

RELATÓRIO DE ENGENHARIA

Relatório de Engenharia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	7
2.1	Cenário atual.....	7
2.2	Cenário de investimentos definido.....	9
3	SOLUÇÕES DE ENGENHARIA.....	10
3.1	Projeto de engenharia para modernização e eficiência das tecnologias de iluminação.....	10
3.1.1	Aspectos técnicos balizadores para elaboração dos projetos.....	10
3.1.2	Projetos de iluminação pública para vias de veículos e de pedestres.....	15
3.1.3	Projetos de iluminação pública para ciclovias e ciclofaixas.....	52
3.1.4	Projetos de iluminação pública para praças e parques.....	54
3.1.5	Projetos de iluminação pública em campos de futebol.....	59
3.1.6	Projetos de iluminação para túneis e níveis inferiores.....	59
3.2	Substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica do município.....	60
3.2.1	Quantitativo da iluminação histórica do município.....	61
3.2.2	Caracterização e especificações técnicas da iluminação histórica do município.....	63
3.2.3	Quantitativo dos postes, outras estruturas de suporte e globos da iluminação histórica do município a serem substituídos, restaurados e mantidos.....	70
3.2.4	Modernização das lâmpadas da iluminação histórica do município.....	71
3.2.5	Diretrizes para execução dos serviços de substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica do município.....	72
3.3	Resumo da modernização e eficiência das tecnologias de iluminação.....	75
3.4	Projeto de engenharia para o centro de controle operacional.....	77
3.4.1	Infraestrutura civil e mobiliário.....	78
3.4.2	Infraestrutura de operações (TI), <i>data center</i> e <i>call center</i>	80
3.4.3	<i>Softwares</i> operacionais do CCO.....	87
3.4.4	Integração de sistemas.....	88
3.5	Projeto para implantação do sistema de telegestão da iluminação pública.....	89
3.5.1	Estrutura operacional do sistema de telegestão.....	89
3.5.2	Funcionalidades do sistema de telegestão.....	98

Relatório de Engenharia

3.5.3	Análise da malha de fibra óptica do município.....	100
3.5.4	Potencial ganho econômico-financeiro com a dimerização	101
3.6	Projeto de engenharia para ampliação e atendimento a demanda reprimida.....	106
4	ANEXO I – PROPOSTAS DE MODERNIZAÇÃO PARA CADA TIPOLOGIA	118
5	ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BRAÇOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA ...	119
6	ANEXO III – POSTES EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	120

Relatório de Engenharia

Lista de tabelas

Tabela 1 – Informações gerais do parque de iluminação pública de Porto Alegre.....	7
Tabela 2 – Informações gerais do cenário de investimentos definido	9
Tabela 3 – Requisitos de Iluminação por tipo de via para circulação de veículos	12
Tabela 4 – Requisitos mínimos de iluminação por tipo de via de circulação de pedestres.....	12
Tabela 5 – Requisitos de Iluminação por classe de via para ciclovias.....	13
Tabela 6 – Tipologia de montagem dos logradouros inspecionados para vias de veículos.....	18
Tabela 7 – Especificações técnicas das luminárias LED por fornecedor	21
Tabela 8 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L1	24
Tabela 9 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L2	27
Tabela 10 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L3	31
Tabela 11 – Classes de iluminação para cada tipo de via (Fonte: ABNT NBR 5101)	35
Tabela 12 – Tipologias características para vias de pedestres.....	36
Tabela 13 – Logradouros com necessidade de adequação estrutural para cada solução de fornecedor de luminárias de iluminação pública	39
Tabela 14 – Resultados consolidados de alteração estrutural por fornecedor para a amostra	40
Tabela 15 – Relação entre as tecnologias aferidas pela amostra e a perda no reator	41
Tabela 16 – Resultados da modernização da amostra para tecnologia LED.....	41
Tabela 17 – Resultados da modernização da amostra para tecnologia LED por meio de associação dos três fornecedores	42
Tabela 18 – Tipologias típicas escolhidas para criação de plantas esquemáticas para vias de veículos.....	42
Tabela 19 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Avenida Assis Brasil (V1)	43
Tabela 20 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Estrada Costa Gama (V2)	43
Tabela 21 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Garibaldi (V3) ..	44
Tabela 22 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Tomas Flores (V4)	45

Relatório de Engenharia

Tabela 23 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Ariovaldo Pinheiro (V5)	46
Tabela 24 – Percentual representativo das classes de iluminação para as luminárias inspecionadas	48
Tabela 25 – Eficiência Energética da Correlação entre Amostra e Inventário	49
Tabela 26 – Adequação de braços para o Fornecedor L1	49
Tabela 27 – Adequação de braços para o Fornecedor L2	50
Tabela 28 – Adequação de braços para o Fornecedor L3	50
Tabela 29 – Modernização dos pontos de iluminação pública em ciclovias e ciclofaixas	53
Tabela 30 – Quantitativo de pontos de iluminação pública instalados em praças parque por tecnologia, potência e uso final.....	55
Tabela 31 – Modernização para os pontos instalados em praças e parques	56
Tabela 32 – Modernização para os pontos instalados em campos de futebol.....	59
Tabela 33 – Quantitativo da iluminação histórica do município.....	62
Tabela 34 – Quantitativo dos serviços a serem realizados nas estruturas da iluminação histórica	70
Tabela 35 – Modernização dos pontos de Iluminação Histórica do Município	71
Tabela 36 – Tabela Resumo de efficientização para cada uso final de iluminação pública	75
Tabela 37 – Efficientização média do parque municipal de iluminação pública para cada fornecedor.....	76
Tabela 38 – Efficientização média para cada classe de iluminação para vias de veículos	76
Tabela 39 – Composição do sistema de visualização	81
Tabela 40 – Composição do painel para sala de reuniões	81
Tabela 41 – Especificação básica do servidor do conteúdo	82
Tabela 42 – Especificação básica do servidor <i>storage</i>	83
Tabela 43 – Especificação básica do <i>access point</i>	84
Tabela 44 – Especificação básica do firewall.....	85
Tabela 45 – Correlação entre classificação de iluminação e classe viária (Fonte: NBR 5101)	102
Tabela 46 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L1	103
Tabela 47 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L2	104

Relatório de Engenharia

Tabela 48 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L3	104
Tabela 49 – Redução média de fluxo luminoso por fornecedor por meio de dimerização ...	105
Tabela 50 – Resultado da redução de consumo energético para as vias com telegestão por meio da dimerização para todo o parque de IP	106
Tabela 51 – Estruturas dos pontos de atendimento a demanda reprimida	109
Tabela 52 – Correlação entre padrão da luminária, classe de iluminação e potência sugerida	111
Tabela 53 – Estruturas dos pontos de ampliação	111

Relatório de Engenharia

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório de engenharia busca detalhar as premissas técnicas determinadas na 1ª fase do projeto e consolidar tecnicamente as propostas técnicas para a PPP de iluminação pública do município de Porto Alegre – RS. Os projetos aqui abordados apresentam conjuntos de elementos necessários e suficientes para caracterização das obras e/ou serviços, além da definição de custos e investimentos necessários para concepção do modelo econômico-financeiro do projeto.

Os projetos de engenharia devem ter nível conceitual e seguir as recomendações das normas brasileiras aplicáveis a cada área do projeto bem como estarem adequados à legislação vigente, garantindo o atendimento aos requisitos legais necessários para a licitação do projeto e atendimento às normas técnicas brasileiras. Os projetos contemplados neste presente relatório correspondem a:

- Projeto de iluminação pública para vias de veículos e de pedestres a partir da tecnologia LED em 100% dos pontos de iluminação pública destinados à iluminação viária e pedonal;
- Projeto de iluminação pública para ciclovias e ciclofaixas a partir da tecnologia LED;
- Projeto de iluminação pública para praças e parques a partir da tecnologia LED;
- Projeto para restauração e substituição de postes históricos do município;
- Projeto de engenharia para o centro de controle operacional (CCO);
- Projeto para implantação do sistema de telegestão para os pontos de iluminação pública instalados em vias V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos;
- Projeto de engenharia para ampliação e atendimento à demanda reprimida.

Relatório de Engenharia

2 APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS

2.1 Cenário atual

São apresentadas as informações gerais do município de Porto Alegre relevantes aos estudos técnicos presentes neste relatório¹ na tabela a seguir.

Tabela 1 – Informações gerais do parque de iluminação pública de Porto Alegre

Informações gerais – Parque de iluminação pública do município de Porto Alegre				
Parque Municipal de Iluminação Pública de Porto Alegre	Quantitativos de Pontos de Iluminação Pública (IP)	101.487		
	Tecnologia por ponto	Vapor de sódio	82,29%	83.515
		Vapor metálico	11,74%	11.915
		LED	5,74%	5.830
		Fluorescente	0,22%	227
	Distribuição dos pontos de iluminação pública por uso final Pontos de IP	Iluminação Viária (IV)	83,88%	85.123
		Iluminação para Praças e Parques (IPP)	11,42%	11.592
		Iluminação para Campos de Futebol (ICF)	0,57%	582
		Iluminação para Ciclovias e Ciclofaixas (IC)	0,26%	263
		Iluminação Histórica (IH)	0,57%	583
		Iluminação de Destaque Existente (IDE)	3,30%	3.344
	Estrutura destinada à iluminação pública	Rede aérea (pontos)	74,01%	75111
		Rede subterrânea (pontos)	25,99%	26.376
		Subestações		6
		Transformadores		9
Número de postes	IV - Trânsito rápido	0,27%	246	

¹ Algumas informações podem divergir das apresentadas no “Diagnóstico técnico da rede de iluminação pública” e no “Relatório de Engenharia Preliminar” uma vez que essas foram reavaliadas pela Divisão de Iluminação Pública (DIP) em fase posterior a finalização desses relatórios. Entretanto, todas as informações divergentes ao “Diagnóstico técnico da rede de iluminação pública” e ao “Relatório de Engenharia Preliminar” estão contextualizadas em notas de rodapé ou ao longo do texto.

Relatório de Engenharia

		IV - Arterial	15,64%	9.956
		IV - Coletora	26,82%	22.238
		IV - Local	49,76%	45.797
		IPP	6,06%	5.581
		IC	0,29%	263
		IDE ²	0,73%	674
		IH (postes)	0,43%	393
		Total	100%	84.788
		IH (outros) ³	65	
	Solução de controle e comando	Relé fotoelétrico	100% dos pontos	
		Telemetria	174 pontos	
	Tipos de braços de postes mais encontrados ⁴	Curto (IP-B7/IP-B8)	31,89%	24.197
		Médio (IP-B2/IP-B3/IP-B5/IP-B6)	52,33%	39.715
		Longo (IP-B1/IP-B4)	15,78%	11.975
		Total	100%	76.228
Demanda reprimida	4.781 pontos			
Crescimento vegetativo	300 pontos por ano			
Ampliação anual	300 pontos por ano			
Taxa média de falha	Lâmpada	16,77%		
	Relé	17,69%		
	Reator	12,19%		
Equipes de manutenção – Divisão de Iluminação Pública (DIP)	Quantitativo	12		
	Custo	R\$ 4.710.605,47		
Consumo mensal de energia [MWh]	5.870 MWh ⁵			
Consumo anual médio por ponto	694,13 kWh			
Quantitativo Geral do Município	Pontos de IV por classificação viária	Local	53,80%	45.797
		Coletora	29,00%	24.685
		Arterial	16,91%	14.395
		Trânsito rápido	0,29%	246
		V1	11,20%	9.533

² Considerou-se o quantitativo de postes igual ao número de pontos, assumindo a diretiva de haver apenas postes com uma luminária para iluminação de destaque existente. Essa premissa não foi considerada apenas em fitas, balizadores e projetores subaquáticos LED.

³ Contemplam as estruturas do tipo archote, arandela, luminária globo e luminária tocha.

⁴ O percentual apresentado é baseado nos valores obtidos a partir do cadastro Reluz. A partir da quantidade de braços informada pela DIP, de 75.244 braços, em conjunto com a manutenção do percentual, obtiveram-se os quantitativos apresentados para cada um dos tipos de braços.

⁵ O valor corresponde ao apurado para o mês de agosto de 2018 apurado pela DIP e readequado conforme inventário disponibilizado em janeiro de 2019.

Relatório de Engenharia

	Pontos de IV por classe de Iluminação	V2	8,80%	7.490
		V3	10,20%	8.684
		V4	16,00%	13.619
		V5	53,80%	45.797
	Praças	635		
	Parques	10		
	Ciclovias	40 implantadas (47,65 km)		
		14 em implantação (8,90 km)		
		Iluminação dedicada ⁶	9,12 km	
		Iluminação compartilhada ⁶	38,53 km	

2.2 Cenário de investimentos definido

Apresentam-se, na tabela a seguir, as informações gerais do cenário de investimentos definidos pelo Relatório de Decisão de Cenários de Investimentos .

Tabela 2 – Informações gerais do cenário de investimentos definido

Cenário de modernização definido		
Prazo de concessão		20 anos
Prazo de modernização		2 anos
Tipo de tecnologia de iluminação		Solução de iluminação por tecnologia LED em 100% da rede de iluminação
Telegestão		Solução de controle e comando em todos os pontos classificados como V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos
Telegestão IP destaque		SIM
Modernização 1º ciclo		100% dos pontos de IP
Centro de controle e comando (CCO)		Instalação de CCO para controle de todos os serviços da Rede de IP de Porto Alegre
Demanda reprimida		4.781 pontos
Expansão	Crescimento vegetativo	300 pontos por ano
	Ampliação	300 pontos por ano
Iluminação de destaque	Roteiros turísticos	956 novos pontos
	Pontos de adequação	3.344 pontos existentes
Ciclovias		Modernização da Iluminação dedicada existente
Serviços de poda de árvores		A encargo do poder concedente

⁶ Iluminação referente a extensão de ciclovias implantadas.

3 SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

3.1 Projeto de engenharia para modernização e efficientização das tecnologias de iluminação

Essa seção busca apresentar os projetos de engenharia para modernização e efficientização das tecnologias de iluminação para a rede de iluminação pública de Porto Alegre. São apresentados os aspectos técnicos balizadores de iluminação para determinação de diretrizes, especificações e características de operação. Posterior à apresentação dos aspectos técnicos, são apresentadas as premissas e diretivas para elaboração dos projetos de modernização para vias de veículos, vias de pedestres, ciclofaixas/ciclovias, praças e parques.

3.1.1 Aspectos técnicos balizadores para elaboração dos projetos

A qualidade da iluminação pública pode ser mensurada e avaliada a partir dos requisitos luminotécnicos mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR 5101: Iluminação pública – Procedimento: a iluminância média e o fator de uniformidade. Adicionalmente devem ser avaliados nos projetos parâmetros como luminância média, uniformidade global, índice de reprodução de cor, temperatura de cor correlata e poluição luminosa. Os projetos de iluminação pública devem atender aos requisitos específicos do ambiente a ser iluminado, considerando aspectos como nível de tráfego em vias de circulação de veículos e pedestres, características históricas de regiões e monumentos, entre outros. A garantia e vida útil dos ativos de iluminação pública também são aspectos importantes a serem avaliados.

3.1.1.1 Requisitos normativos

São definidos nos itens a seguir, os requisitos normativos conforme apresentados na ABNT NBR 5101.

3.1.1.1.1 Iluminância média

A iluminância média, consiste no valor médio de cada uma das medições locais de iluminância realizadas. Em resumo, diz respeito à quantidade de luminosidade observada no ambiente.

$$E_{MED} = \frac{\sum E_{LOCAL}}{n_{LOCALS}}$$

Relatório de Engenharia

Onde,

- E_{MED} é o valor de iluminância média;
- E_{LOCAL} é o valor de cada medida de iluminância realizada no ambiente;
- n_{LOCAIS} é o quantitativo de medições de iluminância realizadas no ambiente.

3.1.1.1.2 Fator de uniformidade

O fator de uniformidade é calculado pela razão entre a menor iluminância registrada ao longo das medições realizadas e a iluminância média previamente calculada. Reflete o quão uniformemente iluminado o ambiente inspecionado está. Deseja-se que a iluminação ambiente seja a mais uniforme possível, minimizando pontos de sombreamento.

$$U = \frac{E_{MIN}}{E_{MED}}$$

Onde,

- U é o fator de uniformidade;
- E_{MIN} é o valor de iluminância mínima;
- E_{MED} é o valor de iluminância média.

3.1.1.1.3 Luminância média

A luminância se refere a uma intensidade luminosa que atinge o observador e que pode ser proveniente de reflexão de uma superfície ou de uma fonte de luz ou, simplesmente, de um feixe de luz no espaço.

A luminância média (L_{MED}) é dada pelo valor médio da luminância na área delimitada pela malha de pontos considerada, ao nível da via. Sua unidade é em candelas por metro quadrado [cd/m^2].

3.1.1.1.4 Uniformidade global

A uniformidade global (U_o) é calculada pela razão entre a luminância mínima e a luminância média em um plano especificado.

Relatório de Engenharia

$$U_o = \frac{L_{MIN}}{L_{MED}}$$

Onde,

- U_o é a uniformidade global;
- L_{MIN} é o valor de luminância mínima;
- L_{MED} é o valor de luminância média.

3.1.1.1.5 Classes de iluminação

Os parâmetros descritos nos itens acima têm seus níveis mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 5101 e são classificados por tipo de vias de veículos e pedestres conforme apresentado na Tabela 3 e na Tabela 4. A metodologia utilizada para classificação de iluminação é apresentada no “Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação”.

Tabela 3 – Requisitos de Iluminação por tipo de via para circulação de veículos

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{MED, MIN}$ [lux]	Fator de uniformidade mínimo U_{MIN}	Luminância média mínima $L_{MED, MIN}$ [cd/m ²]	Uniformidade global mínima U_o
V1	30	0,40	2,00	0,40
V2	20	0,30	1,50	0,40
V3	15	0,20	1,00	0,40
V4	10	0,20	0,75	0,40
V5	5	0,20	0,50	0,40

Fonte: ABNT NBR 5101

Tabela 4 – Requisitos mínimos de iluminação por tipo de via de circulação de pedestres

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{MED, MIN}$ [lux]	Fator de uniformidade mínimo U_{MIN}
P1	20	0,30
P2	10	0,25
P3	5	0,20
P4	3	0,20

Fonte: ABNT NBR 5101

Para os projetos de praças e parques é definido como requisito normativo mínimo para classificação de vias de pedestres a classe P2 conforme apresentado na Tabela 4.

Relatório de Engenharia

Para as classes de iluminação de ciclovias são exigidos os requisitos mínimos de iluminância média e fator de uniformidade conforme apresentado na Tabela 5. A metodologia utilizada para classificação de iluminação de ciclovias é apresentada no “Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação”.

Tabela 5 – Requisitos de Iluminação por classe de via para ciclovias⁷

Classe de iluminação	Iluminância média [lux]	Fator de Uniformidade
C1	15	0,30
C2	10	0,30
C3	5	0,30

3.1.1.2 Índice de reprodução de cor e temperatura de cor correlata

Conforme a portaria nº 20 do INMETRO, o índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte de luz é um conjunto de cálculos que fornece a medida do quanto as cores percebidas do objeto iluminado por esta fonte se aproximam daquelas do mesmo objeto iluminado por uma fonte padrão (iluminante de referência). Corresponde à relação entre a cor real de um objeto ou superfície e a aparência percebida diante de uma fonte luminosa.

A quantificação é dada pelo índice de reprodução de cor geral (R_a), que varia de 0 a 100. Somente para o caso das fontes de luz tipo luz do dia, o significado do R_a é uma medida do quanto a reprodução das cores por esta fonte se aproxima daquela pela luz natural. Quanto maior o valor de R_a , melhor a reprodução da cor, ou seja, maior a fidelidade na percepção das cores de objetos ou superfícies.

As luminárias públicas com tecnologia LED devem apresentar $R_a \geq 70\%$ conforme estabelecido pela portaria nº 20 do INMETRO.

A temperatura de cor correlata (TCC) de uma fonte de luz não está relacionada com a emissão de calor, mas com a sensação de conforto que essa proporciona em determinado ambiente. Usualmente é dada em Kelvin [K]. A figura a seguir apresenta uma escala com as temperaturas de cor.

⁷ Requisitos baseados em metodologia apresentada no Diagnóstico técnico da rede de iluminação pública.

Relatório de Engenharia

Figura 1 – Escala de temperatura de cor de fontes de luz



Segundo a portaria nº 20 do INMETRO, o emprego adequado da temperatura de cor correlata em iluminação pública deverá estar entre 2.700 K e 6.500 K.

A definição adequada da TCC em determinado ambiente é fundamental sob uma série de aspectos, uma vez que pode modificar a sensação que as pessoas têm de um ambiente e interferir no índice de reprodução de cor, reproduzindo com mais ou menos fidelidade as cores de superfícies e objetos que compõem esse ambiente.

3.1.1.3 Poluição luminosa

De acordo com ABNT NBR 5101, a poluição luminosa é o brilho noturno no céu acima das áreas características de concentração urbana. Essa poluição é provocada pela luz artificial mal direcionada de casas, prédios e demais instalações, que é refletida na poeira, vapor de água e outras partículas dispersas na atmosfera. Pode ser entendida como desperdício de energia, provocada por luminárias, instalações e projetos ineficientes e mal elaborados.

No caso da iluminação pública, a poluição luminosa é traduzida em projetos com níveis de iluminância superdimensionados não condizentes com a iluminação recomendada pela ABNT NBR 5101 ou por luminárias sem o correto controle de dispersão de luz, como luminárias de descarga de alta intensidade. Para reduzir a parcela da iluminação pública na poluição luminosa, as luminárias devem possuir uma classificação que mantenha baixa a emissão de luz acima do eixo horizontal, possua alta eficiência luminosa⁸ e permita baixos ângulos de instalação. Nessa perspectiva, as luminárias LED são atualmente apontadas como a melhor

⁸Eficiência luminosa relaciona o fluxo luminoso [lúmens] emitido pela fonte em relação à potência despendida para alimentá-la (normalmente medida em watts).

Relatório de Engenharia

solução para redução da poluição luminosa nas cidades, uma vez que geram fluxo luminoso melhor direcionado.

3.1.1.4 Garantia e vida útil dos ativos de iluminação pública

De acordo com a portaria Nº 20 do Inmetro, o tempo de vida útil estimado para os produtos de LED é normalmente dado em termos de expectativa de horas de operação até que o fluxo luminoso da luminária diminua a 70% ou 80% do seu valor inicial (denotado respectivamente por luminárias certificadas por ensaios da L₇₀ ou L₈₀). A conformidade com a manutenção do fluxo luminoso da luminária deve estar de acordo com IESNA LM-80-08 (*approved method for measuring lumen maintenance of LED light sources*) e a IESNA TM 21-11 (*projecting long term lumen maintenance of LED light sources*).

As luminárias devem ser fornecidas com garantia global (todos os componentes, principalmente módulos de LED e *drivers* de alimentação) de no mínimo 10 anos contra quaisquer defeitos de fabricação a contar de seu recebimento, independentemente da data de fabricação. Durante esse período, o fluxo luminoso deve ser mantido, ao menos, a um nível de 70% do fluxo luminoso inicial (L₇₀). Para manutenção da garantia, devem ser consideradas a seguinte diretriz:

- As instalações elétricas devem ser inspecionadas e ensaiadas antes do acionamento da luminária, bem como após cada reforma/manutenção, com vista a assegurar que elas foram executadas de acordo com a Norma NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão);
- As luminárias devem apresentar dispositivo de proteção contra surto de tensão conforme prevê a Portaria Nº 20 do Inmetro e com esquema de conexão segundo as disposições e recomendações da ABNT NBR 5410 e das normas da CEEE.

3.1.2 Projetos de iluminação pública para vias de veículos e de pedestres

3.1.2.1 Especificações técnicas das luminárias

São apresentados a seguir as especificações técnicas das luminárias de aplicação para vias de veículos e de pedestres e seus respectivos requisitos mínimos definidos de acordo com portaria Nº 20 do INMETRO, com certificação comprobatória emitida por organismos e/ou

Relatório de Engenharia

laboratórios acreditados pelo INMETRO. Quando não definidos por essa portaria, esses requisitos foram determinados de acordo com as boas práticas apresentadas nos estudos de *benchmarking* descritas no “Relatório de Engenharia Preliminar”.

- **Eficiência Energética (EE):** Luminária com eficiência energética mínima conforme classe A da Portaria Nº20 do INMETRO. No cálculo dessa eficiência, devem ser considerados equipamentos auxiliares da luminária;
- **Manutenção do fluxo luminoso:** mínimo 70% após 50.000 h de uso para temperatura ambiente máxima 35 °C conforme IES LM-80 e TM-21;
- **Índice de proteção (IP):** o invólucro da luminária deve assegurar o grau de proteção contra a penetração de pó, objetos sólidos e umidade, de acordo com a classificação da luminária e o código IP marcado na luminária. O grau de proteção deverá ser certificado por ensaios com na base na ABNT NBR IEC 60529;
- **Proteção contra impactos mecânicos externos:** luminárias devem possuir uma resistência aos impactos mecânicos externos correspondentes, no mínimo, ao grau de proteção IK-08 conforme ABNT NBR IEC 62262;
- **Garantia:** período mínimo de 120 (cento e vinte) meses, ou seja, 10 (dez) anos;
- **Requisitos elétricos:** As características elétricas e óticas devem atender as normas IESNA LM-79, ANSI/IEEE C.62.41-1991 – Cat. C2/C3, IEC PAS 62717, IEC PAS 62722-2-1, IEC 61643-11, IEC 62504, IEC 62031, NBR IEC 60598-1, NBR IEC 60529, NBR 15129, NBR NM 247-3, NBR 9117. As luminárias deverão apresentar limite mínimo de fator de potência indutivo ou capacitivo, conforme regras estabelecidas pela ANEEL no momento da instalação. Presença de dispositivo de proteção contra surtos de tensão conectado em série a alimentação elétrica da luminária LED.
- **Dispositivo de Proteção contra surtos:** As luminárias devem estar dotadas de dispositivo de proteção contra surtos de tensão com instalação elétrica na LUMINÁRIA conforme ABNT NBR 5410;
- **Aderência a sistemas de telegestão:** luminárias deverão apresentar tecnologia compatível com todas as funcionalidades dos sistemas de telegestão;
- **Fotometria:** as luminárias devem ser classificadas conforme critérios constantes na NBR 5101 para distribuição longitudinal (Curta, Média e Longa), distribuição transversal (Tipo

Relatório de Engenharia

I, II e III) e controle de distribuição de intensidade luminosa (*full cut-off*, *cut-off* e *semi cut-off*);

- **Acabamento:** todas as peças metálicas não energizadas das luminárias devem receber tratamento anticorrosivo;
- **Driver eletrônico:** O driver deverá atender às normas NBR IEC 605981, NBR 15129, NBR IEC 60529, IEC 61347-1, NBR IEC61347-2-13, IEC 61547, NBR 16026, IEC 61000-3-2 C, IEC 61000-4-2/3/4/5/6/8/11, IEC 61000-3-3, EN 55015, CISPR 15/22 e FCC Title 47 CFR part15/18 Non-Consumer-Class.
- **Tomada padrão NEMA ANSI-C136-41-2013:** Tomada de no mínimo cinco contatos;
- **Certificação:** as luminárias deverão apresentar os certificados exigidos na Portaria N° 20 do INMETRO.
- **Ensaio laboratoriais:** A concessionária deve apresentar ensaios e testes laboratoriais que analisem, minimamente, os seguintes parâmetros:
 - i. Tensão de alimentação da fonte luminosa (V);
 - ii. Potência da fonte luminosa (W);
 - iii. Corrente de alimentação da fonte luminosa (A);
 - iv. Fator de potência;
 - v. Eficácia luminosa total;
 - vi. Temperatura de cor;
 - vii. Índice de reprodução de cor;
 - viii. Resistência de isolamento;
 - ix. Rigidez dielétrica;
 - x. Distorção de harmônica total (THD);
 - xi. Corrente de entrada das lâmpadas ou módulos de LEDs (se aplicável) da LUMINÁRIA (I_{cc});
 - xii. Tensão de entrada das lâmpadas ou módulos de LEDs (se aplicável) da LUMINÁRIA (V_{cc});
 - xiii. Fluxo luminoso da LUMINÁRIA (lm);
 - xiv. Tensão nominal das lâmpadas ou LUMINÁRIAS (V);
 - xv. Corrente nominal das lâmpadas ou LUMINÁRIAS (mA);
 - xvi. Temperatura máxima de junção (°C);

Relatório de Engenharia

xvii. Fabricante das lâmpadas / LUMINÁRIAS.

3.1.2.2 Tipologias características das vias de veículos

Para os estudos de vias de tráfego de veículos em geral, foram utilizadas as tipologias encontradas nos logradouros inspecionados *in loco* a fim de elaborar estudos de situações reais e definir as características das luminárias a serem aplicadas na cidade de Porto Alegre.

Conforme “Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública”, foram inspecionados 67 logradouros, totalizando 201 pontos de iluminação, com diferentes tipologias de montagem, tais como tipo de posteação, tipo de braço ou suporte, altura de montagem da luminária, distância média entre postes adjacentes e quantidade de luminárias por poste. Esses pontos inspecionados representam o parque de iluminação pública de Porto Alegre de acordo com “ABNT NBR 5426 – Planos de Amostragem e procedimentos na inspeção por atributos”.

A tabela a seguir apresenta as tipologias de montagem e características das vias de tráfego dos logradouros inspecionados.

Tabela 6 – Tipologia de montagem dos logradouros inspecionados para vias de veículos

Logradouro	Classe viária	Classe de iluminação	Tipo de iluminação	Número de faixas de rodagem	Largura da Via [m]	Tipo de Braço ⁹	Tipo de posteação	Altura da Luminária [m]	Distância média entre postes [m]	Canteiro Central [m]
Rua Baltimore	Local	V5	IV	2	7	IP-B3	Unilateral (PU)	7,7	35	0
Av. Monte Cristo	Arterial	V3	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	26	0
Rua Joaquim de Carvalho	Coletora	V4	IV	2	11,7	IP-B3	Unilateral	7,7	32,8	0
Rua Jataí	Local	V5	IV	2	6,5	IP-B3	Unilateral	7,7	33	0
Rua Orfanotrófio	Coletora	V4	IV	2	9	IP-B3	Bilateral Alternada (PBA)	7,7	38	0
Rua África do Sul	Local	V5	IV	2	4,6	IP-B7	Unilateral	7,1	32	0
Av Deputado Adão Pretto	Arterial	V3	IV	2	7	IP-B7	Unilateral	7,1	37	0
Rua Pedro Golombiewski	Local	V5	IV	2	6,3	IP-B2	Unilateral	7,8	38	0
Estrada Antônio Borges	Arterial	V3	IV	2	6	IP-B3	Unilateral	7,7	36	0
Av. Professor Oscar Pereira	Arterial	V2	IV	2	8,5	IP-B2	Unilateral	7,8	34	0
Rua Capitão José Padilha	Coletora	V4	IV	2	10	IP-B7	Unilateral	7,1	35	0

⁹ As especificações dos referidos braços de iluminação pública com padrão DIP de IP-B1 a IP-B7 são apresentadas no Anexo VI deste relatório.

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe viária	Classe de iluminação	Tipo de iluminação	Número de faixas de rodagem	Largura da Via [m]	Tipo de Braço ⁹	Tipo de posteação	Altura da Luminária [m]	Distância média entre postes [m]	Canteiro Central [m]
Rua Otávio de Faria	Local	V5	IV	2	7	IP-B2	Unilateral	7,8	35	0
Rua Dona Otília	Local	V5	IV	2	8	IP-B3	Unilateral	7,7	33	0
Rua Januário Scazilli	Local	V5	IV	2	9	IP-B2	Unilateral	7,8	34	0
Rua João do Rio	Coletora	V4	IV	2	8,8	IP-B7	Unilateral	7,1	32	0
Rua Paulino Chaves	Coletora	V4	IV	2	7	IP-B2	Unilateral	7,8	30	0
Rua Tenente Alpoim	Coletora	V4	IV	2	9	IP-B3	Unilateral	7,7	29	0
Rua Ernesto Araújo	Coletora	V4	IV	2	7,5	IP-B3	Unilateral	7,7	37	0
Rua Primeiro de Março	Coletora	V4	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	47	0
Rua Waldomiro Schapke	Local	V5	IV	2	8,5	IP-B3	Unilateral	7,7	36	0
Rua Nunes Machado	Local	V5	IV	2	8	IP-B1	Unilateral	8,3	40	0
Rua Coronel André Belo	Local	V5	IV	2	8,5	IP-B1	Unilateral	8,3	26	0
Rua Alberto Torres	Local	V5	IV	2	9	IP-B2	Unilateral	7,8	26	0
Rua Tomas Flores	Coletora	V4	IV	2	8,6	IP-B1	Unilateral	8,3	33	0
Rua Alfredo Ferreira Rodrigues	Local	V5	IV	2	6,1	IP-B3	Unilateral	7,7	28	0
Rua Sérgio Porto	Local	V5	IV	2	5	IP-B3	Unilateral	7,7	42	0
Rua Nossa Senhora Aparecida	Local	V5	IV	2	5,2	IP-B2	Unilateral	7,8	32	0
Rua Gioconda	Local	V5	IV	2	6,7	IP-B3	Unilateral	7,7	28	0
Rua Ariovaldo Pinheiro	Local	V5	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	37	0
Rua Seberi	Local	V5	IV	2	7	IP-B7	Unilateral	7,1	36	0
Rua Francisca Lechner	Local	V5	IV	2	7,5	IP-B3	Unilateral	7,7	28	0
Rua Cristóvão Jaques	Local	V5	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	30	0
Rua Lila Ripoll	Local	V5	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	38	0
Rua Um	Local	V5	IV	2	8	IP-B7	Unilateral	7,1	35	0
Av Polonia	Coletora	V3	IV	2	8,5	IP-B1	Unilateral	8,3	40	0
Praça João Bergman	Local	V5	IV	2	7,7	IP-B3	Unilateral	7,7	46	0
Avenida Edgar Pires de Castro	Arterial	V2	IV	2	6,5	IP-B3	Unilateral	7,7	35	0
Rua Alberto Hoffman	Local	V5	IV	2	9,5	IP-B2	Unilateral	7,8	28	0
Rua Eustáquio Inácio	Coletora	V4	IV	2	5	IP-B3	Unilateral	7,7	31	0
Rua Joffre Veríssimo	Local	V5	IV	2	6	IP-B7	Unilateral	7,1	35	0
Rua Dorival Castilho Machado	Local	V5	IV	2	6,6	IP-B7	Unilateral	7,1	33	0
Rua Guenoas	Local	V5	IV	2	7	IP-B3	Unilateral	7,7	32	0
Rua Lemúria	Local	V5	IV	2	6	IP-B3	Unilateral	7,7	45,5	0
Rua Dinarte Ribeiro	Coletora	V4	IV + IP para pedestres	2	9	IP-B1 e LP-D3	Unilateral	8,3 e 4	37 e 30	0
Rua Professor Cristiano Fisher	Arterial	V2	IV	2	6,2	IP-B1	Unilateral	8,3	46	0

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe viária	Classe de iluminação	Tipo de iluminação	Número de faixas de rodagem	Largura da Via [m]	Tipo de Braço ⁹	Tipo de posteação	Altura da Luminária [m]	Distância média entre postes [m]	Canteiro Central [m]
Rua Siqueira Campos	Coletora	V3	IV	3	14	IP-PAC	Unilateral	8	23	0
Avenida da Legalidade e da Democracia	Arterial	V1	IV	3	10	(não informado)	Unilateral	12	30	0
Rua Dona Margarida	Coletora	V3	IV	3	10	IP-B1	Unilateral	8,3	38	0
Rua Garibaldi	Coletora	V3	IV	3	8	IP-B1	Unilateral	8,3	34	0
Estrada Costa Gama	Arterial	V2	IV	3	12,8	IP-B3	Unilateral	7,7	33	0
Rua José de Alencar	Arterial	V2	IV	4	14	IP-B1	Bilateral Alternada	8,3	18	0,8
Avenida São Sebastião	Coletora	V2	IV	4	19,5	IP-B3	Canteiro Central (PCC)	7,7	38	6
Rua Nestor Ludwig	Coletora	V3	IV e IC	4	12	IP-B4 e IP-B3	Unilateral	9,1 e 7,7	28	0
Estrada João de Oliveira Remião	Arterial	V1	IV	4	15,4	Núcleo de 2 lum. (180°)	Canteiro Central	12	29	1
Avenida Adelino Ferreira Jardim	Coletora	V2	IV	6	23	IP-B2	Canteiro Central	7,8	31	1
Avenida Plínio Brasil	Arterial	V1	IV	6	22	IP-B1	Bilateral Frontal (PBF)	8,3	31	2
Avenida Bento Gonçalves	Arterial	V1	IV	6	24	IP-B1	Bilateral Frontal	8,3	32	1,5
Avenida Princesa Isabel	Arterial	V1	IV	6	22	Núcleo de 2 lum. (180°)	Canteiro Central	15	43	1,5
Avenida Protásio Alves	Arterial	V1	IV	6	23	IP-B2	Bilateral Frontal	7,8	40	1
Avenida Sertório, Ponto 1	Arterial	V1	IV	6	23	Núcleo de 2 lum. (180°)	Canteiro Central	15	44	2
Avenida Borges de Medeiros	Arterial	V1	IV	6	18	(não informado)	Canteiro Central	8	23	2
Avenida Wenceslau Escobar	Arterial	V1	IV	6	22	Núcleo de 4 lum. (90°)	Canteiro Central	20	40	1
Avenida da Cavalhada	Arterial	V1	IV	6	22,5	IP-B1	Bilateral Alternada	8,3	40	2
Avenida Diário de Notícias	Arterial	V1	IV	6	22	IP-B4 + IP-B3	Bilateral Alternada	9,1 e 7,7	35	3
Avenida Economista Nilo Wulff	Coletora	V2	IV	6	25	IP-B3	Canteiro Central	7,7	35	3
Avenida Assis Brasil	Arterial	V1	IV	8	25	Núcleo de 2 lum. (180°)	Canteiro Central	15	48,5	1
Avenida Sertório, ponto 2	Arterial	V1	IV	8	42	Núcleo de 4 lum. (90°) + IP-B1	Canteiro Central e Unilateral (PCU)	15 e 8,3	28 e 35	16

Relatório de Engenharia

A altura da luminária considerada nas simulações baseou-se nas especificações técnicas dos braços de iluminação pública existentes, conforme se apresenta no ANEXO II, tomando como premissa que o ponto de fixação dos mesmos está a 6 m do solo e também nas informações de altura dos postes exclusivos de IP cujas especificações técnicas estão dispostas no ANEXO III.

3.1.2.3 Projetos luminotécnicos para vias de veículos

Os projetos luminotécnicos das vias de tráfego de veículos foram feitos, para os 67 logradouros inspecionados conforme seção 3.1.2.1, no *software* DIALux Evo utilizando curvas fotométricas de luminárias LED, disponibilizadas pelos fabricantes Schröder, Conexled e Illumatic. A tabela a seguir apresenta as principais especificações técnicas das luminárias utilizadas nas simulações, agrupadas por fornecedor.

Tabela 7 – Especificações técnicas das luminárias LED por fornecedor

Especificação técnica	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
Modelo	Modelo L1	Modelo L2	Modelo L3
Faixa de potência [W]	18 - 265	30 - 240	36 - 213
Eficiência luminosa [lm/W]	104 -112 ±10%	110	125-130
Vida útil [h]	50.000	70.000	100.000
Certificação L70	Sim	Sim	Sim
Temperatura de cor [K]	4.000	5.200	4.000
IRC [%]	>75	>70	70
Fator de potência	>0,95	0,95	0,92
Garantia [anos]	10	10	10
Dispositivo de proteção contra surto	Presente	Presente	Presente
Grau de impacto (Refrator)	IK 08	IK 08	IK 09
Grau de proteção física (Conjunto ótico e alojamento)	IP 66	IP 66	IP 66
Conectividade – NEMA 7 pinos	Sim	Sim	Sim
Driver dimerizável	Sim	Sim	Sim
Distorção harmônica total (DHT)	≤ 20%	≤ 20%	≤ 20%
Atendimento às exigências da portaria Nº 20 do Inmetro	Sim	Sim	Sim

Relatório de Engenharia

Os projetos luminotécnicos para modernização e efficientização da rede de iluminação pública consideraram as seguintes premissas técnicas:

- As tipologias apresentadas na Tabela 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representam as características gerais da rede de iluminação pública e seus parâmetros foram utilizados nas simulações;
- Utilização de curvas fotométricas de luminárias LED que atendam a portaria Nº 20 do Inmetro nos requisitos mínimos: nível classe A de eficiência energética, IRC, vida útil, índice de proteção, resistência contra impacto, distorção harmônica, fator de potência e garantia;
- Atendimento a ABNT NBR 5101 dos critérios mínimos normativos de iluminância média e fator de uniformidade para vias V1, V2, V3, V4 e V5 e luminância média e uniformidade global de luminância para vias V1, V2 e V3. O requisito uniformidade longitudinal sugerido pela NBR 5101 não foi considerado nas simulações para modernização dos pontos de iluminação pública em virtude de limitação estrutural do parque de iluminação pública relacionada principalmente ao distanciamento entre postes;
- Atendimento a ABNT NBR 5101 dos critérios mínimos normativos de iluminância média e fator de uniformidade para vias de pedestres de acordo com a classe de iluminação P1, P2, P3 e P4¹⁰;
- Utilização do fator de manutenção em 0,80 sob a justificativa da tecnologia LED garantir alta durabilidade, operando até uma vida média de 14 anos de operação, falha anual estimada pelos fornecedores em 1% ao ano e os difusores/projetores das luminárias LED estarem condicionadas ao serviço de limpeza a cada três anos;
- Para cada um dos fornecedores a definição da melhor solução de iluminação para um logradouro específico considera o atendimento aos requisitos normativos mínimos da ABNT NBR 5101 com o menor consumo de energia elétrica, ou seja, a luminária com

¹⁰ Nas simulações para avaliação da iluminação em vias de veículos foram avaliadas também a iluminação em vias de pedestres uma vez que, na maior parte dos logradouros inspecionados, a iluminação para vias de pedestres e veículos é feita de forma compartilhada. Entretanto, os resultados obtidos para via de pedestres são apresentados na seção 3.1.2.4.

Relatório de Engenharia

menor potência com fluxo luminoso suficiente para atender aos critérios expressos em norma;

- Logradouros onde os requisitos normativos mínimos da ABNT NBR 5101 não foram alcançados para nenhuma das soluções de iluminação LED, foram propostas adequações nas estruturas do ponto, tendo em vista o menor custo de investimento, como: ajuste na inclinação da luminária, substituição por braços de maior projeção e da altura que melhor se adaptem ao logradouro sob análise, e maior altura da luminária, aumento no número de pontos de iluminação pública por poste. No tocante ao ajuste angular da inclinação das luminárias, limitou-se o ajuste a faixa recomendada pela ABNT NBR 5101 entre 0° e 10°, priorizando ajustes em 0° e 10°. Deve ser ressaltado que quando o ajuste angular se mostrar necessário o cadastro técnico da rede de iluminação pública deve possuir referida informação, com o intuito de auxiliar equipes de modernização durante a instalação das luminárias;

Os resultados das simulações no *software* DIALux Evo são demonstrados nas tabelas a seguir para os fornecedores L1, L2 e L3. São apresentados: o nome do logradouro, classe de iluminação da via, potência atual do ponto principal e do ponto secundário (caso haja), potência proposta e fluxo luminoso.

Relatório de Engenharia

Tabela 8 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L1

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Baltimore	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Av. Monte Cristo	V3	PU	1 x 150	-	1 x 94	10.531	-	-
Rua Joaquim de Carvalho	V4	PU	1 x 150	-	1 x 77	8.022	-	-
Rua Jataí	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Orfanotrófio	V4	PBA	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua África do Sul	V5	PU	1 x 70	-	1 x 38	4.471	-	-
Av. Deputado Adão Pretto	V3	PU	1 x 100	-	1 x 116	12.300	-	-
Rua Pedro Golombiewski	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Estrada Antônio Borges	V3	PU	1 x 100	-	1 x 116	12.300	-	-
Av. Professor Oscar Pereira	V2	PU	1 x 250	-	1 x 148	15.462	-	-
Rua Capitão José Padilha	V4	PU	1 x 100	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Otávio de Faria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Dona Otília	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Januário Scazilli	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua João do Rio	V4	PU	1 x 100	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Paulino Chaves	V4	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Tenente Alpoim	V4	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Ernesto Araújo	V4	PU	1 x 100	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Primeiro de Março	V4	PU	1 x 150	-	1 x 77	8.022	-	-
Rua Waldomiro Schapke	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Nunes Machado	V5	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Coronel André Belo	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Alberto Torres	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Tomas Flores	V4	PU	1 x 150	-	1 x 77	8.022	-	-
Rua Alfredo Ferreira Rodrigues	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Sérgio Porto	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Nossa Senhora Aparecida	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Gioconda	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Ariovaldo Pinheiro	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Seberi	V5	PU	1 x 70	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Francisca Lechner	V5	PU	1 x 100	-	1 x 18	2.431	-	-
Rua Cristóvão Jaques	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Lila Ripoll	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Um	V5	PU	1 x 70	-	1 x 38	4.471	-	-
Av Polonia	V3	PU	1 x 150	-	1 x 116	12.300	-	-
Praça João Bergman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Avenida Edgar Pires de Castro	V2	PU	1 x 150	-	1 x 181	20.892	-	-
Rua Alberto Hoffman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Eustáquio Inácio	V4	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Joffre Veríssimo	V5	PU	1 x 70	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Dorival Castilho Machado	V5	PU	1 x 100	-	1 x 38	4.471	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Guenoas	V5	PU	1 x 150	-	1 x 38	4.471	-	-
Rua Lemúria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Rua Dinarte Ribeiro	V4	PU	1 x 150	1 x 80	1 x 18	2.431	1 x 80	6.338
Rua Professor Cristiano Fisher	V2	PU	1 x 250	-	1 x 181	20.892	-	-
Rua Siqueira Campos	V3	PU	1 x 100	-	1 x 148	15.462	-	-
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	PU	1 x 210	-	1 x 265	28.359	-	-
Rua Dona Margarida	V3	PU	1 x 150	-	1 x 148	15.462	-	-
Rua Garibaldi	V3	PU	1 x 150	-	1 x 116	12.300	-	-
Estrada Costa Gama	V2	PU	1 x 100	-	1 x 181	20.892	-	-
Rua José de Alencar	V2	PBA	1 x 150	-	1 x 62	6.688	-	-
Av. São Sebastião	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 148	15.462	-	-
Rua Nestor Ludwig	V3	PU	1 x 250	1 x 150	1 x 94	10.531	1 x 18	2.431
Estrada João de Oliveira Remião	V1	PCC	2 x 250	-	2 x 148	15.462	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 148	15.462	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 181	20.892	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 181	20.892	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	PCC	2 x 400	-	2 x 265	28.359	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 207	24.057	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	PCC	2 x 400	-	2 x 265	28.359	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	PCC	2 x 150	-	4 x 94	10.531	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	PCC	4 x 400	-	4 x 207	24.057	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Avenida da Cavallhada	V1	PBA	1 x 250	-	1 x 207	24.057	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	PBA	1 x 250	1 x 150	1 x 181	20.892	1 x 18	2.431
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	PCC	2 x 100	-	2 x 181	20.892	-	-
Avenida Assis Brasil	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 265	28.359	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	PCU	4 x 400	1 x 250	4 x 265	28.359	1 x 38	4.471

Tabela 9 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L2

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Baltimore	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.552	-	-
Av. Monte Cristo	V3	PU	1 x 150	-	1 x 100	12.385	-	-
Rua Joaquim de Carvalho	V4	PU	1 x 150	-	1 x 80	8.489	-	-
Rua Jataí	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Orfanotrófio	V4	PBA	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua África do Sul	V5	PU	1 x 70	-	1 x 30	3.603	-	-
Av Deputado Adão Pretto	V3	PU	1 x 100	-	1 x 100	12.385	-	-
Rua Pedro Golombiewski	V5	PU	1 x 100	-	1 x 50	6.174	-	-
Estrada Antônio Borges	V3	PU	1 x 100	-	1 x 100	12.385	-	-
Av. Professor Oscar Pereira	V2	PU	1 x 250	-	1 x 150	17.710	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Capitão José Padilha	V4	PU	1 x 100	-	1 x 80	8.318	-	-
Rua Otávio de Faria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 30	3.552	-	-
Rua Dona Otília	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Januário Scazilli	V5	PU	1 x 150	-	1 x 30	3.552	-	-
Rua João do Rio	V4	PU	1 x 100	-	1 x 60	6.915	-	-
Rua Paulino Chaves	V4	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.041	-	-
Rua Tenente Alpoim	V4	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.041	-	-
Rua Ernesto Araújo	V4	PU	1 x 100	-	1 x 60	6.915	-	-
Rua Primeiro de Março	V4	PU	1 x 150	-	1 x 100	12.349	-	-
Rua Waldomiro Schapke	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Nunes Machado	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Coronel André Belo	V5	PU	1 x 150	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Alberto Torres	V5	PU	1 x 150	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Tomas Flores	V4	PU	1 x 150	-	1 x 60	6.915	-	-
Rua Alfredo Ferreira Rodrigues	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Sérgio Porto	V5	PU	1 x 100	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Nossa Senhora Aparecida	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Gioconda	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Ariovaldo Pinheiro	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Seberi	V5	PU	1 x 70	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Francisca Lechner	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.552	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Cristóvão Jaques	V5	PU	1 x 150	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Lila Ripoll	V5	PU	1 x 100	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Um	V5	PU	1 x 70	-	1 x 50	6.174	-	-
Av Polonia	V3	PU	1 x 150	-	1 x 150	16.039	-	-
Praça João Bergman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Avenida Edgar Pires de Castro	V2	PU	1 x 150	-	1 x 200	21.523	-	-
Rua Alberto Hoffman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Eustáquio Inácio	V4	PU	1 x 150	-	1 x 60	6.915	-	-
Rua Joffre Veríssimo	V5	PU	1 x 70	-	1 x 30	3.603	-	-
Rua Dorival Castilho Machado	V5	PU	1 x 100	-	1 x 30	3.552	-	-
Rua Guenoas	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Lemúria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 50	6.174	-	-
Rua Dinarte Ribeiro	V4	PU	1 x 150	1 x 80	1 x 30	3.603	1 x 80	6.338
Rua Professor Cristiano Fisher	V2	PU	1 x 250	-	1 x 200	21.523	-	-
Rua Siqueira Campos	V3	PU	1 x 100	-	1 x 120	13.570	-	-
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	PU	1 x 210	-	1 x 240	25.361	-	-
Rua Dona Margarida	V3	PU	1 x 150	-	1 x 150	16.039	-	-
Rua Garibaldi	V3	PU	1 x 150	-	1 x 100	12.385	-	-
Estrada Costa Gama	V2	PU	1 x 100	-	1 x 200	21.523	-	-
Rua José de Alencar	V2	PBA	1 x 150	-	1 x 50	6.041	-	-
Avenida São Sebastião	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 150	17.710	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Nestor Ludwig	V3	PU	1 x 250	1 x 150	1 x 100	12.385	1 x 30	3.603
Estrada João de Oliveira Remião	V1	PCC	2 x 250	-	2 x 150	17.710	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 150	16.039	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 200	21.523	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 200	21.523	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 200	21.523	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 240	25.361	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 200	21.523	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	PCC	2 x 150	-	2 x 150	16.039	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	PCC	4 x 400	-	4 x 240	25.347	-	-
Avenida da Cavahada	V1	PBA	1 x 250	-	1 x 240	25.347	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	PBA	1 x 250	1 x 150	1 x 200	21.523	1 x 30	3.603
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	PCC	2 x 100	-	2 x 200	21.523	-	-
Avenida Assis Brasil	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 240	25.347	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	PCU	4 x 400	1 x 250	4 x 240	25.347	1 x 50	6.041

Relatório de Engenharia

Tabela 10 – Resultado das simulações para curvas IES do fornecedor L3

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Baltimore	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Av. Monte Cristo	V3	PU	1 x 150	-	1 x 108	13.756	-	-
Rua Joaquim de Carvalho	V4	PU	1 x 150	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Jataí	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Orfanotrófio	V4	PBA	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua África do Sul	V5	PU	1 x 70	-	1 x 36	3.912	-	-
Av Deputado Adão Pretto	V3	PU	1 x 100	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Pedro Golombiewski	V5	PU	1 x 100	-	1 x 55	6.494	-	-
Estrada Antônio Borges	V3	PU	1 x 100	-	1 x 71	9.094	-	-
Av. Professor Oscar Pereira	V2	PU	1 x 250	-	1 x 142	18.259	-	-
Rua Capitão José Padilha	V4	PU	1 x 100	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Otávio de Faria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Dona Otília	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Januário Scazilli	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua João do Rio	V4	PU	1 x 100	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Paulino Chaves	V4	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Tenente Alpoim	V4	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Ernesto Araújo	V4	PU	1 x 100	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Primeiro de Março	V4	PU	1 x 150	-	1 x 108	13.756	-	-
Rua Waldomiro Schapke	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Nunes Machado	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Coronel André Belo	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Alberto Torres	V5	PU	1 x 150	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Tomas Flores	V4	PU	1 x 150	-	1 x 71	9.094	-	-
Rua Alfredo Ferreira Rodrigues	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Sérgio Porto	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Nossa Senhora Aparecida	V5	PU	1 x 150	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Gioconda	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Ariovaldo Pinheiro	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Seberi	V5	PU	1 x 70	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Francisca Lechner	V5	PU	1 x 100	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Cristóvão Jaques	V5	PU	1 x 150	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Lila Ripoll	V5	PU	1 x 100	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Um	V5	PU	1 x 70	-	1 x 55	6.494	-	-
Av Polonia	V3	PU	1 x 150	-	1 x 108	13.756	-	-
Praça João Bergman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Avenida Edgar Pires de Castro	V2	PU	1 x 150	-	1 x 213	27.682	-	-
Rua Alberto Hoffman	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Eustáquio Inácio	V4	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Joffre Veríssimo	V5	PU	1 x 70	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Dorival Castilho Machado	V5	PU	1 x 100	-	1 x 55	6.494	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Rua Guenoas	V5	PU	1 x 150	-	1 x 36	3.912	-	-
Rua Lemúria	V5	PU	1 x 150	-	1 x 55	6.494	-	-
Rua Dinarte Ribeiro	V4	PU	1 x 150	1 x 80	1 x 36	3.912	1 x 80	6.338
Rua Professor Cristiano Fisher	V2	PU	1 x 250	-	1 x 179	23.116	-	-
Rua Siqueira Campos	V3	PU	1 x 100	-	1 x 142	18.259	-	-
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	PU	1 x 210	-	1 x 179	23.116	-	-
Rua Dona Margarida	V3	PU	1 x 150	-	1 x 142	18.259	-	-
Rua Garibaldi	V3	PU	1 x 150	-	1 x 108	13.756	-	-
Estrada Costa Gama	V2	PU	1 x 100	-	1 x 179	23.116	-	-
Rua José de Alencar	V2	PBA	1 x 150	-	1 x 71	9.094	-	-
Avenida São Sebastião	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 142	18.259	-	-
Rua Nestor Ludwig	V3	PU	1 x 250	1 x 150	1 x 71	9.094	1 x 36	3.912
Estrada João de Oliveira Remião	V1	PCC	2 x 250	-	2 x 142	18.259	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	PCC	2 x 150	-	2 x 108	13.756	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 142	18.259	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 179	23.116	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	PCC	2 x 400	-	2 x 249	32.040	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	PBF	1 x 250	-	1 x 213	27.682	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 179	23.116	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	PCC	2 x 150	-	2 x 142	18.259	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	PCC	4 x 400	-	4 x 179	23.116	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de iluminação	Tipo de posteação IP Principal	Potência Atual (IP Principal) [W]	Potência atual (IP Secundária) [W]	Potência simulada (IP Principal) [W]	Fluxo Luminoso (IP Principal) [lm]	Potência simulada (IP Secundária) [W]	Fluxo Luminoso (IP Secundária) [lm]
Avenida da Cavalhada	V1	PBA	1 x 250	-	1 x 213	27.682	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	PBA	1 x 250	1 x 150	1 x 179	23.116	1 x 36	3.912
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	PCC	2 x 100	-	2 x 179	23.116	-	-
Avenida Assis Brasil	V1	PCC	2 x 400	-	4 x 213	27.682	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	PCU	4 x 400	1 x 250	4 x 213	27.682	1 x 36	3.912

Relatório de Engenharia

3.1.2.4 Projetos de iluminação pública para vias de pedestres

Conforme os dados estruturais aferidos pela amostra do “Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública” e apresentados na Tabela 6, a iluminação de vias de veículos em 97% dos casos deve cumprir com os requisitos expressos em norma tanto para vias de veículos como para vias de pedestres e em 3% dos casos a iluminação pública conta com iluminação de segundo nível destinada especificamente para atendimento aos requisitos para vias de pedestres e com altura de montagem de 4 m. Dessa forma, os projetos luminotécnicos apresentados na seção 3.1.2.3 levaram em consideração tanto os requisitos compulsórios para vias de veículos como também aqueles para as vias de pedestres, conforme consta na ABNT NBR 5101.

A classificação das vias de pedestres foi definida conforme recomendações da ABNT NBR 5101 apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 11 – Classes de iluminação para cada tipo de via (Fonte: ABNT NBR 5101)

Descrição da Via	Classe de Iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)	P3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)	P4

Assumiram-se as seguintes premissas para definição da classe de iluminação tendo por base as recomendações da norma:

- Calçadas, passeios de zonas comerciais e áreas restritas ao tráfego de pedestres e Vias de pedestres localizadas em vias de veículos V1, foram classificadas como P1;
- Vias de pedestres localizadas em vias de veículos V2 foram classificadas com classe de iluminação P2;

Relatório de Engenharia

- Vias de pedestres localizadas em vias de veículos V3 foram classificadas com classe de iluminação P3;
- Vias de pedestres localizadas em vias de veículos V4 e V5 foram classificadas com classe de iluminação P4.

As tipologias típicas de montagem para vias de pedestres, assim como apresentadas para vias de veículos, são aquelas obtidas nos logradouros inspecionados pela amostra apresentadas na tabela a seguir. Ressalta-se que as seguintes premissas para definição das vias de pedestres em espaços não urbanizados desprovidos de calçada:

- Espaços não-urbanizados com característica de acostamento ou canteiros gramados não foram considerados como vias de pedestres;
- Estradas desprovidas de passeios, porém com um acostamento com função de tráfego de pedestres foi considerado via de pedestre.

As dimensões físicas de cada um dos passeios, bem como sua classe de iluminação são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 12 – Tipologias características para vias de pedestres

Logradouro	Largura do Passeio 1 [m]	Classe IP	Largura do Passeio 2 [m]	Classe IP
Rua Baltimore	1,5	P4	2	P4
Av. Monte Cristo	4,5	P3	Não possui	Não possui
Rua Joaquim de Carvalho	0,8	P4	2,9	P4
Rua Jataí	1,5	P4	1,5	P4
Rua Orfanotrófio	3	P4	4	P4
Rua África do Sul	3	P4	1,5	P4
Av Deputado Adão Pretto	2,5	P3	2,3	P3
Rua Pedro Golombiewski	2,2	P4	2	P4
Estrada Antônio Borges	1,5	P3	1,5	P3
Av. Professor Oscar Pereira	1,5	P2	Não possui	Não possui
Rua Capitão José Padilha	2	P4	2,2	P4
Rua Otávio de Faria	2,5	P4	2,5	P4
Rua Dona Otília	3,4	P4	4,7	P4
Rua Januário Scazilli	2,8	P4	3	P4
Rua João do Rio	4	P4	4	P4
Rua Paulino Chaves	3,8	P4	2,6	P4

Relatório de Engenharia

Logradouro	Largura do Passeio 1 [m]	Classe IP	Largura do Passeio 2 [m]	Classe IP
Rua Tenente Alpoim	3,8	P4	4	P4
Rua Ernesto Araújo	2	P4	1,8	P4
Rua Primeiro de Março	4,5	P4	4	P4
Rua Waldomiro Schapke	3	P4	3,3	P4
Rua Nunes Machado	4,4	P4	4,4	P4
Rua Coronel André Belo	4	P4	3	P4
Rua Alberto Torres	2,2	P4	1,5	P4
Rua Tomas Flores	4,4	P4	4,4	P4
Rua Alfredo Ferreira Rodrigues	4,3	P4	4	P4
Rua Sérgio Porto	1	P4	1,3	P4
Rua Nossa Senhora Aparecida	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
Rua Gioconda	1,6	P4	3,6	P4
Rua Arioaldo Pinheiro	1	P4	2	P4
Rua Seberi	1,6	P4	3	P4
Rua Francisca Lechner	2,2	P4	2,2	P4
Rua Cristóvão Jaques	1,5	P4	2	P4
Rua Lila Ripoll	2,4	P4	2,8	P4
Rua Um	1	P4	1,5	P4
Av Polonia	4	P3	4,4	P3
Praça João Bergman	1	P4	2	P4
Avenida Edgar Pires de Castro	4	P2	Não possui	Não possui
Rua Alberto Hoffman	Não possui	Não possui	2	P4
Rua Eustáquio Inácio	2,8	P4	2,5	P4
Rua Joffre Veríssimo	1	P4	1	P4
Rua Dorival Castilho Machado	1	P4	3,5	P4
Rua Guenoas	3,5	P4	3,5	P4
Rua Lemúria	2,5	P4	2	P4
Rua Dinarte Ribeiro	2,7	P4	4,9	P4
Rua Professor Cristiano Fisher	4,6	P2	5	P2
Rua Siqueira Campos	2	P3	1,5	P3
Avenida da Legalidade e da Democracia	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
Rua Dona Margarida	2	P3	3	P3
Rua Garibaldi	2,8	P3	4	P3
Estrada Costa Gama	2	P2	1,8	P2
Rua José de Alencar	3,5	P2	5,5	P2
Avenida São Sebastião	5,5	P2	4,5	P2
Rua Nestor Ludwig	3	P3	3	P3
Estrada João de Oliveira Remião	3,5	P2	Não possui	Não possui

Relatório de Engenharia

Logradouro	Largura do Passeio 1 [m]	Classe IP	Largura do Passeio 2 [m]	Classe IP
Avenida Adelino Ferreira Jardim	2,5	P2	1,5	P2
Avenida Plínio Brasil	1,5	P2	2	P2
Avenida Bento Gonçalves	3,4	P2	3,4	P2
Avenida Princesa Isabel	4,2	P2	2,2	P2
Avenida Protásio Alves	1,5	P2	1,5	P2
Avenida Sertório, Ponto 1	4,6	P2	3,9	P2
Avenida Borges de Medeiros	4,5	P1	2,4	P1
Avenida Wenceslau Escobar	2,7	P1	2,7	P1
Avenida da Cavahada	3,5	P2	3,5	P2
Avenida Diário de Notícias	1	P2	1	P2
Avenida Economista Nilo Wulff	5,4	P2	2,4	P2
Avenida Assis Brasil	6,5	P1	2,9	P1
Avenida Sertório, ponto 2	1,5	P2	1,5	P2

3.1.2.5 Alterações estruturais nos pontos avaliados para atendimento à NBR 5101

Conforme mencionado na seção 3.1.2.3 foram propostas adequações nas estruturas dos logradouros inspecionados nas situações em que nenhuma das soluções de iluminação LED foram capazes de atender aos requisitos normativos da ABNT NBR 5101. Essas adequações corresponderam a:

- Substituição dos braços de iluminação existentes por braços de maior projeção horizontal;
- Substituição dos braços de iluminação existentes por braços de maior altura de montagem da luminária;
- Substituição do núcleo de 2 luminárias para núcleo de 4 luminárias.

As alterações estruturais necessárias para os logradouros foram avaliadas para cada solução de iluminação dos três diferentes fornecedores. A tabela a seguir apresenta os logradouros cujas estruturas de iluminação pública existentes demandaram adequações nos resultados das simulações apresentadas na seção 3.1.2.3.

As linhas vazias, representadas pelo símbolo “-”, na tabela a seguir indicam que a solução de iluminação pública proposta pelo fornecedor no logradouro em questão não necessitou de adequação estrutural para atendimento à norma.

Relatório de Engenharia

Tabela 13 – Logradouros com necessidade de adequação estrutural para cada solução de fornecedor de luminárias de iluminação pública

Logradouro	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
Avenida Adelino Ferreira Jardim	IP-B2 para IP-B1	-	IP-B2 para IP-B1
Avenida Assis Brasil	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias
Avenida Borges de Medeiros	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias	-	-
Avenida da Cavahada	IP-B1 para IP-B4	IP-B1 para IP-B4	-
Avenida Economista Nilo Wulff	IP-B3 para IP-B4	IP-B3 para IP-B4	IP-B3 para IP-B4
Avenida Polonia	IP-B1 para IP-B4	IP-B1 para IP-B4	IP-B1 para IP-B4
Avenida Princesa Isabel	-	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias	-
Avenida Protásio Alves	IP-B2 para IP-B4	IP-B2 para IP-B4	IP-B2 para IP-B4
Avenida São Sebastião	IP-B3 para IP-B1	IP-B3 para IP-B1	IP-B3 para IP-B1
Avenida Sertório, Ponto 1	-	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias	Núcleo de 2 Luminárias para Núcleo de 4 luminárias
Estrada Costa Gama	IP-B3 para IP-B1	IP-B3 para IP-B4	IP-B3 para IP-B4
Rua Alberto Hoffman	IP-B2 para IP-B4	-	IP-B2 para IP-B4
Rua Ariovaldo Pinheiro	-	-	IP-B3 para IP-B1
Rua Coronel André Belo	-	IP-B1 para IP-B3	-
Rua Dona Margarida	-	IP-B1 para IP-B4	-
Rua Dona Otília	-	-	IP-B3 para IP-B1
Rua Dorival Castilho Machado	-	-	IP-B7 para IP-B3
Rua Primeiro de Março	-	IP-B3 para IP-B1	-
Rua Professor Cristiano Fisher	IP-B1 para IP-B4	IP-B1 para IP-B4	IP-B1 para IP-B4

A tabela a seguir apresenta os resultados consolidados relacionando cada fornecedor com o percentual de adequação estrutural para cada braço projetado.

Relatório de Engenharia

Tabela 14 – Resultados consolidados de alteração estrutural por fornecedor para a amostra

Fornecedor	IP-B1	IP-B3	IP-B4	Núcleo de 4 luminárias	Total
Fornecedor L1	4,5%	0%	8,9%	3,0%	16,4%
Fornecedor L2	3,0%	1,5%	10,4%	4,5%	19,4%
Fornecedor L3	6,0%	1,5%	8,9%	3,0%	19,4%

As adequações estruturais necessárias para atendimento dos requisitos normativos da ABNT NBR 5101 assim como as proposições de luminárias apresentadas na seção 3.1.2.3 serão extrapoladas nas seções seguintes. A partir dessa extrapolação, é possível quantificar o percentual de adequação para cada fornecedor em concomitância ao percentual de efficientização.

Adicionalmente às adequações estruturais, consideraram-se ajustes na inclinação das luminárias LED propostas por meio de mecanismos de regulação no suporte das luminárias. Conforme exigido na norma ABNT NBR 5101, a inclinação não deve ser superior à 10° em relação ao nível da via. Esses ajustes não resultaram em maiores investimentos em virtude de as luminárias modernizadas apresentarem a possibilidade de ajuste de ângulo em seu suporte e em razão de peças para ajuste angular apresentarem custo marginal frente ao valor da luminária.

3.1.2.6 Resultados dos projetos luminotécnicos propostos pela amostra

Por meio dos resultados obtidos nas simulações dos logradouros da amostra, calcula-se a eficiência energética da modernização do parque de iluminação pública a partir da tecnologia LED para cada um dos fornecedores consultados. Ressalta-se que o cálculo da eficiência energética leva em consideração as perdas com os reatores necessários para o funcionamento das lâmpadas de descarga de alta intensidade, vapor de sódio e vapor metálico. Dessa forma, são apresentados os valores das perdas nos reatores das luminárias aferidas pela amostra na tabela a seguir, com o intuito de embasar o cálculo da eficiência energética obtida.

Relatório de Engenharia

Tabela 15 – Relação entre as tecnologias aferidas pela amostra e a perda no reator

Tecnologia	Potência [W]	Perda no reator [W]
Vapor de Sódio	100	14
	150	18
	250	24
	400	32
	70	12
LED	100	0
	150	0
	210	0
	300	0

Com base na tabela anterior, é possível calcular a eficiência energética considerando-se a equação a seguir.

$$\eta_E = \frac{\sum(P_{\text{PROPOSTA}})}{\sum(P_{\text{ATUAL}} + P_{\text{REATOR}})} \cdot 100\%$$

Sendo:

- η_E a eficiência energética total após a modernização proposta [%];
- P_{PROPOSTA} a potência elétrica proposta para a modernização de cada logradouro [W];
- P_{ATUAL} a potência elétrica atual da luminária em cada logradouro [W];
- P_{REATOR} a perda de energia no reator, de acordo com a potência da luminária e com a tabela anterior [W].

Os resultados para a eficiência energética de cada um dos fornecedores para modernização dos pontos de iluminação pública instalados em vias de veículos e pedestres são apresentados na tabela a seguir, bem como o respectivo atendimento à ABNT NBR 5101.

Tabela 16 – Resultados da modernização da amostra para tecnologia LED

Redução média de carga				
	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3	Média
Eficiência Energética	41,07%	37,51%	44,08%	40,89%
Atendimento à NBR 5101	94,0%	95,5%	97,0%	-

Relatório de Engenharia

Observa-se pelos resultados apresentados na tabela anterior que nenhum fornecedor individualmente foi capaz de atender em 100% dos casos os critérios expressos na NBR 5101. Entretanto, quando associados foi possível propor estrutura de iluminação pública capaz de atender à ABNT NBR 5101 em 100% dos casos. Dessa forma, na situação onde determinado fornecedor não foi capaz de atender à norma, optou-se em utilizar a luminária mais eficiente dentre os fornecedores que cumprem com os requisitos normativos. Por meio dessa associação, obtiveram-se os resultados apresentados na tabela a seguir.

Tabela 17 – Resultados da modernização da amostra para tecnologia LED por meio de associação dos três fornecedores

Redução média de carga				
	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3	Média
Eficiência Energética	41,17%	38,12%	44,18%	41,16%
Atendimento à NBR 5101	100%	100%	100%	-
Relação de associação com outro fornecedor	1,5% com L2 4,5% com L3	4,5% com L3	1,5% com L1 1,5% com L2	-

3.1.2.7 Plantas esquemáticas

Com o objetivo de exemplificar as simulações, foram desenvolvidas plantas esquemáticas de tipologias típicas de montagem com base em logradouros amostrados, sendo esses apresentados na tabela a seguir. As plantas contemplam as comparações entre o cenário atual e a modernização proposta para vias de cada uma das classificações viárias, conforme descritas pelas próximas tabelas, bem como apresentadas pelas figuras a seguir.

Tabela 18 – Tipologias típicas escolhidas para criação de plantas esquemáticas para vias de veículos

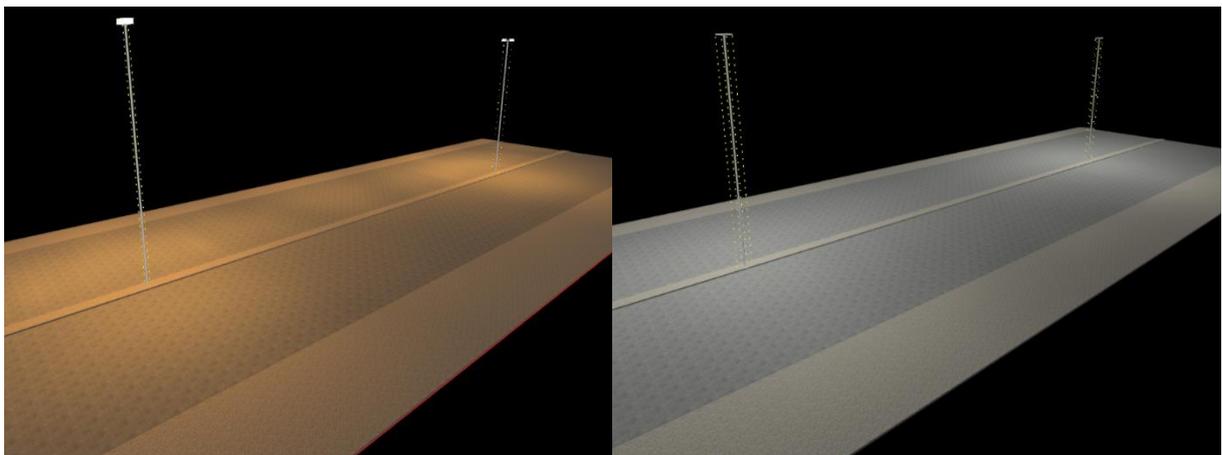
Logradouro	Classificação Viária
Avenida Assis Brasil	V1
Estrada Costa Gama	V2
Rua Garibaldi	V3
Rua Tomas Flores	V4
Rua Ariovaldo Pinheiro	V5

Relatório de Engenharia

Tabela 19 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Avenida Assis Brasil (V1)

Classe de Iluminação V1 - Avenida Assis Brasil			
Atual		Modernizado	
Schröder	Ametista 3 VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
Em exigida [lux]	30	Em exigida [lux]	30
Em simulada [lux]	15	Em simulada [lux]	34
U exigida	0,40	U exigida	0,40
U simulada	0,22	U simulada	0,46
ϕ_L [lm]	32.200	ϕ_L [lm]	32.040
P [W]	400	P [W]	249
Tipologia de braço	Nuc. 2 lum.	Tipologia de braço	Nuc. 2 lum.
Largura da Via [m]	25	Altura da Luminária [m]	15
Número de faixas	8	Projeção do braço [m]	0,5
Canteiro Central [m]	1	Distância poste-via [m]	0,5
Distância entre postes [m]	48,5	Inclinação da luminária	0°
Tipo Posteação	Canteiro Central		

Figura 2 – Planta esquemática Avenida Assis Brasil (V1)



(a) Cenário Atual

(b) Cenário Modernizado

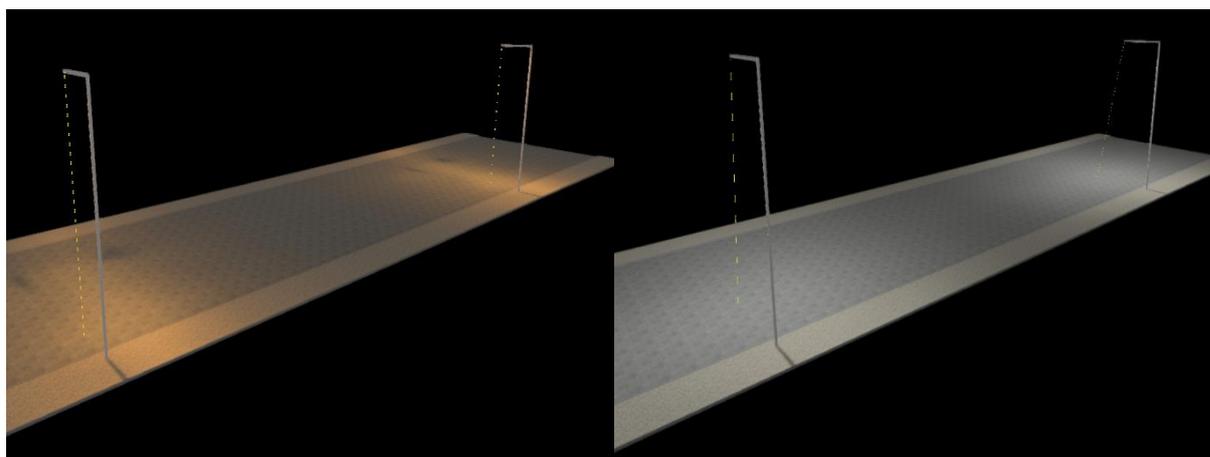
Tabela 20 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Estrada Costa Gama (V2)

Classe de Iluminação V2 - Estrada Costa da Gama			
Atual		Modernizado	
Schröder	ALPHA VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
Em [lux]	15	Em [lux]	21
U	0,12	U	0,35
ϕ_L [lm]	10.000	ϕ_L [lm]	18.300

Relatório de Engenharia

Classe de Iluminação V2 - Estrada Costa da Gama			
Atual		Modernizado	
Schröder	ALPHA VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
P [W]	100	P [W]	142
Tipologia de braço	IP-B3	Tipologia de braço	IP-B3
Largura da Via [m]	12,8	Altura da Luminária [m]	7,7
Número de faixas	3	Projeção do braço [m]	2,3
Canteiro Central [m]	0	Distância poste-via [m]	0,3
Distância entre postes [m]	33	Inclinação da luminária	0°
Tipo Posteação	Unilateral		

Figura 3 – Planta esquemática Estrada Costa Gama (V2)



(a) Cenário Atual

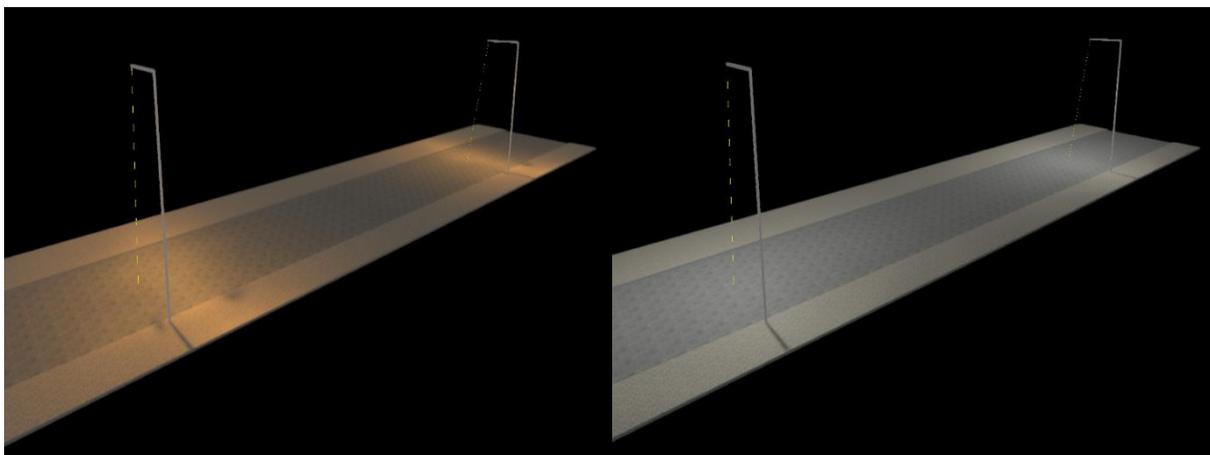
(b) Cenário Modernizado

Tabela 21 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Garibaldi (V3)

Classe de Iluminação V3 - Rua Garibaldi			
Atual		Modernizado	
Schröder	Ametista 3 VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
Em [lux]	11	Em [lux]	16
U	0,05	U	0,40
ϕ_L [lm]	14.000	ϕ_L [lm]	13.800
P [W]	150	P [W]	108
Tipologia de braço	IP-B1	Tipologia de braço	IP-B1
Largura da Via [m]	8	Altura da Luminária [m]	8,3
Número de faixas	3	Projeção do braço [m]	3
Canteiro Central [m]	0	Distância poste-via [m]	0,3
Distância entre postes [m]	34	Inclinação da luminária	10°
Tipo Posteação	Unilateral		

Relatório de Engenharia

Figura 4 – Planta esquemática Rua Garibaldi (V3)



(a) Cenário Atual

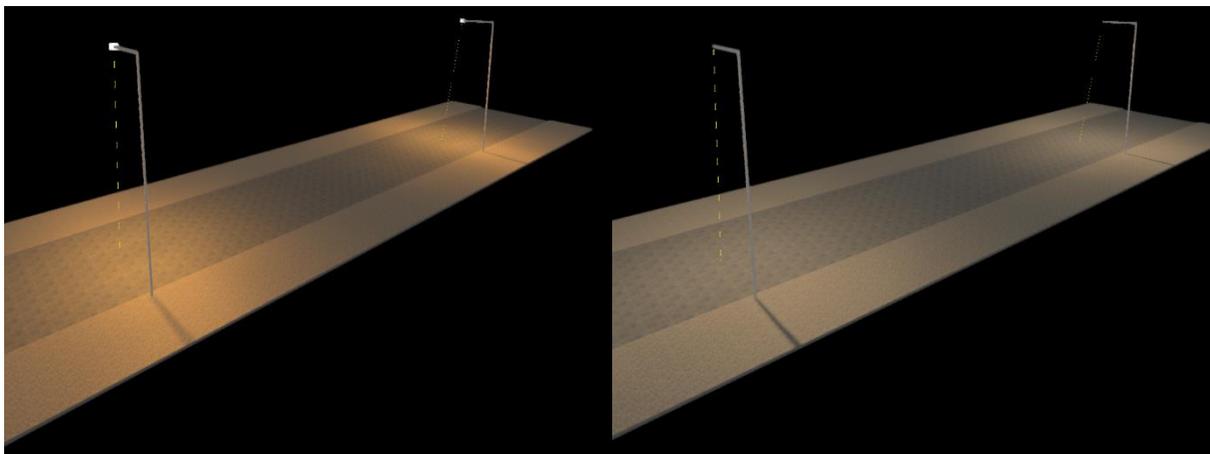
(b) Cenário Modernizado

Tabela 22 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Tomas Flores (V4)

Classe de Iluminação V4 - Rua Tomas Flores			
Atual		Modernizado	
Schröder	ALPHA VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
Em [lux]	13	Em [lux]	11
U	0,09	U	0,42
ϕ_L [lm]	17.500	ϕ_L [lm]	9.100
P [W]	150	P [W]	71
Tipologia de braço	IP-B1	Tipologia de braço	IP-B1
Largura da Via [m]	8,6	Altura da Luminária [m]	8,3
Número de faixas	2	Projeção do braço [m]	3
Canteiro Central [m]	0	Distância poste-via [m]	0,3
Distância entre postes [m]	33	Inclinação da luminária	10°
Tipo Posteação	Unilateral		

Relatório de Engenharia

Figura 5 – Planta esquemática Rua Tomas Flores (V4)



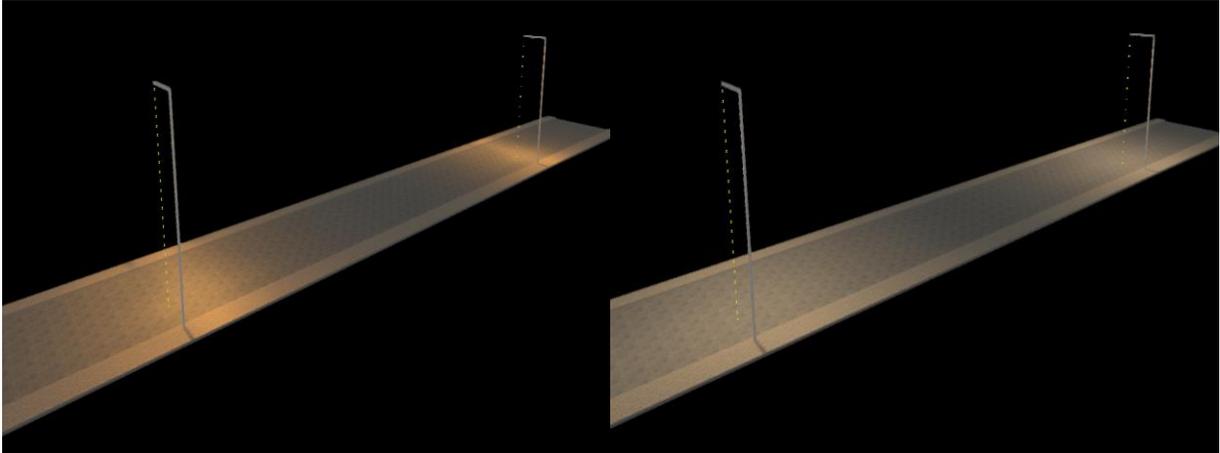
(a) Cenário Atual

(b) Cenário Modernizado

Tabela 23 – Tipologia do logradouro e proposta de modernização para Rua Ariovaldo Pinheiro (V5)

Classe de Iluminação V5 - Rua Ariovaldo Pinheiro			
Atual		Modernizado	
Schröder	ALPHA VP VS	Fornecedor L3	Modelo L3
Em [lux]	11	Em [lux]	11
U	0,08	U	0,34
ϕ_L [lm]	14.000	ϕ_L [lm]	9.100
P [W]	150	P [W]	71
Tipologia de braço	IP-B3	Tipologia de braço	IP-B3
Largura da Via [m]	7	Altura da Luminária [m]	7,7
Número de faixas	2	Projeção do braço [m]	2,3
Canteiro Central [m]	0	Distância poste-via [m]	0,3
Distância entre postes [m]	37	Inclinação da luminária	0°
Tipo Posteação	Unilateral		

Figura 6 – Planta esquemática da Rua Ariovaldo Pinheiro (V5)



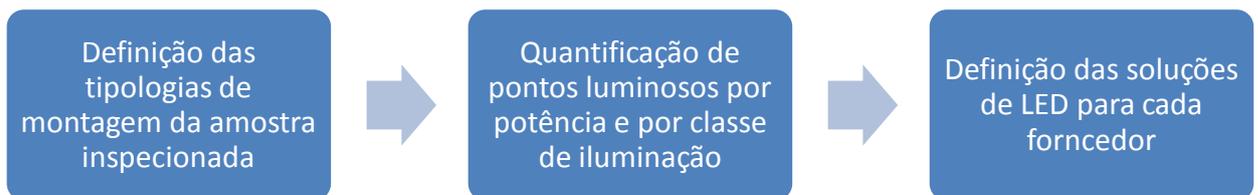
(a) Cenário Atual

(b) Cenário Modernizado

3.1.2.8 Metodologia de correlação entre inventário resumo e as tipologias de montagem

Essa seção explana sobre a metodologia de correlação entre o inventário resumo disponibilizado pela Prefeitura de Porto Alegre e a amostragem realizada da rede de iluminação pública de Porto Alegre, definida seguindo os procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 5426 (Planos de Amostragem e procedimentos na inspeção por atributos) para um lote com índice de confiabilidade acima de 95%. Na seguinte figura é apresentado o fluxograma de ações da metodologia proposta.

Figura 7 – Fluxograma da metodologia de correlação entre inventário resumo e amostra inspecionada



Inspecionou na amostra 201 pontos de iluminação pública conforme a sistemática proposta no Relatório de Diagnóstico Técnico da Rede de IP e baseada na ABNT NBR 5101, apurando 67

Relatório de Engenharia

logradouros com diferentes padrões de montagem, tais como: distância média entre postes, projeção de braço, largura de via, potência das lâmpadas e tipo de posteação. Dessa forma, com base na amostra que representa a rede de iluminação pública com nível de confiabilidade superior a 95%, define-se as tipologias de montagem típicas do parque.

Após definir as tipologias de montagem, é quantificado o percentual de representatividade das classes de iluminação (V1 a V5) para cada potência das lâmpadas inspecionadas. A tabela a seguir apresenta os percentuais de representatividade das classes de iluminação para cada potência, determinados segundo características dos pontos amostrados.

Tabela 24 – Percentual representativo das classes de iluminação para as luminárias inspecionadas

Potência da Lâmpada Atual	Representatividade por Classe de Iluminação do Parque Atual		
	[W]	%	Classe
70		100%	V5
100		11,76%	V2
		17,65%	V3
		17,65%	V4
		52,94%	V5
150		3,23%	V1
		12,90%	V2
		12,90%	V3
		25,81%	V4
		45,16%	V5
210		100%	V1
250		66,67%	V1
		22,22%	V2
		11,11%	V3
400		100%	V1

Após definida as tipologias de montagem típicas e a representatividade percentual das classes de iluminação por potência, o próximo passo consiste em determinar as potências das luminárias LED para cada um dos fornecedores consultados.

Relatório de Engenharia

A definição das potências e dos fluxos luminosos das luminárias para modernização do parque fundamenta-se nas simulações realizadas no *software* DIALux, conforme apresentado na seção 3.1.2.5. Nessas simulações, procura-se encontrar a solução de iluminação mais eficiente para cada fornecedor de modo a garantir o atendimento aos critérios normativos da NBR 5101.

3.1.2.9 Resultados da correlação entre amostra e inventário resumo

Os resultados da correlação entre os pontos de iluminação da amostra e do inventário resumo para cada solução de LED dos fornecedores estão consolidados na tabela a seguir informando o percentual de atendimento à NBR 5101, o percentual de eficiência energética e o aumento do número de pontos o qual foi necessário para atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 5101.

Com o intuito de definir o total de braços de iluminação necessários para aquisição, utilizou-se a metodologia apresentada na seção 3.1.2.5. Dessa forma, pode-se estimar o quantitativo de pontos com necessidade de adequação, considerando como Braços Antigos aqueles atualmente instalados e em condições de reutilização, bem como Braços Novos aqueles que são previstos pelo projeto luminotécnico. Portanto, a partir da diferença entre os Braços Antigos e os Braços Novos, tem-se a totalidade de aquisição (caso o saldo seja maior que zero) ou armazenamento de braços (caso o saldo seja menor que zero). As tabelas a seguir apresentam os resultados para adequação estrutural dos braços de iluminação para cada fornecedor, divididas pelos tipos de braços.

Tabela 25 – Eficiência Energética da Correlação entre Amostra e Inventário

Parâmetro	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
Eficiência Energética	43,23%	41,52%	44,04%
Aumento do Nº de Pontos	1.596	1.634	1.090

Tabela 26 – Adequação de braços para o Fornecedor L1

Adequação de Braços - Fornecedor L1				
Braço	IP-B1	IP-B2	IP-B3	IP-B4

Relatório de Engenharia

Braços Antigos	2.252	3.280	5.358	0
Braços Novos	4.622	0	0	6.268
Aquisição de braços (Saldo > 0)	2.370	-3.280	-5.358	6.268

Tabela 27 – Adequação de braços para o Fornecedor L2

Adequação de Braços - Fornecedor L2				
Braço	IP-B1	IP-B2	IP-B3	IP-B4
Braços Antigos	4.308	1.224	6.386	0
Braços Novos	2.126	0	1.028	8.764
Aquisição de braços (Saldo > 0)	-2.182	-1.224	-5.358	8.764

Tabela 28 – Adequação de braços para o Fornecedor L3

Adequação de Braços - Fornecedor L3					
Braço	IP-B1	IP-B2	IP-B3	IP-B4	IP-B7
Braços Antigos	2.252	3.280	7.414	0	1763
Braços Novos	4.182	0	1.763	8.764	0
Aquisição de braços (Saldo > 0)	1930	-3.280	-5.651	8.764	-1763

3.1.2.10 Diretrizes gerais para processo de modernização do parque de iluminação pública

A modernização dos pontos de iluminação pública de Porto Alegre, além de seguir as especificações técnicas dispostas na seção 3.1.2.1, devem respeitar as seguintes diretrizes:

- Desenvolver projeto luminotécnico para cada ponto de iluminação pública, por meio de *softwares* específicos, como DIALux e RELUX. Nos projetos devem ser considerados os requisitos mínimos expressos na norma ABNT NBR 5101 para cada tipo de logradouro, contendo:
 - Classificação das vias veículos e de pedestres em consonância com a norma técnica ABNT NBR 5101;
 - As tecnologias/sistemas a serem implantadas para efficientização e as características técnicas dos equipamentos a serem utilizados;
 - O potencial de redução de consumo de energia elétrica dos pontos de Iluminação Pública a serem modernizados com a implantação das tecnologias selecionadas;

Relatório de Engenharia

- Parâmetros físicos de montagem da rede de iluminação pública: largura de via, quantidade e largura das faixas de rolagem, distância entre postes, recuo do poste em relação à calçada, altura de montagem da luminária, tipo de braço, altura do poste e grau de inclinação da luminária;
- Fator de manutenção: depreciação gradual do fluxo luminoso em função de acúmulo de sujeira na luminária e de sua vida útil;
- Parâmetros fotômetros/luminotécnicos: índice de reprodução de cor, temperatura de cor correlata, tipo de distribuição transversal e longitudinal do fluxo luminoso.
- Atender aos requisitos normativos da NBR 5181 para iluminação de túneis e passagens inferiores;
- Atender as diretrizes, especificações e procedimentos constantes no Plano Diretor de Iluminação Pública do Município de Porto Alegre, bem como os padrões e recomendações da Divisão de Iluminação Pública (DIP) e as normas da CEEE.
- Os braços novos devem ser adquiridos segundo as seguintes características e especificações técnicas expressas a seguir, bem como os padrões e recomendações da DIP apresentadas no ANEXO II;
 - Revestimento de zinco com no máximo 0,01% de alumínio;
 - Zincagem deve ser executada por imersão à quente, conforme ABNT NBR 6323;
 - Os materiais dos braços de iluminação pública devem respeitar a classificação do aço segundo as normas SAE 1010/1020 (*Society of Automotive Engineers – EUA*) para o aço-carbono simples.
- Os braços que serão reaproveitados deverão apresentar laudo técnico que ateste suas condições mecânicas para reutilização conforme norma correspondente e as exigências dispostas nas especificações técnicas da Divisão de Iluminação Pública (DIP) de Porto Alegre;
- Instalação das luminárias LED com terra conectado ao neutro da rede de distribuição de energia elétrica para fins de aterramento, respeitando as normas e padrões da CEEE bem como as disposições da ABNT NBR 5410.

Relatório de Engenharia

- Os projetos luminotécnicos a serem desenvolvidos para modernização da rede de iluminação pública de Porto Alegre cumprindo aos critérios normativos expressos na ABNT NBR 5101 para vias de pedestres devem considerar iluminação adequada em travessias de pedestres situadas nos logradouros fora de esquinas conforme disposições e recomendações constantes na ABNT NBR 5101, onde se destacam requisitos luminotécnicos de iluminância média mínima na horizontal e na vertical além de sugerir nas proximidades temperatura de cor correlata diferente da definida para via de veículos;

3.1.3 Projetos de iluminação pública para ciclovias e ciclofaixas

Ciclovias são pistas destinadas à circulação de bicicletas, separada fisicamente do tráfego comum, sendo proibida a circulação de carros, motos e pedestres, onde o ciclista pode transitar com tranquilidade e segurança. Ciclofaixas são parte da pista de rolamento, separada por faixa e delimitada por sinalização específica, destinada à circulação exclusiva de bicicletas.

A iluminação em ciclovias e ciclofaixas visa a redução de acidentes e deve permitir a visibilidade na mudança dos trajetos, no limite das vias, na superfície das pistas para percepção de obstáculos fixos, de buracos e de rachaduras, na posição e velocidade dos usuários, e na existência de cruzamentos com as vias que conduzem outro tipo de tráfego.

Conforme apresentado na seção 2.1, o município de Porto Alegre conta, até o presente momento, com 40 ciclovias implantadas e 14 em estágio de implantação. A extensão atual de ciclovias implantadas é de aproximadamente 48 km dos quais 19% (9,1 km) apresentam iluminação dedicada enquanto 81% apresentam iluminação compartilhada com as vias de veículos e de pedestres. Estima-se, conforme o “Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública”, o quantitativo de 263 pontos de iluminação pública com solução de vapor metálico de 150 W instalados em 9,1 km de iluminação dedicada.

Relatório de Engenharia

Considerando a eficácia luminosa das luminárias de vapor metálico em 60 lm/W¹¹, a luminária LED a ser definida para instalação em ciclovias e ciclofaixas deve ser capaz, portanto, de emitir fluxo luminoso de 9.000 lúmens.

A tabela a seguir apresenta as luminárias de cada um dos fornecedores suficientes em atender essa demanda de fluxo luminoso para ciclovias e ciclofaixas.

Tabela 29 – Modernização dos pontos de iluminação pública em ciclovias e ciclofaixas

Estrutura atual em ciclovias e ciclofaixas				Modernização		
Luminária	Reator	Fluxo luminoso [lm]	Quantitativo	Fornecedor L1 [W]	Fornecedor L2 [W]	Fornecedor L3 [W]
Vapor Metálico 150 W	18 W	9.000	263	94	100	71

A eficiência média da modernização de 100% dos pontos de iluminação pública destinados à ciclovias e ciclofaixas, considerando a média da eficiência alcançada pelos três fornecedores, corresponde a 47,42%.

3.1.3.1 Diretrizes gerais para modernização das ciclovias e ciclofaixas

A modernização dos pontos de iluminação pública de Porto Alegre instalados para ciclovias e ciclofaixas devem seguir as mesmas diretrizes estabelecidas na seção com 3.1.2.10 com adendo dos projetos luminotécnicos para as ciclovias respeitarem as exigências de iluminância média e uniformidade global conforme critérios apresentados na Tabela 5.

3.1.3.2 Especificações técnicas

As especificações técnicas para a modernização da iluminação para as ciclovias e ciclofaixas são as mesmas apresentadas na seção 3.1.2.1 com exceção da temperatura de cor correlata (TCC) máxima permitida de 4.500 K.

¹¹ Eficiência luminosa de lâmpadas de descarga de alta intensidade da OSRAM (68 lm/W) considerando perda 8 lm de fluxo luminoso em virtude da dispersão difusa da luz.

Relatório de Engenharia

3.1.4 Projetos de iluminação pública para praças e parques

Nas cidades, praças e parques promovem o lazer, recreação e o convívio entre as pessoas. Dessa forma, uma atenção especial deve ser dada na elaboração de projetos de iluminação destes espaços públicos, no sentido de torná-los seguros e convidativos à comunidade.

Algumas praças e parques, em função de sua concepção arquitetônica, apresentam áreas distintas de utilização como jardins, brinquedos, jogos de mesa, quadras, etc. Nestes casos podem ser aplicados critérios de projetos diferenciados para cada espaço.

A iluminação de escadas e rampas para acesso dos pedestres devem ser ponto de atenção e considerados na locação dos postes de forma que estas mudanças de nível sejam bem visíveis.

3.1.4.1 Quantitativo de pontos de iluminação pública em praças, parques e campos de futebol

A definição do quantitativo de pontos de iluminação pública em praças e parques considerou as seguintes premissas, baseadas nas informações disponibilizadas pela Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre:

- 11.915 como total de pontos de iluminação pública com solução de vapor metálico instalados no município de Porto Alegre;
- Dos pontos supracitados, 10.784 encontram-se instalados em praças e parques, uma vez que se consideram os pontos com solução de vapor metálico destinados à diferentes tipos de iluminação a seguir:
 - 263 pontos com lâmpadas de 150 W instaladas em ciclovias/ciclofaixas;
 - 582 pontos com lâmpadas de 400 W instaladas em campos de futebol;
 - 286 pontos destinados à iluminação de destaque existente:
 - 40 pontos com lâmpadas de 70 W instaladas na Orla no Guaíba;
 - 20 pontos com lâmpadas de 70 W, bem como 196 pontos de 150 W instalados na Usina do Gasômetro;
 - 7 pontos com lâmpadas de 150 W instalados no Monumento do Laçador;
 - 5 pontos com lâmpadas de 70 W, bem como 2 pontos de 150 W, instalados no Monumento Bento Gonçalves;

Relatório de Engenharia

- 3 pontos com lâmpadas de 70 W, bem como 13 pontos de 150 W, instalados na Ponte de Pedra.
- 41 pontos de iluminação pública com tecnologia de vapor de sódio (37 pontos com potência de 250 W e 4 com potência de 400 W) foram instaladas em praças e parques pelos planos Praça Lote 2 (2013), Praça Lote 3 (2013) e Praças Lote 4 (2014);
- 38 pontos de 210 W e 36 pontos de 300 W com solução LED instalados no Parque Farroupilha, além de 13 projetores LED de 80 W;
- 36 pontos de Iluminação com solução LED de 300 W instalados no Parque ENCOL;
- 132 pontos de Iluminação com solução LED de 300 W instalados no Parque Moinhos de Vento;
- Instalações com solução de tecnologia LED localizadas na Orla do Guaíba:
 - 24 luminárias de 210 W;
 - 12 luminárias de 300 W;
 - 91 luminárias decorativas de 40 W;
 - 329 projetores de 100 W;
 - 60 de projetores de 200 W.

No quantitativo de pontos de iluminação pública instalados em praças e parques apresentam-se 3.437 luminárias do tipo decorativas cuja distribuição por tecnologia de iluminação corresponde a 3.346 de vapor metálico consideradas com potência de 150 W e 91 de LED com potência de 40 W.

A tabela a seguir apresenta o quantitativo, tecnologia e potência dos pontos de iluminação pública instalados em praças e parques conforme premissas supracitadas.

Tabela 30 – Quantitativo de pontos de iluminação pública instalados em praças parque por tecnologia, potência e uso final

Tecnologia - Potência	Quantidade de lâmpadas	Uso final
Sódio - 250W	37	IPP
Metálico - 70W	120	IPP
Metálico Decorativa - 150W	3.346	IPP
Metálico - 150W	5.304	IPP
Metálico - 250W	1.806	IPP
Metálico - 400W	208	IPP

Relatório de Engenharia

Tecnologia - Potência	Quantidade de lâmpadas	Uso final
LED Decorativa - 40W	91	IPP
LED Projetor 80W	13	IPP
LED Projetor 100W	329	IPP
LED Projetor 200W	60	IPP
LED - 210W	62	IPP
LED - 300W	216	IPP

Os 11.592 pontos de iluminação pública estão distribuídos conforme estimativa informada pela Divisão de Iluminação Pública em 5.581 postes de iluminação pública.

3.1.4.2 Modernização dos pontos de iluminação pública em praças e parques

A modernização dos pontos instalados em praças e parques a partir da tecnologia LED é baseada em equivalência lumínica entre as tecnologias de iluminação. Calcula-se o fluxo luminoso atual com base na eficiência de 60 lm/W¹² para vapor de sódio e vapor metálico e de 100 lm/W para LED e por meio desse fluxo determina-se a luminária LED para cada um dos fornecedores. A tabela a seguir apresenta a modernização dos pontos instalados em praças e parques.

Tabela 31 – Modernização para os pontos instalados em praças e parques

Tecnologia – Potência Atual	Padrão	Potência [W]	Quantidade de Pontos	Potência Reator [W]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência - Fornecedor L1 [W]	Potência - Fornecedor L2 [W]	Potência - Fornecedor L3 [W]
Sódio - 250W	Viário	250	37	24	15.000	148	120	108
Metálico - 70W	Viário	70	120	12	4.200	38	50	36
Metálico - 150W	Decorativa	150	3.346	18	9.000	60 ¹³		
Metálico - 150W	Viário	150	5.304	18	9.000	77	80	71
Metálico - 250W	Viário	250	1806	24	15.000	148	120	108

¹² Eficiência luminosa de lâmpadas de descarga de alta intensidade da OSRAM (68 lm/W) considerando perda 8 lm de fluxo luminoso em virtude da dispersão difusa da luz.

¹³ Considerou para as luminárias decorativas HID de 150 W, modernização para luminárias decorativas de LED 60W.

Relatório de Engenharia

Tecnologia – Potência Atual	Padrão	Potência [W]	Quantidade de Pontos	Potência Reator [W]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência - Fornecedor L1 [W]	Potência - Fornecedor L2 [W]	Potência - Fornecedor L3 [W]
Metálico - 400W	Viário	400	208	32	24.000	207	240	179
LED 40W	Decorativa	40	91	0	2.400	40 ¹⁴		
LED PROJETOR 80W	Viário	80	13	0	4.800	80 ¹⁴		
LED PROJETOR 100W	Viário	100	329	0	6.000	90 ¹⁴		
LED PROJETOR 200W	Viário	200	60	0	12.000	200 ¹⁴		
LED - 210W	Viário	210	62	0	21.000	181	200	179
LED - 300W	Viário	300	216	0	30.000	265	240	249

3.1.4.3 Diretrizes técnicas para elaboração dos projetos executivos

De uma forma geral as praças, parques, calçadas e equivalentes podem ser considerados espaços públicos com predominância de pedestres. A iluminação destes espaços deve permitir no mínimo a orientação, o reconhecimento mútuo entre as pessoas, a segurança para o tráfego de pedestres e a identificação correta de obstáculos, assim como deve proporcionar, a uma distância segura, informação visual suficiente a respeito do movimento das pessoas.

Segundo estudos realizados, a distância mínima necessária para uma pessoa reconhecer qualquer sinal de hostilidade e tomar as ações evasivas apropriadas é de 4 m. A esta distância, o nível de iluminância médio mínimo necessário para reconhecimento facial é de 3 lux, sendo que sobre a superfície da via não pode haver valores inferiores a 1 lux.

Este nível de iluminância média pode variar até 40 lux, em função do tipo de utilização, característica e requisitos de segurança pública da praça ou calçada que está sendo iluminado.

¹⁴ Considerou para as luminárias LED decorativas de 40 W e projetores LED de 80 e 200 W, sua substituição para mesma potência e mesmo fluxo luminoso. No caso do LED PROJETOR 100 W, considerou-se a substituição para potência de 90 W, uma vez que foi o valor de potência orçado com a Tecnowatt (L4).

Relatório de Engenharia

Considerando a necessidade de identificação de obstáculos na superfície da via e a velocidade com que as pessoas ou eventualmente ciclistas trafegam, o fator de uniformidade deve ser $E_{MIN}/E_{MAX} \geq 1/40$.

Os projetos devem considerar a disposição dos pontos de iluminação pública de tal forma que minimizem as ações de furto e vandalismo, não obstruam o acesso dos veículos de emergência, de entrega ou de manutenção, e não compita com a arquitetura local. Nas praças ou espaços públicos de pedestres, onde os acessos e saídas possuírem escadas e rampas, a iluminação nestes pontos deve assegurar que estas mudanças de nível sejam bem visíveis aos pedestres. Sempre que necessário ao realizar a locação dos postes, estes acessos devem ser considerados prioritários.

Alguns espaços em função de sua concepção arquitetônica podem apresentar áreas distintas de utilização como jardins, brinquedos, jogos de mesa, quadras, etc. Nestes casos, podem ser aplicados critérios de projetos diferenciados para cada área, utilizando arranjos de luminárias, iluminações decorativas ou projetores.

Cabe aclarar que a concessionária possui a incumbência de desenvolver projetos luminotécnicos para o espaço público destinado para praças e parques de tal forma que nos trechos de circulação de pedestres e áreas de lazer seja atendido os níveis mínimos de iluminância média e uniformidade conforme classe de iluminação P2, recomendada para praças e parques, da ABNT 5101 apresentados na Tabela 4.

3.1.4.4 Especificações técnicas

As especificações técnicas para a modernização da iluminação para as praças e parques são as mesmas apresentadas na seção 3.1.2.1 com exceção da temperatura de cor correlata (TCC) máxima permitida de 4.500 K. Ressalta-se que a definição da TCC deverá ser apresentada e aprovada pela Prefeitura de Porto Alegre previamente a execução do serviço de modernização.

Relatório de Engenharia

3.1.5 Projetos de iluminação pública em campos de futebol

A definição do quantitativo de pontos de iluminação pública em campos de futebol considerou as informações disponibilizadas pela Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre, totalizando 582 pontos de 400 W com tecnologia de Vapor Metálico.

A modernização dos pontos instalados em campos de futebol por meio da tecnologia LED é baseada em equivalência lumínica entre as tecnologias de iluminação, da mesma forma que realizado para a modernização de praças e parques. A potência proposta para a modernização foi determinada conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 32 – Modernização para os pontos instalados em campos de futebol

Tecnologia – Potência Atual	Padrão	Potência Atual [W]	Quantidade de Pontos	Potência Reator [W]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência Proposta [W] ¹⁵
Metálico - 400W	Viário	400	582	32	24.000	200

Os 582 pontos em campos de futebol estão distribuídos conforme estimativa informada pela Divisão de Iluminação Pública em 64 postes de iluminação pública com tipologia IP-PC 15.

A eficiência média da modernização de 100% dos pontos de iluminação pública em campos de futebol corresponde a 53,70%.

3.1.6 Projetos de iluminação para túneis e níveis inferiores

O município apresenta 2 túneis concentrados na Rua da Conceição região central de Porto Alegre, esses são denominados túnel A da Conceição no sentido centro-bairro e túnel B da Conceição no sentido bairro-centro. Ambos apresentam quatro faixas de rolamento com largura de 3,50 metros e extensão aproximada de 200 e 250 m respectivamente para o túnel A e B.

¹⁵ Considerou projetor LED de 200 W com fluxo luminoso de 28.200 lm/W para substituição dos refletores com vapor metálico de 400 W. A luminária utilizada para orçamentação referencial é o projetor WAMPA da Tecnowatt (L4).

Relatório de Engenharia

Conforme se prevê na NBR 5101, a iluminação de túneis e passagens abaixo do nível é uma situação especial coberta pela ABNT NBR 5181. Portanto, a modernização dos projetores de iluminação nos túneis existentes em Porto Alegre deve seguir as diretrizes de projeto e requisitos de performance constantes na NBR 5181, bem como as luminárias LED devem seguir as especificações técnicas apresentadas na seção 3.1.2.1, contempladas com funcionamento de 24 horas.

Por ser tratar túneis com pequena extensão viária, o quantitativo de pontos existentes nesses locais é consolidado no montante total previsto em iluminação viária (seção 3.1.2) onde é previsto o investimento para modernização do parque a partir da tecnologia de LED.

Na realização do cadastro técnico da rede de iluminação pública de Porto Alegre, a concessionária deverá classificar os pontos de iluminação pública em túneis e passagens abaixo do nível em iluminação de túneis (IT) e a mesma deverá garantir que iluminação pública nesses locais atenda a NBR 5181.

3.2 Substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica do município

Tendo em vista a quantidade de bens de valor histórico no município, especialmente na área central, a manutenção da iluminação histórica torna-se importante para manutenção de suas áreas de entorno delimitadas. Desta forma, foram realizadas visitas técnicas para verificação “*in loco*” da iluminação histórica do município, inspecionando e levantando as condições técnicas, modelos das luminárias existentes, quantidade dos postes, suportes e globos em cada logradouro e ações a serem tomadas, visando a conservação do patrimônio histórico.

De acordo com a Secretaria Municipal da Cultura – SMC e a Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural – EPAHC, a iluminação histórica existente está incluída no tombamento federal através do IPHAN, tombamento estadual e municipal, e nas áreas de entorno dos bens tombados. Por ser objeto de tombamento, é imprescindível que a iluminação histórica seja recuperada tendo em vista a manutenção da visibilidade e do valor histórico dos bens de interesse do município. Sendo assim, a substituição, a restauração, a manutenção e a conservação se mostram necessárias como forma de garantir a ambiência dos bens culturais relacionados.

Relatório de Engenharia

A substituição, a restauração e a manutenção devem ser realizadas conforme os originais, mas podem ser executadas com novos materiais economicamente e tecnicamente mais acessíveis, se assim se fizer necessário, desde que o resultado estético final seja igual à iluminação histórica original ainda existente e desde que a estrutura proposta não apresente riscos de tombamento.

3.2.1 Quantitativo da iluminação histórica do município

A iluminação histórica do município é definida como ‘Combustor 2’ no inventário do parque de iluminação pública disponibilizado pela DIP em junho de 2018.” Combustor 2” é a iluminação histórica do município que apresenta diversos tipos de luminárias. Na inspeção “*in loco*” foram levantados os seguintes modelos: luminária simples (9 modelos), luminária dupla, luminária tripla, luminária quádrupla (2 modelos), archote (3 modelos), arandela, luminária tocha e luminária globo. A iluminação histórica tipo combustor 2 está localizada nos seguintes logradouros:

- Travessa dos Venezianos;
- Praça Garibaldi;
- Praça Dom Sebastião (ao lado do colégio Marista);
- Praça Otávio Rocha;
- Rua dos Andradas;
- Praça Padre Thomé;
- Praça da Alfândega (praça e entorno);
- Rua Siqueira Campos (Secretaria da Fazenda – esquina c/ Av. Sepúlveda);
- Rua General Andrade Neves (entre Av. Borges de Medeiros e Rua General Câmara);
- Rua Riachuelo (inserção de dois postes em frente a Biblioteca Pública);
- Praça Marechal Deodoro – Matriz (incluindo a inserção de postes em frente ao Palácio Piratini);
- Viaduto Otávio Rocha;
- Av. Otávio Rocha (esquina c/ Rua Vigário José Inácio);
- Praça 15 de Novembro;
- Paço Municipal – Prefeitura;

Relatório de Engenharia

- Travessa Mário Cinco Paus;
- Av. da Azenha (na ponte cruzando a Av. Ipiranga);
- Rua Doutor Salvador França (na ponte cruzando a Av. Ipiranga).

O quantitativo da iluminação histórica do município está apresentado na tabela a seguir, juntamente com a quantidade de globos existentes, em cada globo contém uma lâmpada. Na estrutura da iluminação histórica existem três casos em que um poste apresenta mais de um globo, nos modelos: (i) luminária dupla, composta por dois globos e uma estrutura de poste; (ii) luminária tripla, composta por três globos e uma estrutura de poste e (iii) luminária quádrupla, composta por quatro globos e uma estrutura de poste. Os demais modelos apresentam uma estrutura para um globo, podendo ser a estrutura um poste ou outros modelos de estrutura de suporte para sustentação do globo.

O quantitativo total é de 458 unidades de estrutura de iluminação histórica separado por modelo das luminárias existentes em cada estrutura, sendo 393 estruturas de postes e 65 de outras estruturas de suporte nos modelos de archotes, arandelas, luminária tocha e luminária globo. O quantitativo total de globos¹⁶ é de 583.

Tabela 33 – Quantitativo da iluminação histórica do município

Quantitativo da iluminação histórica do município – Combustor 2				
Modelo das luminárias	Quantidade (Postes + Estruturas)	Postes	Outras Estruturas	Globos
Luminária dupla	53	53	-	106
Luminária simples: tipo A/C - tipo B/D	211	211	-	211
Luminária simples: tipo G	3	3	-	3
Luminária simples: tipo E	6	6	-	6
Luminária simples: tipo I	20	20	-	20
Luminária simples: tipo J	73	73	-	73
Luminária simples: tipo K	5	5	-	5
Luminária tripla	8	8	-	24
Luminária quádrupla: tipo F / tipo H	14	14	-	70
Archote (3 modelos)	36	-	36	36
Arandela	24	-	24	24
Luminária tocha	4	-	4	4

¹⁶ Em cada globo dos modelos históricos existe uma lâmpada de iluminação pública.

Relatório de Engenharia

Quantitativo da iluminação histórica do município – Combustor 2				
Modelo das luminárias	Quantidade (Postes + Estruturas)	Postes	Outras Estruturas	Globos
Luminária globo	1	-	1	1
Total – Combustor 2	458	393	65	583

3.2.2 Caracterização e especificações técnicas da iluminação histórica do município

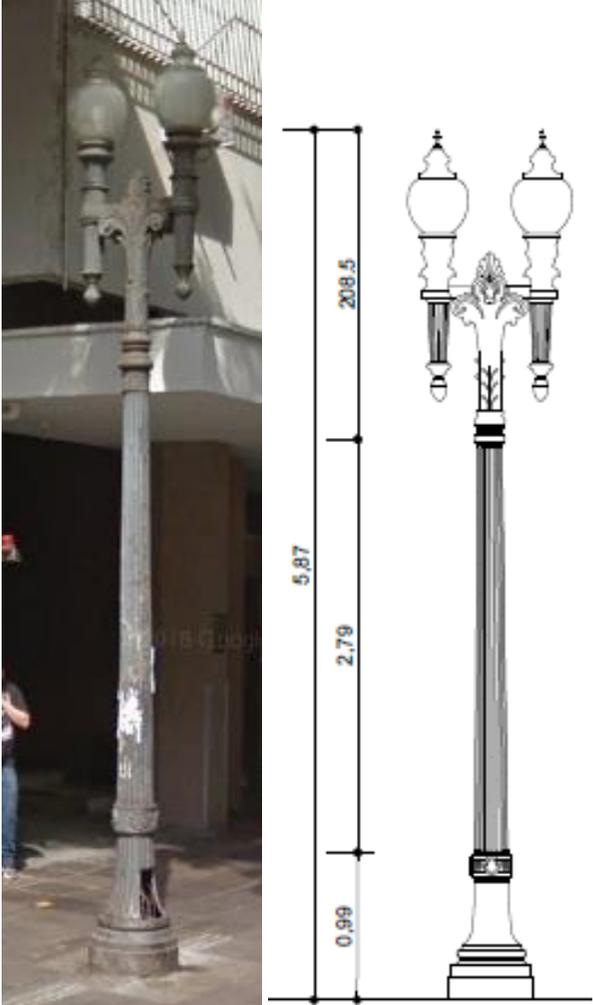
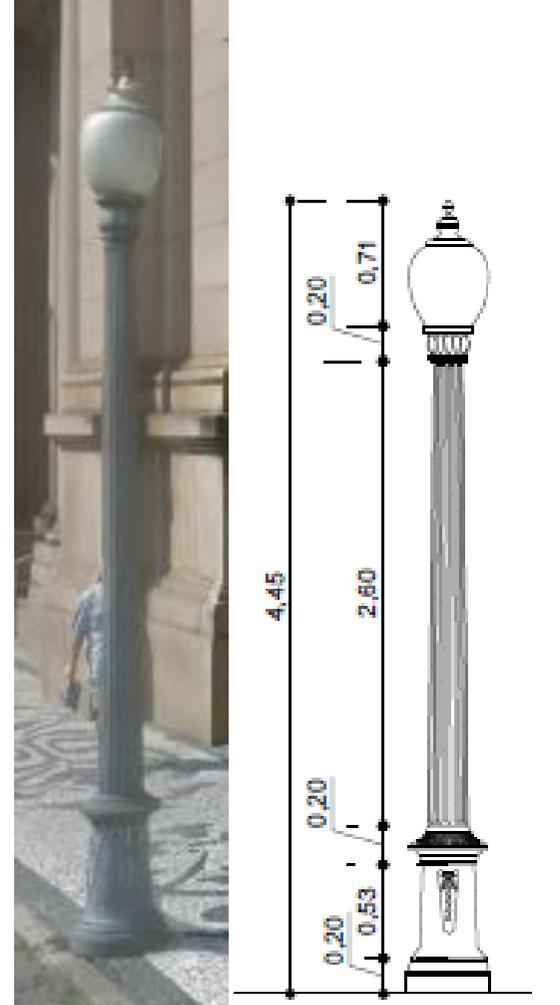
As principais iluminações históricas do município apresentam as seguintes especificações técnicas: postes e estruturas fabricados em ferro fundido; para cada poste a utilização de três chumbadores em aço galvanizado fixados em base de sapatas de fixação confeccionadas em concreto; blocos de fundação; quadro de comando com relé fotoelétrico; eletroduto em aço galvanizado; cinta de ferro galvanizado para fixação do eletroduto; abraçadeira de aço galvanizado para fixação dos archotes; caixa de passagem de concreto armado, utilizando brita e areia para drenagem, com a finalidade de inspeção dos circuitos subterrâneos; haste de aterramento; janela de inspeção para instalação dos dispositivos de proteção; globos em vidro e polietileno leitoso; tinta primer para proteção anti-corrosiva; e pintura com pistola em três demãos com tinta PU (Poliuretânica), RAL 7012¹⁷, a base de poliuretano alifático.

O parque de iluminação pública do município apresenta a seguinte caracterização da iluminação histórica:

¹⁷ Código de Cor Universal

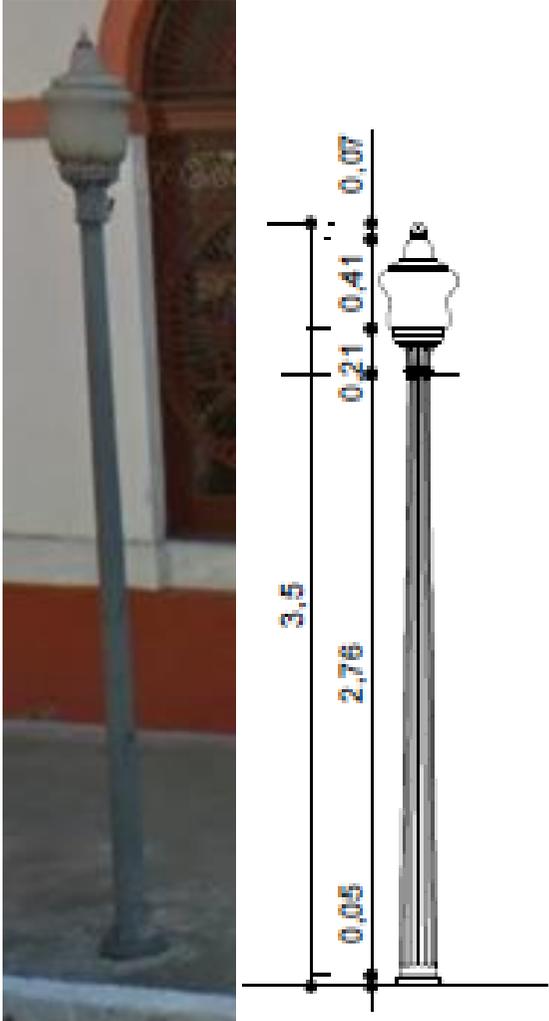
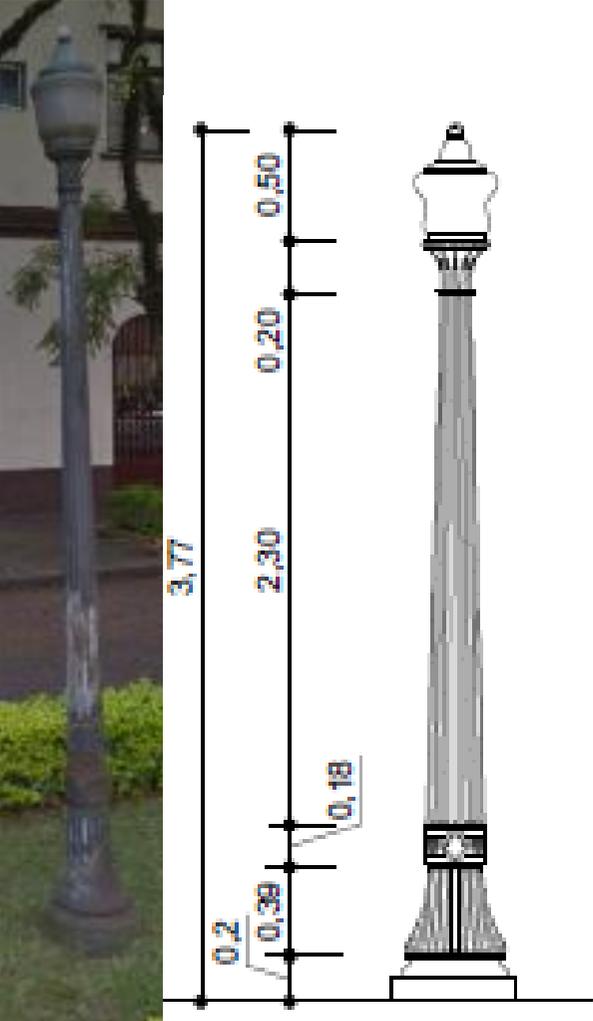
Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município

Luminária dupla	Luminária simples: tipo A	Luminária simples: tipo C
		

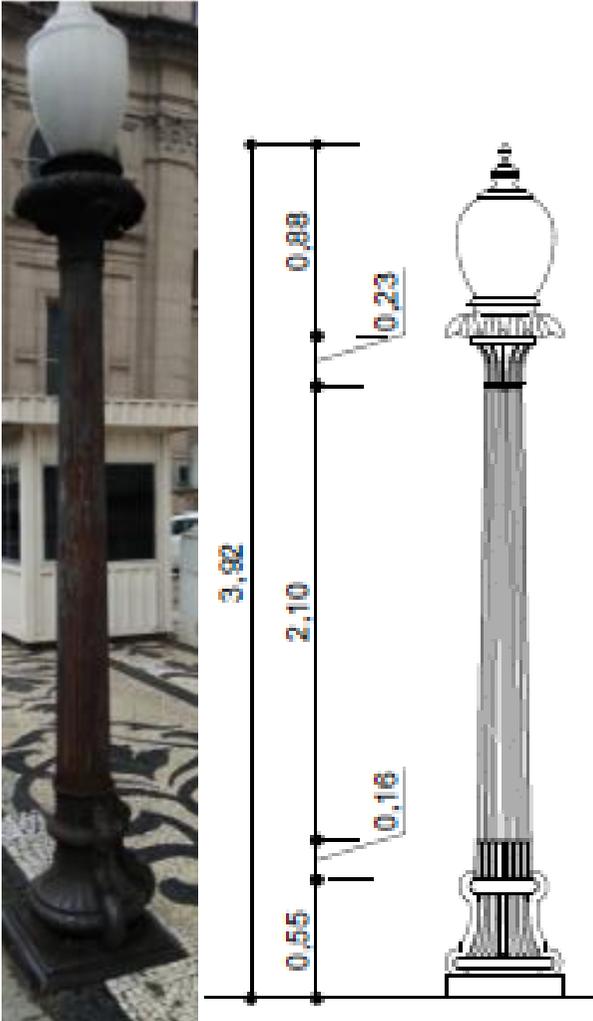
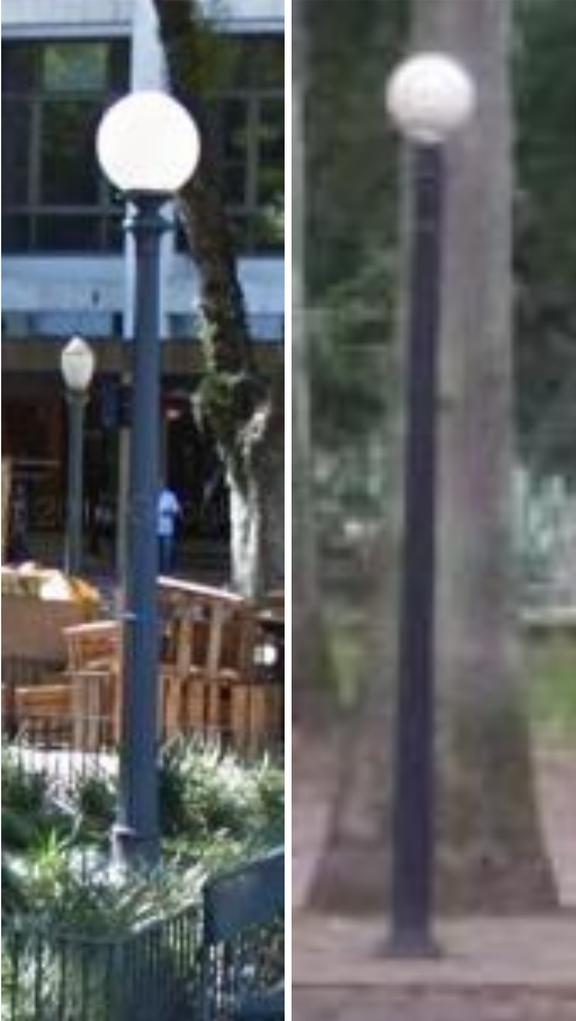
Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município

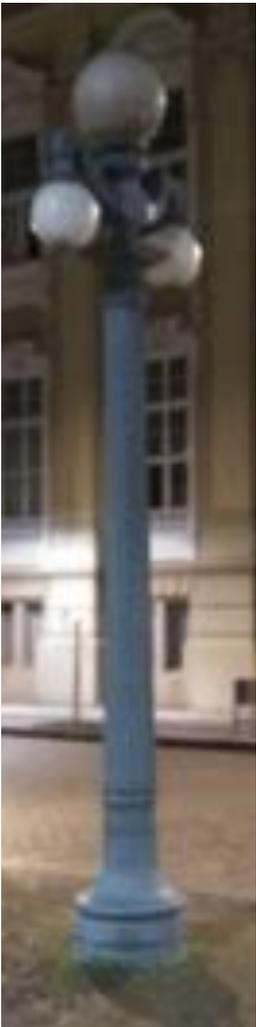
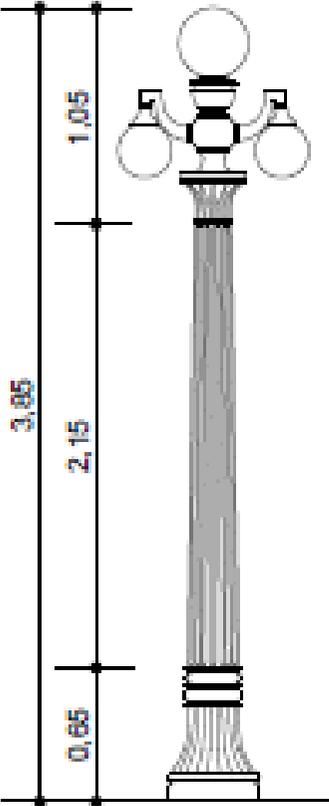
Luminária simples: tipo B	Luminária simples: tipo D	Luminária simples: tipo G
		

Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município

Luminária simples: tipo E	Luminária simples: tipo I	Luminária simples: tipo J
		

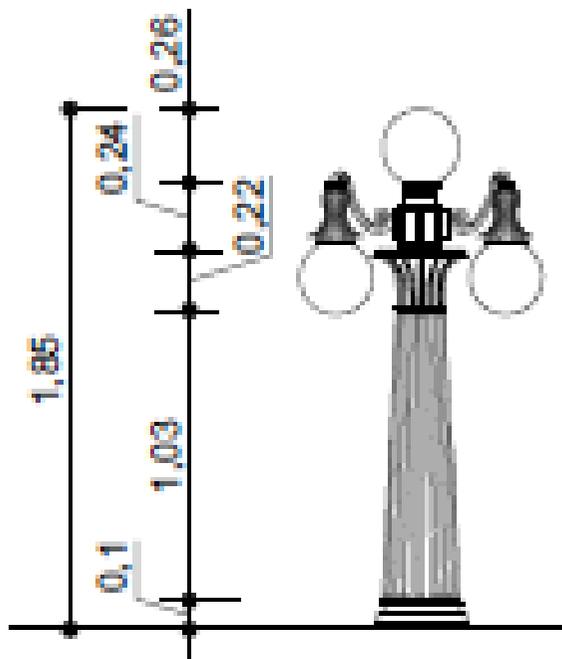
Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município		
Luminária simples: tipo K	Luminária tripla	Arandela
	 	

Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município

Luminária quádrupla: tipo F



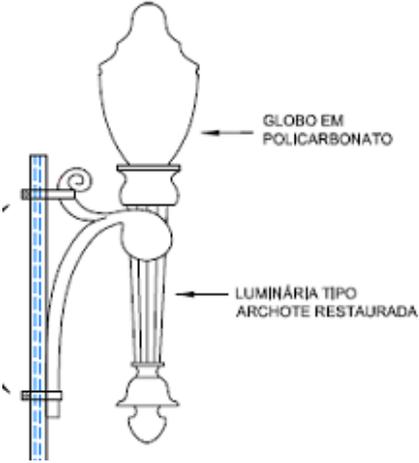
Luminária quádrupla: tipo H



Luminária tocha



Relatório de Engenharia

Caracterização da iluminação histórica do município	
Archote (3 modelos)	Luminária globo
	
	

Relatório de Engenharia

3.2.3 Quantitativo dos postes, outras estruturas de suporte e globos da iluminação histórica do município a serem substituídos, restaurados e mantidos

O quantitativo dos postes, outras estruturas de suporte e globos da iluminação histórica do município a serem substituídos, restaurados e mantidos foram levantados em inspeções “in loco”. Os 583 globos existentes deverão ser substituídos por novos globos de modelo semelhante. O quantitativo total de postes por tipo de serviço a ser realizado é de 29 substituições, 78 restaurações e 286 manutenções. E o quantitativo total de outras estruturas de suporte (archotes, arandelas, luminárias tocha, luminária globos) por tipo de serviço é de 12 restaurações e 53 manutenções. O quantitativo dos postes e outras estruturas de suporte por serviço estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 34 – Quantitativo dos serviços a serem realizados nas estruturas da iluminação histórica

Quantitativo dos serviços a serem realizados nas estruturas da iluminação histórica					
Modelo das luminárias	Postes			Outras Estruturas	
	Sub.	Rest.	Man.	Rest.	Man.
Luminária dupla	12	41	-	-	-
Luminária simples: tipo A/C - tipo B/D	10	29	172	-	-
Luminária simples: tipo G	-	3	-	-	-
Luminária simples: tipo E	4	2	-	-	-
Luminária simples: tipo I	-	3	17	-	-
Luminária simples: tipo J	3	-	70	-	-
Luminária simples: tipo K	-	-	5	-	-
Luminária tripla	-	-	8	-	-
Luminária quántupla: tipo F	-	-	10	-	-
Luminária quántupla: tipo H	-	-	4	-	-
Archote (3 modelos)	-	-	-	12	24
Arandela	-	-	-	-	24
Luminária tocha	-	-	-	-	4
Luminária globo	-	-	-	-	1
Total – Combustor 2	29	78	286	12	53

Legenda: Sub. = Substituição / Rest. = Restauração / Man. = Manutenção

O reinvestimento deve ocorrer a cada 5 anos na substituição dos globos, a cada 10 anos na manutenção dos postes e outras estruturas de suporte, e a cada 8 anos para substituição das lâmpadas LED as quais apresentam vida útil de 30.000 horas

Relatório de Engenharia

3.2.4 Modernização das lâmpadas da iluminação histórica do município

Todos os pontos da iluminação histórica devem passar por ações de modernização e efficientização, substituindo as atuais lâmpadas e reatores convencionais por lâmpadas LED com temperatura de cor entre 2.500 a 3.000 K (cores quentes – amarelas), visando a não descaracterização do ambiente histórico nos quais os pontos estão instalados.

Para tanto devem ser instalados em cada globo lâmpada LED histórica com fluxo luminoso equivalente às lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID – *High Intensity Discharge*) existentes nas estruturas de iluminação histórica do município, Vapor de Sódio de 150W e 250W. Considerando eficiência luminosa das lâmpadas HID de 60 lm/W, os LEDs para modernização devem ser capazes de proverem fluxo de 9.000 lm e 15.000 lm para respectivamente lâmpadas de vapor de sódio de 150W e 250W. Adotando a eficiência mínima exigida para lâmpadas LED segundo a Portaria Nº20 do INMETRO de 100 lm/W, as lâmpadas LED para modernização devem ter potências de 90W e 150W. Dessa forma, a efficientização a ser obtida, considerando a perda em equipamentos auxiliares de lâmpadas convencionais, com a modernização da iluminação histórica a partir da tecnologia LED é de 45,52%.

A tabela a seguir apresenta os dados para modernização da iluminação histórica do município bem como os resultados de efficientização.

Tabela 35 – Modernização dos pontos de Iluminação Histórica do Município

Tecnologia	Quantidade	Potência atual [W]	Perdas no reator [W]	Potência proposta [W]	Fluxo Luminoso [lm]
Vapor de Sódio	123	150	18	90	9.000
Vapor de Sódio	460	250	24	150	15.000

A eficiência média da modernização de 100% dos pontos de iluminação pública em bens históricos corresponde a 45,42%.

Relatório de Engenharia

3.2.5 Diretrizes para execução dos serviços de substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica do município

Os serviços de substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica devem priorizar as áreas do município com maiores indícios de má conservação da iluminação histórica e de grande movimentação de pedestres e veículos na via. Cita-se como exemplo a estrutura de iluminação histórica na Avenida dos Andradas que carece de imediata ação de substituição, restauração e manutenção.

Os serviços de substituição, restauração e manutenção devem garantir a uniformidade estética dos materiais utilizados nos postes, outras estruturas de suporte e globos, ou seja, no mesmo local deve ser garantido que o serviço de substituição, restauro e manutenção tenha um padrão de material a ser instalado.

As especificações dos critérios mínimos a serem contemplados nos serviços de substituição, restauração e manutenção da iluminação histórica dos postes, outras estruturas de suporte e globos, são:

- Retirada e transporte das bases dos postes e outras estruturas de suporte existentes;
- As bases dos postes e outras estruturas de suporte podem ser retiradas para restauração ou restauradas no próprio local onde estão instaladas, desde que aprovada pela Prefeitura e assegurada a qualidade dos serviços de restauro e instalação. No caso de retirada das bases, é responsabilidade da Contratada a execução dos blocos de fundação apropriados, bem como o reparo de qualquer avaria que venha a surgir em função da instalação;
- Instalação/reinstalação dos postes, outras estruturas de suporte e globos nos locais originais, incluindo toda a instalação elétrica abrangendo a caixa no piso, caso avalie que o circuito elétrico existente necessite de uma reforma sua substituição será necessária;
- Os postes, outras estruturas de suporte, globos e demais componentes metálicos que não devam sofrer condução de corrente elétrica, devem ser aterrados nas caixas de passagem;

Relatório de Engenharia

- Todas as instalações elétricas, serviços e materiais a serem utilizados devem obedecer às disposições, regulamentos e padronizações da CEEE, DIP/SMSURB, NBR 5410, NBR 6323, NBR 6123, NBR 14744 (postes metálicos), NR-10, NR-12, NR-35 e demais normas vigentes.

Restauração:

- Retirada e transporte das bases dos postes e outras estruturas de suporte existentes;
- Desmontagem dos globos, postes e outras estruturas de suporte com inventário e análise das respectivas peças;
- Substituição e limpeza dos globos;
- Jateamento com granalha para remoção de ferrugem, tinta e demais resíduos;
- Lixamento das peças que compõem os globos, postes e outras estruturas de suporte;
- Aplicação de tinta primer para proteção anti-corrosiva;
- Reparos nas partes danificadas, solda, usinagem e chapeações, conforme necessidade de cada peça;
- Confeção de peças faltantes ou de peças com avançado estado de corrosão que impossibilite sua restauração, bem como sistemas de fixação que estejam danificados;
- As novas peças devem ter qualidade e proporção semelhantes aos originais;
- Montagem total das luminárias, incluindo componentes elétricos, postes, outras estruturas de suporte, globos e conjunto LED;
- Pintura com pistola, em três demãos com tinta PU (Poliuretânica), RAL 7012, a base de poliuretano alifático;)
- As bases dos postes e outras estruturas de suporte podem ser retiradas para restauração ou restauradas no próprio local onde estão instaladas, desde que aprovada pela Prefeitura e assegurada a qualidade dos serviços de restauro e instalação. No caso de retirada das bases, é responsabilidade da Contratada a execução dos blocos de fundação apropriados, bem como o reparo de qualquer avaria que venha a surgir em função da instalação;
- Instalação/reinstalação dos postes, outras estruturas de suporte e globos nos locais originais, incluindo toda a instalação elétrica abrangendo a caixa no piso, caso avalie

Relatório de Engenharia

que o circuito elétrico existente necessite de uma reforma sua substituição será necessária;

- Os postes, outras estruturas de suporte, globos e demais componentes metálicos que não devam sofrer condução de corrente elétrica, devem ser aterrados nas caixas de passagem;
- Todas as instalações elétricas, serviços e materiais a serem utilizados devem obedecer às disposições, regulamentos e padronizações da CEEE, DIP/SMOV, NBR 5410, NBR 6323, NBR 6123, NBR 14744 (postes metálicos), NR-10, NR-12, NR-35 e demais normas vigentes.

Manutenção:

- Desmontagem dos globos e outras estruturas de suporte com inventário e análise das respectivas peças;
- Limpeza dos globos;
- Jateamento com granalha para remoção de ferrugem, tinta e demais resíduos;
- Lixamento das peças que compõem os globos, postes e outras estruturas de suporte;
- Aplicação de tinta primer para proteção anti-corrosiva;
- Reparos nas partes danificadas, solda, usinagem e chapeações, conforme necessidade de cada peça;
- Confecção de peças faltantes ou de peças com avançado estado de corrosão que impossibilite sua restauração, bem como sistemas de fixação que estejam danificados;
- As novas peças devem ter qualidade e proporção semelhantes às originais;
- Montagem total das luminárias, incluindo componentes elétricos, postes, outras estruturas de suporte, globos e conjunto LED;
- Pintura com pistola, em três demãos com tinta PU, RAL 7012, a base de poliuretano alifático;
- Reinstalação dos globos e suportes nos locais originais, incluindo toda a instalação elétrica abrangendo a caixa no piso, caso avalie que o circuito elétrico existente necessite de uma reforma sua substituição será necessária;

Relatório de Engenharia

- Os postes, os globos, os suportes e demais componentes metálicos que não devam sofrer condução de corrente elétrica, devem ser aterrados nas caixas de passagem;
- Todas instalações elétricas, serviços e materiais a serem utilizados devem obedecer às disposições, regulamentos e padronizações da CEEE, DIP/SMSURB, NBR 5410, NBR 6323, NBR 6123, NBR 14744 (postes metálicos), NR-10, NR-12, NR-35 e demais normas vigentes.

As diretrizes gerais para o processo de modernização da iluminação histórica do município são as mesmas estabelecidas para o parque de iluminação pública descritas na seção 3.1.2.10.

3.3 Resumo da modernização e eficientização das tecnologias de iluminação

A seção 3.1 tratou da estruturação da modernização das tecnologias de iluminação pública para vias de veículos e de pedestres, ciclovias e ciclofaixas, praças, parques e campos de futebol. Posteriormente, a seção 3.2 abordou a modernização dos pontos de iluminação pública destinados à Iluminação Histórica. Além destes, o Plano de Iluminação de Destaque aborda a modernização dos pontos de iluminação pública relativos ao uso final de Iluminação de Destaque Existente.

A partir dos dados apresentados pelos itens supracitados, pode-se resumir as informações sobre a eficientização para cada um dos usos finais para a iluminação pública conforme a tabela a seguir.

Tabela 36 – Tabela Resumo de eficientização para cada uso final de iluminação pública

Uso Final	Eficientização média		
	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
IV	43,23%	41,52%	44,04%
IPP	52,21%	53,66%	57,48%
ICF	53,70%		
IC	44,05%	40,48%	57,74%
IDE	59,60%		
IH	45,42%		
Eficiência Geral	45,0	43,40%	46,0%

Relatório de Engenharia

Pode-se obter a eficiência média relativa ao parque municipal de iluminação pública para cada um dos fornecedores de luminária que apresentaram orçamentos. O resultado é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 37 – Eficiência média do parque municipal de iluminação pública para cada fornecedor

Fornecedor	L1	L2	L3
Eficiência	45,0	43,40%	46,0%

Cabe ressaltar a obtenção da eficiência média para cada classe de iluminação relativa à iluminação pública para vias de veículos. O resultado obtido é apresentado a seguir, especificado para a utilização majoritária de cada um dos fornecedores de luminárias.

Tabela 38 – Eficiência média para cada classe de iluminação para vias de veículos

Eficiência da modernização de iluminação para o parque do município			
Classe de iluminação	Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
V1	22,84%	19,87%	30,11%
V2	9,76%	3,37%	11,39%
V3	5,72%	1,82%	9,08%
V4	60,07%	59,70%	58,86%
V5	62,75%	62,74%	60,47%

Aclara-se que a definição final da eficiência a ser alcançada com a modernização da rede municipal de iluminação pública deve se basear na análise de custo-benefício entre os valores das luminárias para cada classe de iluminação (V1, V2, V3, V4 e V5) e a eficiência pelos fornecedores alcançados. A análise em questão é avaliada e apresentada no Relatório Econômico-Financeiro.

Relatório de Engenharia

3.4 Projeto de engenharia para o centro de controle operacional

O centro de controle operacional (CCO) é definido como local físico onde os sistemas são operados, as equipes de campo são acionadas, os serviços são mapeados e ocorre a interface com o atendimento telefônico do *call center*. O CCO deve possuir uma solução tecnológica de monitoramento, gestão e controle das atividades de campo realizadas na manutenção do parque de iluminação pública do município, compreendendo o fornecimento do sistema, customização, suporte e manutenção dos produtos de *software* que compõem essa solução. O CCO deve ser instalado na base operacional do parque de iluminação pública, contendo mobiliário específico, linha telefônica, acesso à rede de computadores e à *internet*, contando com sistema de fonte de alimentação ininterrupta de energia (*no-breaks*) para garantir o atendimento emergencial de ocorrências em caso de falta de energia.

O CCO deve apresentar as características técnicas mínimas dos materiais e serviços a serem empregados para processamento e integração com todos os ativos da rede de iluminação pública do município. Projetado para atuar em regime ininterrupto, ou seja, 24 horas por dia, 7 dias por semana e 365 dias por ano, precisa dispor de técnicos e operadores atuando no período de funcionamento, gerindo todo o processo de expansão, modernização e manutenção da iluminação pública do município, sendo a célula central de informações e controle.

O CCO deve apresentar infraestrutura capaz de monitorar, operar e controlar o funcionamento do parque de iluminação pública em tempo real para os pontos de iluminação equipados com Sistema de Telegestão, criar condições de intervir na operação de forma remota, implementar telegestão e explorar receitas acessórias. Na operação do CCO a segurança da informação deve ser baseada na norma técnica ISO/IEC 27000 – Gestão da Segurança da Informação e na gestão do parque a Concessionária deve buscar pela sustentabilidade desenvolvendo uma estrutura para a proteção do meio ambiente e rápida resposta às mudanças das condições ambientais baseando na norma técnica ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental.

A Concessionária deve garantir ao Poder Concedente e ao Verificador Independente o acesso integral e em tempo real, baseado em hierarquia de acessos, a todas as etapas da execução

Relatório de Engenharia

contratual dos dados primários, disponíveis no CCO, por meio de equipamentos instalados dentro das instalações e de relatórios dinâmicos e mapas temáticos para monitoramento dos serviços realizados. Deve garantir a integração da rede municipal de iluminação pública e o sistema a ser utilizado pelo Verificador Independente com o Sistema Central de Gestão Operacional (SCGO).

A Concessionária, ao fim da Concessão, deve realizar a transferência de todos os bens investidos ao Poder Concedente.

3.4.1 Infraestrutura civil e mobiliário

O projeto da infraestrutura civil e mobiliário deve considerar ambientes adequados às normas de acessibilidade e ergonomia, norma ABNT NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos; norma regulamentadora Nº 17 – Ergonomia; e norma ISO 11064 – Design Ergonômico para Centros de Controle, visando otimizar o bem-estar e desempenho do operador/usuário, melhorar as condições do ambiente de trabalho, analisar e aplicar teorias, princípios, dados e métodos para torná-lo compatível com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. Engloba a implantação de toda a infraestrutura do CCO, incluindo a realização de obras civis, elétricas, lógicas e de refrigeração necessárias, assim como o fornecimento e instalação.

A infraestrutura do CCO deve apresentar um espaço com dimensões aproximadas de 100 m² e pé direito de 3,20 m piso/laje. O ambiente deve ser provido de equipamentos de climatização, eletricidade, dados e voz, luminárias anti-ofuscamento, piso antiestático para o *data center* e absorção acústica para as salas de controle e reunião.

O CCO concentra em um único ambiente físico as capacidades de monitoramento e controle pleno do parque de iluminação pública do município, devendo conter no mínimo uma estrutura física composta pelas seguintes instalações:

- Sala de controle de operação: local de monitoramento e análise das informações dos sistemas de gerenciamento do parque de iluminação pública, telegestão, equipes de campo, fluxo de protocolos, ordens de serviço, controle de frotas e demais

Relatório de Engenharia

necessidades da Concessionária. O operador deve controlar o atendimento e os prazos das ordens de serviço e realizar alterações de prioridade dos serviços;

- Sala de reunião e conferência: local específico para realizar reuniões entre Concessionária e Poder Concedente e entre as empresas consorciadas;
- *Data center*: ambiente controlado, disponibilidade e segurança para a acomodação de sistemas e equipamentos utilizados em todo o CCO. Deve possuir redundância de todos os componentes para assegurar a operacionalidade de todos os dados do sistema de gerenciamento do parque de iluminação pública.

O adequado funcionamento do sistema é dependente de alguns requisitos mínimos de infraestrutura e condições ambientais que devem ser atendidos, como: temperatura e umidade relativa do ambiente devem ser estabilizadas; rede elétrica com tensão de 110 V/220 V; frequência de 50/60 Hz; ponto de aterramento; infraestrutura de rede confiável para o sistema de operação, controle e comando, que garanta velocidade e alto desempenho com capacidade de roteamento. A concessionária deve realizar projeto elétrico, projeto de infraestrutura de rede e projeto de ar condicionado.

O conjunto mobiliário deve levar em consideração aspectos ergonômicos, proporcionando condições confortáveis e produtivas para os profissionais alocados no CCO. Os mobiliários técnicos mínimos são:

- Console técnico ergonômico: 6 unidades. Largura de 1.400 mm, profundidade de 1.050 mm, altura do painel traseiro de 1.070 mm, área de trabalho (altura do tampo) ajustável, 580 a 850 mm, de acordo com a necessidade do operador. Fabricado em chapa de MDF de 25 mm ou chapa de aço carbono de 1,2 mm. O tampo principal (mesa de trabalho), deverá ser revestido com lâmina de alta pressão com acabamento da borda frontal em ângulo de 180°. Tamos, painel de fechamento traseiro e lateral. Suporte para CPU em chapa de aço carbono dobrada. Canaletas para cabeamento horizontal e para subida de cabeamento vertical em chapa de aço carbono com tratamento antiferruginoso e pintura eletrostática.
- Suporte ergonômico para monitor LCD: 12 unidades. Sistema de braço articulado com pistão a gás, possibilitando uma movimentação e angulação suave e sem esforço, para

Relatório de Engenharia

telas entre 17” e 27” com até 6,5 Kg e fabricado em alumínio. Fixação através de adaptador garra, produzido em aço carbono e preparado para fixação no painel.

- Poltrona presidente giratória: 6 unidades. Opção de apoio para cabeça com regulagem de altura automática e movimentos 3D, permitindo melhor ajuste e acomodação. Apoio lombar flexível e regulável. Base em alumínio com rodízios em nylon com braços reguláveis e assento em espuma injetada com regulagem de profundidade e regulagem de altura a gás.
- Mesa e cadeiras de reunião: 1 mesa com dimensões aproximadas de 3 m x 2 m em MDF equipada com 8 cadeiras.
- Impressora laser colorida e armário auxiliar: 1 impressora para trabalhos gráficos instalados em 1 armário auxiliar com portas para guarda de papéis e suprimentos de impressão.

3.4.2 Infraestrutura de operações (TI), data center e call center

A solução tecnológica disponibilizada deve abranger as principais práticas de gerenciamento dispostas na norma técnica ISO/IEC 20000 – Gerenciamento de Serviços de Tecnologia da Informação (TI) , orientações da ITIL V3– Biblioteca de Infraestrutura de TI e segurança da informação - família ISO IE 27.000 (incluindo as normas ISO IEC 27.002 e ISO IEC 27.019 no que se refere a tecnologias de comunicação, telemetria e telecontrole), bem como com os Requisitos Mínimos de Segurança da Informação aos Órgãos da Administração Pública Federal.

Sistema de visualização baseado em rede IP (*internet protocol*) com processamento distribuído e transmissão de dados por rede, garantindo escalabilidade à medida que o CCO necessite gerenciar novas funções advindas dos aplicativos de *Smart Cityne* com painéis de tecnologia LCD (*liquid crystal display*) com *back light* LED (*light emitting diode*). Disponibilidade de estrutura de compartilhamento de aplicativos, entre os centros de monitoramento existentes e complementares, permitindo a visualização de aplicativos gráficos e de vídeo em alta resolução sobre a área gráfica matricial estendida, em centros de operação e controle e em espaços públicos ou privados de qualquer natureza.

Relatório de Engenharia

Os monitores LCD's empregados devem ser da classe DIDI (*digital information display*) garantindo uma maior disponibilidade, demanda de assistência técnica reduzida e segurança no investimento. O gerenciamento térmico traseiro é um fator fundamental de confiabilidade, evitando desgaste precoce. Deve apresentar uma estrutura de fixação e sustentação mecânica.

O sistema de visualização (painel vídeo *wall*) deve apresentar a configuração de formação dos monitores de matriz 2 x 4, sendo composto basicamente pelos itens descritos na tabela a seguir. O *layout* sugerido é de 4 telas para um mapa dinâmico geral da cidade, 2 telas para indicadores, 2 telas para planejamento/simulações.

Tabela 39 – Composição do sistema de visualização

Item	Descrição	Nº
1	Monitor 49"	8
2	Sistema de proteção elétrica	8
3	Cabo de rede Cat.6 - 5m	9
4	Estrutura de fixação mecânica	8
5	Codificador de áudio e vídeo de alta resolução	1
6	Sistema de sonorização de vídeo	1
7	Processador de imagem	1
8	Licenças de <i>software</i>	8
9	Serviços de frete, montagem, instalação, configuração, integração, treinamento e garantia	1

A sala de reuniões deve apresentar um painel de visualização, os itens básicos que compõem o painel são descritos na tabela seguinte.

Tabela 40 – Composição do painel para sala de reuniões

Item	Descrição	Nº
1	Monitor 49"	1
2	Estrutura de fixação mecânica	1
3	Sistema de proteção elétrica	1
4	Cabo de rede Cat.6	1
5	Processador de imagem	1

Relatório de Engenharia

Item	Descrição	Nº
6	Licenças de <i>software</i>	1
7	Serviços de frete, montagem, instalação, configuração, integração, treinamento e garantia	1

O processador de imagem é indicado para sistemas de visualização digital, deve ser composto por um cabo de vídeo HDMI (*high definition multimedia interface*), licença operacional e computador de alto desempenho.

Para inserção de sinal gráfico digital de resolução *Full HD* no painel vídeo *wall*, o sistema de visualização deve contar com codificador de áudio e vídeo digital de alta definição. Deve ser capaz de processar entradas de vídeo digital e analógico com baixo consumo de banda, baixa latência e alta qualidade de exibição. Ter capacidade de capturar até dois canais de áudio analógico. O *streaming* de vídeo e áudio deve ser distribuído em rede *Multicast* para um número ilimitado de clientes. O sistema deve possuir dois canais independentes de distribuição de *streaming* de áudio e vídeo, sendo um de alta e outro de baixa resolução.

O sistema de sonorização do vídeo *wall* deve ser composto de duas caixas acústicas ativas com som estéreo, acompanhada de cabos de áudio para interligação ao painel.

O *switch* de rede *Gigabit Ethernet* deve ser gerenciável de alto desempenho com capacidade de roteamento, capaz de suportar tráfegos de conteúdo *Multicast* e *Unicast* sem perdas ou latência na entrega dos pacotes.

O servidor de conteúdo tem por finalidade a captura de informações multimídia, através da transferência de dados e imagens via conexões à rede por TCP/IP tornando estas conexões mais rápidas. Estas capturas devem ser realizadas por um *software* que faz a descompactação e a sincronização dos dados e a exibição dos mesmos no vídeo *wall* em tempo real. Mesmo as informações de aplicativos que não estejam visíveis em primeiro plano na área de trabalho da estação capturada, podem ser executadas e exibidas no vídeo *wall* sem que haja interferência na operação local. A especificação básica do servidor de conteúdo é demonstrada na seguinte tabela.

Tabela 41 – Especificação básica do servidor do conteúdo

Relatório de Engenharia

Item	Descrição do equipamento
1	Placa auxiliar de rede <i>broadcom</i> com portas de 1 GB
2	Gerenciamento do sistema integrado
3	Controladora RAID
4	Processadores
5	Memória de 8 GB
6	Velocidade de memória 2133 MT/s
7	Documentação eletrônica de sistemas e kit DVD
8	<i>Drive</i> ótico interno
9	Trilhos para <i>rack</i>
10	Fonte de alimentação 750 W
11	2 CPU's para 160 W

O servidor *storage* é responsável pelo armazenamento de dados da rede do CCO. Deve ter a função de servidor de arquivo dedicado ao armazenamento e distribuição de arquivos na rede e também ser utilizado como servidor de *backup* garantindo a redundância e a segurança das informações. A especificação básica do servidor *storage* é descrita na tabela a seguir.

Tabela 42 – Especificação básica do servidor *storage*

Item	Descrição do equipamento
1	Placa auxiliar de rede <i>broadcom</i> 5720 1 GB
2	Gerenciamento de sistema integrado
3	Configurador de performance na BIOS
4	Configurador e controlador RAID
5	Processadores
6	Memória 8 GB
7	Velocidade de memória 2133 MT/s com performance otimizada
8	<i>Hard drivers</i>
9	Documentação eletrônica de sistemas e <i>kit</i> DVD
10	<i>Drive</i> ótico interno
11	Trilhos para <i>rack</i>
12	Fonte de alimentação 750 W
13	2 CPU para 160 W
14	<i>Rack</i>

Relatório de Engenharia

O *access point* (AP) Wi-Fi tem como função principal assegurar a repetição do sinal garantindo a intensidade total do mesmo, eliminando ruídos e aumentando o alcance da rede sem fio do CCO. Da mesma forma, transforma o sinal que vem de um cabo num sinal sem fio. Possibilita o aumento do alcance do sinal sem fio, transforma o sinal cabeado em sinal *wireless* ou transforma o sinal *wireless* em cabeado. A especificação básica do *access point* (Wi-Fi) é apresentada na tabela seguinte.

Tabela 43 – Especificação básica do *access point*

Item	Descrição do equipamento
1	Interface <i>WEB</i> https
2	Operação simultânea nas frequências de 2,4 GHz e 5GHz
3	Padrão MIMO 2x2
4	Certificação ANATEL
5	<i>Power Over Ethernet</i> padrão 802
6	Padrão 802.11 ^a , 802.11b, 802.11g e 802.11n
7	Controlador de rede sem fio par gerenciamento centralizado de acesso
8	Interface <i>Gigabit Ethernet</i> 10/100/1000
9	240 clientes simultâneos
10	Capacidade de selecionar automaticamente o canal de transmissão
11	Taxas de transmissão de até 300 Mbps no padrão 80.11 n
12	Suporte de 16 SSIDs simultâneos com segurança e VLANs
13	Habilitação e reabilitação da divulgação do SSID
14	Funcionalidade de detecção de pontos de acesso intrusos (Rogue AP)
15	Detecção automática de interferência e ajustes de cobertura de sinal
16	Suporte <i>roaming</i>
17	Suporte WPA e WPA2 <i>Personal</i> e <i>Enterprise</i>

O *firewall* em forma de *software* tem a função de garantir a segurança de todas estações de trabalho, da rede e do vídeo *wall* do CCO. Utilizam regras de segurança que atuam como elementos de segurança da rede, filtrando o trânsito de dados entre os computadores locais com as redes de comunicação do CCO. O *firewall* em forma de *hardware* é um equipamento específico para o fim de segurança, sendo dedicado em vez de compartilhar recursos com outros aplicativos. Dessa forma, o *firewall* deve ser capaz de tratar mais requisições e aplicar os filtros de maneira mais ágil. A especificação básica do *firewall* é descrita na seguinte tabela.

Relatório de Engenharia

Tabela 44 – Especificação básica do firewall

Item	Descrição do equipamento
1	<i>Firewall throughput UDP 3.0 GB</i>
2	<i>Firewall throughput TCP 1.8 GB</i>
3	Conexões simultâneas 450000
4	Conexões novas por segundo 3.000
5	<i>Web filter throughput (HTTP/HTTPS)</i>
6	<i>Web filter + SSL Inspection throughput</i>
7	<i>IPS throughput</i>
8	<i>ATP throughput</i>
9	<i>WEB filter + SSL Inspection + ATP throughput</i>
10	<i>IPSEC VPN throughput (AES-128 +MDS+Group-2)</i>
11	<i>SSL VPN throughput (AES-128)</i>
12	Usuários simultâneos SSL VPN (aes-128)

Para o ideal acondicionamento de equipamentos e acessórios, visando garantir proteção e segurança, deve ser utilizado um *rack* com as características mínimas: piso fechado, *kit* rodizio, bandeja móvel ventilada, bandeja fixa ventilada, frente falsa, régua de tomada com várias posições, kit ventilação, guia de cabo e *kit* porca gaiola.

O sistema de fornecimento de energia deve ser ininterrupto, utilizar *nobreak*, baterias seladas chumbo-ácido livre de manutenção a prova de vazamento, porta de interface para comunicação e proteção contra surtos e filtragem.

A concessionária deve garantir um *link* de comunicação de *internet* com redundância, segurança e confiabilidade de forma a garantir o funcionamento dos serviços do CCO. A concessionária fica livre a escolher se o link é dedicado ou não, de acordo com a sua criticidade.

Os monitores das estações de trabalho devem ter no mínimo 21 polegadas e dispor de 2 monitores para cada estação, totalizando 12 monitores. O período de trabalho dos operadores deve ser dividido em dois turnos observando as leis trabalhistas.

O *data center* deve ser uma área de acesso controlado que contém infraestrutura de rede, segurança, refrigeração, energia e disponibilidade para acomodação de *hardwares* utilizados

Relatório de Engenharia

em todo o CCO. Deve garantir redundância para assegurar a operacionalidade dos sistemas utilizados dentro e pelo CCO. Podem fazer parte equipamentos como: *rack, switch, servidor, storage, access point, firewall, nobreak* e outros necessários para garantir o funcionamento dos serviços. Por se tratar de serviços à população, a estrutura deve funcionar em regime ininterrupto caracterizando a alta disponibilidade e prevenindo possíveis falhas.

O *call center* (central de atendimento) é um serviço ininterrupto de atendimento ao usuário, operando 24 horas por dia, 7 dias por semana, inclusive em feriados, funcionando em tempo real e de forma integrada com os demais sistemas. Adicionalmente, o *call center* deve dispor de acesso ao sistema central de gestão operacional (SCGO) por meio de uma plataforma via *web* ou via aplicativo para *smartphones* (*Android* e *IOS*), de tal forma que sejam registrados os chamados relacionados ao parque de iluminação pública, devendo: solicitar serviços (manutenção e reparos, pronto atendimento, eventos de segurança, registros de mau funcionamento de equipamentos, modificações e melhorias, limpezas, outras solicitações), acompanhar o *status* de solução dos chamados, reclamar serviços, solicitar informações. A prefeitura de Porto Alegre pode solicitar à futura concessionária que o serviço de *call center* esteja integrado ao sistema de atendimento 156 ao cidadão ou pode demandar que o sistema de atendimento disponha de um novo número devendo ser do tipo 0800 para contato exclusivo para IP, cujos custos de ligação são de responsabilidade da Concessionária.

A terceirização do serviço de *call center* é um meio econômico e um meio de otimização do tempo de trabalho e de quantidade dos operadores. Como é um serviço ininterrupto de atendimento ao usuário e com demanda de atendimento imprevisível, verifica-se a necessidade de terceirização desse serviço, além de não demandar em investimento com infraestrutura de instalação e operação. As ordens de serviço geradas pelo *call center* devem ser cadastradas no sistema central de gestão operacional para que possam ser tomadas as providências necessárias para a solução do chamado.

O treinamento para operação e manutenção do sistema e dos equipamentos deve ter aulas teóricas e práticas no local de instalação do CCO abrangendo operação do sistema, configuração e expansão.

Relatório de Engenharia

3.4.3 Softwares operacionais do CCO

O CCO depende de *softwares* internos para operacionalizar a sua estrutura que devem ter as funcionalidades mínimas de: gerenciar o vídeo *wall*, interface dos conteúdos cadastrados, operação e controle, compactação de dados e transmissão no *display*. A descrição mínima dos *softwares* é apresentada a seguir.

- *Softwares* de gerenciamento, controle e colaboração do vídeo *wall*: devem trabalhar com suporte a múltiplos clientes e operação integrada através da rede de IP. Todos os *drivers* e bibliotecas devem ser assinados digitalmente com certificado digital emitido por uma entidade internacionalmente reconhecida (*authenticode*), no sentido de evitar ataques de vírus ou *malwares*. Todos os canais de comunicação externos por HTTP (*hypertext transfer protocol*) devem ser autenticados por SSL (*secure sockets layer*). As ferramentas devem operar em língua portuguesa, ao menos a interface gráfica com usuário – GUI, e possuir sistemas de segurança através de senhas com diferentes níveis de acesso, diferenciando os usuários, operadores, administradores e supervisores do sistema (funções de áreas lógicas dos painéis).
- *Software* para coordenação e decodificação: destinado ao administrador do sistema que deve fazer o gerenciamento e a interface dos conteúdos cadastrados, dos usuários e seus níveis de acesso e arquitetura de diversos *displays* que compõem o sistema abrangendo a estruturação sistêmica, sincronização, servidor de gestão e cadastro de aplicativos. Deve ser responsável pela integridade sistêmica, capaz de monitorar todos os componentes do sistema e alertar ao administrador quando da ocorrência de falhas no *hardware* ou *software*.
- *Software* cliente de operação e controle: deve ser uma ferramenta utilizada pelos usuários para controlar os conteúdos disponíveis para visualização e operação dos painéis de vídeo. Permitindo criar e armazenar múltiplos *layouts* e programações de aplicativos e conexão simultânea de um operador com um ou mais painéis na mesma rede.
- *Software* cliente de operação e controle para dispositivos móveis – *web client*: deve ser utilizado para dispositivos móveis *web client* possibilitando aos usuários de dispositivos móveis visualizar e operar os conteúdos dos painéis de vídeo a que tiverem

Relatório de Engenharia

acesso pela *internet* via conexão 3G/4G utilizando navegadores tais como *Mozilla Firefox, Google Chrome, Apple Safari e Microsoft Edge*. Para o acesso, os usuários devem ser validados através login e senha e o nível de permissão deve ser de acordo com o perfil cadastrado no sistema pelo administrador.

- *Software* de captura de aplicativos – *X Stream*: deve ser destinado a capturar conteúdos, imagens e aplicativos gráficos de servidores ou estações de trabalho conectados à rede IP, efetuando a compactação dos dados e transmissão aos *displays* do sistema, onde as mesmas são descompactadas, sincronizadas e exibidas. Deve permitir a captura de vídeo e aplicativos gráficos em tempo real e a exibição no painel de vídeo.

3.4.4 Integração de sistemas

O CCO deve ter a capacidade de hospedar diferentes *softwares* para o gerenciamento da iluminação pública, dentre eles o sistema central de gestão operacional (SCGO), o *software* de telegestão, o *call center*, os *softwares* operacionais devendo os mesmos trabalhar de forma integrada. A integração de todos os sistemas e a convergência de dados e informações em um único banco de dados deve ser feita de forma rápida, confiável e compatível, visando otimizar os processos ou gerar informações de suporte e decisão para os gestores.

O SCGO é um sistema de controle e processamento central de todas as informações das equipes, CCO, almoxarifado, controle de frotas, *softwares*, controle de informatizados da Concessionária e monitoramento dos índices de desempenho e do consumo de energia elétrica do parque. Deve ser compatível com os principais sistemas operacionais do mercado e permitir a exportação de dados para aplicativos comerciais de produção de documentos, bancos de dados e para aplicativos (CAD e GIS).

Os procedimentos de segurança necessários devem ser garantidos para conservação, preservação e recuperação de dados, para funcionamento 24 horas por dia e 7 dias por semana. Devem ser realizados planos de contingência, proteção contra falta de energia elétrica e assegurar velocidade e conectividade compatível com o dimensionamento do sistema.

Relatório de Engenharia

É um sistema que deve potencializar o desempenho de gestão do parque de iluminação pública onde engloba a prestação de serviços de suporte técnico, manutenção, atualizações, customizações, *backup*, implantação e treinamento. Deve possuir algumas funcionalidades mínimas como as descritas abaixo, bem como outras necessárias para o SCGO explicitadas no Plano de Investimento e Operação.

- Gestão do cadastro técnico do parque de iluminação pública;
- Gestão de projetos associados às obras de expansão, modernização e de iluminação de destaque;
- Gestão dos serviços de manutenção e operação;
- Gestão do consumo de energia elétrica;
- Gestão das demandas dos usuários do parque de iluminação pública;
- Gestão das funcionalidades dos pontos beneficiados com a tecnologia de telegestão;
- Gestão dos índices de desempenho;
- Gestão de recursos da Concessionária por meio do sistema ERP.

3.5 Projeto para implantação do sistema de telegestão da iluminação pública

A presente seção busca especificar as funcionalidades do sistema de telegestão e suas especificações técnicas. O Sistema de telegestão contempla aproximadamente 20% do parque de Iluminação pública de Porto Alegre, instalados em vias V1, V2 e roteiros históricos.

3.5.1 Estrutura operacional do sistema de telegestão

O sistema de telegestão é composto por uma central de controle, servidor de telegestão, concentrador e telecomando controlador de luminária. Cada elemento dessa estrutura de telegestão apresenta características básicas, obrigações e especificações técnicas que devem ser contempladas. Tais pontos são comentados a seguir para cada elemento da estrutura. A figura a seguir retrata uma possível solução para o sistema de telegestão por completo. Os telecomandos controladores das luminárias (1) comunicam-se com o concentrador (2) através de protocolos abertos de comunicação. As informações são coletadas pelos concentradores que devem ser dotados de conexão com *internet* para que possam transmitir as informações

Relatório de Engenharia

ao servidor de telegestão (3) que por sua vez armazena e disponibiliza as informações à central de controle (4) localizada no centro de controle operacional - CCO.

Figura 8 – Estrutura operacional de telegestão



Apresentam-se nos itens subsequentes as características de operação bem como as especificações técnicas para os componentes do sistema de telegestão: central de controle, servidor, concentrador e controlador.

3.5.1.1 Central de controle do sistema de telegestão

A central de controle do sistema de telegestão deve estar integrada aos serviços operacionais que compõem o centro de controle operacional – CCO e ao sistema central de gestão operacional (SCGO). A comunicação entre o CCO e a central de controle do sistema de telegestão deve ser estabelecida em canal de transmissão bilateral, ou seja, a central de controle deve ler informações de campo (funcionamento das luminárias ou ponto de iluminação pública, leitura da luminária e consumo, características elétricas, fator de potência, entre outras informações abordadas nas funcionalidades descritas em 3.5.2), levando esses dados ao CCO para processamento, como também deve levar informações do CCO para os ativos de iluminação pública de Porto Alegre.

A concessionária deve garantir comunicação dos computadores/servidores com outros sistemas de internet de maneira aberta, padronizada e documentada.

Os comandos enviados pela central de controle aos ativos de iluminação pública devem ser comandados isoladamente ou coletivamente, para que eles atuem conforme decisão do comando do CCO ou conforme programação agendada. Os comandos ainda devem ser de caracterização *off-line*, ou seja, funcionam sem comunicação com o CCO ou central de

Relatório de Engenharia

controle do sistema de telegestão por meio de agenda de funcionamento programada nos telecomandos controladores.

A central de controle do sistema de telegestão deve dispor de interface *web* amigável com janela de visão geral de todos os elementos da iluminação pública cadastrados no sistema. A central de controle do sistema de telegestão deve assegurar visualização em qualquer dispositivo com um navegador comum e suportar protocolos abertos de controle (por exemplo, HTTP, XML, REST, SOAP). Deve exibir os pontos de iluminação pública em base cartográfica georreferenciada, visualizar a planta de iluminação pública em mapa ou foto de satélite com “*zoom*” e “*street view*”.

O *software* da central de controle para o sistema de telegestão deve possuir as seguintes características de operação, especificações e funcionalidades:

- Ícones específicos para falhas nos elementos de iluminação e menus de “*pop-up*”;
- Relatórios de dados históricos ilimitados podendo ser exportados em arquivos;
- Comandos de controle, monitoramento e consulta da rede de iluminação em tempo real e agendado;
- Integridade dos dados a longo prazo e possuir tempo de operação mínimo, a ser medida pelo próprio software, de 99,8%;
- Capacidade de gerar diário completo de eventos (log) para cada uma das luminárias;
- Agrupamento de luminárias em múltiplos de grupos permitindo sobreposição e consulta de grupos;
- Configuração de programação para falhas, alarmes e avisos de advertência;
- Medição do consumo de energia discriminado por luminária e totalizado conforme os seguintes procedimentos de faturamento:
 - Padrão (baseado no tempo determinado pela ANEEL – 11h52min);
 - Medido (consumo real medido por medidor interno);
 - Estimado (considerando o tempo efetivo de operação).
- Medição do consumo de energia no período em que as lâmpadas permanecem acesas;
- Medição de tensão, corrente e potência instantânea e média da rede;

Relatório de Engenharia

- Estado de conexão da comunicação de todos os elementos incluindo dados perdidos (capacidade de armazenamento/memória);
- Identificação dos tipos de falhas nas luminárias LED (LED piscando, LED apagado, Aceso durante o dia ou Apagado durante a noite);
- Capacidade de registro de ordem de serviço bem como o fechamento da mesma, indicando ciência ao usuário;
- Capacidade de agrupar alertas e falhas iguais emitidas para um conjunto de luminárias ou luminária individualizada em uma única ordem de serviço;
- Registro de horas de operação para cada luminária;
- Exportação de mapas em formato KMZ (*Google Earth*) de forma nativa e interativa, sem customização por meio de código fonte;
- Exportação de resultados e informações no *software* da central de controle em formato CSV e XML de forma nativa e interativa, sem customização por meio de código fonte;
- Geração de relatórios gerenciais que permitem visualização de mapas digitais com visualização georreferenciada dos pontos de iluminação pública, gráficos e demonstrativos;
- Interface gráfica de usuário disponível no idioma português;
- Suporte conexões seguras via protocolo SSL (*secure socket layer*);
- Integração com os *softwares* de gestão de iluminação pública e do centro de controle operacional – CCO;
- Suporte a diversos tipos de tecnologia de diferentes fabricantes de sistemas de controle de iluminação pública;
- A geração das ordens de serviços recebida em sistemas acessados via web e por meio de aplicativos especialmente feitos para sistemas móveis.

O *software* na central de controle deve apresentar três níveis de acesso:

- Nível administrador: acesso ao qual deve fornecer ao administrador o controle total do sistema com as seguintes permissões:
 - Cadastramento dos atributos dos pontos de iluminação e seus componentes; ;

Relatório de Engenharia

- Criação de perfis de acesso, definição de aplicações e suas permissões específicas para cada aplicação;
- Aplicação de regras específicas para cada usuário de forma a restringir e liberar acesso ao sistema conforme o perfil definido;
- Permissão do controle de operação remoto das luminárias com a possibilidade de acionamento e dimerização.
- Nível operador: acesso ao qual o operador pode modificar o estado de operação das luminárias: dimerizando, ligando ou desligando-as; alterar a programação da agenda existente em cada ativo e configurar os dados de registro de cada ponto controlado;
- Nível relatório: acesso ao qual o usuário deve ter a sua disposição todos os relatórios de todos os dados medidos pelo sistema. Este acesso não apresenta nenhuma funcionalidade de controle e de modificação configuração. Referido nível será disponibilizado ao poder concedente e ao verificador independente para análise dos índices de desempenho e acompanhamento dos serviços operacionais.

Além da integração com CCO, a central de controle do sistema de telegestão também deve estar atrelada ao plano de manutenção no que se refere aos serviços de manutenção preditiva, preventiva ou corretiva, conforme é descrito a seguir.

- ✓ Ordem corretiva – O sistema de telegestão deve alertar ao CCO em casos de identificação de falha de luminárias através de ordem de serviço com as informações necessárias para análise;
- ✓ Ordem preditiva – Dentre as funcionalidades do sistema de telegestão está o monitoramento em tempo real da tensão de alimentação das luminárias. Caso seja configurado elevação de tensão acima do determinado por resolução da ANEEL, o módulo deve gerar relatório para ação preditiva no ponto em que houve violação de tensão. Outra ação ainda de ordem preditiva, estão no fato, de informar ao CCO, as regiões com maiores índices de reclamação;
- ✓ Ordem preventiva – Alertar ao CCO os prazos para serviços de ordem preventiva tais como inspeções de limpeza de luminárias.

Relatório de Engenharia

O software de telegestão deve permitir a integração com outros sistemas, de tal forma que seja possível explorar outras oportunidades de aplicação a serem integradas à Central de Controle do Sistema de Telegestão.

3.5.1.2 Servidor de telegestão

O servidor de telegestão deve estabelecer a comunicação entre a central de controle do sistema de telegestão e os concentradores de rede. Ele deve dotar de infraestrutura confiável, arquitetado com operação dos dados em diversas localidades e utilizando uma rotina regular de *backups*, garantindo operação e armazenamento confiável dos dados e da própria plataforma. O servidor deve armazenar e administrar o banco de dados do sistema e ser o servidor *web* para a interface do usuário. O armazenamento deve ser feito por redundância em pelo menos duas localidades diferentes, para garantir, independentemente das adversidades naturais, a confiabilidade do armazenamento e o resgate de informações. A infraestrutura do servidor deve ser certificada pelas normas aplicáveis da família ISO IEC 27.000¹⁸ tais como, ISO IEC 27.001, ISO IEC 27.002 e ISO IEC 27.019, e deve permitir o armazenamento remoto (em nuvem). A concessionária deve garantir também o atendimento dos requisitos mínimos de segurança da informação aos Órgão das Administração Pública-Federal.

O servidor de telegestão deve dotar de memória suficiente para armazenamento de informações no período de 12 meses. Sua atualização deve proceder de maneira remota e segura sem que haja distúrbios a operação da rede de iluminação pública de Porto Alegre.

3.5.1.3 Concentradores

O concentrador é responsável por concentrar as informações recebidas dos telecomandos controladores das luminárias e enviar essas informações ao servidor de telegestão. Ele deve oferecer recursos de programação e controle através do servidor de telegestão, conectado

¹⁸ As normas da família ISO 27.000 correspondem ao conjunto padrões e referências internacionais a serem seguidos para a gestão da segurança da informação.

Relatório de Engenharia

por meio de GPRS (*general packet radio service*), 3G,4G, ADSL (*assymetrical digital subscriber line*), fibra óptica ou qualquer conexão TCP/IP.

O canal de comunicação com os telecomandos controladores de luminárias deve ser bilateral sendo assim envia e recebe informações dos controladores através de comunicação por radiofrequência ou por meio de conexão física. Os concentradores devem apresentar as seguintes características de operação e especificações técnicas para pleno funcionamento do sistema de telegestão:

- Armazenar dados dos telecomandos controladores a fim de otimizar a comunicação com o servidor;
- Capacidade de armazenar/*back up* de no mínimo 100 mil mensagens em caso de perda de conexão com a internet ou mesmo na falta de energia;
- Suporte de bateria com duração mínima de 6 horas de funcionamento em caso de queda de energia;
- Atualização de sistemas e configurações de parâmetros internos de forma remota – *over the air* (OTA);
- Capacidade de reconexão automática com o servidor da aplicação (*watchdog*) para monitoramento de serviços do seu sistema operacional e testes de conectividade;
- Operação em faixa de frequência não licenciada, com salto em frequência para minimizar interferências, quando a comunicação com os telecomandos controladores ocorrerem por meio de radiofrequência;
- Certificação da ANATEL;
- Sobreposição/redundância de sinal entre os concentradores permitindo que o sistema de telegestão se mantenha operando quando da falha temporária de um dos concentradores;
- Disponibilidade de fotômetro de alta precisão para controle de iluminância externa a fim de monitorar ou programar remotamente o instante de acionamento das luminárias LED que se comunicam com o concentrador mais próximo.

Relatório de Engenharia

3.5.1.4 Telecomando controlador

O telecomando do controlador é instalado nas luminárias de todos os pontos de iluminação pública localizados em vias V1 e V2 e, no mínimo, um telecomando controlador para cada roteiro turístico. O telecomando controlador apresenta-se como peça chave na efetivação do sistema de telegestão ao estabelecer a comunicação entre luminária e o concentrador. O telecomando controlador é conectado à alimentação das luminárias dos pontos de iluminação pública de Porto Alegre, e sua operação se realiza através dos protocolos de controle (0-10V, DALI ou PWM).

O telecomando controlador deve apresentar as seguintes características de operação e especificações técnicas:

- Medição de grandezas elétricas com precisão de 2%;
 - Tensão [V];
 - Corrente [A];
 - Potência [W];
 - Potência Acumulada [Wh];
 - Fator de Potência;
 - Frequência [Hz].
- Comunicação em tempo real entre a luminária e o concentrador;
- Utilizar tecnologia confiável de criptografia com um alto nível de segurança para as operações do sistema. A operação deve continuar segura e protegida contra qualquer tipo de anomalias externas, assegurando a segurança em órgão certificador internacional;
- Atuação para dimerização entre 1% a 100%;
- Capacidade de ligar ou desligar luminária;
- Monitoramento e coleta de dados, incluindo:
 - O estado da luminária (ligada / desligada / % de dimerização)
 - Duração acumulada do tempo de funcionamento da luminária;
 - Quantidade de chaveamentos acumulados pela luminária.
- Capacidade de verificar o modo de operação da luminária (manual / programado);

Relatório de Engenharia

- Identificação de falhas das luminárias e do *driver*;
- Monitoramento da localização, por módulo GPS ou outro dispositivo/técnica computacional, que permita aferir o seu geoposicionamento;
- Capacidade de executar controle e dimerização através do *status* dos fotômetros e/ou auxiliado por temporizador por um relógio de tempo real de acordo com o calendário anual do nascer e do pôr do sol (relógio astronômico), mesmo em caso de ausência de comunicação com o CCO;
- Garantia mínima de Operação de 10 anos;
- Operabilidade sob utilização de diferentes tecnologias de luminária ou de fabricantes de sistema de telegestão;
- Atualização de *firmware over-the-air* (OTA);
- Capacidade de armazenar os parâmetros de programação gravados em memória não volátil;
- Envio de mensagens e alertas automáticos assim que ocorrer mudança de *status* da luminária (transição entre luminária ligada, cintilando ou desligada);
- Tempo programável para envio das informações relativas à luminária para o concentrador;
- Máximo consumo de energia para cada telecomando controlador de 1 W;
- Capacidade de controlar luminária com potência nominal de até 1000 W;
- Capacidade de armazenamento de, no mínimo, 7(sete) dias dos dados adquiridos das LUMINÁRIAS em caso de falha de comunicação com o concentrador ou até mesmo com servidor de Telegestão. Após a restauração os dados deverão ser transmitidos automaticamente ao concentrador até que chegue a informação ao CCO.
- Certificação de operação por órgão competente (INMETRO e ANATEL).

O controlador deve ser instalado na parte superior da luminária e ser conectado eletricamente através de plugue NEMA de acordo com padrão ANSI-C136-41 com no mínimo cinco contatos; onde:

- Os 3 contatos centrais destinam-se a alimentação: fase 1, fase 2 (ou neutro) e retorno;
- Os 2 contatos laterais destinam-se a:

Relatório de Engenharia

- Um contato para dimerização;
- Outro contato para o Comum (GND).

3.5.2 Funcionalidades do sistema de telegestão

A implementação dos dispositivos de telegestão em 20% dos pontos de iluminação pública instalados em vias V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos passa invariavelmente pelas definições mínimas das funcionalidades que o sistema de telegestão deve apresentar ao longo de toda a concessão. Essas funcionalidades correspondem à dimerização dos pontos luminosos, monitoramento da operação das luminárias, controle do estado de operação da luminária e medição de variáveis elétricas e gerais. Tais funcionalidades são apresentadas a seguir, indicando suas condições de funcionamento e especificações, além das obrigações as quais a concessionária deve garantir ao poder concedente para funcionamento do sistema de telegestão.

3.5.2.1 Dimerização

O sistema de telegestão deve garantir o ajuste remoto do controle luminoso de cada luminária da rede de iluminação pública Porto Alegre, sobre a possibilidade de reduzir o consumo energético, prolongar a vida útil da luminária e evitar picos de partida que favoreçam o desgaste da fonte luminosa e dos componentes do sistema.

Os protocolos de comunicação para efetivação da dimerização podem ser: analógico '0-10V', digital DALI (*digital addressable lighting interface*)¹⁹ ou PWM (*pulse width modulation*)²⁰. A funcionalidade de dimerização torna compulsória a exigência de *driver* dimerizável instalado nas luminárias *LEDs* nas V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos.

¹⁹ O protocolo DALI (*digital addressable lighting interface*) trata-se de um padrão internacional especificado pela norma IEC 60929 que independe dos fabricantes dos produtos, o que assegura a intercambialidade e a interoperabilidade de dispositivos "dimerizáveis" de vários fabricantes.

²⁰ A técnica de processamento de sinais PWM (*pulse width modulation*) consiste em regular a corrente de saída por meio de pulsos de alta frequência.

Relatório de Engenharia

3.5.2.2 Monitoramento

O sistema de telegestão deve garantir o monitoramento remoto ininterrupto de todos pontos de iluminação pública de Porto Alegre de forma que seja identificado falhas e ações que requerem manutenção preventiva. Assim para efetivação desse serviço, o sistema deve monitorar:

- Falha operacional dos módulos LED;
- Falha de comunicação;
- Qualidade da energia elétrica (fator de potência, nível de tensão, potência e corrente);
- Posição geográfica das luminárias;
- Quantidade de chaveamentos acumulados pela luminária;
- Duração acumulada do tempo de funcionamento da luminária;
- Monitoramento do modo de operação das luminárias (manual/programado).

3.5.2.3 Controle

O sistema de telegestão deve apresentar a capacidade de controlar o estado de operação das luminárias (ligado/desligado) de maneira manual ou programada.

3.5.2.4 Medição

O sistema de telegestão deve medir em tempo real grandezas elétricas e ambientais associadas ao ponto de iluminação pública. São medidos:

- Potência instantânea em Watts (com precisão mínima de 2%);
- Potência aparente;
- Consumo de energia acumulado mensal por ponto;
- Fator de potência;
- Tensão;
- Corrente;
- Tempo acumulado de operação da luminária;
- Temperatura ambiente (opcional).

Relatório de Engenharia

3.5.3 Análise da malha de fibra óptica do município

A análise da malha de fibra óptica do município tem por objetivo avaliar a viabilidade de sua utilização para fornecimento de rede de dados para os concentradores do sistema de telegestão. Com relação à estrutura atual da rede de fibra ótica são avaliadas as seguintes características e especificações:

- Existência de 62 POPs (pontos de presença) da PROCEMPA (Companhia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre) em 16 das 17 regiões do orçamento participativo do município que permitem conexão à internet;
- *Link* de comunicação com capacidade de transferência de dados de 1 GB;
- 75% de Redundância dos *links*;
- Atualmente a malha de fibra óptica é utilizada para serviços da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, tais como vídeo-monitoramento, medições e controle semafórico.

Para avaliar se a rede de fibra óptica existente apresenta cobertura para fornecimento de dados de internet aos concentradores do sistema de telegestão em pontos de iluminação pública instalados em vias V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos, são consideradas as seguintes premissas e informações:

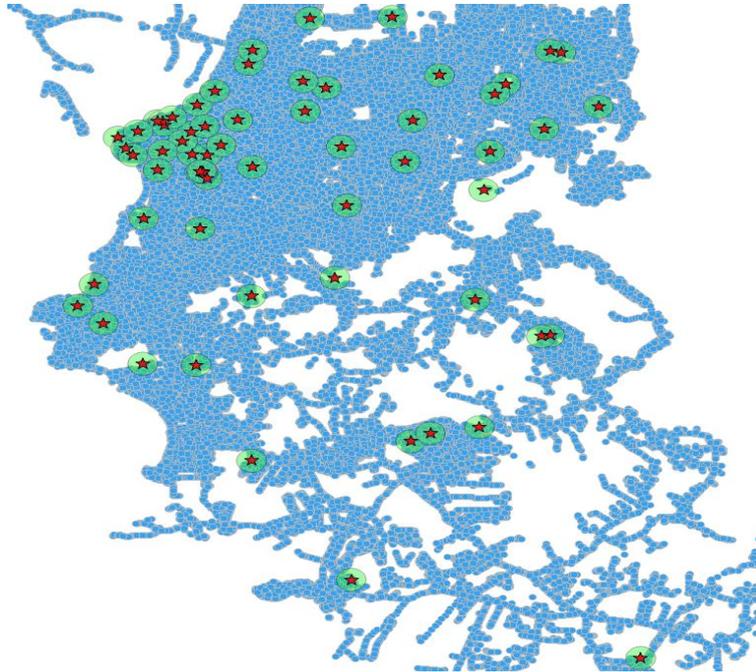
- Segundo especificações técnicas dos fornecedores de telegestão, o raio de comunicação médio máximo entre controlador e concentrador, por meio de protocolo aberto de comunicação, corresponde a 1 km;
- Posicionamento dos postes de iluminação pública conforme arquivo *shapefile* disponibilizado denominado “POSTE_AERO_2010”;
- Consideração de postes de iluminação pública instalados em vias V1 a V5;
- Posicionamento dos POPs da PROCEMPA, conforme arquivo *shapefile* disponibilizado pelo município de Porto Alegre denominado “POPs_2018”;
- Consideração dos concentradores do sistema de telegestão posicionados nas proximidades dos POPs disponíveis da PROCEMPA.

A partir das premissas supracitadas e de lógica computacional desenvolvida para avaliar quantitativo de postes de iluminação pública dentro da região de comunicação dos concentradores posicionados nos POPs, é possível estimar que 22.165 postes de iluminação

Relatório de Engenharia

(aproximadamente 28% do parque) podem ser beneficiados com a rede de fibra óptica do município. Cabe aclarar que grande quantidade dos POPs analisados concentra-se na área noroeste de Porto Alegre, como apresentado na figura a seguir.

Figura 9 – Mapa de localização dos POPs existentes no município de Porto Alegre



Legenda: círculos em azul – postes de IP; estrelas vermelhas – POPs PROCEMPA; circunferência verde maior – raio de comunicação de 1 km do concentrador.

A partir da análise da figura anterior conclui-se que, embora a rede de fibra óptica apresente cobertura para aproximadamente 28% do parque de iluminação pública, ela não é suficiente para atender a todos os pontos de iluminação pública, instalados em V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos, exigindo, dessa forma, necessidade de expansão do número de POPs distribuídos na malha de fibra óptica ou a utilização de tecnologia 3G/4G para cobertura de 100% dos pontos instalados em vias V1 e V2 e nos bens culturais inseridos nos roteiros turísticos.

3.5.4 Potencial ganho econômico-financeiro com a dimerização

A partir da implantação do sistema de telegestão na iluminação pública, associada ao gerenciamento remoto dos pontos, tem-se a possibilidade de dimerização cuja funcionalidade, dentre outras, é controlar a luminosidade de uma luminária.

Relatório de Engenharia

Conforme o cenário de modernização escolhido, definiu-se a implantação do sistema de telegestão em vias de veículos classificadas como V1 e V2. Dessa forma, a metodologia aplicada para a dimerização consiste na redução da classe de iluminação em períodos de intensidade menor de tráfego de veículos e pedestres e, por consequência, dos níveis de iluminância e luminância para as vias. Essa metodologia tem o intuito de ser aplicada em períodos noturnos entre 00:00 e 06:00, totalizando seis horas diárias de dimerização.

Em contrapartida, é importante analisar as normativas estabelecidas pela NBR 5101, na qual existe uma correlação entre classificação de iluminação e classe viária, apresentada na tabela a seguir.

Tabela 45 – Correlação entre classificação de iluminação e classe viária (Fonte: NBR 5101)

Classificação viária	Volume de Tráfego	Possíveis classificações de iluminação
Arterial	Intenso	V1
	Médio	V2
Coletora	Intenso	V2
	Médio	V3
	Leve	V4
Local	Médio	V4
	Leve	V5

Analisando as vias de interesse para a dimerização (V1 e V2) para os horários supracitados, podem-se constatar os seguintes pontos:

- Vias arteriais com classificação de iluminação V1 podem ser reclassificadas para V2 em período do dia com menor volume de tráfego, como período da madrugada entre 00:00 e 06:00;
- Vias arteriais com classificação de iluminação V2 não podem ser reclassificadas para um nível menor em função de ser a classe de iluminação mínima exigida;
- Vias coletoras com classificação de iluminação V2 podem ser reclassificadas para V3 em período do dia com menor volume de tráfego, como período da madrugada entre 00:00 e 06:00.

Relatório de Engenharia

Dessa forma, permite-se a aplicação de dimerização em vias arteriais V1 e vias coletoras V2 para os projetos luminotécnicos que atendem à NBR 5101 apresentados na seção 3.1.2.3. Na inspeção local, foram avaliadas 13 vias arteriais V1 e 3 vias coletoras V2, totalizando 16 logradouros com possibilidade de dimerização. Esse total representa 76% das vias inspecionadas com futura implantação de sistema telegestão, sendo os 24% restantes compreendendo vias arteriais V2 e, portanto, sem possibilidade de dimerização sob as restrições supracitadas.

Com auxílio do *software* DIALux, é possível reduzir o fluxo luminoso e a potência de uma luminária, simulando o efeito da dimerização. A partir dessa redução consciente, deve-se observar os valores de iluminância e luminância para o atendimento da norma, considerando a classe de iluminação sob condições propícias à dimerização. Os resultados das simulações obtidos para cada um dos logradouros inspecionados, para cada um dos fornecedores, são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 46 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L1

Logradouro	Classe de Iluminação Atual	% de Fluxo - IP Principal	Fluxo dimerizado - IP Principal [lm]	Potência dimerizada - IP Principal [W]	% de Fluxo - IP Secundário	Fluxo dimerizado - IP Secundário [lm]	Potência dimerizada - IP Secundário [W]
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	74,5%	17.922	154	-	-	-
Avenida São Sebastião	V2	62,5%	9.664	93	-	-	-
Estrada João de Oliveira Remião	V1	66,0%	10.205	98	-	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	62,5%	9.664	93	-	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	58,0%	11.633	105	-	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	-	-	-	-	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	55,0%	11.031	100	-	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	-	-	-	-	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	74,0%	20.986	196	-	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	82,5%	10.148	96	-	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	69,0%	16.599	143	-	-	-
Avenida da Cavahada	V1	-	-	-	-	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	69,8%	14.000	126	10%	243,1	1,8
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	60,5%	12.134	110	-	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de Iluminação Atual	% de Fluxo - IP Principal	Fluxo dimerizado - IP Principal [lm]	Potência dimerizada - IP Principal [W]	% de Fluxo - IP Secundário	Fluxo dimerizado - IP Secundário [lm]	Potência dimerizada - IP Secundário [W]
Avenida Assis Brasil	V1	72,0%	15.042	130	-	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	68,0%	19.284	180	10%	447,1	3,8

Tabela 47 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L2

Logradouro	Classe de Iluminação Atual	% de Fluxo - IP Principal	Fluxo dimerizado - IP Principal [lm]	Potência dimerizada - IP Principal [W]	% de Fluxo - IP Secundário	Fluxo dimerizado - IP Secundário [lm]	Potência dimerizada - IP Secundário [W]
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	-	-	-	-	-	-
Avenida São Sebastião	V2	65,0%	11512	97,5	-	-	-
Estrada João de Oliveira Remião	V1	64,0%	11334	96	-	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	64,5%	10345	96,75	-	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	65,5%	14098	131	-	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	68,0%	14636	136	-	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	70,0%	15066	140	-	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	75,5%	19148	181,2	-	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	67,0%	14420	134	-	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	73,0%	9041	73	-	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	67,0%	16982	160,8	-	-	-
Avenida da Cavallhada	V1	-	-	-	-	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	75,0%	16142	150	10%	360	3
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	62,0%	13344	124	-	-	-
Avenida Assis Brasil	V1	71,0%	17996	170,4	-	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	71,0%	17996	170,4	70%	4229	35

Tabela 48 – Resultado da simulação de dimerização para o Fornecedor L3

Logradouro	Classe de Iluminação Atual	% de Fluxo - IP Principal	Fluxo dimerizado - IP Principal [lm]	Potência dimerizada - IP Principal [W]	% de Fluxo - IP Secundário	Fluxo dimerizado - IP Secundário [lm]	Potência dimerizada - IP Secundário [W]
Avenida da Legalidade e da Democracia	V1	71,0%	16412	127	-	-	-
Avenida São Sebastião	V2	63,5%	11621	90	-	-	-

Relatório de Engenharia

Logradouro	Classe de Iluminação Atual	% de Fluxo - IP Principal	Fluxo dimerizado - IP Principal [lm]	Potência dimerizada - IP Principal [W]	% de Fluxo - IP Secundário	Fluxo dimerizado - IP Secundário [lm]	Potência dimerizada - IP Secundário [W]
Estrada João de Oliveira Remião	V1	60,5%	11072	86	-	-	-
Avenida Adelino Ferreira Jardim	V2	63,5%	8763	69	-	-	-
Avenida Plínio Brasil	V1	72,5%	13268	103	-	-	-
Avenida Bento Gonçalves	V1	62,0%	14332	111	-	-	-
Avenida Princesa Isabel	V1	58,5%	18743	146	-	-	-
Avenida Protásio Alves	V1	65,0%	17550	138	-	-	-
Avenida Sertório, Ponto 1	V1	71,0%	22748	177	-	-	-
Avenida Borges de Medeiros	V1	65,0%	8970	70	-	-	-
Avenida Wenceslau Escobar	V1	71,0%	16412	127	-	-	-
Avenida da Cavalhada	V1	61,5%	16605	131	-	-	-
Avenida Diário de Notícias	V1	66,5%	15372	119	10%	360	4
Avenida Economista Nilo Wulff	V2	59,0%	13638	106	-	-	-
Avenida Assis Brasil	V1	64,0%	17280	136	-	-	-
Avenida Sertório, ponto 2	V1	68,0%	18360	145	10%	360	4

Com base nos resultados apresentados nas três tabelas anteriores, é possível observar que alguns logradouros não foram dimerizados, esses representados na tabela acima pelo símbolo “-”. Essa observação pode ser explicada pelo fato de que houve vias em que as luminárias de determinado fornecedor não foram capazes de atender aos critérios estabelecidos em norma e, portanto, não puderam ser dimerizados.

A partir da simulação da redução de luminosidade para os três fornecedores para os logradouros inspecionados, obtiveram-se os resultados de redução média da potência apresentada pela tabela a seguir.

Tabela 49 – Redução média de fluxo luminoso por fornecedor por meio de dimerização

Redução média de fluxo luminoso		
Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
32,8%	31,5%	34,8%

Relatório de Engenharia

A partir da mesma metodologia de extrapolação descrita para as vias de veículos, pode-se extrapolar o resultado da simulação de dimerização para o quantitativo de pontos de IV (iluminação viária), apresentado pela DIP no inventário do parque de Porto Alegre. O resultado obtido a partir dessa extrapolação, contendo o percentual de vias dimerizáveis, o consumo mensal com e sem dimerização e a redução do consumo, é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 50 – Resultado da redução de consumo energético para as vias com telegestão por meio da dimerização para todo o parque de IP

Painel de Análise de Impacto da Dimerização				
Parâmetros		Fornecedor L1	Fornecedor L2	Fornecedor L3
Vias V1 e V2 dimerizáveis		71,6%	71,8%	71,5%
Vias dimerizáveis do parque		19,1%	19,3%	19,0%
Consumo mensal [MWh]	Sem dimerização	1.234,24	1.296,43	1.152,56
	Com dimerização	1.127,9	1.244,3	1.127,1
Redução		21,24%	17,54%	18,42%

A partir da análise dos resultados obtidos, constata-se que existe um potencial médio de redução do consumo mensal de 19,1%, considerando a utilização de dimerização em vias arteriais V1 e coletoras V2.

3.6 Projeto de engenharia para ampliação e atendimento a demanda reprimida

A Concessionária deve implantar novos pontos de iluminação em logradouros existentes em caráter de demanda reprimida e ampliação sendo definidos por:

- Demanda reprimida: 4.781 pontos de IP;
 - Locais onde não há iluminação pública, exigindo instalação de pontos de iluminação e, em alguns casos, extensão de rede com pontos de iluminação pública;
 - Locais onde a iluminação existente não é suficiente para cumprir com os requisitos normativos, sendo necessária complementação da iluminação, com instalação de novos pontos.

Relatório de Engenharia

- Ampliação: 300 pontos por ano.
 - Demandas de novos pontos de iluminação pública ocasionadas por extensão da rede de iluminação ou alteração da estrutura de posteação existente, seja de propriedade da concessionária de energia ou do município, cuja responsabilidade de implementação é do município.

3.6.1.1 Estruturas para ampliação e atendimento à demanda reprimida

Os pontos de demanda reprimida configuram-se conforme tópicos abaixo de acordo com informações disponibilizadas pela DIP em junho de 2018.

- Instalação de pontos de IP em rede aérea urbana (RDU) existente fixados em braços: 1.142 pontos;
- Extensão de rede e pontos de IP fixados em braço: 838 pontos;
- Praças e parques: 2.801 pontos.

Para os pontos de ampliação e demanda reprimida são propostas as estruturas apresentadas abaixo, definidas de acordo com as características do parque de iluminação, obtidas a partir da análise do Inventário do Parque de Iluminação Pública em junho de 2018:

- **Estrutura 1:** instalação de ponto de iluminação pública em poste de concreto em braço curto de projeção horizontal de até 1,2m;
- **Estrutura 2:** instalação de ponto de iluminação pública em poste circular de concreto em braço médio de projeção horizontal de até 2,5m;
- **Estrutura 3:** instalação de ponto de iluminação pública em poste de concreto em braço longo de projeção horizontal de até 3,0m;
- **Estrutura 4:** extensão de rede de distribuição aérea (RDA) com poste de concreto circular 11m e 400daN com ponto de iluminação pública em braço curto;
- **Estrutura 5:** extensão de RDA com poste de concreto circular 11m e 400daN com ponto de iluminação pública em braço médio;
- **Estrutura 6:** extensão de RDA com poste de concreto circular 11m e 400daN com ponto de iluminação pública em braço longo;

Relatório de Engenharia

- **Estrutura 7:** extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste aço curvo duplo 8 m;
- **Estrutura 8:** extensão de RDS com poste aço curvo simples 8m;
- **Estrutura 9:** extensão de RDS com poste de aço reto 12 m com suporte núcleo 2 luminárias;
- **Estrutura 10:** extensão de RDS com poste de aço reto 15 m com suporte núcleo 4 luminárias;
- **Estrutura 11:** extensão de RDS com poste de aço reto 4 m com 1 luminária decorativa;
- **Estrutura 12:** extensão de RDS com poste de aço reto 6 m com 1 luminária decorativa;
- **Estrutura 13:** extensão de RDS com poste de aço reto 8 m com suporte núcleo 4 luminárias;
- **Estrutura 14:** extensão de RDS com poste de aço reto 10 m com suporte núcleo 4 luminárias.

3.6.1.2 Determinação de quantitativos

A discriminação do quantitativo de cada uma dessas estruturas é fundamental para determinação dos custos de investimentos. Dessa forma serão apresentados na Tabela 51 os quantitativos propostos para cada estrutura, definido de acordo com as seguintes metodologias

- Demanda reprimida:
 - Para os pontos de instalação em braço com rede aérea existente adota-se a seguinte premissa:
 - Distribuição uniforme do quantitativo total em estruturas de braço curto, médio e longo (Estrutura 1, Estrutura 2 e Estrutura 3), sendo essas classificadas respectivamente em V5, V4 e V3.
 - Para os Pontos de extensão de rede de distribuição aérea são adotadas as seguintes premissas:
 - A partir do documento “Demanda reprimida – Extensão de RDA”, disponibilizado pela Prefeitura, os pontos foram classificados segundo

Relatório de Engenharia

metodologia de classificação de classe de iluminação constante no “Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública”. Essa classificação permite concluir que 3% dos pontos da demanda reprimida por extensão de rede constam em vias V1 e V2, 4% constam em vias V3 e V4 e 93% constam em vias V5;

- Considera-se para os pontos a serem implantados em vias V5 a estrutura de extensão de rede com ponto de iluminação pública com braço curto (Estrutura 4);
 - Considera-se para os pontos a serem implantados em vias V3 e V4 a estrutura de extensão de rede com ponto de iluminação pública com braço médio (Estrutura 5);
 - Considera-se para os pontos a serem implantados em vias V1 e V2 a estrutura de extensão de rede com ponto de iluminação pública com braço longo (Estrutura 6);
 - Considera-se para os pontos a serem implantados em vias V3 e V4 a estrutura de extensão de rede com ponto de iluminação pública com braço médio (Estrutura 4).
- Pontos em praças e parques são quantificados uniformemente entre postes de aço de 4, 6, 8 e 10 metros classificados todos na classe de iluminação P2, classe recomendada pela ABNT NBR 5101 para praças e parques;

Tabela 51 – Estruturas dos pontos de atendimento a demanda reprimida

Estrutura	Descrição	Total de pontos	Pontos de demanda reprimida	Classe iluminação
1	Instalação de ponto de iluminação pública em poste circular de concreto em braço curto	1.142	381	V5
2	Instalação de ponto de iluminação pública em poste circular de concreto em braço médio		381	V3 V4
3	Instalação de ponto de iluminação pública em poste circular de concreto em braço longo		380	V1 V2

Relatório de Engenharia

Estrutura	Descrição	Total de pontos	Pontos de demanda reprimida	Classe iluminação
4	Extensão de rede de distribuição aérea (RDA) com poste de concreto circular 11m e 400daN com pontos de iluminação pública em braço curto	838	779	V5
5	Extensão de rede de distribuição aérea (RDA) com poste de concreto circular 11m e 400daN com pontos de iluminação pública em braço médio		34	V3
				V4
6	Extensão de rede de distribuição aérea (RDA) com poste de concreto circular 11m e 400daN com pontos de iluminação pública em braço longo		25	V1
				V2
11	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 4 m com luminária decorativa		2.801	701
12	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 6 m com luminária decorativa	700		P2
13	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 8 m com suporte núcleo 4 luminárias	700		P2
14	Extensão de RDS com poste de aço reto 10 m com suporte núcleo 4 luminárias.	700		P2

- Assume-se a premissa de que o investimento previsto para instalação das luminárias para demanda reprimida corresponde ao valor médio das luminárias para cada classe de iluminação de vias de veículos. Em casos onde a demanda reprimida é direcionada à praças e parques, utilizaram-se valores médios de luminárias de padrão viário e decorativas. Tal premissa é justificada em virtude de as referidas médias estarem associadas às características típicas de cada classe de iluminação da rede municipal de iluminação pública existente. A correlação entre as potências sugeridas e classes de iluminação são apresentadas na tabela a seguir:

Relatório de Engenharia

Tabela 52 – Correlação entre padrão da luminária, classe de iluminação e potência sugerida

Padrão de luminária	Classe de iluminação	Potência sugerida		
		L1 [W]	L2 [W]	L3 [W]
Viário	V1	181	200	179
Viário	V2	179	200	179
Viário	V3	148	150	142
Viário	V4	77	80	71
Viário	V5	38	50	36
Decorativa	P2	40		
Viário – Estrutura 13	P2	148	120	142
Viário – Estrutura 14	P2	148	150	142

- Demandas de ampliação:
 - Analogamente ao estabelecido para as instalações decorrentes de demandas reprimidas, o investimento para estruturas de ampliação será baseado no valor médio das luminárias para cada classe de iluminação, bem como àquelas estruturas destinadas à praças e parques. As potências determinadas para cada estrutura dos pontos de iluminação correspondem àquelas apresentadas na Tabela 52;
 - São definidas 8 estruturas para os pontos de ampliação. O quantitativo percentual de cada estrutura é dividido uniformemente entre elas. A distribuição do quantitativo pelas 9 estruturas é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 53 – Estruturas dos pontos de ampliação

Estrutura	Descrição	% Pontos de ampliação	Classe iluminação
6	Extensão de rede de distribuição aérea (RDA) com poste de concreto circular 11m e 400daN com pontos de iluminação pública em braço longo	10%	V1
		10%	V2
7	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste aço curvo duplo 8 m	10%	V1

Relatório de Engenharia

Estrutura	Descrição	% Pontos de ampliação	Classe iluminação
8	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste aço curvo simples 8 m	10%	V2
9	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 12 m com suporte núcleo 2 luminárias	10%	V1
10	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 15 m com suporte núcleo 4 luminárias	10%	V1
11	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 4 m com luminária decorativa	10%	P2
12	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 6 m com luminária decorativa	10%	P2
13	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 8 m com suporte núcleo para 4 luminárias	10%	P2
14	Extensão de rede de distribuição subterrânea (RDS) com poste de aço reto 10 m com suporte núcleo para 4 luminárias	10%	P2

3.6.1.3 Diretrizes técnicas dos projetos executivos

Os projetos de atendimento aos pontos de demanda reprimida e ampliação devem ser feitos utilizando tecnologia de iluminação LED ou superior, garantindo adequação funcional, adequação às boas práticas e normas ambientais, melhoria da qualidade da luz emitida, uso racional da energia elétrica e melhor custo-benefício. Os logradouros nos quais estes novos pontos serão instalados devem ser indicados à concessionária pelo poder concedente. Os projetos devem seguir as seguintes etapas:

- Avaliação e classificação dos logradouros em consonância com a norma técnica ABNT NBR 5101:2012 conforme seção 3.1.1.1.5;
- Avaliação da rede de iluminação pública por meio de projeto luminotécnico;
- Definição técnica dos equipamentos a serem utilizados;
- Solução proposta para cada ponto de iluminação pública, justificando a viabilidade técnica da aplicação da tecnologia selecionada;

Relatório de Engenharia

- Definição do potencial de eficiência a ser alcançado com a modernização do parque de iluminação pública.

Nos projetos devem ser levantadas as seguintes informações do logradouro a ser iluminado, de acordo com Art. 3º da lei Nº 11.096 que institui o plano diretor para manutenção e ampliação do parque de iluminação pública do município de Porto Alegre:

- arreamento: características físicas da via, como a largura de meio-fio a meio-fio, o tipo de pavimento, a largura de calçada e o número de faixas de trânsito, dentre outras;
- postes: existência ou tipo de poste existente;
- vãos: a distância entre os postes que formam o espaço a ser iluminado;
- luminárias: tipo de luminária existente ou a ser aplicada;
- transformadores: levantamento das condições de carga da rede que receberá iluminação pública;
- redes de baixa tensão (BT): condições físicas e tipo de rede de BT disponível;
- entorno: avaliação do local a ser iluminado, verificando a existência ou não de prédios próximos;
- vandalismo: definição das zonas de vandalismo para adequada proteção do equipamento a ser instalado;
- tráfego: volume de tráfego no período noturno; e
- arborização: possíveis interferências da arborização na iluminação pública.

Os projetos devem ser elaborados em *software* compatível com o utilizado pela Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSurb), devendo conter memorial descritivo, relação de materiais com orçamento e o projeto propriamente dito e observar as diretrizes expostas abaixo, devendo os projetos executivos estarem ainda, de acordo com o inciso X, do artigo 6º, da Lei nº 8.666/93²¹.

²¹ Lei nº 8.666/93, Art. 6º, inciso X: “Projeto Executivo - o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.”

Relatório de Engenharia

I. Aprovação dos projetos executivos por:

- ✓ Divisão de Iluminação Pública (DIP) da SMSurb;
- ✓ Companhia Estadual de Energia Elétrica – Rio Grande do Sul;
- ✓ Secretaria Municipal de Cultura²²;
- ✓ Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural **Erro! Indicador não definido.**;

II. Elaboração de projetos e materiais especificados em consonância com:

- ✓ Normas técnicas brasileiras:
 - ABNT NBR 5101 Iluminação Pública – Procedimentos;
 - ABNT NBR-5181 – Sistemas de Iluminação de túneis - Requisitos;
 - ABNT NBR-15129 – Luminárias para iluminação pública – Requisitos particulares;
 - ABNT NBR IEC 60598-1– Luminárias Parte 1: Requisitos gerais e ensaios;
 - NBR IEC 60529 – Graus de Proteção para Invólucros de Equipamentos Elétricos;
 - NBR IEC 62262 – Graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos;
 - ABNT – NBR – 5434 – Redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica – Padronização;
 - ABNT – NBR – 6323 – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificação;
 - ABNT – NBR – 14744 – Postes de aço para iluminação;
 - ABNT – NBR – 8451 – Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação;
 - ABNT – NBR – 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimento.
- ✓ Normas de rede de distribuição:
 - CEEE – D – NTD-00.001 – Elaboração de projetos de redes aéreas de distribuição urbana;

²² Em casos de bens tomados pelo Patrimônio Histórico Cultural.

Relatório de Engenharia

- CEEE – D – Regulamento de instalações consumidoras fornecimento em tensão secundária rede de distribuição aérea;
- CEEE – D – Especificação técnica de procedimentos de segurança para empreiteiras e prestadores de serviços gerais de emergência em redes de distribuição;
- CEEE – D – PAD – 11.001 – Materiais para Redes Aéreas de Distribuição;
- CEEE – D – P-11.013 – Materiais para Redes Subterrâneas de Distribuição.
- ✓ Inmetro e Procel
 - Portaria Nº 20 Inmetro;
 - Selo Procel de economia de energia.
- ✓ Especificações técnicas da Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre:
 - Materiais aprovados para uso na iluminação pública de Porto Alegre – janeiro 2017;
 - Especificação – Braços para iluminação pública – 2009;
 - Especificação – Núcleos para iluminação – 2009;
 - Especificação – Luminárias para Iluminação Pública – 2009;
 - Especificação – Luminárias decorativas – 2015;
 - Especificação – Relé fotelétrico e tomada para iluminação – 2009;
 - Especificação – Poste de Aço tipo IP-PA4, IP-PA 6, IP-PA 8 e IP-PA10 – 2015.
- III. Equipamentos de iluminação pública:
 - ✓ Luminárias e projetores: os equipamentos devem atender as especificações técnicas e ensaios mínimos definidos na seção 3.1.2.1;
 - ✓ Postes: os postes a serem implantados ou substituídos em redes exclusivas de iluminação pública devem seguir as especificações estabelecidas no item II - Especificações técnicas da Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre, conforme ANEXO III – POSTES EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA. O tipo de poste a ser utilizado depende de sua aplicação, localização, ambiente e componentes de iluminação, devendo ser dimensionados de acordo com os esforços solicitantes de cada aplicação;

Relatório de Engenharia

- ✓ Braços e suportes: devem apresentar dimensões e acabamentos estabelecidos no item II - Especificações técnicas da Divisão de Iluminação Pública de Porto Alegre conforme ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BRAÇOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA;
- ✓ Cabos: circuitos de baixa tensão devem utilizar condutores isolados de cobre ou alumínio, que sigam as seguintes normas: NBR NM IEC60332 – Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo, NBR NM 280 – Condutores de cabos isolados, NBR-7285 - Cabos de potência com isolação extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6/1 kV;
- ✓ Quadro de distribuição de energia: projetados e fabricados de acordo com: NBR IEC 60439-1 - Conjunto de Manobra e Controle de Baixa Tensão - Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA); NBR IEC 60439-3 Conjunto de Manobra e Controle de Baixa Tensão - Parte 3: Requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização - Quadros de distribuição; NBR IEC 60529 - Grau de Proteção para Invólucros de Equipamentos Elétricos (código IP); NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimento 19; ANSI C-3720 (Para os casos não definidos nas normas acima).

IV. Avaliação das condições ambientais das instalações;

V. Avaliação do custo da obra: os custos com todos os equipamentos utilizados no sistema de iluminação pública devem estar contemplados dentro da parcela de valor da contraprestação mensal efetiva;

VI. Prazo de execução.

Devem ser valorizados os projetos que visem à utilização de redes subterrâneas, a fim de melhorar o aspecto visual do ambiente urbano e a segurança, dada a restrição financeira e orçamentária do projeto.

Em locais de vasta arborização ou com grande distanciamento entre postes, é aconselhável a utilização de iluminação de segundo nível nos postes existentes, ou, ainda, intercalar postes

Relatório de Engenharia

decorativos entre os postes convencionais, a fim de cumprir os índices estabelecidos na NBR ABNT 5101.

As áreas de conflito como travessia de pedestres, cruzamentos de nível, intercâmbios e túneis devem ser tratadas de acordo com as condições particulares estabelecidas na ABNT NBR 5101 ou em suas respectivas normas específicas.

3.6.1.4 Especificações técnicas

As especificações técnicas das luminárias a serem utilizadas nos projetos de ampliação e atendimento a demanda reprimida são as mesmas descritas na seção 3.1.2.1.

Relatório de Engenharia

4 ANEXO I – PROPOSTAS DE MODERNIZAÇÃO PARA CADA TIPOLOGIA

Arquivo Microsoft Excel (.xlsx) avulso a este relatório cujo conteúdo apresenta todas as informações referentes a tipologia de montagem, estrutura atual a rede de iluminação pública, estrutura proposta para modernização para cada fornecedor, bem como os resultados luminotécnicos de iluminância média, uniformidade para iluminância média, luminância média e uniformidade global para luminância média.

Relatório de Engenharia

5 ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS BRAÇOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Arquivo (.pdf) avulso a este relatório cujo conteúdo apresenta as especificações técnicas dos braços de iluminação pública IP-B1 a IP-B8 de autoria da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Relatório de Engenharia

6 ANEXO III – POSTES EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Arquivo (.pdf) avulso a este relatório cujo conteúdo apresenta as especificações técnicas dos postes exclusivos de iluminação pública de autoria da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Consórcio

MR
MACIEL ROCHA
ADVOGADOS

 **AAA**
ALBINO ADVOGADOS ASSOCIADOS


RSI
Engenharia

HOUER
CONCESSÕES

Rua Maranhão, 166 – 10º andar, Santa Efigênia
Belo Horizonte | MG – Brasil | CEP: 30.150-330
+55(31) 3508-7375