

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PAULO ROGÉRIO MONTAGNA TEIXEIRA

PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE
PORTO ALEGRE**

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE PORTO ALEGRE

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Renato Ventura Bayan Henriques

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PAULO ROGÉRIO MONTAGNA TEIXEIRA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE PORTO ALEGRE

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador Prof. Renato Ventura Bayan Henriques, UFRGS
Doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG,
Belo Horizonte, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Ventura Bayan Henriques, UFRGS
Doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, Brasil

Prof. Msc. Alexandre Ambrozi Junqueira, UFRGS
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, Brasil

Prof. Msc. Tiarajú Vasconcellos Wagner, UFRGS
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, Brasil

Porto Alegre, junho de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, incentivadores desde os primeiros desafios da minha vida e a todas as pessoas que estiveram presentes de alguma forma durante meu ciclo acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por sempre estarem presentes.

As minhas irmãs pelo carinho e amizade.

Aos colegas pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

Ao meu orientador pelo apoio e incentivo na revisão deste trabalho.

RESUMO

A iluminação pública é um serviço de extrema importância. Ela permite o desenvolvimento econômico de uma região atraindo o comércio e maior segurança. Com a estagnação da geração de energia, surge a necessidade de se criarem iniciativas que reduzam o consumo. Neste trabalho são apresentados os principais conceitos utilizados em projetos de iluminação. São comparados equipamentos de diferentes tecnologias utilizados na iluminação pública de Porto Alegre, com um tópico especial sobre o diodo emissor de luz (LED): tecnologia com maior eficiência energética. Por fim é apresentado um método para cálculo econômico de condutores.

Palavras-chaves: Iluminação Pública. Lâmpadas. Eficiência Energética. Porto Alegre. Cálculo Econômico de Condutores.

ABSTRACT

Public lighting is an extremely important service. It allows the economic development of a region attracting the commerce and promotes safety. With the stagnation of energy generation, it's necessary to create ways to reduce consumption. This work presents the main concepts used in lighting projects. We compared equipments with different technologies used in street lighting in Porto Alegre, with a special topic about light emitting diode (LED): technology with greater energetic efficiency. We also present a method for economic calculation of conductors.

Keywords: Public Lighting. Lamps. Energy Efficiency. Porto Alegre. Economic Calculation of Conductors.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Apresentação	14
1.2	Motivação	15
1.3	Normas Brasileiras Aplicáveis	16
1.4	Aspectos de Segurança Pública	17
1.5	Questão Ambiental e Poluição Luminosa	17
2	LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA	20
2.1	Glossário de Luminotécnica	20
2.1.1	Fluxo Luminoso.....	20
2.1.2	Eficiência Luminosa	20
2.1.3	Intensidade Luminosa.....	20
2.1.4	Iluminância	21
2.1.5	Temperatura de Cor	21
2.1.6	Distribuição Espectral	22
2.1.7	Índice de Reprodução de Cor	22
2.2	Lâmpadas Utilizadas em Iluminação Pública.....	22
2.2.1	Considerações sobre Lâmpadas Utilizadas em Iluminação Pública.....	22
2.2.2	Lâmpadas de Vapor de Mercúrio em Alta Pressão.....	24
2.2.3	Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão	26
2.2.4	Lâmpada de Vapor Metálico	31
2.2.5	Diodo Emissor de Luz	33
2.3	Comparação sobre Lâmpadas	36
3	LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS AUXILIARES	39
3.1	Luminárias	39
3.2	Reatores	46
3.3	Relé Fotoelétrico.....	50
3.4	Capacitores	52
3.5	Braços Utilizados na Iluminação Pública de Porto Alegre.....	52
4	PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	54
4.1	Normas Brasileiras Aplicáveis em Projetos	54
4.2	Terceirização do Serviço de IP	55
4.3	Projetos em IP.....	55
4.4	Levantamento Técnico	57
4.5	Critério de Projeto Segundo NBR 5101	57
4.6	Classificações das Vias Públicas	59
4.7	Estudos de Caso.....	62
4.8	Conclusões dos Estudos de Caso.....	68
4.9	Dimensionamento de Condutores.....	69
4.10	Memorial Descritivo.....	70
4.11	Vida Útil e Manutenção.....	70
5	CUSTOS DE IP.....	71
5.1	Aspectos Gerais	71
5.2	Cálculo Econômico de Condutores	73

5.3	Estudo de Caso	76
5.4	Conclusão do Estudo de Caso	80
6	CONCLUSÃO.....	82
7	BIBLIOGRAFIA	84

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Temperatura de Cor Correlata	21
Figura 2 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VM	25
Figura 3 - Componentes Lampada VM	26
Figura 4 - Curva de Mortalidade de uma Lâmpada VM	26
Figura 5 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VSAP	28
Figura 6 - Curva de Mortalidade de uma Lâmpada VSAP	29
Figura 7 – Estrutura Mecânica da Lâmpada VSAP	29
Figura 8 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VMET	32
Figura 9 - Estruturas de LEDs de Baixa e Alta Potência	34
Figura 10 - Caminho Térmico	35
Figura 11 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de LEDs	36
Figura 12 - Espectro de LEDs a partir de Vermelho, Verde e Azul	36
Figura 13 - Luminária LP-1	42
Figura 14 - Luminária LP-2	42
Figura 15 - Luminária LP-3	43
Figura 16 - Luminária LP-3 de Policarbonato	43
Figura 17 - Luminária LP-4	43
Figura 18 - Luminária LP-4 de Policarbonato	44
Figura 19 - Luminária LP-5	44
Figura 20 - Luminária LP-6	44
Figura 21 - Luminária LP-7	45
Figura 22 - Luminária LP-D1	45
Figura 23 - Projetor HLF	45
Figura 24 -Chassi VS1	49
Figura 25 - Relé Fotoelétrico	51
Figura 26 – Braços Utilizados na IPPA.....	53
Figura 27 – Estudo de Caso 1	62
Figura 28 – Simulação do Caso 1	63
Figura 29 – Estudo de Caso 2.....	64
Figura 30 – Simulação do Caso 2.....	65
Figura 31 – Estudo de Caso 3.....	66
Figura 32 – Simulação do Caso 3.....	67
Figura 33 - Malha para Verificação Detalhada	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de Mercúrio Encontrada nas Lâmpadas Comercializadas no Brasil....	18
Tabela 2 - Detalhes de Lâmpadas VSAP.....	30
Tabela 3 - Detalhes de Lâmpadas VMET	33
Tabela 4 - Comparação de Lâmpadas.....	38
Tabela 5 - Equivalências entre Lâmpadas VSAP e LEDs.....	38
Tabela 6 - Associação de Reatores com Chassi e Luminária.....	49
Tabela 7 - Custos para Cálculo Econômico em 7,4 Anos	80
Tabela 8 - Custos para Cálculo Econômico em 20 Anos	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Lâmpadas VSAP	30
Quadro 2 - Tipos de Lâmpadas VMET	32
Quadro 3 - Luminárias Utilizadas em Porto Alegre	41
Quadro 4 - Encaixes de Braço	42
Quadro 5 - Perdas Ôhmicas em Reatores Convencionais	48
Quadro 6 - Razão Mínima entre Iluminâncias	58
Quadro 7 - Classificação Volume de Veículos	58
Quadro 8 - Classificação Volume de Pedestres	59
Quadro 9 - Níveis Mínimos de Iluminamento	61
Quadro 10 - Investimentos em Porto Alegre	72

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEEE: Companhia Estadual de Energia Elétrica

DIP: Divisão de Iluminação Pública

IP: Iluminação Pública

IRC: Índice de Reprodução de Cor

LED: Diodo Emissor de Luz

NBR: Norma Brasileira

PC: Policarbonato Curvo

RELUZ: Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente

SMOV: Secretaria Municipal de Obras e Viação

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VC: Vidro Curvo

VM: Vapor Mercúrio

VMET: Vapor Metálico

VP: Vidro Plano

VS: Vapor de Sódio

VSAP: Vapor de Sódio de Alta Pressão

VSBP: Vapor de Sódio de Baixa Pressão

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O aumento no consumo de energia elétrica tem causado um grave problema no setor energético brasileiro, pois o aumento do fornecimento não tem acompanhado a demanda do sistema. Esse problema no setor energético faz com que os órgãos governamentais venham a buscar alternativas, tanto na geração da energia elétrica como na efficientização do consumo da mesma, incentivando principalmente, o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, a fim de aperfeiçoar o aproveitamento da energia disponível.

Diante das necessidades crescentes das populações e a escassez de recursos é de fundamental importância a busca de otimização da aplicação dos recursos financeiros e materiais. Um dos itens relevantes na questão energética é o controle de gastos com iluminação pública (IP), normalmente, de responsabilidade dos órgãos públicos municipais.

Em junho de 2000, o Governo Federal Brasileiro lançou o programa nacional de iluminação pública eficiente (RELUZ). O programa RELUZ realizado em diversas cidades do Brasil, foi responsável pela substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio (VM), por lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP). Lâmpadas VM que, embora tenham uma elevada vida útil, não possuem uma eficácia luminosa satisfatória, quando comparadas às lâmpadas VSAP existentes.

A IP é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, pois está diretamente ligada à segurança pública. Uma iluminação de qualidade diminui a criminalidade, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, embeleza as áreas urbanas, auxilia o melhor aproveitamento de áreas de lazer como praças, ajuda no desenvolvimento da cidade e no tráfego, a IP auxilia e previne acidentes.

Neste trabalho, faz-se um estudo da efficientização do sistema de IP da cidade de Porto Alegre, RS, Brasil. A Divisão de Iluminação Pública (DIP) é o órgão do município de Porto Alegre responsável pela IP da cidade desde 1974, serviço este antes realizado pela Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE).

Pertencente à Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, a DIP tem como tarefas elaborar e aprovar projetos para novos pontos de iluminação em loteamentos, ruas, avenidas, praças, parques passagens de pedestres, escadarias, pontos estes necessários devido ao crescimento urbano, além de supervisionar a instalação e manutenção de luminárias.

1.2 MOTIVAÇÃO

O sistema de IP tem seus projetos e especificações de materiais voltados especialmente para eficiência energética, redução de custos e atendimento aos requisitos fotométricos mínimos estipulados em normas, em especial a Norma Brasileira NBR 5101:1992. Entretanto, os benefícios de uma IP eficiente e de qualidade podem ser explorados também no sentido de melhorar a imagem de uma cidade, favorecendo o turismo, o comércio, o lazer noturno, sendo inclusive um indicador de desenvolvimento da mesma, todos fatores de interesse do Poder Público Municipal.

Este conceito acrescido pela disseminação de conhecimento a respeito de várias alternativas tecnológicas confiáveis e eficientes aplicáveis aos sistemas de IP levou a construção deste trabalho.

1.3 NORMAS BRASILEIRAS APLICÁVEIS

O serviço de IP possui ações de vários órgãos: a ANEEL normatizando o processo; a Concessionária de Energia Elétrica como fornecedora de energia para a ligação da rede, executando obras como empresa contratada pela Prefeitura; a Prefeitura como dona do processo, atuando como gestora do contrato, contratando e fiscalizando o serviço ou executando; e as Empresas Terceirizadas executando o serviço de IP.

A ANEEL estabelece os critérios relativos às Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, a serem observadas na prestação e utilização do serviço público de energia elétrica, tanto pelas concessionárias como permissionárias. De acordo com a Constituição Federal, é de competência dos municípios a prestação dos serviços públicos de interesse local, o que inclui a IP.

Quanto à cobrança feita pela Concessionária à Prefeitura, a ANEEL determina que para “fins de faturamento de energia elétrica destinada à iluminação pública ou iluminação de vias internas de condomínios fechados, será de 360 (trezentos e sessenta) o número de horas a ser considerado como tempo de consumo mensal, ressalvado o caso de logradouros públicos que necessitem de iluminação permanente, em que o tempo será de 24 (vinte e quatro) horas por dia do período de fornecimento”. O cálculo da energia consumida pelos equipamentos auxiliares de iluminação pública deverá ser fixado com base em critérios das normas da ABNT, em dados do fabricante dos equipamentos ou em ensaios realizados em laboratórios credenciados, devendo as condições pactuadas constarem do contrato.

O consumo de energia elétrica da IP é calculado por estimativa, o valor depende diretamente do cadastro de IP do município, cabendo a este e à concessionária zelarem por mantê-lo sempre atualizado.

O Gerenciamento da IP envolve uma série de processos como: elaboração do projeto, a construção das redes, a definição dos equipamentos a ser utilizada, a manutenção do

sistema, o atendimento ao cliente, ou seja, a população da cidade. Este gerenciamento é a base para a gestão completa do negócio, com a integração do planejamento, da operação, da análise e o tratamento dos resultados permitindo alcançar a qualidade especificada na operação desse negócio.

1.4 ASPECTOS DE SEGURANÇA PÚBLICA

A iluminação pública usualmente é justificada como fator de redução de criminalidade. Dois aspectos devem ser observados, envolvendo segurança e iluminação pública:

- O aspecto da segurança no tráfego de veículos e pedestres. A iluminação de vias para veículos motorizados permite uma visão mais rápida, precisa e confortável aos motoristas, possibilitando a identificação de obstáculos e objetos estranhos na pista e a reação com freadas ou manobras;
- e o aspecto associado a um aumento da sensação de segurança por parte dos usuários das vias públicas, em relação à criminalidade. Existe na sociedade uma redução da sensação de risco nas pessoas quando se tem melhoria da IP, no entanto, é tarefa extremamente difícil se correlacionar o quanto a melhoria na IP contribui com a redução da criminalidade.

1.5 QUESTÃO AMBIENTAL E POLUIÇÃO LUMINOSA

Os impactos do mercúrio no meio ambiente presente nas lâmpadas de IP ainda são pouco comentados. Hoje em Porto Alegre utilizam-se lâmpadas de descarga contendo mercúrio, no entanto não há ainda regulamentação e uma política de governo com foco nos problemas que podem ser gerados à saúde humana e ao meio ambiente pelos resíduos

advindos das lâmpadas, embora o RELUZ realizado em Porto Alegre, tenha criado regras para descarte ecológico. A destinação final dos resíduos destas lâmpadas deve ter atenção especial, pois quando colocadas em lixões ou aterros o mercúrio pode contaminar o solo e as águas.

Pequenas porções têm elevado peso e movem-se facilmente. Uma vez que o mercúrio penetra no organismo, ele dificilmente será expelido. A contaminação pelo mercúrio pode causar sérios danos à saúde humana, tanto pela exposição direta quanto pela sua ingestão ou inalação. O elemento mercúrio vaporiza a temperatura ambiente e mais rapidamente quando aquecido e o vapor, caso inalado, causa intoxicação.

A quantidade média de mercúrio encontrada, por lâmpada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Quantidade de Mercúrio Encontrada nas Lâmpadas Comercializadas no Brasil

Lâmpadas contendo Mercúrio	Faixa de Potências	Quantidade média de Mercúrio	Faixa média de Mercúrio
Vapor de Mercúrio	80 W a 1000 W	0,032 g	0,013 g a 0,080 g
Vapor de Sódio	70 W a 1000 W	0,019 g	0,015 g a 0,030 g
Vapor Metálico	35 W a 2000 W	0,045 g	0,010 g a 0,170 g

Fonte: Adaptado de LED, O NOVO PARADIGMA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA, 2011 [7]

Outro aspecto que diz respeito à questão ambiental é a poluição luminosa. As luminárias de iluminação pública atuais direcionam a luz emitida pela lâmpada para a superfície das vias públicas, ou seja, são mais eficientes que as luminárias antigas, pois direcionam a maior parte da luz para o plano de trabalho, reduzindo os espalhamentos. A chamada luz intrusa é a luz espalhada para as laterais e que invade locais adjacentes ao ponto luminoso. Essa luz pode causar desconforto nas edificações, que são então privadas da

escuridão absoluta. Dessa forma, deve-se ter cuidado na hora de realizar projetos de IP para minimizar a luz intrusa evitando desconfortos ou impactos adicionais.

No caso de IP, a poluição luminosa é traduzida em projetos com níveis de iluminância superdimensionados não condizentes com a iluminação recomendada, ou por luminárias ineficientes que não controlam a dispersão da luz. As luminárias recomendadas para reduzir a parcela da IP na poluição luminosa devem possuir uma classificação que mantenha baixa a emissão de luz acima do eixo horizontal, possua alta eficiência luminosa e permita baixos ângulos de instalação.

Além disso, a luz espalhada para a atmosfera clareia os céus, impedindo a observação de astros durante a noite. Outro problema de poluição luminosa é que pássaros confundem a luz de luminárias que utilizam lâmpadas de VSAP com o sol. Para minimizar tal problema utilizam-se apenas lâmpadas de VMET em praças e parques.

2 LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.1 GLOSSÁRIO DE LUMINOTÉCNICA

2.1.1 FLUXO LUMINOSO

O fluxo luminoso representa a energia radiante emitida em todas as direções, sob a forma de luz, ou seja, entre os comprimentos de onda visível (380nm a 780nm). A unidade de medida é o lúmen (lm) e é representado pelo símbolo Φ .

Como a fonte luminosa na maioria das vezes não irradia luz uniformemente em todas as direções. Para se aferir a quantidade de lumens que são emitidos por uma fonte luminosa mede-se nas direções onde se deseja esta informação.

2.1.2 EFICIÊNCIA LUMINOSA

A eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso total pela potência elétrica da fonte. Logo, a unidade de medida se dá por lúmen por Watt (lm/W) e é representado pelo símbolo η . Esta grandeza está diretamente ligada ao consumo de energia, pois uma lâmpada proporciona uma maior eficiência luminosa quando a energia consumida para gerar um determinado fluxo luminoso é menor que o outro.

2.1.3 INTENSIDADE LUMINOSA

É definida como a concentração de luz em uma direção específica, radiada por segundo, podendo ser medido pela razão entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte em

certa direção, dividido pelo ângulo sólido onde está contido. Ela é representada pelo símbolo I e a unidade de medida é a candela (cd).

2.1.4 ILUMINÂNCIA

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) descreve iluminância como sendo o "limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero." (NBR 5413/1992). Em outras palavras pode-se definir iluminância pela relação entre o fluxo luminoso que incide na direção perpendicular a uma superfície e a sua área. Para medi-la, usa-se um aparelho denominado luxímetro.

2.1.5 TEMPERATURA DE COR

Os termos luz quente ou fria referem-se à sensação visual da luz, não estando referindo ao calor físico da lâmpada, e sim a sua tonalidade de cor. Expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. A figura 1 mostra a temperatura de cor correlata.

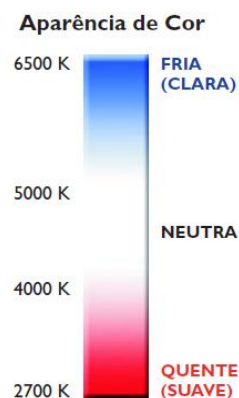


Figura 1 - Temperatura de Cor Correlata [6]

2.1.6 DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL

A extensão de luz visível fica entre 380 a 780 nanômetros. Comprimentos de ondas diferentes apresentam impressões de cores diferentes. As combinações de comprimentos de onda de diferentes cores do espectro determinam o índice de reprodução de cores da fonte luminosa.

2.1.7 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR

É a medida que quantifica a fidelidade com que as cores são reproduzidas sob uma determinada fonte de luz. Este índice varia de 0 a 100 e quanto mais alto for o índice, maior será a capacidade da lâmpada de reproduzir bem as cores. Ele independe de sua temperatura de cor (K), pois existem lâmpadas com diferentes temperaturas de cor e que apresentam o mesmo IRC. Enquanto a temperatura de cor tem a ver com a tonalidade dominante da fonte de luz, o IRC tem a ver com a presença ou não de todas as faixas do espectro na luz desta fonte. Ou, em outras palavras, a temperatura de cor mede o quanto próximo do branco é a cor de uma fonte de luz e o IRC sua capacidade de mostrar o maior número de cores do espectro.

2.2 LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE LÂMPADAS UTILIZADAS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Para proporcionar uma iluminação de qualidade, adequada aos requisitos de um local específico, é necessário que o tipo de lâmpadas escolhidas em associação com a luminária, reúna uma série de especificações e cumpram as normas vigentes.

Os tipos de lâmpadas utilizadas são o que representam maior importância no que diz respeito à eficiência de energia, considerando o consumo, rendimento e durabilidade. Não se

pode deixar de considerar também as novas tecnologias aplicadas às luminárias, uma otimização dos refletores potencializa o rendimento, cujo resultado será um aumento do coeficiente de reflexão e da luminância.

Atualmente, as lâmpadas mais utilizadas para projetos novos na Iluminação Pública de Porto Alegre (IPPA), são as lâmpadas de VSAP e Vapor Metálico (VMET), embora existam lâmpadas de outros tipos ainda presentes na cidade, em locais que não foram eficientizados.

Desde o surgimento das primeiras lâmpadas de descarga, que baseia-se na condução de corrente elétrica em um meio gasoso que produz luz através da ionização desse gases, diversas pesquisas são feitas na busca da combinação de elementos químicos que sejam capazes de converter a descarga elétrica em luz visível, de uma maneira eficaz e duradoura. Ao longo do tempo, diversas fontes de iluminação surgiram com diferentes propósitos de aplicação. Pode-se citar as lâmpadas VMET, que embora não possuam uma eficácia tão elevada quanto as lâmpadas VSAP, têm seu espaço para aplicações onde o índice de reprodução de cores é um fator importante.

A pesquisa e o desenvolvimento contínuo ao longo do tempo resultaram em lâmpadas de descarga com uma eficácia luminosa de até 150lm/W, apresentadas no mercado atual nos mais diversos modelos e potências. Deste modo, a utilização de lâmpadas de descarga, em especial a VSAP e VMET, tem tomado o espaço das lâmpadas VM de forma crescente nos sistemas de iluminação. O melhor aproveitamento da energia, a possibilidade da escolha da cor da luz e a alta durabilidade apresentada por essas lâmpadas são algumas das principais vantagens destes sistemas.

As lâmpadas de descarga se dividem em dois grupos: as lâmpadas de descarga de baixa pressão e as lâmpadas de descarga de alta pressão. As primeiras são mais comumente conhecidas por lâmpadas fluorescentes, que são utilizadas em diversos tipos de aplicações, principalmente, em interiores comerciais e residenciais. Já o segundo grupo tem sido mais

difundido pelas lâmpadas VMET, pelas lâmpadas VM, pelas lâmpadas mistas (que não necessitam reator) e pelas lâmpadas de VSAP.

Desde o surgimento das primeiras lâmpadas VSAP, uma enorme gama de potências foi desenvolvida. Atualmente, no mercado, encontram-se lâmpadas que vão desde 35 W até 1000 W. As lâmpadas VSAP são geralmente alimentadas por reatores eletromagnéticos. Estes apresentam algumas características indesejáveis, tais como: baixa eficiência, cintilamento, ruído audível e se mal projetado influência não só no rendimento como na diminuição da vida útil da lâmpada.

Atualmente luminárias com Diodo Emissor de Luz (LED) começam a ganhar força devido ao seu alto rendimento, apresentando uma série de vantagens como diminuição no consumo, possibilidade maior de direcionar o feixe de luz, além de revelarem-se, simultaneamente, muito resistentes. Com esta tecnologia já bastante desenvolvida, é possível que num futuro próximo o LED tome conta da IP, mediante a combinação de um determinado número de díodos, que permitam obter as características e requisitos de iluminação adequados a um determinado local.

A seguir serão mostradas as principais características de cada uma dessas lâmpadas e será feita uma associação de qual delas é mais adequada para determinados locais, analisando todas as suas características.

2.2.2 LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO EM ALTA PRESSÃO

Nas lâmpadas VM há a ionização de um gás inerte, em geral o argônio, provocando um aquecimento do bulbo, na sequência há a ionização do mercúrio. Estas lâmpadas possuem no revestimento interno do invólucro exterior uma fina camada de pó fluorescente, que converte parte da radiação ultravioleta em radiações visíveis. Emitem radiação nas três cores

primárias: vermelho, verde e azul. Na figura 2 pode ser visto o espectro das lâmpadas de VM. O valor máximo 1, representa 100% do fluxo emitido do respectivo comprimento de onda.

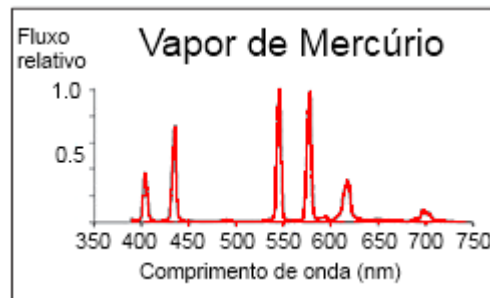


Figura 2 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VM [13]

A característica da impedância desta lâmpada após a partida é de alta condutância, sendo necessária a utilização de reatores para limitar a corrente elétrica de alimentação. A alimentação deve ser de 220V rms.

Nestas lâmpadas existe um eletrodo auxiliar que tem como função prover a ignição da lâmpada de vapor de mercúrio a partir de valores de tensão relativamente baixos. Ao acender a lâmpada, a tensão aparece nos eletrodos principais, mas devido à grande distância entre eles, a descarga não ocorre imediatamente. Porém, a mesma tensão aparece no espaço relativamente pequeno entre o eletrodo auxiliar e o eletrodo principal adjacente, resultando numa descarga localizada inicial, limitada pela resistência de partida conectada em série. A descarga local se expande e, finalmente, a descarga entre os eletrodos principais é estabelecida. Assim, ao contrário das lâmpadas de VSAP e VMET, a lâmpada VM não necessita de um circuito ignitor externo. Este período de ignição dura apenas alguns poucos segundos. Na figura 3 podemos observar os componentes e na figura 4 a curva de mortalidade de uma lâmpada VM.

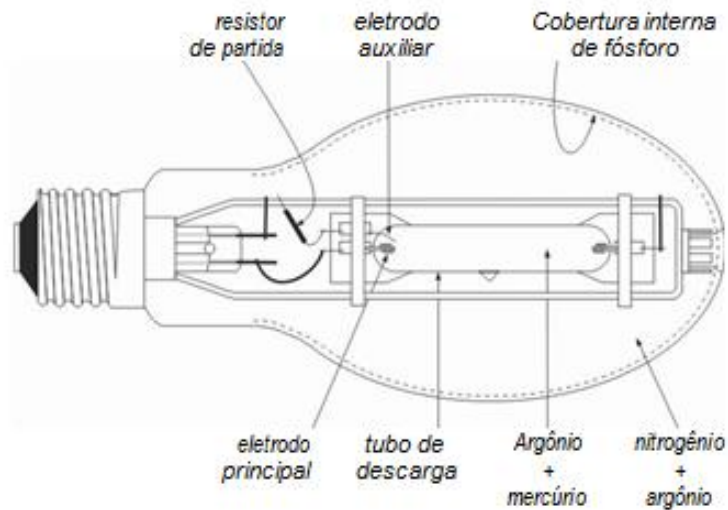


Figura 3 - Componentes Lampada VM

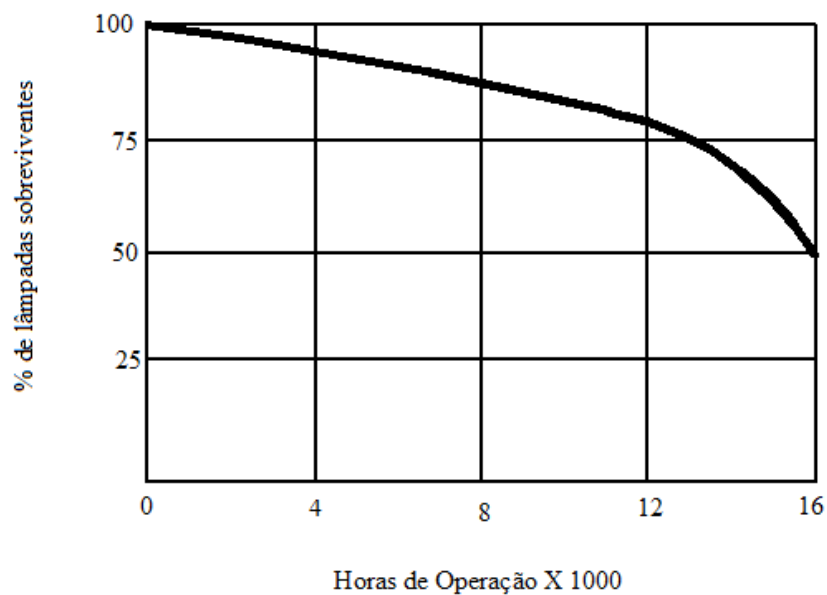


Figura 4 - Curva de Mortalidade de uma Lâmpada VM [3]

2.2.3 LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO

Uma lâmpada de vapor de sódio (VS) é uma lâmpada de descarga de gás que utiliza de sódio em um estado animado para produzir luz. Como já dito há duas variedades de lâmpadas desse tipo: baixa pressão (VSBP) e de alta pressão (VSAP). VSBP não está nesse trabalho,

pois não é empregada na IPPA. Já a lâmpada VSAP, é uma tecnologia barata atualmente disponível, que atende as necessidades e tornou-se o equipamento mais popular utilizado em IP.

Utilizam o princípio da descarga em alta pressão, através do vapor de sódio. Uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz. O sódio quando submetido a altas temperaturas e pressões torna-se uma substância muito agressiva, portanto o tubo de descarga de uma lâmpada deste tipo precisa ser confeccionado com material especial. Logo, só foi possível a produção de lâmpadas VSAP após o desenvolvimento do alumínio poli cristalino (Al_2SO_3), conhecido como alumina, que é uma espécie de cerâmica translúcida. Este material pode suportar os ataques do sódio em altas temperaturas e pressões, sendo utilizado na confecção do tubo de descarga destas lâmpadas.

As lâmpadas VSAP utilizam o metal sódio misturado com mercúrio, que é colocado em uma um invólucro de vidro, com gás xenônio ou argônio em seu interior. Estes gases nobres ativam o arco voltaico que é formado entre os eletrodos colocados nas extremidades da cápsula e iniciam a ignição da lâmpada. Durante o aquecimento inicial da lâmpada, o sódio e o mercúrio gradativamente se vaporizam, fazendo com que uma tênue luz seja emitida pela lâmpada. A pressão aumenta a seguir e a luz produzida é de alta intensidade.

Para que esta descarga se estabeleça é necessário um pulso de alta tensão com duração de poucos micro segundos, o ignitor é responsável por este pulso de curta duração para causar a ionização do gás. Normalmente a amplitude de pulso variam entre 1,5 kV e 5,0 kV dependendo da potência da lâmpada. No caso de a lâmpada estar quente, deve-se esperar um tempo mínimo que varia de acordo com a potência da lâmpada para seu reacendimento. Depois de estabelecido o arco elétrico no interior do tubo de descarga, a

lâmpada necessita de cerca de 5 minutos para atingir o seu brilho máximo. A alimentação dessa lâmpada é de 220V rms.

As lâmpadas VSAP conseguem, devido à introdução de mercúrio, ter um espectro mais alargado que as lâmpadas VSBP, mas inferiores quando comparado com as lâmpadas VM. Uma das principais ações do Programa Reluz, foi a substituição de várias lâmpadas incandescentes e a VM pelas VSAP. A grande desvantagem desta fonte luminosa é seu baixo IRC, a emissão de luz ocorre apenas em comprimentos de ondas próximos do amarelo, distorcendo parcialmente a percepção das outras cores. Por esta razão suas aplicações são aconselháveis apenas onde a distribuição das cores tem menor importância e o reconhecimento dos objetos por contrastes é preponderante.

Além das vantagens já citadas, estas lâmpadas possuem a característica de atrair menos insetos, em virtude do comprimento de onda da luz que emitem ser diferente do das outras lâmpadas. Na figura 5 podemos observar o espectro de uma lâmpada VSAP, o valor máximo 1 representa 100% do fluxo emitido do respectivo comprimento de onda e na figura 6 a sua curva de mortalidade.

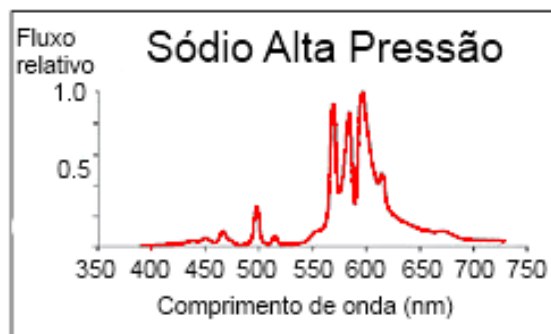


Figura 5 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VSAP [13]

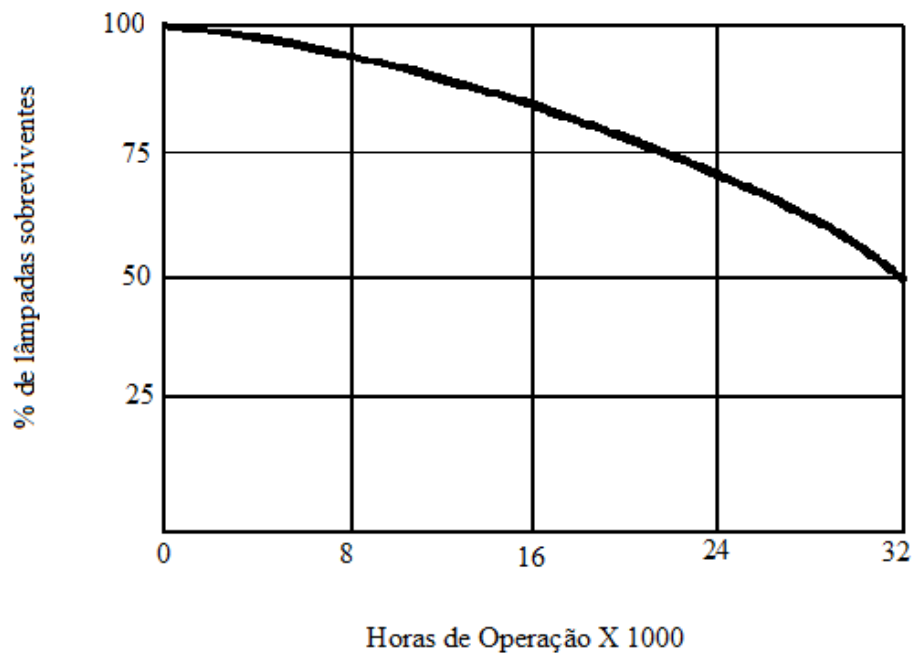


Figura 6 - Curva de Mortalidade de uma Lâmpada VSAP [3]

A figura 7 mostra o esquema de uma lâmpada VSAP de 400W com suas partes principais e o quadro 1 mostra os tipos de lâmpadas VSAP empregados em Porto Alegre.

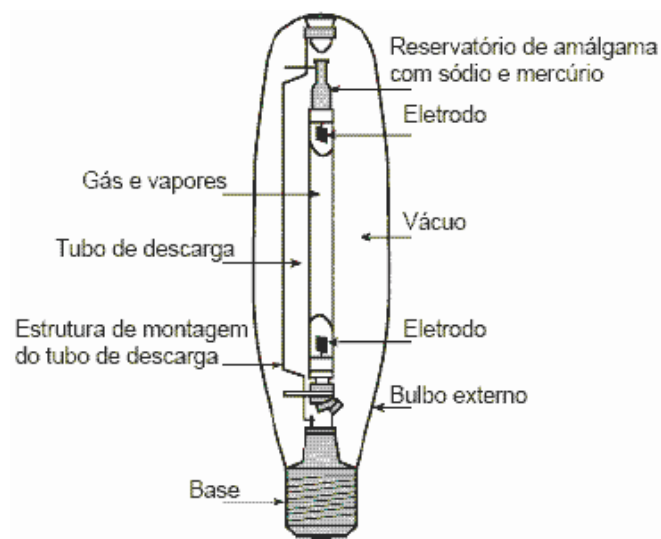


Figura 7 – Estrutura Mecânica da Lâmpada VSAP [8]

Potência da lâmpada	Aplicação (Tipo de luminária)
70	LP-4
100	LP-3/LP-4
150	LP-2/LP-3
250	LP-1/LP-2
400	LP-1/LP-5

Quadro 1 - Tipos de Lâmpadas VSAP [9]

A tabela 2 a seguir apresentam características das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, todas possuem a tonalidade da luz amarela, temperatura de cor inferior a 3300K e IRC igual ou superior a 20% e posicionamento universal. Mais adiante na conclusão sobre lâmpadas, tabela 4, será feito um comparativo das diferentes tecnologias de lâmpadas discutidas neste trabalho.

Tabela 2 - Detalhes de Lâmpadas VSAP

Características	Detalhes	Detalhes	Detalhes	Detalhes	Detalhes
Tipo	VSAP	VSAP	VSAP	VSAP	VSAP
Potência Típica	70W	100W	150W	250W	400W
Fluxo Luminoso	igual ou superior a 5600 lumens	igual ou superior a 8500 lumens	igual ou superior a 14500 lumens	igual ou superior a 27000 lumens	igual ou superior a 48000 lumens
Base	E-27	E-40	E-40	E-40	E-40
Bulbo	ovóide	tubular	tubular	tubular	tubular

Fonte: Catálogo Philips [30]

2.2.4 LÂMPADA DE VAPOR METÁLICO

A lâmpada VMET combina iodetos metálicos, mais comumente tálio, índio e sódio, embora também possa utilizar sódio, escândio, índio e tálio ou tálio, disprósio e hólmio.

São lâmpadas semelhantes às de VM e possuem excelente reprodução de cor, longa durabilidade e baixa carga térmica. Existe ainda a possibilidade de se variar a coloração da lâmpada pela seleção dos iodetos metálicos colocados no interior do tubo de descarga. Esse tipo de lâmpada também conta com um revestimento de alumina nas extremidades do tubo de descarga, cujo objetivo é refletir o calor produzido pela descarga para os eletrodos, impedindo a condensação dos iodetos no interior do tubo de descarga da lâmpada.

Sendo as tensões de partida mais elevadas e as características elétricas diferentes, essas lâmpadas exigem equipamentos auxiliares especialmente projetados para as mesmas. As lâmpadas VMET necessitam de reator e ignitor como elementos auxiliares. Alguns modelos de baixa potência possuem o ignitor interno ao bulbo. Seu tempo de acendimento dura cerca de 3 minutos e o de reacendimento pode variar de 5 a 8 minutos. Lâmpadas VMET estão disponíveis nos mais variados formatos, existindo ainda lâmpadas de altíssima potência que são desprovidas de bulbo, utilizando, portanto, um refletor fechado hermeticamente. A alimentação dessa lâmpada é de 220V rms.

Dentre as aplicações, destacam-se a iluminação de praças e parques já que as lâmpadas VSAP, por possuírem a coloração amarela não são aconselhadas em lugares arborizados com pássaros, como discutido em poluição luminosa. A figura 8 mostra o espectro de uma lâmpada VMET.

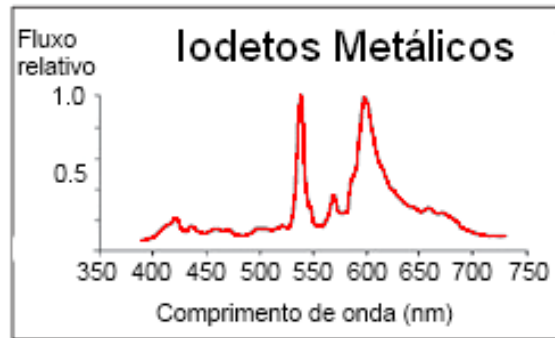


Figura 8 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda de Lâmpadas VMET [13]

Os tipos de lâmpadas empregadas atualmente em Porto Alegre são descritos no quadro 2 a seguir.

Potência da lâmpada (W)	Tipo de lâmpada	Soquete	Tipo de luminária
70	Ovóide clara	E-27	LP-4 VP
150	Ovóide clara	E-27	LP-6VPLP-2 /LP-3VP
250	Tubular	E-40	LP-6/LP-1/LP-2
400	Tubular	E-40	LP-1/LP-5/LP-7

Quadro 2 - Tipos de Lâmpadas VMET [9]

Na tabela 3 pode ser analisado os detalhes para duas potências diferentes, as duas possuem a tonalidade da luz branca com IRC igual ou superior a 65%, base E-40, bulbo tubular com posição de funcionamento universal.

Tabela 3 - Detalhes de Lâmpadas VMET

Características	Detalhes	Detalhes
Tipo	VMET	VMET
Potência	250W	400W
Fluxo Luminoso	igual ou superior a 18900 lumens	igual ou superior a 25500 lumens
Temperatura de Cor	igual ou superior a 3300K	igual ou superior a 4000K
Vida mediana	igual ou superior a 7500 horas	igual ou superior a 9000 horas

Fonte: Catálogo Philips [30]

2.2.5 DIODO EMISSOR DE LUZ

Este tipo de dispositivos de iluminação surgiu recentemente no mercado de consumo e já conquistou grandes segmentos de mercado. No Brasil, e especialmente em Porto Alegre, é muito pouco utilizado e isso se deve principalmente por causa do custo inicial. Podem ser aplicadas nas mais diversas situações, pois devido ao seu tamanho reduzido permitem uma boa integração em termos de espaço requerido. A figura 9 mostra estruturas de Led, à esquerda um LED de baixa potência onde às dimensões típicas variam de 2 a 10 mm de diâmetro e a direita mostra um LED de alta potência com dimensões típicas para uma potência de 20W, considerando o dissipador, de 36 mm de diâmetro.

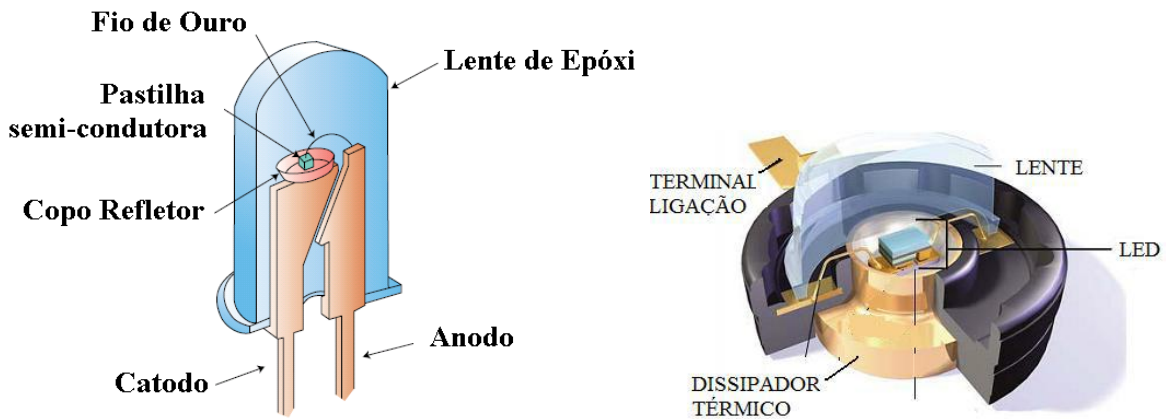


Figura 9 - Estruturas de LEDs de Baixa e Alta Potência [5]e [32]

Para se obter a potência total a ser emitida por uma luminária a LED, é necessário efetuar a combinação de vários LEDs, até se chegar a potência total pretendida. O LED inicialmente foi desenvolvido para utilização em sistema de sinalização e indicação visual nas cores vermelha, verde e amarela. O desenvolvimento de novas tecnologias de materiais semicondutores permitiu emissão de luz na cor branca possibilitando que o LED seja utilizado para iluminação pública.

É um componente semicondutor bipolar, normalmente chamado de diodo emissor de luz, que converte corrente elétrica em luz. Um LED é composto de material semicondutor, sendo montado com componentes ópticos usados para moldar o seu padrão de radiação e ajudar na reflexão da luz. Não possui filamento, eletrodos, gás ou tubo de descarga tendo elevada resistência a impactos, pois não possui componentes mecânicos que possam ser danificados durante o manuseio para instalação e manutenção. Não necessita de aquecimento especial ou tensão elevada para iniciar o funcionamento, e o processo elétrico de ligar e desligar a corrente elétrica não tem qualquer efeito na produção do fluxo luminoso. Não representam risco à saúde e ao meio ambiente, pois não utiliza mercúrio em sua composição.

Por apresentarem luz muito concentrado em cm^2 , necessitam de difusor e trabalham em tensão contínua de 12 a 36 V (para alta potência).

A luz emitida pelo LED não contém radiação infravermelha, o calor dissipado provém da parcela da potência elétrica aplicada ao LED que é transformada em energia calorífica e que deve ser dissipada por convecção ou condução, por isso obrigatoriamente deve utilizar dissipador de calor sem o qual ocorre a queima imediata do semicondutor, conforme figura 10. LED de alta potência o caminho elétrico é separado do caminho do calor. O dissipador deve oferecer um caminho eficaz para o calor, garantindo baixa temperatura do semicondutor.

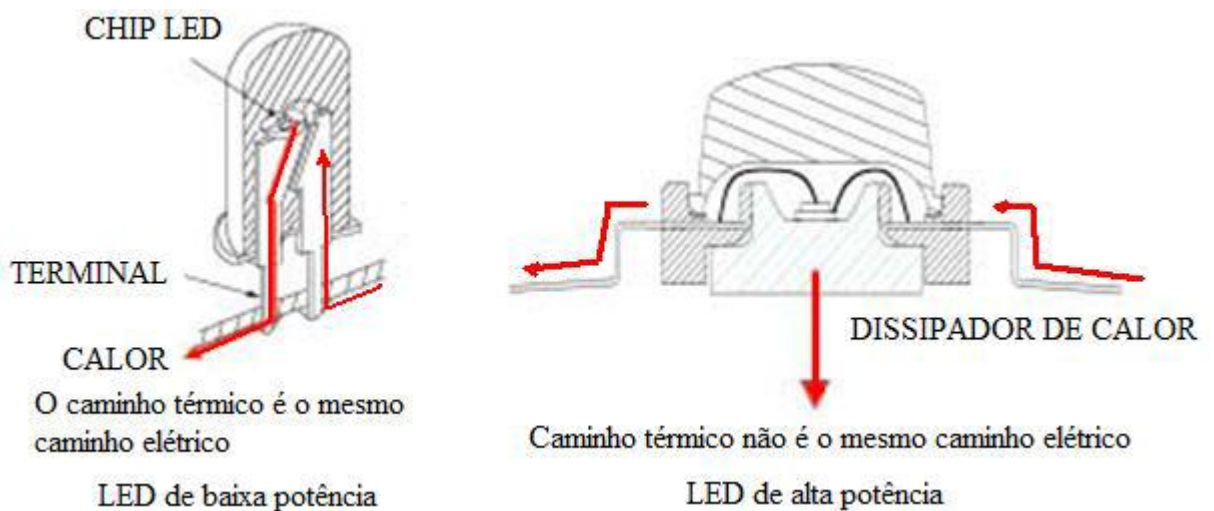


Figura 10 - Caminho Térmico [7]

Atualmente os LEDs podem ser divididos em três categorias: LED para indicação e sinalização cujo invólucro tem cor específica que filtra a luz emitida, são os utilizados em painéis elétricos e equipamentos eletrônicos, LED de alto brilho com invólucro transparente sendo utilizados em luminárias internas e equipamentos de iluminação portáteis e o LED de alta potência, a partir de 1 W.

Na Figura 11 e 12 observa-se o fluxo relativo de acordo com o comprimento de onda. O valor máximo 1 representa 100% do fluxo emitido do respectivo comprimento de onda.

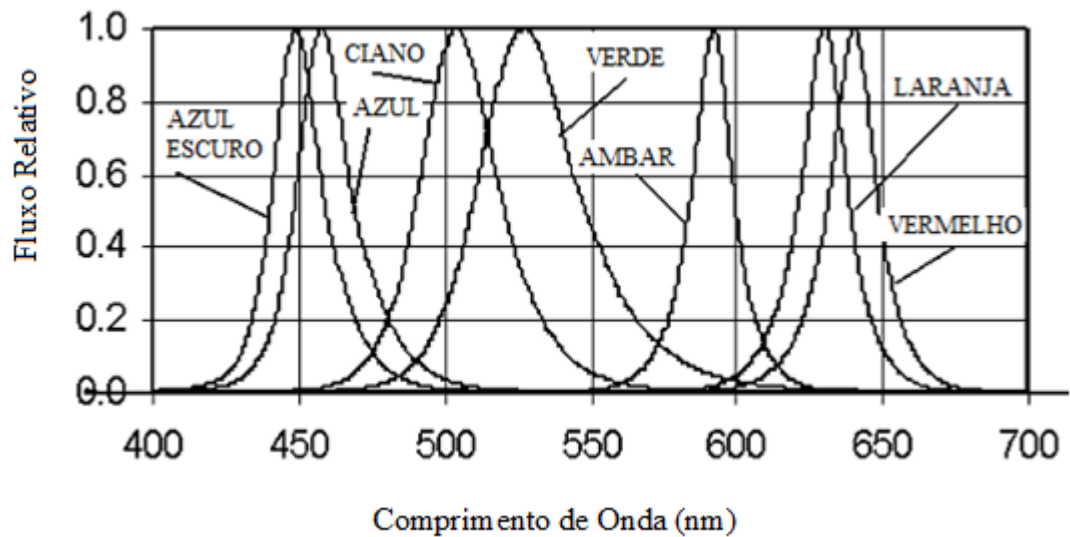


Figura 11 - Gráfico do Fluxo Relativo em Função do Comprimento de Onda para LEDs [7]

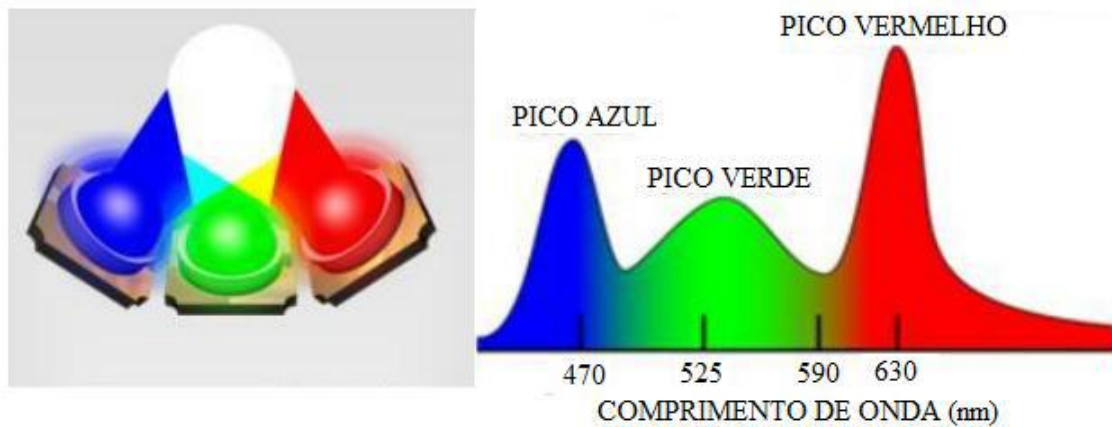


Figura 12 - Espectro de LEDs a partir de Vermelho, Verde e Azul [7]

2.3 COMPARAÇÃO SOBRE LÂMPADAS

Analisando a curva de mortalidade de uma lâmpada VSAP e VM pode-se concluir que embora elas se assemelhem a queda da lâmpada VM é mais acentuada e o eixo das horas de operação da lâmpada de VSAP está representado com o dobro da escala das horas da lâmpada de VM, portanto a durabilidade das lâmpadas VSAP é muito maior que as de VM. Além da

maior eficiência e durabilidade das lâmpadas VSAP, há outras diferenças em relação as lâmpadas VM que merecem destaque:

1) A partida da lâmpada do tipo VSAP necessita de um pico de tensão elevado e faz-se necessário o uso de um ignitor.

2) Lâmpadas VM emitem aproximadamente 15% da potência total fornecida sob a forma de radiação ultravioleta, parte dessa radiação é convertida em radiações visíveis através do revestimento interno fluorescente, como já explicado, e parte atravessa para fora da lâmpada, o que confere atração de insetos para as proximidades da luminárias.

3) As do tipo VSAP ao atingirem 80% da sua vida útil perdem em torno de 12% do fluxo luminoso, enquanto que as do tipo VM depreciam em torno de 20%;

4) As do tipo VSAP possuem maior irradiação de luz na faixa do espectro do amarelo laranja, sendo que o índice de reprodução de cores é significativamente menor em relação às do tipo VM.

Já a tecnologia LED apresenta inúmeras vantagens: são as que apresentam maior eficiência média (cerca de 150 lm/W), dimensão compacta, longo tempo de vida, baixos requisitos de manutenção, eficiência espectral elevada, não contém mercúrio, IRC elevado e arranque rápido. O fluxo direcional dos LED permite que a luz seja direcionada com precisão para a área que se deseja iluminar, reduzindo deste modo a luz intrusiva.

Como desvantagens se podem citar: Luminárias com preços elevados, alimentação em DC, necessitam de dissipadores de calor, necessitam de lentes para melhorar o seu diagrama de radiação.

As lâmpadas VMET podem ser comparadas ao LED em função do seu IRC elevado, mas em termos de eficiência esta tecnologia é ainda inferior as lâmpadas de VSAP e LED. Na tabela 4 a seguir pode ser visto as principais características dos tipos de lâmpadas discutidas neste trabalho.

Tabela 4 - Comparação de Lâmpadas

	VM	VSAP	VMET	LED
Rendimento luminoso médio[lm/W]	52	85	75	150
Temperatura de cor	De 3000 K a 4000 K	De 2000 K a 3200 K	De 3000 K a 6000 K	3000 K a 6000K
IRC	De 40 a 55	De 20 a 40	De 65 a 85	> 75
Vida Mediana (horas)	De 9.000 a 15.000	De 18.000 a 32.000	De 8.000 a 12.000	60000
Tempo de arranque (minutos)	≈ 4	≈ 5	≈ 3	Instantâneo
Luminância [cd/m²]	De 4 a 15	De 25 a 500	De 100 a 6000	
Período de manutenção	2 anos	3 a 4 anos	3 anos	12 anos
Equipamento auxiliar	Reator	Ignitor Reator	Ignitor e Reator	Fonte de Corrente

Fonte: Adaptado de Leds para Iluminação Pública [5] e [34]

Tabela 5 - Equivalências entre Lâmpadas VSAP e LEDs

Potência de Lâmpadas VSAP	Potência do Sistema na Tecnologia VSAP	Potência de LED	Potência do Sistema na Tecnologia LED
70W	85W	26W	29W
100W	118W	44W	48W
150W	176W	70W	80W
250W	287W	140W	160W

Fonte: Adaptado de Energia Viva [35]

3 LUMINÁRIAS E EQUIPAMENTOS AUXILIARES

3.1 LUMINÁRIAS

Têm papel extremamente importante em um sistema de iluminação, pois elas contribuem diretamente para uma distribuição eficiente da luz no ambiente, bloquear a luz espúria e o conforto visual das pessoas. Além dos seus requisitos básicos de manter uma boa conexão mecânica e elétrica entre as lâmpadas e os equipamentos auxiliares, deve proporcionar a segurança necessária para a instalação fornecendo proteção contra chuvas, sol, bem como a correta emissão do fluxo luminoso da lâmpada no ambiente sem causar ofuscamento.

Os principais componentes que constituem uma luminária são:

Suporte das lâmpadas: Mesmo quando a luminária é sujeita a vibrações, este componente deve assegurar que o posicionamento da lâmpada permaneça inalterável e destina-se também a garantir o contato elétrico adequado com os aparelhos auxiliares.

Corpo da luminária: tem como função proporcionar o suporte mecânico a todos os componentes. Deve apresentar uma boa resistência mecânica a choques e vibrações no sentido de garantir as condições de fixação e normal funcionamento das lâmpadas e aparelhos auxiliares.

Elemento de fixação da luminária: Tem como função fixar a luminária ao poste, podendo ou não ser parte integrante da própria luminária, assegurando a não existência de oscilações após o seu correto posicionamento.

Refletores: São dispositivos ópticos cuja função é permitir a distribuição do fluxo luminoso, proporcionando um melhor aproveitamento da luz, uma vez que a porção de luz emitida para cima é reenviada para baixo.

Refratores: São tipicamente constituídos por vidro ou materiais plásticos e destinam-se a alterar a distribuição do fluxo luminoso, mediante o fenômeno da transmitância. Os materiais que os constituem devem proporcionar resistência a choques mecânicos, bem como às agressões provocadas pelas diferentes condições climáticas, permitindo a conservação de uma boa aparência com o decorrer do tempo.

Difusores: os difusores são componentes translúcidos, foscos ou leitosos, ele evita que a luz seja enviada diretamente da lâmpada para os objetos ou pessoas. Assim, o seu propósito é diminuir a luminância das lâmpadas, no sentido de proporcionar um melhor conforto. Difusores com tratamento térmico possuem alta resistência a choques. Assim, obtém-se um elevado fator de manutenção e uma moderação dos efeitos de poluição.

Difusores de policarbonato devem ser utilizados apenas em situações de necessidade de elevada resistência mecânica, pois a vantagem do policarbonato é a sua elevada resistência mecânica aos impactos. Sendo assim, nos casos onde as instalações de iluminação possam ser alvo de vandalismo, é preferível que as luminárias sejam equipadas com difusores de policarbonato. A grande desvantagem deste tipo de difusor reside no fato de o policarbonato, ao longo do tempo, quando exposto ao sol, se tornar amarelado, alterando assim a transmissão de luz e conseqüentemente diminuindo o rendimento da luminária.

Um fator que é extremamente importante no uso das luminárias fechadas é o grau de proteção, que indica o quanto a lâmpada é protegida para que não haja infiltração de água e de sujeira.

No quadro 3 a seguir associa-se as luminárias empregadas em Porto Alegre com a potência de lâmpada, o tipo de chassi, refrator e aplicação.

Denominação oficial	Potência de lâmpadas (W)	Tipo de Chassis	Refrator	Aplicação
Luminária Pública LP-1	250 e 400	VS2/VS3	VP/VC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-2	150 e 250	VS2	VP/VC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-3	100 e 150	VS1	VP/VC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-3	100 e 150	VS1	PC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-4	100	VS1	VP/VC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-4	70	VS1	VP/VC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-4	100	VS1	PC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-4	70	VS1	PC	Ponta de braço
Luminária Pública LP-5	250 e 400	VS2	VP/VC	Postes de 12 a 15m
Luminária Pública LP-6	250	VMET	VP/VC	Poste de 10m utilizado em praça
Luminária Pública LP-6	150	VMET	VP/VC	Poste de 8m utilizado em praça
Luminária Pública LP-7	400 e 600	VS2	VP/VC	Postes de 15 a 25m
Luminária Pública LP-D1*	150/250 W	-	PC	Postes de 4m a 6m
Luminária Pública LP-D2*	70W	-	PC	Poste de 4m

Quadro 3 - Luminárias Utilizadas em Porto Alegre [9]

O tipo de chassi indica o tipo de lâmpada que deve ser utilizada, VS para lâmpadas Vapor de Sódio e VMET para lâmpadas Vapor Metálico.

As luminárias utilizadas possibilitam a fixação de braços com os diâmetros externos descritos no quadro 4 abaixo:

Modelo de luminária	Encaixes do braço	
Luminária LP-1	47 mm	63 mm
Luminária LP-2	47 mm	63 mm
Luminária LP-3	47 mm	63 mm
Luminária LP-4	32 mm	49 mm
Luminária LP-5	47 mm	63 mm
Luminária LP-6	47 mm	63 mm

Quadro 4 - Encaixes de Braço [9]

Estas especificações se aplicam a luminárias para instalação de lâmpadas a vapor de sódio/metálico/mercúrio a alta pressão, conforme segue:

Luminária LP-1: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 400W/250W tubular; [9]



Figura 13 - Luminária LP-1 [9]

Luminária LP-2: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 250W/150W tubular; [9]



Figura 14 - Luminária LP-2 [9]

Luminária LP-3: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 150W/100W tubular; [9]



Figura 15 - Luminária LP-3 [9]

Luminária LP-3: Fechamento com refrator em policarbonato, para lâmpada a vapor de sódio 150W/100W tubular; [9]



Figura 16 - Luminária LP-3 de Policarbonato [9]

Luminária LP-4: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 100W tubular; [9]



Figura 17 - Luminária LP-4 [9]

Luminária LP-4: Fechamento com refrator em policarbonato para lâmpada a vapor de sódio 70W tubular; [9]



Figura 18 - Luminária LP-4 de Policarbonato [9]

Luminária LP-5: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 400W/250W tubular; [9]



Figura 19 - Luminária LP-5 [9]

Luminária LP-6: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor metálico 250W tubular; [9]



Figura 20 - Luminária LP-6 [9]

Luminária LP-7: Fechamento com refrator em vidro plano ou curvo, para lâmpada a vapor de sódio 400W/600W tubular; [9]



Figura 21 - Luminária LP-7 [9]

Luminárias Decorativas:

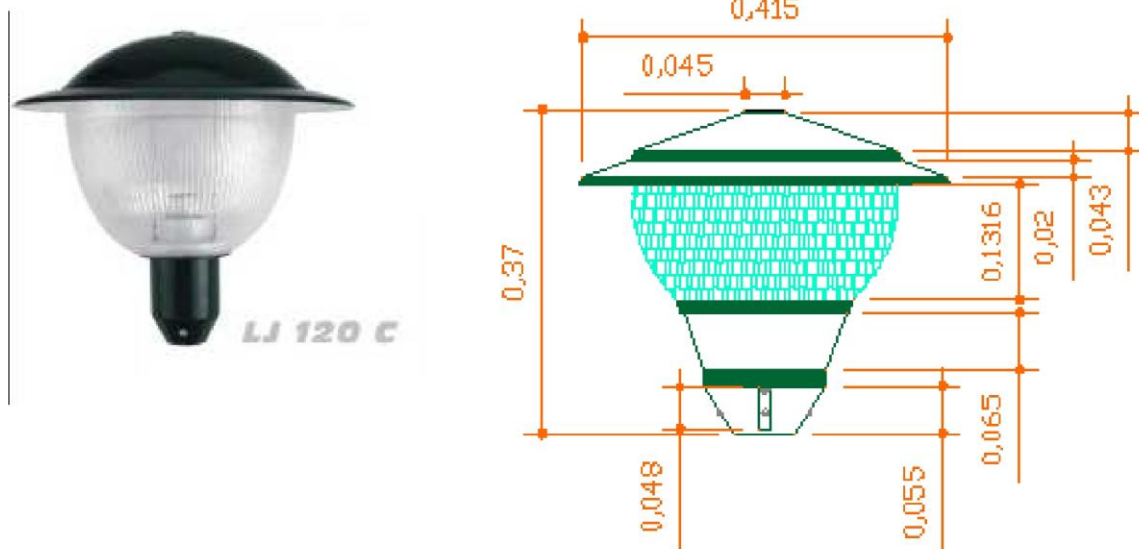


Figura 22 - Luminária LP-D1 [9]

Projetores

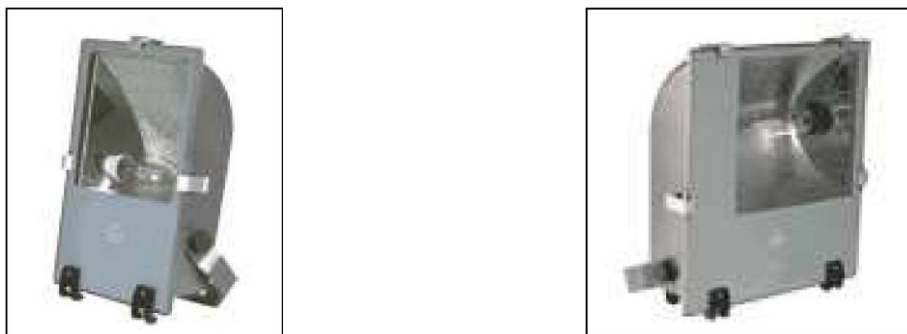


Figura 23 - Projektor HLF [9]

3.2 REATORES

Reatores são equipamentos auxiliares necessários para o acendimento das lâmpadas de descarga. Servem para limitar a corrente e adequar as tensões para o perfeito funcionamento das lâmpadas. Os tipos de reatores encontrados no mercado são: eletromagnéticos e eletrônicos.

As lâmpadas, cujos princípios de funcionamento se baseiam na produção de luz pela excitação de gases, têm uma característica de acionamento elétrico mais elaborado que as incandescentes, por exemplo, que se comportam como resistências puras e funcionam conectadas diretamente a rede elétrica. Em geral, antes de entrarem em funcionamento, as lâmpadas de descarga possuem altíssima impedância, no entanto depois de ionizado os gases, a impedância atinge valores muito baixos, fazendo com que a lâmpada se comporte como um curto circuito. Para vencer a alta impedância inicial da partida, algumas lâmpadas são dotadas internamente de eletrodos auxiliares, que é o caso, por exemplo, da lâmpada a vapor de mercúrio. Em outros casos, como já mencionado a lâmpada a VSAP, é necessário aplicar por um curto período, da ordem de micro segundos, uma elevada tensão, que pode chegar a alguns milhares de Volts. Para isto é comumente utilizado um componente chamado ignitor. Após o acendimento da lâmpada de descarga, sua impedância cai a valores muito baixos e o reator passa a controlar a corrente para que ela não exceda o limite máximo.

A alimentação das lâmpadas VSAP e VMET utilizam reator eletromagnético. Tem de se ter cuidado com o tipo de reator para as lâmpadas de VMET. Há uma grande variedade de lâmpadas a VMET de diferentes fabricantes, com diferentes requisitos de corrente de lâmpada e outras características elétricas específicas. A associação errada de lâmpada e reator irá diminuir a vida da lâmpada e, em alguns casos, implicará o seu não acendimento. A

correta aplicação dos reatores garante um melhor desempenho para os projetos elétricos e luminotécnico, contribuindo diretamente para a manutenção do fluxo luminoso.

Reatores eletrônicos não são utilizados na IPPA, isto se deve, principalmente, ao elevado custo de produção das soluções eletrônicas existentes. Um dos problemas a ser resolvido para o caso de reatores eletrônicos é a não excitação da ressonância acústica, fenômeno comum às lâmpadas de descarga em alta pressão, quando alimentadas em alta frequência, isto é, nas frequências comumente empregadas para reatores eletrônicos na alimentação de lâmpadas fluorescentes.

A ressonância acústica é gerada quando uma fonte emite um som de frequência igual à frequência de vibração natural de um receptor, podendo causar instabilidade no arco de descarga. Pode produzir cintilação luminosa, mudança de cor, desgaste dos eletrodos, extinção do arco de descarga, ou em casos extremos, a explosão do tubo de descarga.

Os reatores magnéticos são indutores dimensionados para operarem na frequência da rede elétrica. Junto com o indutor, no interior do reator são instalados o ignitor e um capacitor para correção do fator de potência. Um fator muito importante na especificação dos reatores magnéticos é o seu rendimento, pois depende diretamente da qualidade da matéria-prima utilizada nos fios de cobre e chapas de ferro silício, do processo produtivo e da otimização do projeto do indutor. No quadro 5 a seguir pode ser verificada Perdas Ôhmicas em reatores convencionais.

Tipo de reato	Potência (W)		Perdas individuais máximas (%)
	Máxima absorvida	Fornecida à lâmpada	
RVS – 70	85	70	21,4
RVS – 100	118	100	18
RVS – 150	176	150	17,3
RVS – 250	287	250	14,8
RVS – 400	446	400	11,5

Quadro 5 - Perdas Ôhmicas em Reatores Convencionais [15]

Para além da estabilização da descarga, os reatores desempenham as seguintes funções:

- auxílio à ignição da lâmpada,
- assegura o seu funcionamento,
- ajuda a garantir um considerável tempo de vida útil da lâmpada,
- ajuda a garantir um fator de potência elevado,
- ajuda a produzir uma corrente harmónica baixa,

A tabela 5 correlaciona a sua denominação, potência de lâmpadas e tipo de chassis possíveis de serem utilizados na IPPA

Tabela 6 - Associação de Reatores com Chassi e Luminária

Denominação oficial	Potência de lâmpadas (W)	Tipo de Chassis	Aplicação
Reator para lâmpada a vapor de sódio 70W	70	VS1	LP-4
Reator para lâmpada a vapor de sódio 100W	100	VS1	LP-3/LP-4
Reator para lâmpada a vapor de sódio 150W	150	VS1	LP-3
Reator para lâmpada a vapor de sódio 150W	150	VS2	LP-2
Reator para lâmpada a vapor de sódio 250W	250	VS2	LP-2/LP-1
Reator para lâmpada a vapor de sódio 400W	400	VS2	LP-1/LP-5/LP-7
Reator para lâmpada a vapor metálico 70W	70	VS1	LP-4
Reator para lâmpada a vapor metálico 150W	150	VS1	LP-3
Reator para lâmpada a vapor metálico 150W	150	VS2	LP-2
Reator para lâmpada a vapor metálico 250W	250	VS2	LP-2/LP-1
Reator para lâmpada a vapor metálico 400W	400	VS2	LP-1/LP-5/LP-7

Fonte: MATERIAIS EMPREGADOS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE PORTO [9]



Figura 24 -Chassi VS1 [9]

Os reatores variam de preço conforme a potência da lâmpada, para uma lâmpada VSAP e VMET de 250W, o preço médio é de 60 R\$.

3.3 RELÉ FOTOELÉTRICO

O relé fotoelétrico ou fotocélula desempenha as funções de um fotocontrolador, ou seja, um dispositivo que controla o acendimento e desligamento da lâmpada de acordo com o nível de luz presente no ambiente. Como o ambiente em que funciona em iluminação pública normalmente é ao ar livre, a lâmpada somente deve ser acionada quando houver a necessidade de iluminação artificial no final do dia e deve ser imediatamente apagada ao amanhecer quando já houver luz natural o suficiente para garantir o trânsito seguro de veículos e pedestres.

Tido como o grande vilão do sistema de iluminação pública, principalmente no que diz respeito ao alto índice de manutenção, taxa de falhas e baixa confiabilidade, o relé fotoelétrico vem sofrendo um processo de evolução nos últimos anos. A substituição dos relés fotoelétricos por outros novos de melhor qualidade foi um dos grandes benefícios do programa RELUZ e, na maior parte das vezes, não é quantificado. Os relés atualmente empregados na IPPA utilizam a tecnologia Sistema Fail OFF que, mesmo na falha do relé, tende a manter a lâmpada apagada e não acesa, evitando o desperdício de energia com lâmpadas acesas durante o dia. Além disso, os relés fotoelétricos com tecnologia antiga, quando desgastados, tendem a manter a lâmpada acesa durante mais tempo que quando novos. Os relés fotoelétricos com novas tecnologias têm a preocupação de somente acionar a lâmpada quando há necessidade e desligá-la assim que o dia amanhecer.

Para garantia da qualidade dos relés fotoelétricos, são realizados diversos ensaios definidos na ABNT NBR 5123/98, entre eles, ensaio de operação, ensaio de limites de funcionamento variando a temperatura de -5 °C a 50 °C, ensaio de impulso de tensão simulando descargas atmosféricas, ensaio de durabilidade verificando 5.000 operações do relé o que, na prática, significaria o funcionamento em torno de 13 anos –, resistência a corrosão

por meio de ensaio de névoa salina, grau de proteção, resistência a radiação ultravioleta para verificar a degradação da tampa do relé sob efeito da luz solar, entre outros.



Figura 25 - Relé Fotoelétrico [9]

Os relés padronizados para uso na IPPA recebem a seguinte denominação e apresentam as seguintes características:

IP-RFE2 - Relé fotoelétrico eletrônico;

Tensão de alimentação de 105v a 305v;

Potência de 1000W ou 1800VA;

Grau de Proteção: IP 67;

Sistema Fail OFF (Lâmpada apagada em caso de falha);

Contato NF em Operação;

Tipo de sensor: Fototransistor (silício);

Tempo de retardo: 3 a 5s;

Limites de funcionamento: 5°C a + 50°C;

Durabilidade dos contatos (nº de operações):> 10.000;

Protegido com varistor;

Tampa em policarbonato estabilizado U.V.;

Fechamento dos contatos do relé em zero volt;

Controle dos parâmetros monitorando por circuito microcontrolado inteligente;

Monitora o envelhecimento dos contatos do relé interno;

O consumo de energia para este tipo de relé é de aproximadamente 1W e cabe ressaltar que este consumo será constante até o relé entrar em modo de funcionamento sem luz.

3.4 CAPACITORES

Como já dito anteriormente, o objetivo da utilização dos capacitores nos reatores utilizados em iluminação pública é a correção do fator de potência. O fator de potência estabelecido como mínimo é de 0,92. As normas internacionais de capacitores para iluminação estabelecem uma expectativa de vida de dez anos, ou seja, a mesma expectativa de vida do reator como um todo. Caso o capacitor venha a falhar ao longo da vida, o reator passa a ter fator de potência natural, tendo um consumo de energia reativa.

3.5 BRAÇOS UTILIZADOS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE PORTO ALEGRE

Com o objetivo de dar sustentação da luminária e avanço do braço na via, os braços de iluminação públicos corretamente projetados desempenham papel importante na qualidade da iluminação pública. Possuem um ângulo de saída que interfere diretamente na poluição luminosa e ofuscamento. Para um correto aproveitamento da fotometria da luminária, o ideal são braços com ângulo final não superior a 10°.

TABELA DE DIMENSÕES DOS BRAÇOS.

Braço Tipo	Diâmetro Externo	Espessura do tubo	Aleta Fixação Tubo/Sapata (espessura)	Utilização
IP-B1	60,3mm	3,5mm	5,0mm	Normal
IP-B2	60,3mm	3,5mm	5,0mm	Normal
IP-B3	48,3mm	3,5mm	5,0mm	Normal
IP-B4	60,3mm	3,0mm	5,0mm	Poste c/Transformador
IP-B5	60,3mm	3,5mm	5,0mm	Poste c/Transformador
IP-B6	68,3mm	3,5mm	5,0mm	Poste c/Transformador
IP-B7	33,7mm	3,0mm	3,18mm	Normal
IP-B8	33,7mm	3,0mm	----	Normal

DESENHOS DOS BRAÇOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

- TIPOS: IP-B1, IP-B2, IP-B3, IP-B4, IP-B5, IP-B6, IP-B7 e IP-B8

OBS: A escolha do braço deverá ser feita após análise detalhada do projeto. Verificar a intercambiabilidade dos braços com o encaixe das luminárias.

Figura 26 – Braços Utilizados na IPPA [9]

4 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

4.1 NORMAS BRASILEIRAS APLICÁVEIS EM PROJETOS

A NBR-5101:2012 – Iluminação Pública: Procedimento é a norma brasileira que estabelece os requisitos básicos para iluminação pública. As vias públicas são classificadas de acordo com sua natureza e função. Em função dessas características, são determinados os níveis mínimos de iluminância necessários para cada tipo de via. Pela NBR-5101, os dois principais parâmetros de qualidade considerados são nível de iluminância média e fator de uniformidade de iluminância.

As principais normas brasileiras aplicadas aos sistemas de iluminação pública são:

- NBR 5101 - Iluminação Pública - Procedimento;
- NBR 5410- Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 5181 - Iluminação de túneis
- NBR-IEC 60598 - Luminárias para iluminação pública – Requisitos particulares;
- NBR-IEC 662 - Lâmpadas Vapor de Sódio Alta Pressão;
- NBR-IEC 188 - Lâmpadas Vapor de Mercúrio Alta Pressão;
- NBR-IEC 1167 - Lâmpadas Multi Vapor Metálico;
- NBR 13.598 - Reatores e Ignitores para Lâmpadas VSAP;
- NBR 5125 - Reatores para Lâmpadas VM;
- NBR 5123 - Relé Fotoelétrico.

4.2 TERCEIRIZAÇÃO DO SERVIÇO DE IP

Os serviços de engenharia para a manutenção, efficientização e execução de gestão integrada do sistema de iluminação pública é terceirizado. Esse processo possui vantagens e desvantagens, pois se trata de uma forma de transferência de atividades que podem ser executadas por outras empresas. A Empresa deverá estar estruturada gerencialmente com sua missão, objetivos e diretrizes, visando uma administração com qualidade e conseqüentemente estar competitiva no mercado em que estiver atuando.

As principais vantagens são:

- Desenvolvimento Econômico com a Criação de Novas Empresas;
- Especialização e Qualidade do Serviço, com aumento da competitividade;
- Controle dos serviços com aprimoramento de custos;
- Agilidade nas decisões;

Como desvantagens podem citar:

- Resistências e conservadorismo por parte das prefeituras, dificultado as atividades do prestador do serviço;
- Custos com demissões por parte da prefeitura, em função da especificidade do serviço;

4.3 PROJETOS EM IP

Os projetos da IPPA são realizados pelo setor de projetos da DIP, salvo casos de lugares especiais onde a empresa terceirizada faz o projeto, cabendo a DIP aprovar ou não o projeto. Devem atender aos requisitos específicos do usuário, provendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos, incluindo a redução de acidentes noturnos; melhoria das condições de vida, com ênfase na segurança dos indivíduos e propriedades; facilidade do

fluxo do tráfego; destaque nos edifícios e obras públicas durante a noite; e eficiência energética.

Neste tópico será apresentada uma metodologia básica para realizar um projeto eficiente de iluminação pública aplicada em vias, baseando-se nos critérios estabelecidos na NBR 5101 e NBR 5410. Contudo, estas normas estipulam os critérios mínimos necessários para garantir a funcionalidade do sistema, havendo muitas alternativas para melhorar a qualidade da iluminação do ponto de vista de uma melhor iluminação.

Em um projeto de iluminação pública, deve-se observar e incluir critérios de iluminação que sejam adequados a cada situação, além dos recursos financeiros existentes para execução das obras. Devem-se priorizar os objetivos que incluem segurança, apoio ao desenvolvimento, destaque às áreas históricas ou espaços verdes públicos. A iluminação pode ser instalada, fundamentalmente, para a segurança e visibilidade dos motoristas.

Deve observar os critérios abaixo:

- A altura da montagem da luminária ou projetor;
- A distância entre os pontos luminosos;
- Prioridade de iluminação para as calçadas;
- A distribuição de luz realizada pela luminária/projetor;
- Evitar luminosidade em excesso: mais pontos de luz média são preferíveis a menos pontos de luz forte, pois o ofuscamento produz desconforto visual e redução da visão;
- Posteação e circuitos elétricos;
- Interferência com a vida animal;
- Sistema eficiente de reposição;
- Estrutura de iluminação antivandalismo e antifurto de cabos de energia devido a sua configuração e com possibilidade de alterações futuras;

4.4 LEVANTAMENTO TÉCNICO

O levantamento técnico é feito pelo Setor de Projetos para avaliação da possível instalação de um novo ponto de luz. Ele consiste em uma visita ao local para verificação das condições técnicas, melhor forma de realizá-lo e do emprego do material mais apropriado. Essa é a primeira fase para elaboração do projeto de iluminação pública, pois será através dela que obteremos os dados básicos mais importantes para atingirmos um resultado final satisfatório.

Deve se verificar fatores básicos como posteação, CEEE ou não, bem como suas distâncias, de 25 até 35m em zona urbana, além da existência da rede de baixa tensão e sua composição: cobre, alumínio ou multiplex. Fatores complementares como largura da via e sua classificação de volume de tráfego, tipo de iluminação e nível de iluminância que deve ser utilizado, arborização existente e proximidade de pontos de concentração de pessoas, como paradas de ônibus e escolas também devem ser observados.

Quanto ao volume de tráfego nas vias públicas pertencentes à área do levantamento, caso não tenha sido possível obter na prefeitura os dados referentes à classificação do volume de tráfego nas vias públicas, estes serão definidos no levantamento em campo.

4.5 CRITÉRIO DE PROJETO SEGUNDO NBR 5101

Esta Norma fixa os requisitos mínimos necessários à iluminação de vias públicas, os quais são destinados a propiciar algum nível de segurança aos tráfegos de pedestres e veículos. Para dimensionamento do sistema utiliza-se o critério do iluminamento médio e mínimo, razão mínima entre iluminâncias de pontos adjacentes e fator de uniformidade.

Iluminância Mínima (*E_{min}*)

É o menor valor encontrado para a iluminância. Deve atender, simultaneamente, às exigências abaixo descritas:

- a) fator de uniformidade, conforme valores apresentados no quadro;
- b) iluminância entre pontos adjacentes, com distância máxima entre eles de 1,5m, conforme o quadro abaixo;

Classificação do tráfego da via	Razão mínima entre iluminâncias de pontos adjacentes
Leve	0,40
Médio	0,50
Intenso	0,70

Quadro 6 - Razão Mínima entre Iluminâncias [1]

- c) ser igual ou superior a 1 lux.

Fator de Uniformidade (U)

É representado pela razão entre a iluminância mínima da área definida (E_{min}) e a iluminância média dessa área (E_{med}), ou seja:

$$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

Volume de Tráfego

Número máximo de veículos ou pedestres que passam numa dada via, durante o período de uma hora.

Classificação	Volume de tráfego noturno de veículos, por hora, em ambos os sentidos, em pista única
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1200
Intenso (I)	Acima de 1200

Quadro 7 - Classificação Volume de Veículos [1]

Classificação	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado
Sem (S)	Como nas vias de trânsito rápido
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

Quadro 8 - Classificação Volume de Pedestres [1]

Iluminância Média Mínima (Eméd.min): O valor médio mínimo da iluminância é obtido pelo cálculo da média aritmética das leituras efetuadas em plano horizontal, ao nível do piso.

4.6 CLASSIFICAÇÕES DAS VIAS PÚBLICAS

Classe A:

Vias rurais: “Vias mais conhecidas como estradas de rodagem e que nem sempre apresentam, exclusivamente, tráfego motorizado”. [1]

Vias arteriais (A1): Aquela caracterizada por “vias exclusivas para tráfego motorizado, que se caracterizam por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existem o ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local. “ [1]

Vias Coletoras (A2): Também são vias exclusivas para tráfego motorizado, “que se caracterizam por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais.” [1]

Vias locais (A3): “Vias que permitem acesso às propriedades rurais, com grande acesso e pequeno volume de tráfego.” [1]

Classe B:

Vias de ligação: “Ligações de centros urbanos e suburbanos, porém não pertencentes à classe das vias rurais. Geralmente, só têm importância para tráfego local”. [1]

Classe C:

Vias Urbanas: Vias situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão.

Vias principais (C1): “Avenidas e ruas asfaltadas ou calçadas, onde há predominância de construções comerciais, assim como trânsito de pedestres e de veículos”. [1]

Vias normais (C2): “Avenidas e ruas asfaltadas ou calçadas, onde há predominância de construções residenciais, trânsito de veículos (não tão intenso) e trânsito de pedestres”. [1]

Vias secundárias (C3): “Avenidas e ruas com ou sem calçamento, onde há construções, e o trânsito de veículos e pedestres não é intenso”. [1]

Vias Irregulares (C4): São aquelas vias criadas pelos moradores sem um planejamento prévio por parte das autoridades competentes. Dão o acesso a pedestres em maior escala quando comparado ao tráfego de veículos.

Classe D:

Vias Especiais: “Acessos e/ou vias exclusivas de pedestres a jardins, praças, calçadas, etc”. [1]

Níveis mínimos de iluminamento (conforme NBR 5101)

Tipo da via	Classificação do		Iluminância média mínima (Emed.min)	Fator de uniformidade de iluminância mínimo
	Veículo	Pedestre		
Arteriais (A1)	Qualquer		20	0,50
Coletoras (A2)	Qualquer		20	0,30
Locais (A3)	L	L	2	0,20
		M	5	
		I	10	
	M	L	5	
		M	10	
		I	14	
Ligação (B)	L	L	2	0,20
		M	5	
		I	10	
	M	L	5	
		M	10	
		I	14	
	I	L	10	0,25
		M	14	
		I	17	
Principais (C1)	L	L	2	0,20
		M	5	
		I	10	
	M	L	5	
		M	8	
		I	12	
	I	L	10	0,25
		M	12	
		I	16	
Normais (C2)	L	L	2	0,20
		M	5	
		I	8	
	M	L	5	
		M	8	
		I	10	
Secundárias (C3)	L	L	2	0,25
		M	4	
	M	L	2	0,20
		M	5	
Irregulares (C4)	Qualquer		2	-
Especiais (D)	Qualquer		10	0,20

Quadro 9 - Níveis Mínimos de Iluminamento [1]

4.7 ESTUDOS DE CASO

Os estudos de casos a seguir utilizam o software DIALux, baixado gratuitamente do site que se encontra na bibliografia [33]. O DIALux é um software destinado ao cálculo de iluminação, desde os cálculos mais simples até os mais avançados. O software apresenta visualização 3D fotográfica realística do ambiente, com a possibilidade de criação de filmes para apresentação do trabalho. Importa e exporta arquivos DXF e DWG de softwares CAD disponíveis no mercado. Está baseado nas normas e padrões internacionais mais recentes.

Considerando uma rua com 5m de largura, 2m de calçada (ambos os lados) e espaçamento entre postes de 30m. Calcular via software DIALux o Emax, Emed, Emin e o fator de uniformidade para uma luminária que utiliza lâmpada VSAP de 70W.

Dados complementares:

- Altura do poste: 9m
- Braço: 3m
- Ângulo da luminária: 5°
- Fluxo luminária: 4800 lm
- Fluxo lâmpada: 6000 lm

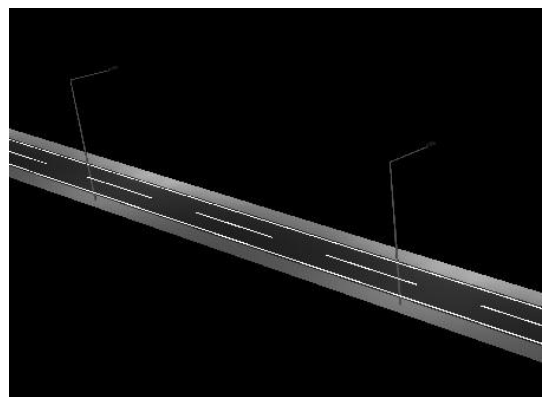


Figura 27 – Estudo de Caso 1

O resultado na figura 28, onde são representados diagramas de iluminâncias de duas formas diferentes:

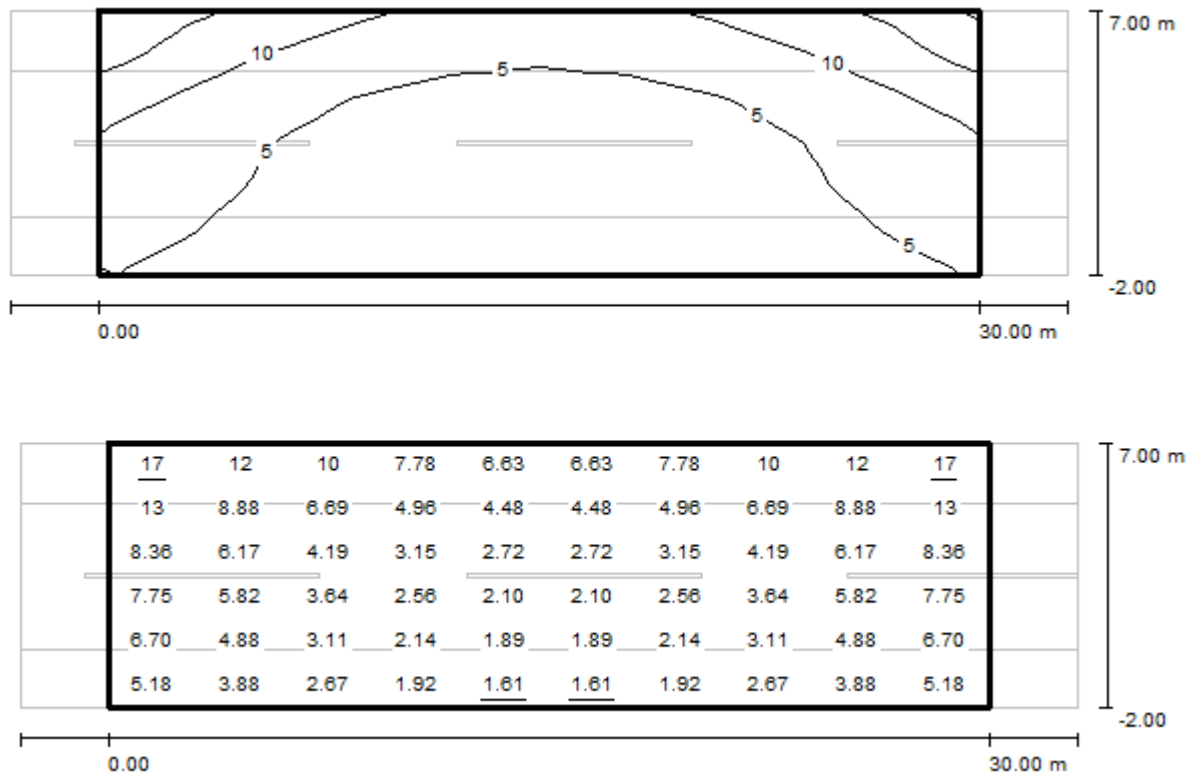


Figura 28 – Simulação do Caso 1

Análise dos resultados:

De acordo com o resultado obtido no DIALux , o Emin obtido foi de 1,61 lux e o Emed foi de 5,75 lux e Emax foi de 17 lux. Logo, o fator de uniformidade foi de 0,31. A razão mínima entre iluminâncias de pontos adjacentes deveria ser feito considerando uma distância máxima de 1,5m; logo essa análise fica prejudicada, pois a distância entre eles é maior.

Caso 2:

Considerando uma rua com faixa dupla e cada faixa 5m de largura, 2m de calçada (ambos os lados), 1m entre faixas, espaçamento entre postes de 30m dos dois lados da faixa, conforme figura 28. Calcular via software DIALux o Emax, Emed, Emin e o fator de uniformidade para uma luminária que utiliza lâmpada VSAP de 250W.

- Dados complementares:

- Altura do poste: 9m
- Braço: 3m
- Ângulo da luminária: 5°
- Fluxo luminária: 8382 lm
- Fluxo lâmpada: 12700 lm

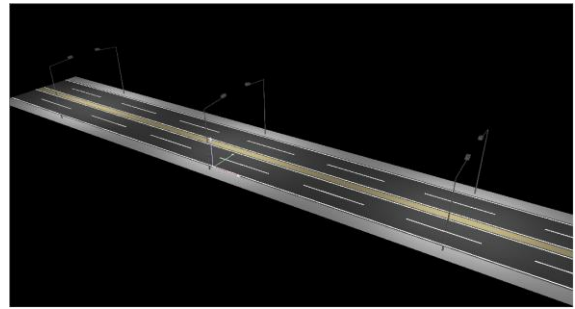
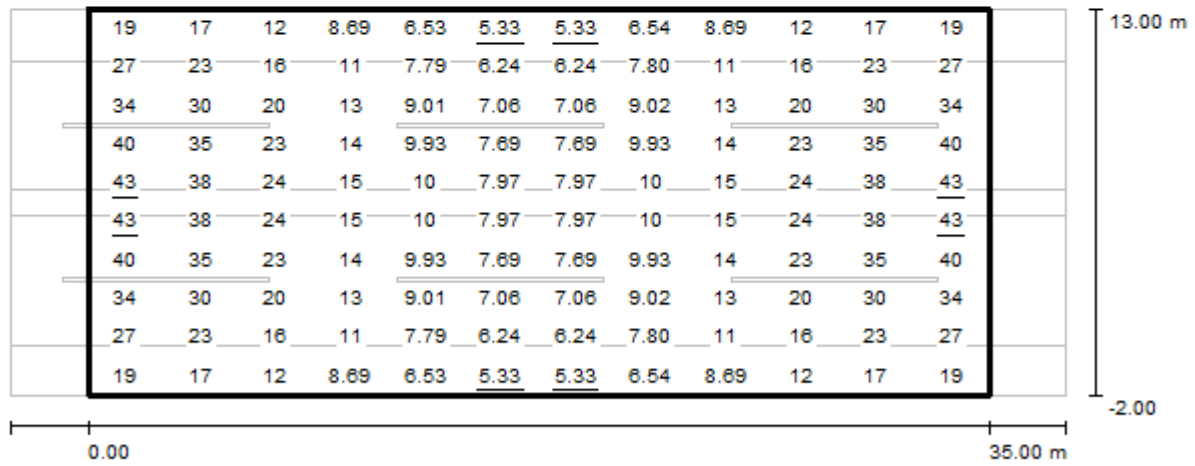
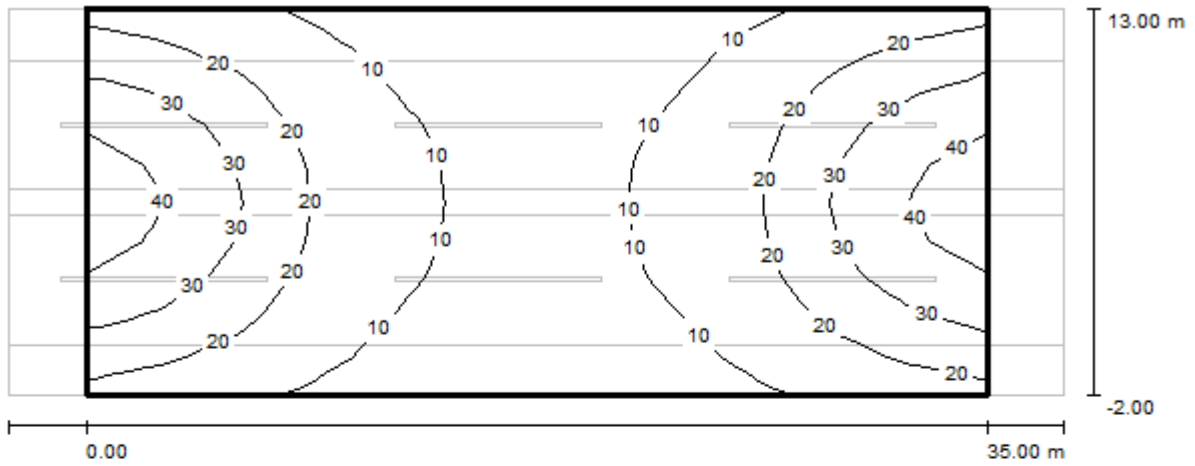


Figura 29 – Estudo de Caso 2

O resultado na figura 30, onde são representados diagramas de iluminâncias de duas formas diferentes:



Grid: 12 x 10 Points

Figura 30 – Simulação do Caso 2

De acordo com o resultado obtido no DIALux , o Emin obtido foi de 5,33 lux e o Emed foi de 18 lux e Emax foi de 43 lux. Logo, o fator de uniformidade foi de 0,296. A razão mínima entre iluminâncias de pontos adjacentes deveria ser feito considerando uma distância máxima de 1,5m; mais uma vez essa análise fica prejudicada, pois a distância entre eles é maior.

Caso 3:

Considerando uma rua com faixa dupla e cada faixa 9m de largura, 2m de calçada (ambos os lados), 1m entre faixas, espaçamento entre postes de 35m dos dois lados da faixa, conforme figura 30. Calcular via software DIALux o Emax, Emed, Emin e o fator de uniformidade para uma luminária que utiliza lâmpada VSAP de 400W.

- Dados complementares:
- Altura do poste: 10m
- Braço: 3m
- Ângulo da luminária: 5°
- Fluxo luminária: 39839 lm
- Fluxo lâmpada: 48000 lm

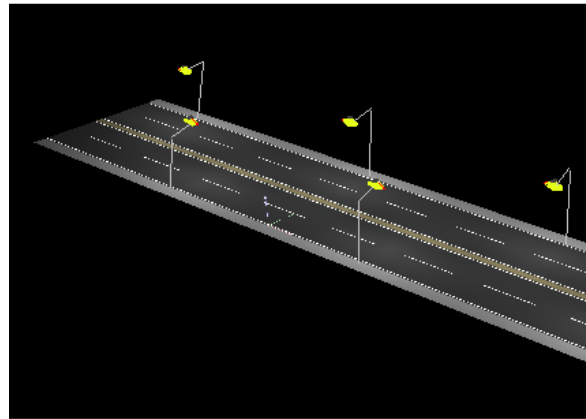
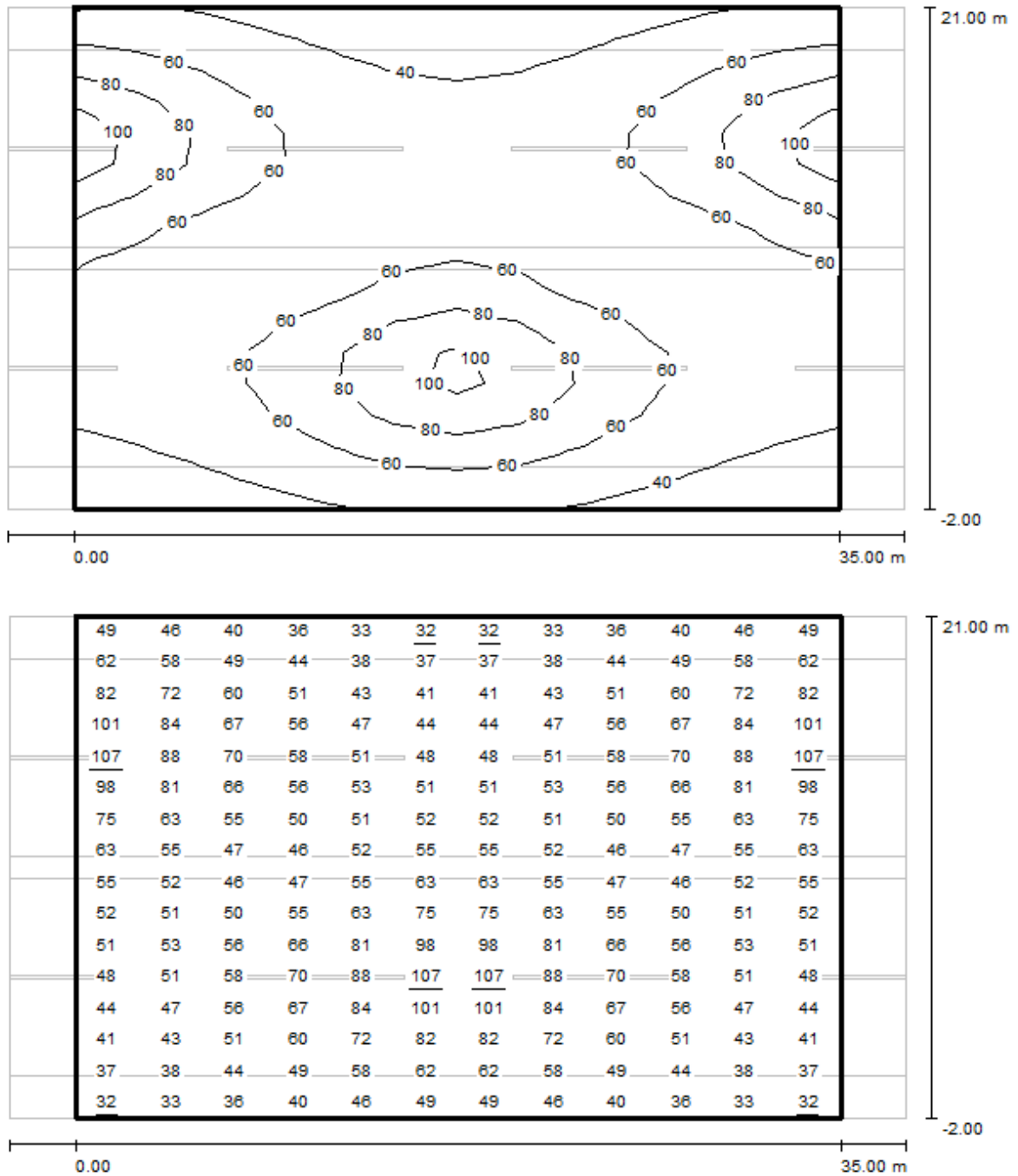


Figura 31 – Estudo de Caso 3

O resultado na figura 32, onde são representados diagramas de iluminâncias de duas formas diferentes:



Grid: 12 x 16 Points

Figura 32 – Simulação do Caso 3

De acordo com o resultado obtido no DIALux , o Emin obtido foi de 32 lux e o Emed foi de 58 lux e Emax foi de 107 lux. Logo, o fator de uniformidade foi de 0,55. A razão

mínima entre iluminâncias de pontos adjacentes deveria ser feito considerando uma distância máxima de 1,5m; mais uma vez essa análise fica prejudicada, pois a distância entre eles é maior. O projeto ideal deve utilizar uma malha para verificação detalhada usada para medições ou cálculo de iluminância, em procedimento que exija detalhamento, de acordo com a figura 33, onde:

S = espaçamento entre luminárias;

d = espaçamento longitudinal entre pontos de medição (ou cálculo);

n = número de pontos transversais.

Para a distância entre luminárias S inferior ou igual a 50 m, n é igual a 10, e para S superior a 50 m, n deve ser o maior inteiro dado por $d \leq 5$, ($d = (S/n)$), que é, neste caso, a distância limite entre filas transversais.

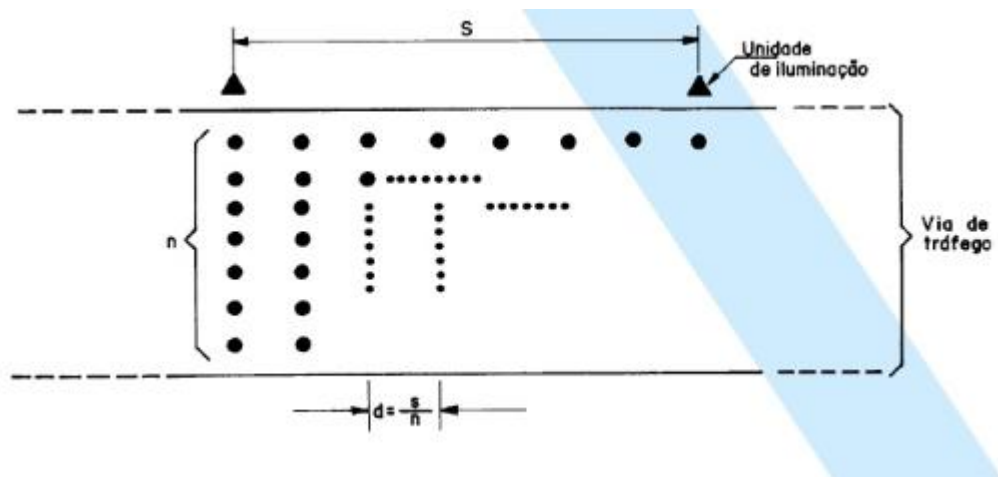


Figura 33 - Malha para Verificação Detalhada [1]

4.8 CONCLUSÕES DOS ESTUDOS DE CASO

No primeiro caso pode-se verificar que o Emed foi de apenas 5,75; logo lâmpadas de 70W não devem ser utilizadas em nenhuma via com trânsito intenso nem de carro, nem de pedestre. Para este caso o fator de uniformidade não foi decisivo.

No segundo caso, analisando o quadro 9, pode-se concluir que para vias arteriais e coletoras, tanto o Emed quanto o fator de uniformidade não atingiram o valor mínimo, para todos os outros tipos de vias o Emed e o fator de uniformidade atingiram o valor mínimo.

No terceiro caso o Emed e o fator de uniformidade atingiram o valor mínimo para todos os tipos de via. Para este arranjo, o fator de uniformidade foi consideravelmente melhor.

Para estes estudos de casos foi utilizado um software para simulação. Na prática as medições fotométricas de iluminâncias devem ser feitas em um plano horizontal, nas proximidades do pavimento das vias públicas de acordo com a malha de inspeção da figura 33.

4.9 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

O dimensionamento elétrico das instalações de iluminação pública, cuja estimativa de demanda será estabelecida como função da quantidade de luminárias, bem como pela potência ativa nominal das lâmpadas e a queda de tensão nos equipamentos auxiliares, deve ser feito utilizando os critérios da NBR5410. A seção mínima de um condutor para circuitos de iluminação é de 1,5 mm² para Cu e 16mm² para alumínio e a queda de tensão máxima é de 8%.

Os seis critérios técnicos de dimensionamento são:

- seção mínima;
- capacidade de condução de corrente;
- queda de tensão;
- proteção contra sobrecargas;
- proteção contra curtos-circuitos;
- proteção contra contatos indiretos (aplicável apenas quando se usam dispositivos a sobrecorrente na função de seccionamento automático).

4.10 MEMORIAL DESCRITIVO

Devem constar no memorial descritivo todas as informações pertinentes à obra, tais como: Objetivo e necessidade da obra, características técnicas, parâmetros de cálculo adotados, áreas beneficiadas, número de pontos de iluminação que serão instalados, juntamente com a especificação dos materiais e equipamentos utilizados.

4.11 VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO

Quando é analisado os custos de IP não se pode deixar falar da vida útil dos equipamentos. A vida útil é definida com base nos dados fornecidos pelo fabricante do equipamento. As lâmpadas de VSAP atualmente empregadas possuem uma vida útil com o dobro de tempo das lâmpadas antigas de VM, mas menor se comparado com os LEDs. No caso de IP o projeto engloba vários equipamentos com vidas úteis diferentes, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento e a sua respectiva vida útil, segundo metodologia descrita no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética.

A manutenção dos equipamentos bem como seus gastos é de suma importância para analisar os custos. No caso da falta de manutenção do ponto, os componentes podem eventualmente parar de funcionar ou funcionar indevidamente, podendo acarretar um acréscimo de consumo no ponto ou causar o seu desligamento, sem nenhuma razão aparente. Para que a cidade continue bem iluminada e o consumo controlado a manutenção deve estar sempre em dia.

5 CUSTOS DE IP

5.1 ASPECTOS GERAIS

A iluminação pública é responsável por aproximadamente 4,2% da energia elétrica total consumida no Brasil. Estima-se que no Brasil as redes de iluminação pública atendam cerca de 14,5 milhões de pontos e totaliza uma potência instalada da ordem de 2.648 MW, equivalente a um consumo anual de 11,6 bilhões kWh/ano.

Para avaliar o custo total de um sistema de IP, deve-se calcular cuidadosamente as parcelas de custos iniciais, que incluem a compra de equipamentos mais o custo de instalação e custos operacionais, mais o custo de energia elétrica. Os custos iniciais dos sistemas de iluminação dependem da mão-de-obra, do número de lâmpadas, postes, luminárias e equipamentos auxiliares. Os custos operacionais dos sistemas de iluminação dependem do custo de manutenção como a mão de obra e peças de reposição do sistema como um todo.

Segundo dados da prefeitura de Porto Alegre as obras começaram em outubro de 2009 e se estenderam até final de 2011, concluindo a “eficientização do projeto Porto Alegre + Luz, a troca das lâmpadas de vapor mercúrio por outras a vapor de sódio, nos 80,5 mil pontos de iluminação da cidade cadastrados até o momento. A economia mínima prevista é de 30%. Os novos equipamentos também oferecem o dobro de eficiência. Com ações complementares à substituição da iluminação, o Porto Alegre + Luz representa um investimento total de R\$ 33.499.446,00”, apresentado no quadro 10.

Ações	Investimentos (R\$)
Troca de postes danificados I fase	1.203.000,00
Troca de postes danificados II fase	998.363,44
Manutenção da Iluminação	2.616.000,00
Praças I fase	1.147.549,71
Praças II fase	999.914, 85
Iluminação destaque	400.000,00
Projetos para demais áreas	500.000,00
Mão de Obra	3.035.655,00
Materiais para Eficientização	22.598.965,00
Financiamento Eletrobrás	19.225.000,00
Recursos da prefeitura	14.274.446,00

Quadro 10 - Investimentos em Porto Alegre

Ainda conforme a prefeitura “A modernização do sistema de iluminação através do programa Reluz em Porto Alegre, considerado o maior Reluz do Brasil, possibilitou à prefeitura reduzir os pontos de manutenção de cerca de 9% para aproximadamente 2% do total dos 85 mil pontos cadastrados atualmente. A demanda por manutenção e serviços é de cerca de 2 mil por mês, enquanto que em 2010, com 50% do programa por executar, eram efetuados de 6 a 7 mil consertos mensais em iluminação pública. Os dados são do recente levantamento da Divisão de Iluminação Pública (DIP) da Secretaria Municipal de Obras e Viação (Smov), com a conclusão do programa no final do ano passado, quando todo o parque de iluminação foi renovado”.

5.2 CÁLCULO ECONÔMICO DE CONDUTORES

Os cabos elétricos dissipam na forma de calor, uma parte da energia que transportam da fonte até a carga. Essa dissipação de energia ocorre ao longo de toda a vida do cabo. O procedimento geralmente usado para a seleção de uma seção de cabo conduz à mínima área de seção transversal admissível. Ele não leva em conta o custo das perdas que acontecerão durante a vida do cabo, representando um ônus financeiro apreciável, dependendo das características da instalação.

É possível reduzir a perda de energia aumentando-se a seção do condutor. Mas como um cabo de maior seção tem também um custo maior é necessário encontrar uma solução que leve em conta esses dois custos. A seção mais econômica do condutor é obtida quando a soma dos custos futuros das perdas de energia e os custos iniciais de compra e instalação forem minimizados.

Os métodos de referência que determinam a seção econômica de um condutor para um dado circuito constam da publicação IEC 60287-3-2 – *Electric cables – Calculation of the current rating - Part 3: Sections on operating conditions – Section 2: Economic optimization of power cable size* [29]. A IEC 60287-3-2 apresenta duas alternativas de dimensionamento econômico: o método completo e o método simplificado. Neste trabalho foi utilizado o método simplificado, considerando uma carga fixa, pois ele atende com aproximação suficiente, para o caso de IP.

Para começar deve-se calcular o valor de R sendo levada em conta a temperatura de operação. Admitindo que R é constante. Tem-se:

$$R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)]}{S} \cdot 10^6 \quad [\Omega/\text{m}] \quad (1)$$

$$\theta_m = (\theta - \theta_a)/3 + \theta_a \quad [^\circ\text{C}] \quad (2)$$

Onde:

ρ_{20} é a resistividade a 20°C [Ω /m];

α_{20} é o coeficiente de temperatura da resistividade para um dado material de condutor a 20°C [K^{-1}];

S é a área da seção transversal do cabo condutor [mm^2];

θ_m é a temperatura média do condutor [$^{\circ}C$];

θ é a temperatura máxima nominal do condutor para o tipo de cabo considerado [$^{\circ}C$];

θ_a é a temperatura ambiente média [$^{\circ}C$].

Os valores de ρ_{20} e α_{20} para Cu recomendados na publicação IEC 60287-3-2 são, respectivamente: $18,35 \times 10^{-9} \Omega$ /m e $0,0069 K^{-1}$.

Cálculo do custo total:

O custo total de instalar e operar um cabo durante sua vida econômica, expresso em valores presentes, que é a data de compra da instalação, é calculado conforme as equações abaixo:

$$CT = CI + CJ \text{ (R\$)} \quad (3)$$

Onde,

CT é o custo total [R\$];

CI é o custo inicial de um comprimento de cabo instalado [R\$];

CJ é o custo equivalente na data em que a instalação foi adquirida, ou seja, o valor presente, das perdas joule durante a vida econômica de N anos [R\$].

Cálculo do custo inicial:

Um modelo de função linear pode ser ajustado para os valores do custo inicial para o tipo de cabo e instalação em questão, então:

$$CI(S) = l.(A.S + C) \text{ [R\$]} \quad (4)$$

$$A = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{P2 - P1}{S2 - S1} \right) [\text{R\$/m.mm}^2] \quad (5)$$

Onde:

C é a componente constante do custo, não afetada pela seção do condutor, [R\$/m];

l é o comprimento do cabo [m];

S é a seção do condutor [mm²];

A é a componente variável do custo, relacionada à seção do condutor [R\$/m.mm²];

$P1$ é o preço do cabo de seção índice (x-1) [R\$];

$P2$ é o preço do cabo de seção (x) [R\$];

$S1$ é a seção do condutor índice (x-1) [mm²];

$S2$ é a seção do condutor índice (x) [mm²].

Cálculo do custo de valor presente:

$$CJ = I^2 \max .R.I.F \quad [\text{R\$}] \quad (6)$$

$$F = N_p . N_c . (T . P + D) . \frac{Q}{(1 + i/100)} \quad (7)$$

$$Q = \frac{1 - r^N}{1 - r} \quad (8)$$

$$r = \frac{(1 + a/100)^2 . (1 + b/100)}{(1 + i/100)} \quad (9)$$

Onde:

N_p é o número de condutores por fase no circuito;

N_c é o número de circuitos com o mesmo tipo e valor de carga;

T é o tempo de operação com perda Joule máxima [h/ano];

P é o custo de um watt-hora para a carga definida [cu/W.h];

D é a variação anual da demanda [cu/W.ano];

Q é a quantidade auxiliar;

r é quantidade auxiliar;

F é quantidade auxiliar;

N é período coberto pelo cálculo financeiro [anos];

a é o aumento anual da carga [%];

b é o aumento anual do custo de energia [%];

i é taxa de capitalização sem incluir efeitos inflacionários [%].

Então, a seção ótima S_{ec} (mm^2) pode ser obtida:

$$S_{ec} = 1000 \cdot \left[\frac{I_{\max}^2 \cdot F \cdot \rho_{20} \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta_m - 20)]}{A} \right]^{0,5} [\text{mm}^2] \quad (10)$$

E o custo Total:

$$CT(S) = l \cdot (A \cdot S + C + I^2 \max \cdot R \cdot F) [\text{R\$}] \quad (11)$$

É improvável que S_{ec} seja precisamente igual a uma seção nominal padronizada e assim o custo deverá ser calculados para as seções nominais padronizadas maiores e menores adjacentes e escolhida a mais econômica.

5.3 ESTUDO DE CASO

Considerando um trecho da FreeWay, aplicar o método de dimensionamento econômico de condutores para a alimentação que chega ao comando que esta localizado no poste central de um arranjo de 9 postes de iluminação. Foi arbitrado que o comando é alimentado por um transformador de distribuição (de média - 13k8V para baixa tensão - 127V) e este poste com transformador situa-se a 100m do comando. O trecho em questão localiza-se em frente à nova Arena do Grêmio. Possui 1600W por poste (4x 400W). O circuito elétrico é subterrâneo. As luminárias utilizam lâmpadas VSAP com vida mediana de

32000 horas. O fator de potência considerado será de 0,92. O tempo de funcionamento será de 360 horas mensais (mesmo tempo utilizado para cobrança). As perdas no reator são de 46W. O material escolhido para o condutor foi o cobre de Cu com isolação PVC, temperatura de referência no solo de 20°C e no condutor de 70°C. Calcular para o tempo de 7,4 anos e para 20 anos. O preço para o cabo de Cu, foi determinado pela média de três fabricantes de cabos, para cabo Cu 16mm² e para cabo Cu 25mm², os demais preços foram obtidos utilizando a fórmula (5), de modo que o A será constante. Esta abordagem faz com que o preço do cabo seja determinado pela quantidade de Cu presente, acrescido de um custo inicial. Considerar a corrente inicial 40% maior.

Demais dados:

Aumento anual da carga: 0%

Aumento anual do custo de energia: 3%

Taxa de capitalização: 6%

Número de condutores por fase do circuito: 3

Número de circuitos do mesmo tipo: 1

Preço para cabo Cu 16mm²: 6,80 R\$/m

Preço para cabo Cu 25mm²: 10,85 R\$/m

Preço para cabo Cu 35mm²: 15,35 R\$/m

Preço para cabo Cu 50mm²: 22,10 R\$

Preço para cabo Cu 70mm²: 31,10 R\$

Custo da instalação por metro: 6,00 R\$/m

Tempo de operação: 4320 h/ano

Custo de 1 MWh para IP: 176,72 R\$/MWh

Variação anual da demanda: 0

Solução de Engenharia:

A corrente do circuito foi de 45,8 A. Considerando que a corrente inicial é aproximadamente 40% maior, a corrente máxima é de 64,12A. Consultando a NBR 5410, mais precisamente tabela 36, para o número de condutores igual a 3 e método de referência D (cabos enterrados), chegou-se ao cabo de 16 mm², que suporta uma corrente de até 67A. A queda de tensão para o cabo e o trecho considerado foi de 4,26%. Levando em conta que o máximo de queda de tensão é 8%, esse valor é permitido.

Determinação do valor de θ_m :

De acordo com as características do cabo:

$$\theta_a = 20^\circ\text{C};$$

$$\theta_b = 70^\circ\text{C};$$

Substituindo em (2), acha-se:

$$\theta_m = 36,6^\circ\text{C}$$

Determinação da variável auxiliar r :

De acordo com o enunciado, tem-se:

$$a=0;$$

$$b=3;$$

$$i=6;$$

Substituindo em (9), acha-se:

$$r = 0,97$$

Determinação da variável auxiliar Q :

De acordo com o enunciado deve-se calcular para 7,4 e 20 anos, através de (8) achasse:

$$\text{Para } 7,4 \text{ anos: } Q=6,76$$

$$\text{Para } 20 \text{ anos: } Q=15,43$$

Determinação da variável auxiliar F:

De acordo com o enunciado, tem-se:

$$N_p=3;$$

$$N_c=1;$$

$$T= 4320 \text{ h/ano};$$

$$P= 0,00017672 \text{ R\$/Wh};$$

$$D=0;$$

Substituindo em (8), acha-se:

$$\text{Para 7,4 anos: } F= 14,60$$

$$\text{Para 20 anos: } F= 33,33$$

Determinação da variável A:

De acordo com o enunciado, tem-se:

$$\text{Preço para cabo Cu } 16\text{mm}^2: 6,80 \text{ R\$/m}$$

$$\text{Preço para cabo Cu } 25\text{mm}^2: 10,85 \text{ R\$/m}$$

Substituindo em (5), acha-se:

$$A = 0,45$$

Determinação da variável S_{ec} :

Finalmente substituindo os dados encontrados em (10), acha-se a seção ótima:

$$S_{ec} = 37,28 \text{ mm}^2 \text{ para período de 7,4 anos}$$

$$S_{ec} = 56,32 \text{ mm}^2 \text{ para período de 20 anos}$$

Calculo do custo total:

Primeiramente devem-se achar os valores da resistência elétrica dos cabos pelo comprimento, com as temperaturas de trabalho. Utilizando a equação (1), acha-se:

$$R(16\text{mm}^2) = 12,76 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{m}$$

$$R(25\text{mm}^2) = 8,16 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{m}$$

$$R(35\text{mm}^2) = 5,83 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{m}$$

$$R(50\text{mm}^2) = 4,08 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{m}$$

$$R(70\text{mm}^2) = 2,91 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{m}$$

Por fim, obtêm-se os valores dos custos para 7,4 e 20 anos, que estão apresentados na tabela 6 e 7, respectivamente:

Tabela 7 - Custos para Cálculo Econômico em 7,4 Anos

Seção (mm ²)	Custo Inicial (R\$)	Custo Perdas (R\$)	Custo Total (R\$)
16	1280	3907	5187
25	1685	2499	4184
35	2135	1785	3920
50	2810	1249	4059
70	3710	891	4601

Tabela 8 - Custos para Cálculo Econômico em 20 Anos

Seção (mm ²)	Custo Inicial (R\$)	Custo Perdas (R\$)	Custo Total (R\$)
16	1280	8612	9892
25	1685	5507	7192
35	2135	3934	6069
50	2810	2753	5563
70	3710	1964	5674

5.4 CONCLUSÃO DO ESTUDO DE CASO

Os dados obtidos de acordo com seção ótima de 37,28 mm² para período de 7,4 anos e 56,32 mm² para período de 20 anos, foram coerentes com os resultados apresentados na tabela 6 e tabela 7. Pode-se verificar que os cabos escolhidos de menor custo seriam aqueles com a bitola que mais se aproximou com a seção ótima, para os dois casos, os cabos escolhidos deveriam ser o imediatamente inferior ao da seção ótima. Pode-se perceber que quanto mais aumentamos período do retorno do investimento, maior é a bitola do fio.

A queda de tensão calculada para o cabo de 16mm², que seria a seção mínima, foi de 4,26%. Esta queda, embora dentro do limite de 8%, pode ser considerada alta se for levado em conta que ela chega ao comando localizado no centro de carga e não no fim de rede, o que seria outra vantagem de aumentar a bitola do fio.

6 CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho pode ser verificado os principais fatores que contribuem de maneira negativa na IP. Promover a utilização de equipamentos duráveis resulta em melhoria da qualidade no processo de iluminação e devido ao caráter de controle com pouco índice de manutenção por falha de equipamento, reduz os gastos com equipes de manutenção.

Outro aspecto importante é a possibilidade da expansão do parque de IP com maior controle do consumo, equipamentos com maior rendimento que os convencionais vêm ao encontro das necessidades, visto que a capacidade de geração de energia elétrica do país não cresce na mesma proporção do aumento das cidades e conseqüentemente do aumento do consumo. Logo, sobram argumentos para se investir em projetos com maior eficiência energética. A efficientização e modernização dos sistemas de iluminação pública são ações de grande importância para a redução da carga instalada e para o combate ao desperdício de energia elétrica.

Ficou evidenciado que a tecnologia LED permite obter uma maior eficiência energética (em média 150 lm/W), possuem duração média de cerca de 60.000 horas e o período de manutenção poder chegar aos 12 anos, aliado à vantagem de não necessitar de reatores eletromagnéticos, utilizam fontes de corrente que são mais eficientes. Outro aspecto que pode reduzir o consumo significativamente é a diminuição do período de funcionamento de certas lâmpadas em locais onde o fluxo de pedestres é ocioso. Isso pode ser implementado com a tecnologia LED, mas não é possível de ser implementado utilizando lâmpadas VSAP e VMET devido ao caráter de partida.

Pode se concluir também que o dimensionamento dos condutores influencia de maneira significativa na qualidade do sistema e na redução de custos, a médio e longo prazo, evidenciados no estudo de caso de dimensionamento econômico de condutores.

Com relação à segurança e embelezamento urbano evidenciou-se que a IP é fundamental por promover a visibilidade da cidade, o que resulta em locais públicos mais seguros, atraindo comércio e investimentos. Aumento do fluxo luminoso nas vias públicas traz maior visibilidade, sensação de segurança e melhoria na qualidade de vida.

Por fim, cabe ressaltar que os sistemas de iluminação são grandes consumidores de energia elétrica em diversos locais, não só em IP, logo a realização deste trabalho contribui para redução de gastos com energia e serviu como aprendizado de técnicas e tecnologias disponíveis em iluminação, adicionando conhecimentos de instalações elétricas, contribuindo para minha formação de engenheiro eletricista.

7 BIBLIOGRAFIA

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101** – Iluminação Pública. 1992.
- [2] LIMA, CARLOS AUGUSTO FERREIRA; DA SILVA, EDUARDO BENÍCIO; MUNIZ, LUCIANO MOTA. **Luminotécnica: Matemática E Iluminação, Fatores De Excelência Na Aprendizagem**, – Imperatriz, 2009.
- [3] MENDONÇA, ÁLVARO RENATO; TYRIAKI, GISELE FERREIRA. **Eficiência Energética Em Sistemas De Iluminação Pública**.
- [4] SANTOS, CRISTIANA RAQUEL ARAGÃO. **Iluminação Pública E Sustentabilidade Energética**. Dissertação Realizada No Âmbito Do Mestrado Julho de 2011.
- [5] NOVICKI, JACKSON MERISE; MARTINEZ, RODRIGO. **Leds Para Iluminação Pública**. Curitiba – Paraná – Brasil.
- [6] PHILIPS- **Guia De Iluminação 2005**
- [7] SALES, ROBERTO PEREIRA **Led, O Novo Paradigma Da Iluminação Pública**. Curitiba 2011.
- [8] A. S. ANDRÉ, **Sistema Eletrônico Para Lâmpadas De Vapor De Sódio De Alta Pressão**. Tese De Doutorado, Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2004.
- [9] **Materiais Empregados Na Iluminação Pública De Porto Alegre**
Disponível Em:
http://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/434_ce_32870_1.pdf Acesso em 07/05/ 2012
- [10] MANZIONE, SERGIO. **Modernização E Eficientização Dos Sistemas De Iluminação Pública Municipais : O Caso Da Bahia**. Itajubá, Minas Gerais, 2004.

- [11] FRÓES DA SILVA, LOURENÇO LUSTOSA. **Iluminação Pública No Brasil: Aspectos Energéticos E Institucionais.** [Rio De Janeiro] 2006.
- [12] CAYE, ALYSSON. **Eficientização De Projetos Luminotécnicos Em Ambientes De Escola Pública.** Projeto De Diplomação, Porto Alegre, 2010.
- [13] BOYCE , P. R. **Lighting For Driving Roads, Vehicles, Signs, And Signals: Taylor & Francis Group, Llc,** 2009.
- [14] JUNIOR, CHRISTÓVÃO CÉSAR DA VEIGA PESSOA. **Manual De Iluminação Pública.** Superintendência De Engenharia De Distribuição Fevereiro de 2012
- [15] IVAN LEAL DE ALMEIDA. **Norma Técnica Celg Critérios De Projetos De Iluminação Pública.** Novembro De 2006.
- [16] http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smov/default.php?p_secao=122
Acesso em 15/06/2012.
- [17] DE CASTRO, NIVALDE J.; DANTAS, GUILHERME; MARTELO, ERNESTO; MAZZONE, ANTONELLA **Eficiência Energética Na Iluminação Pública e o Plano Nacional De Eficiência Energética.** Rio De Janeiro, Novembro de 2011
- [18]http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed39_fasciculo_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil.pdf
Acesso em 12/06/2012.
- [19] https://www.target.com.br/portal_new/home.aspx?pp=27&c=2641
Acesso Em 12/06/2012.
- [20] RODRIGUES, CLÁUDIO ROBERTO BARBOSA SIMÕES. **Reator Eletrônico Ressonante Orientado Ao Teste Dimerizado De Lâmpadas De Vapor De Mercúrio E Vapor De Sódio Em Alta Pressão.** Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Juiz De Fora, 2009.

- [21] SALES, ROBERTO PEREIRA. **Led, O Novo Paradigma Da Iluminação Pública Curitiba**, 2011.
- [22] RODRIGUES , CLÁUDIO R. B. S.; ALMEIDA, PEDRO S. / SOARES, GUILHERME M.; JORGE, JOÃO M.; PINTO, DANILO P.; BRAGA, HENRIQUE A. C.. **Um Estudo Comparativo De Sistemas De Iluminação Pública: Estado Sólido E Lâmpadas De Vapor De Sódio Em Alta Pressão**.
- [23] ROSITO, LUCIANO HAAS. **Projetos De Eficiência Energética Em Iluminação Pública** <http://www.exatron.com.br/artigos/17.pdf> Acesso em 13/06/2012
- [24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRADE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410** – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- [25] BORNE, LUCAS SILVA. **Eficiência Energética Em Instalações Elétricas**. Porto Alegre, 2010.
- [26] SANTANA, ROSA MARIA BOMFIM. **Iluminação Pública: Uma Abordagem Gerencial**. / Salvador : Unifacs, 2010.
- [27] DAMATO, JULIO CARLOS. **Conservação De Energia Em Sistemas De Iluminação Pública E Os Seus Efeitos Na Rede Elétrica De Distribuição**. Guaratinguetá, 2005
- [28] Osram Portugal. Disponível em http://www.osram.pt/osram_pt/index.html. Acesso em 15/06/2012.
- [29] International Standard .**IEC 60287-3-2:1995**. Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3-2:Sections on operating conditions – Economic optimization of power cable size. Genebra, Suíça, 1995. 15 p. Disponível em <www.iec.ch>. Acesso em 18/06/2012.
- [30]<http://www.ecat.lighting.philips.com.br/l/lampadas/descarga-de-alta-intensidade/son-sodio-de-alta-pressao/son-t/42397/cat/>. Acesso em 15/06/2012.

[31] <http://www.ipaq.org.br/vb/showthread.php?62075-IRC-e-temperatura-de-cor>. Acesso em 04//07/2012.

[32] ALMEIDA, J. G. P. **Uso da tecnologia de estado sólido (LEDs) na iluminação pública**. Cemig, 2005. Segundo seminário de eficiência energética na iluminação pública, RJ.

[33] <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download/portugues.html>

Acesso em 05/07/2012.

[34] LOURENÇO, DANIEL RIBAU. **Sistemas de Iluminação Pública com gestão Inteligente de Consumo**. Universidade de Aveiro, 2010.

[35] **EnergiaViva**. <http://www.energiaviva.pt/produtos.php>. Acesso em 05/07/2012.