	33,52	10	35
4	39,27	10	50
5	1,96	1,5	2,5

4.17. Dimensionamento dos dispositivos de protecção

As protecções a serem usadas num sistema como este com certeza não são as mesmas que se usariam em uma instalação eléctrica convencional de corrente alternada, o que torna o dimensionamento dos dispositivos para um sistema fotovoltaico um pouco desafiador, principalmente se levarmos em consideração que neste sistema trabalha-se com dois tipos de corrente.

4.17.1. Protecção contra sobrecarga no sistema

Em todo o processo de dimensionamento deste sistema fotovoltaico, foi sempre considerado o factor de sobrecarga no sistema de 1.25, daí que em teoria acaba sendo quase inapropriado colocar um dispositivo para protecção contra sobrecarga neste sistema, e também se tomarmos em consideração que a carga a ser alimentada não sofrerá acréscimo em toda a utilização do sistema. Também é importante notar que a máxima corrente que pode circular no gerador fotovoltaico é a corrente de curto-circuito que só poderá ser originada pelo próprio gerador fotovoltaico, e considerando que os conductores foram todos dimensionados para suportar esta corrente, vê-se que não há necessidade de incorporar aqui uma protecção contra sobrecarga.

A única coisa que pode gerar preocupação nos módulos fotovoltaicos com relação a sobrecarga é justamente o produção de correntes reversas nos seus ramos em paralelo. Essa é uma situação que se deve evitar pois pode ser prejudicial ao sistema, e para se contornar essa situação podem ser usados três dispositivos, nomeadamente, diodos de bloqueio, interruptores termomagnéticos ou fusíveis.

Uma vez que o sistema será instalado num lugar de fácil acesso, para este projecto serão usados para essa protecção fusíveis, a serem dimensionados nas condições nominais dos painéis solares, de acordo com as seguintes condições:

- ❖ O calibre do fusível deverá variar entre 1,5 a 2 vezes da corrente de curto-circuito do painel solar.

$$I_F = (1.5 - 2) \times I_{sc} \quad (5.6)$$

O fusível seleccionado foi de 20A.

- ❖ A tensão nominal do fusível deverá ser maior ou igual a 1,2 vezes a tensão de circuito aberto do gerador fotovoltaico.

$$U_F \geq 1,2 \times U_{goc} \quad (5.7)$$

$$U_F \geq 1.2 \times 12$$

$$U_F \geq 24.4V$$

4.17.2. Protecção contra sobretensão

Ja que neste sistema não teremos sobretensões de manobras, uma vez que ele esta sempre ligado (literalmente) o único jeito de haver uma sobretensão seria por meio de uma descarga eléctrica atmosférica, mas neste projecto não foi previsto a utilização de para-raios para proteger o módulo fotovoltaico contra essa situação.

4.18. Ligação a terra

A ligação a terra será feita através de um conductor de cobre nu, de secção nominal igual a 16mm². Este conductor ser ligado a toda a estrutura metálica do sistema e conduzido a terra, onde será ligado através de um eléctrodo de terra.

4.19. Funcionamento do sistema

O funcionamento do sistema será bastante simples, e imitando aquilo que é o funcionamento de uma matriz de iluminação pública convencional, apenas com a diferença de que cada poste para iluminação aqui gera sua própria energia para o alimentar, e o accioanamento das lâmpadas é individual.

Durante o dia, desde que haja insolação, as baterias serão carregadas até ao seu limite nominal, sendo esse carregamento interrompido pelo regulador de carga. Quando a luz do dia se for, o sensor de luz (fotocélula) que servirá como interruptor automático acoplado em cada lâmpada será encarregado por ligar as lâmpadas até ao amanhecer e a luz natural fizer com que a fotocélula desligue as lâmpadas.

As lâmpadas serão ligada através de um contactor monofásico que terá a sua bobina comandada pela fotocélula. As baterias terão autonomia para dois dias úteis de modo a garantir fiabilidade do sistema em pelo menos um dia adicional mesmo que não haja nenhuma insolação capaz de gerar energia para o sistema.

5. Estudo de viabilidade económica do projecto

Introdução

Neste capítulo far-se-á a avaliação económica do projecto, bem como será feito o orçamento necessário para a sua implementação e funcionamento.

5.1. Orçamento do projecto

Tabela 13- Orcamento. Fonte: Autor, 05.2023

Orçamento do projecto					
Material principal					
Artigo	Descrição	Preço	Quant	Total	Moeda
Painel solar	Monocristalino, 150W, 12V	18564,7	1	18464,7	Meticais
Inversor	12DCinput/230 Acoutput	19345,89	1	19345,89	Meticais
Regulador	50 A	31388,4	1	31388,4	Meticais
Bateria	100 A.H	18836,36	1	18836,36	Meticais
Cabo AC	HO7-V, 2x1.5mm ²	50	2 metros	100	Meticais
Cabo DC	XLPE	3810	2 metros	3810	Meticais
Luminária	LED, IP66	3057	1	2057	Meticais
Cabo de	2.5mm ²	148	9 metros	1400	Meticais

terra					
Fusível	20 A	120	1	120	Meticais
Total				148800	Meticais
Material auxiliar					
Artigo	Descrição	Preço	Qunat	Total	Meticais

Estrutura de suporte	Tipo ferragem	3996	1	3996	Meticais
Armário de ligações	500x600x230mm	9003	1	9003	Meticais
Braçadeiras	Cintas metálicas	50	10	500	Meticais
Total				13490	Meticais
Custo total de material por poste = 162299,03 MT					
Custo total de material = 162299,03 *205					
Custo total de material = 33271301,2 MT					
Custos operacionais					
Mão-deobra	0.3 x custo total do material			9981390,35	Meticais
Provisões	0.1 x custo total do material			3327130,12	Meticais
Total				13308520,5	Meticais
Custo total do projecto =C.T.M +C.O					
Custo total do projecto = 46579821,6					

6. Considerações finais

6.1. Conclusões

A iluminação na estrada circular de Maputo, a nível fotométrico, está sobredimensionada, uma vez que lâmpadas existentes actualmente, lançam sobre a via duas vezes mais lux's que o nível recomendado como se verificou nos cálculos realizados no segundo capítulo deste projecto, e embora isso não impeça o funcionamento da via, é custoso aos cofres da empresa que gere o sistema de iluminação pública naquela parcela de estrada.

Finalizado o projecto constatou-se também que qualidade na iluminação de um ambiente não significa ter mais luz que o necessário mas sim, apresentar um nível de iluminância condizente com o local que se pretenda iluminar respeitando sempre os valores estabelecidos nas normas. Verificou-se as vantagens do uso de lâmpadas LED em relação as de VSAP não se restringe apenas na economia de energia, mas que também as lâmpadas LED apresentam melhores resultados a nível fotométricos, uma vez que estas tem um IRC superior em relação as de VSAP.

Neste projecto ficou evidente que o uso de fontes renováveis em sistemas de iluminação pública conjugada com o uso de lâmpadas de baixo consumo, representa um alto a nível financeiro e electrotécnico, ou seja, torna possível a racionalização do uso de energia eléctrica.

6.2. Recomendações

De modo a se garantir um óptimo funcionamento do projecto, é extremamente necessário que as seguintes recomendações sejam cumpridas:

- Respeitar o plano de manutenção de dos equipamentos, de acordo com as indicações do fabricante;
- Manusear correctamente os equipamentos a quando da sua instalação para não interferir no seu tempo de vida útil indicado no catálogo;
- Como forma de racionalização de energia eléctrica nas redes de IP, sempre que possível, deveria optar-se pelo uso de lâmpadas LED em relação as lâmpadas VSAP;

- Como proposta a trabalhos futuros, a realização de um estudo de viabilidade para a implementação de projectos desta natureza em bairros suburbanos.

7. Referencias bibliograficas

- [1]. <https://goldenergy.pt/glossario/lampada-sodio-alta-pressao/>– acedido aos 24/04/2023.
- [2]. EDP, Manual de iluminação pública, 2016.
- [3]. <https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada-de-vapor-de-s%C3%B3dio> - acedio aos 24/04/2023 – 14:09.
- [4]. https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_de_vapor_de_s%C3%B3dio – acedido aos 24/04/2023.
- [5]. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6404/1/estudocomparativoeficiencialampadas.pdf> - acedido aos 26/05/2023.
- [6]. https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar - aceido aos 29 de Abril de 2023.
- [7]. Varela, E. L. (2019) , Sistemas autonomos de iluminação pública, Cabo Verde.
- [8]. <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/> - acedido aos 30 de abril de 2023 pelas 16:24.
- [9]. <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/> - acedido aos 30 de abril de 2023 pelas 16: 32.
- [10] Creder, H. (16ª edição), Instalações Eléctricas, Rio de janeiro.
- [11]. Oliva, A.C – instalaciones solares fotovoltaicas.
- [12] <https://www.damiasolar.com/pt/produtos-solares/placa-solar-enjoy-solar-150w-12vmonocristalina.html> - acedido aos 11 de maio de 2023 -13:00.
- [13] <https://bateriasyamperios.com/pt-pt/produto/bateria-solar-12v-500ah-sopzs/> - acedido aos 11 de maio -23:52.
- [14] <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> -acedido aos 19/05/23.
- [15] <https://globalelectricsolar.com.pe/producto/luminaria-publica-led-50w-paddle/> - aceido ao 19/05/23.
- [17] Lakatos, E. M., & Marconi, M. d. (1992). Metodologia do Trabalho Cientifico, São Paulo.
- [18] <https://www.edm.co.mz/en/website/page/reports>, acesso em 15 de Maio 2023

ANEXOS

Anexo 1 – Intensidades nominais para diferentes cabos a temperatura ambiente de 40°.

Tabela A1 -1: Intensidades nominais para diferentes cabos a temperatura ambiente de 40°.

UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 40 °C EN EL AIRE													
Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
Ver tabla 4.7	A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
	A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
	B1				PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2				
	B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
	C					PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2			
	E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
	F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección (mm ²)													
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	—	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	—	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	—	—	—	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	—	—	—	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	—	—	—	208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150	—	—	—	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	—	—	—	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	—	—	—	315	350	374	401	435	468	490	552	590	

Anexo 2. Factores de correção para agrupamento de vários cabos.

Tabela A2-2: Factores de correção para agrupamento de vários cabos.

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS O DE VARIOS CABLES MULTICONDUCTORES A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES										
Punto	Disposición de los cables	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados sobre una superficie al aire, empotrados o embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto)	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o bandejas sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cable, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

NOTAS:

- Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
- Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes, es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de corrección alguno.
- Los mismos factores se aplican a:
 - grupos de dos o tres cables unipolares;
 - cables multiconductores.
- Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor de corrección a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
- Si un agrupamiento se compone de n conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como n/2 circuitos de dos conductores cargados o n/3 circuitos de tres conductores cargados.

↑ Tabla 4.9. Factor de corrección por agrupamiento de conductores.

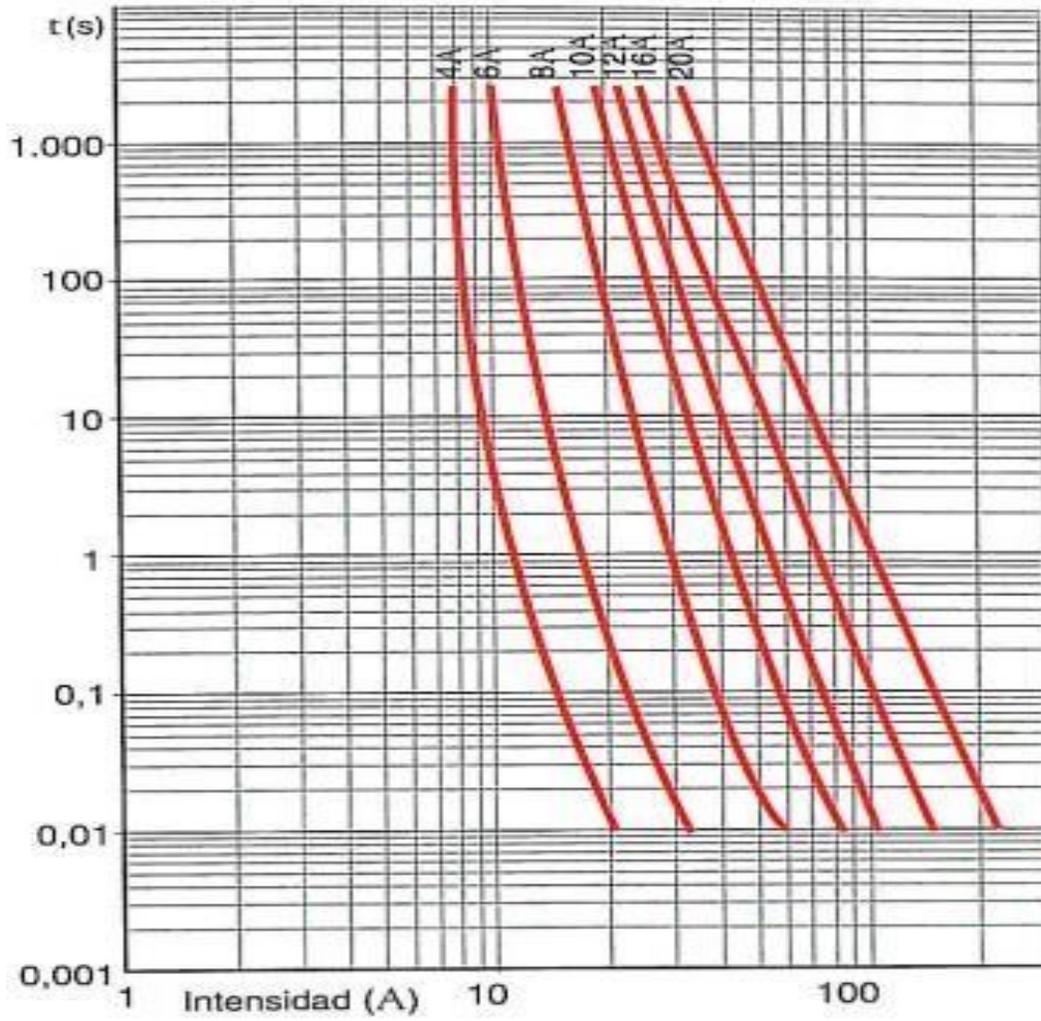
Anexo 3. Factores de correção de temperatura.

Tabela A3-3: Factores de correção de temperatura, para cabos instalados a temperaturas diferentes de 40°C.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 40 °C A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES PARA CABLES AL AIRE																
Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)															
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
PVC (Termoplástico)	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	-	-	-	-	
XLPE, EPR (Termoestable)	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45	

Anexo 4. Curvas características do fusível.

Diagrama A4-4: Curvas características de disparo de fusíveis tipo Gr.



Anexo 5. Local de estudo.

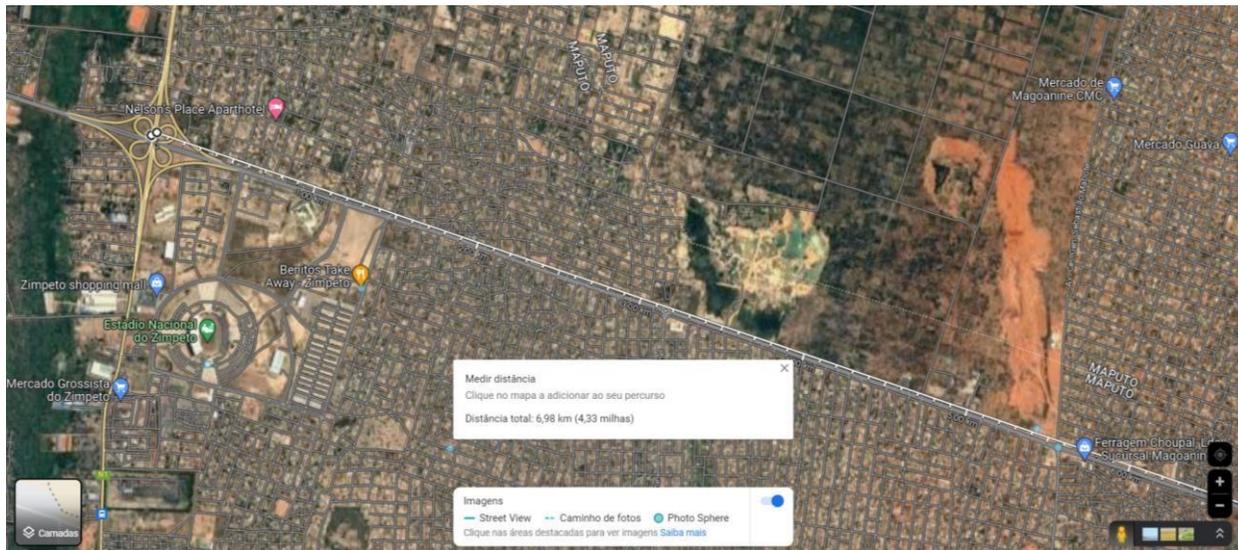


Figura: A5-5: Ilustração do local de estudo.

Anexo 6. Classes de Iluminação

6.1 Classes de iluminação

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos que apontam para as necessidades de visibilidade dos utilizadores dos vários tipos de ruas, estradas e áreas frequentadas. Uma vez que a tarefa de visionamento e as necessidades dos transeuntes pedonais diferem bastante das dos condutores em muitos aspetos, tais como a velocidade do movimento, proximidade dos objetos, padrão da superfície, reconhecimento facial, etc., são usados diferentes parâmetros (luminância, iluminância, etc.) para caracterizar as condições mínimas de iluminação de uma determinada classe.

A série de normas EN 13201 introduziu as classes de iluminação de forma a facilitar e desenvolver os serviços de IP na União Europeia, apontando a uma uniformização e harmonização dos requisitos. A figura seguinte resume as classes existentes e a sua aplicabilidade.

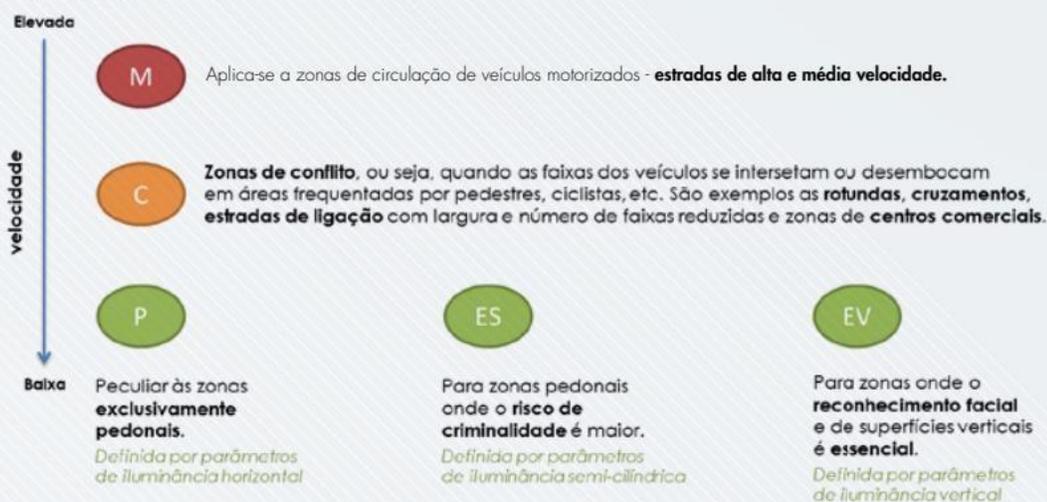


Figura 6.1 – Classes de iluminação existentes segundo a norma EN 13201

Figura A6-6: Classes de iluminação.

Anexo 7. Folha de dados de uma lâmpada vapor de sódio.

Tabela A7-7: Folha de dados de uma lâmpada vapor de sódio.



LÂMPADAS VAPOR DE SÓDIO

INFORMAÇÕES GERAIS - OVÓIDE (ELÍPTICO)

Lâmpada	48006	48007	48008	48009	48010	48011
Base	E27	E27	E40	E40	E40	E40
Potência	70W	100W	100W	150W	250W	400W
Frequência	60 Hz					
Tensão	220V	220V	220V	220V	220V	220V
Corrente da Lâmpada	0.98A	1.20A	1.20A	1.80A	3.000A	4.60A
Fluxo Luminoso	5.784	8.712	8.439	14.969	26.208	43.383
Eficiência Luminosa	83 lm/W	87.1 lm/W	84.4 lm/W	99.8 lm/W	104.8 lm/W	113.5 lm/W
Temperatura da cor	2.000K	2.000K	2.000K	2.000K	2.000K	2.000K
Vida Mediana	32.000 Horas					

Anexo 8. Folha de dados do inversor.

Tabela 8-8: Folha de dados do inversor.

Características do producto

Potencia Nominal De Salida (W): 500 VA
Potencia De Salida: 500 VA
Pico De Potencia (W): 900 W
Tensión / Frecuencia CA De Salida: 230VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%
Tipo De Onda: Pura
Tipo De Inversor: Para vivienda aislada
VE. Direct: Sí

Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
Tensión de salida 210 - 245V.
Frecuencia 50 Hz ó 60 Hz.
On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO.
Tensión y corriente de entrada/salida alarmas.
Peso: 3.9 kg
Dimensiones: 86 x 172 x 275 mm
Referencia: PIN121501200



Anexo 9. Carracterísticas do painel solar.

Tabela A9-9: Carracterísticas do painel solar.

Características do painel solar

Potência max. (em VW): 150W

Voltagem: 12V

Voltagem em circuito aberto (Voc): 22,8V

Voltagem no ponto de potência máxima (Vmp): 18,5V

Corrente de curto-circuito (Isc): 8,77A

Corrente nominal (Imp): 8,12A

Sistema de voltagem máxima: 1000VDC

Tipo de célula: Monocristalina

Medidas: 124 × 67 × 3.5 cm

Peso: 9,3 Kg

Garantia contra defeitos de fabrico: 2 anos.

enjoy  **SOLAR**



Anexo 10. Folha de dados da bateria.

Tabela 10-10: Folha de dados da bateria.

Overview

Essential details

Battery Type:	LiFePO4	Brand Name:	YABO
Model Number:	LF4024 12V 400Ah	Place of Origin:	Guangdong, China
Energie:	5120Wh	Cycle life:	2000 Cycles
Charge Current:	100A	Water Dust Resistance:	IP55
Cell&Format:	LFP54H4K1(4S2P)	Casing:	Plastic
Discharge Cut-off Voltage:	10.0V	Terminal:	M8
Certification:	CE/IEC/RoHS/UN38.3/FCC	Application:	BOATS, Golf Carts, SUBMARINES, Electric Forklifts

Anexo 11. Folha de dados do regulador de carga.

Tabela 11-11: Folha de dados do regulador de carga.

Descrição	Documentos e vídeos	Comentários
-----------	---------------------	-------------

Características do produto

- Tensão da bateria Seleção automática: 12 / 24V
- Corrente nominal de carga: 50A
- Tensão máxima do circuito aberto FV: 100V
- Máxima eficiência: 98%
- Autoconsumo: 20 mA
- Rastreamento de ponto de potência máxima de MPPT ultrarrápido.
- Algoritmo de carregamento flexível: Possui 8 algoritmos pré-programados.
- Possui: Proteção contra excesso de temperatura, polaridade reversa, curto-circuito, sobrecarga, etc.
- Tensão nominal do sistema: detecção automática de 12V, 24V.
- Tensão de carga "Absorção" Valores padrão: 14,4V / 28,8V (ajustável)
- Tensão de carga "flutuante" Valores padrão: 13,8V / 27,6V (ajustável)
- Tensão de carga 'flutuante': Configuração padrão: 13,8V / 27,6V (ajustável).
- 2 anos de garantia

Damia Solar



Anexo 12.1: Actas de encontro.

Tabela 12.1-12: Actas de encontro.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL05	DATA:	03/27/2023
--------------------	--------------	-------	------------

7. AGENDA:

Apresentação do TAT ao supervisor.

8. PRESENCAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng ^o .
Co-Supervisor	
Estudante	Aílton Sete Tduardo Tovle
Outros	

9. RESUMO DO ENCONTRO

Apreciação do TAT retificado.

Anexo 12.2: Actas de encontro

Tabela 12.2-13: Actas de encontro

7. RECOMENDAÇÕES

Melhorar a organização dos objectivos específicos.

11. OBSERVAÇÕES	
------------------------	--

12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	4/03/2023
-------------------------------------	-----------

Anexo 12.3: Actas de encontro.

Tabela 12.3-14: Actas de encontro.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL05	DATA:	24.05.2023
--------------------	--------------	-------	------------

19. AGENDA:

Apresentação do relatorio completo.

20. PRESENCAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachai, Eng ^o .
Co-Supervisor	
Estudante	Aílton Sete Eduardo Tovele
Outros	

21. RESUMO DO ENCONTRO

Mostrar o relatório completo.

Anexo 12.4: Actas de encontro.
Tabela 12.4-15: Actas de encontro.

19. RECOMENDAÇÕES

Melhorar na citação
Melhorar a conclusão
Melhorar a organização do relatório

23. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

Anexo 13. Relatório de progresso

Tabela A13-16. Relatório de progresso



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA RELATÓRIO
DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2023ELEPPL05
---------------------	--------------

Nº	DATA	Avanços (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	25/03/23	80	Melhorar o TAT.	
2	31/03/23	100	Aval para escrever a revisão da literatura	
3	04/04/23	70	Melhorar a citação e ser mais objectivos	
	21/04/23	100	Aval para desenvolver os objectivos específicos.	
4	24/05/23	80	rever o cálculo da iluminância média melhorar as introduções dos capítulos.	
	26/05/23	80	Prestar atenção ao dimensionamento das baterias; Melhorar a organização do relatório	

Anexo 14.1: Guia de avaliação do relatório escrito

Tabela A14.1-17. Guia de avaliação do relatório escrito



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO Nome

do estudante: Aílton Sete Eduardo Tovele

Referência do tema: 2023ELEPPL05 Data: 7/ 06/ 2023

Título do tema: Optimização da matriz de iluminação pública na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto – Albazine.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Anexo 14.2 Guia de avaliação do relatório escrito
Tabela A14.2-18. Guia de avaliação do relatório escrito

2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização						1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas						1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)						1	2	3	4	5

Anexo 14.3 Ficha de Avaliação

Tabela A14.3-19 Ficha de Avaliação

4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
----------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
-------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

Anexo 10. Folha de dados da bateria.

Tabela 10-10: Folha de dados da bateria.

Overview

Essential details

Battery Type:	LiFePO4	Brand Name:	YABO
Model Number:	LF4024 12V 400Ah	Place of Origin:	Guangdong, China
Energie:	5120Wh	Cycle life:	2000 Cycles
Charge Current:	100A	Water Dust Resistance:	IP55
Cell&Format:	LFP54H4K1(4S2P)	Casing:	Plastic
Discharge Cut-off Voltage:	10.0V	Terminal:	M8
Certification:	CE/IEC/RoHS/UN38.3/FCC	Application:	BOATS, Golf Carts, SUBMARINES, Electric Forklifts

Anexo 15.2 Guia de avaliação da apresentação oral e defesa

Tabela A15.2-21. Guia de avaliação da apresentação oral e defesa

2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-------------------------------	--	-------------------	--

Anexo 16. FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Tabela 16-22 FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA F3

- FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Aílton Sete Eduardo Tovele

Referência do tema: 2023ELEPPL05 Data: 07/ 06/ 2023

Título do tema: Optimização da matriz de iluminação pública na estrada circular de Maputo no troço Zimpeto – Albazine.

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$	
---	--

OS MEMBROS DO JURI:

	ASSINATURAS
O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	