



Distribuição S.A.

Companhia Energética de Minas Gerais

Manual de Distribuição

Projetos de Iluminação Pública

Belo Horizonte - Minas Gerais – Brasil

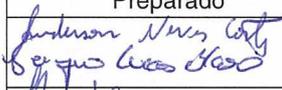
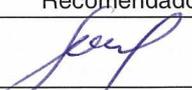
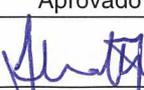


Companhia Energética de Minas Gerais

Diretoria de Distribuição e Comercialização

Manual de Distribuição

Projetos de Iluminação Pública

Preparado	Recomendado	Aprovado	ND – 3.4 Novembro - 2012
 Anderson Alves Costa Engenheiro de Projetos TD/AT	 TD	 DDC	

ÍNDICE

Capítulo	Título	Página
1.	Geral	1.1
2.	Terminologia	2.1
3.	Equipamentos e materiais padronizados	
	1 Introdução	3.1
	2 Lâmpadas	3.1
	3 Luminárias	3.1
	4 Reator	3.2
	5 Postes, braços e suportes	3.2
	6 Comando	3.3
	7 Condutores	3.4
	8 Restrições a utilização da infraestrutura de iluminação pública	3.4
	9 Eletrodutos	3.5
	10 Caixas de passagem	3.5
	11 Equipamentos, materiais e critérios de projeto não padronizados	3.5
4.	Projetos de iluminação pública	
	1 Introdução	4.1
	2 Plano principal para a iluminação pública	4.1
	3 Eficiência energética	4.2
	4 Projetos convencionais de IP - RDA	4.2
	5 Projetos especiais de IP - RDS	4.3
	6 Projetos de iluminação de vias rurais	4.7
	7 Projetos de iluminação de trevos e interseções	4.8
	8 Iluminação de áreas de vandalismo	4.11
5.	Projetos de iluminação pública de áreas para pedestres	
	1 Introdução	5.1
	2 Iluminação de praças e parques	5.1
	3 Níveis de iluminância e uniformidade	5.1
	4 Iluminação de ciclovias e ciclofaixas	5.2
	5 Critérios de instalação	5.2
	6 Iluminação de travessia para pedestres em pista de trânsito intenso	5.2
	7 Iluminação de passarelas	5.3

Capítulo	Título	Número de Páginas
6.	Projetos de iluminação pública em áreas históricas com rede de distribuição subterrânea (RDS)	
1	Introdução	6.1
2	Locação de lampiões	6.1
3	Postes e suportes	6.1
4	Níveis de iluminância e uniformidade	6.2
7.	Projetos de iluminação de fachadas de edifícios públicos e monumentos	
1	Introdução	7.1
2	Desenvolvimento do projeto	7.1
3	Composição do projeto	7.1
4	Definição das cores no projeto	7.2
5	Incidência da luz e contraste de luz e sombra	7.3
6	Níveis de iluminância e refletância da superfície	7.4
7	Posição dos projetores e ofuscamento	7.4
8.	Iluminação pública e meio ambiente	
1	Introdução	8.1
2	Iluminação de vias com intensa arborização	8.1
3	Projetos específicos para passeios e praças com intensa arborização	8.2
4	Desobstrução da iluminação pública	8.3
5	Iluminação decorativa de árvores – Precauções de projeto e implantação	8.4
6	Iluminação decorativa de cavernas e grutas – Precauções de projeto e implantação	8.4
7	Poluição luminosa	8.4
8	Redução da interferência da iluminação pública	8.4
9.	Cálculos fotométricos e elétricos	
1	Introdução	9.1
2	Método do fluxo luminoso (método dos lumens)	9.1
3	Método ponto a ponto (método da intensidade luminosa)	9.2
4	Cálculo fotométrico para iluminação pública	9.2
5	Exemplo prático de cálculo de iluminância	9.3
6	Exemplo prático de cálculo elétrico	9.4

10.**Tabelas e Anexos**

Tabela 1	Características técnicas das lâmpadas a vapor de sódio (VS)	10.1
Tabela 2	Características técnicas das lâmpadas a vapor de mercúrio (VM)	10.1
Tabela 3	Características técnicas das lâmpadas a vapor metálico (VMT)	10.1
Tabela 4	Características técnicas dos reatores	10.2
Tabela 5	Cabos de alumínio – Condução de corrente e queda de tensão	10.2
Tabela 6	Dimensionamento de eletroduto de aço conforme tipo e taxa de ocupação	10.3
Tabela 7	Dimensionamento das caixas de inspeção conforme seção e número de condutores	10.3
Tabela 8	Critérios básicos para iluminação pública para vias	10.4
Tabela 9	Projetos de substituição de lâmpadas VM por VS	10.4
Tabela 10	Projetos de reforma ou manutenção de lâmpadas VS	10.4
Tabela 11	Níveis de iluminância e uniformidade para vias	10.5
Tabela 12	Níveis de iluminância e uniformidade para pedestres	10.6
Tabela 13	Níveis de iluminância e uniformidade para ciclovias e ciclofaixas	10.6
Tabela 14	Níveis de iluminância para fachadas e monumentos em função do entorno e refletância da superfície	10.6
Tabela 15	Características construtivas das lâmpadas padronizadas	10.7
Tabela 16	Características dos veículos para manutenção da IP	10.8
Anexo 1	Compatibilidade entre suportes, chicotes e postes para iluminação de vias	10.9
Anexo 2	Compatibilidade entre suportes, chicotes e postes para iluminação de vias – Conjuntos montados	10.10
Anexo 3	Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação decorativa	10.11
Anexo 4	Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação decorativa – Conjuntos montados	10.12

1 GERAL

A presente Norma tem por objetivo estabelecer os critérios básicos para projetos de iluminação pública, de modo a garantir as condições técnicas e econômicas básicas para a iluminação de vias e praças públicas.

Os critérios aqui descritos devem ser observados para projetos de iluminação em qualquer via pública, em municípios da área de concessão da Cemig D.

Esta Norma considera as recomendações contidas em publicações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), do Illuminating Engineering of North America (IESNA) e da Commission Internationale de L'Éclairage (CIE).

2 TERMINOLOGIA

Acomodação - Ajustamento da convergência do cristalino do olho, para que a imagem de um objeto, a uma distância, se focalize sobre a retina.

Acuidade visual - Em sentido qualitativo, é a capacidade de ver distintamente finos detalhes que tem uma separação angular muito pequena.

Adaptação - Processo pelo qual o sistema visual é modificado pela exposição a estímulos, prévios e presentes, com iluminâncias, distribuições espectrais e extensões angulares variáveis.

Classificação viária - A classificação de vias deverá seguir as disposições previstas no Código de Trânsito Brasileiro como:

I - Vias urbanas:

- a) via de trânsito rápido;
- b) via arterial;
- c) vias coletora e central;
- d) via local.

II - Vias rurais:

- a) rodovia;
- b) estrada.

III - Vias e áreas de pedestres

Vias urbanas – São vias caracterizadas pela existência de construções às suas margens e a presença de tráfego motorizado e de pedestres em maior ou menor escala. São ruas, avenidas, vielas, ou caminhos e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana, caracterizados principalmente por possuírem imóveis edificadas ao longo de sua extensão.

- a) Via de trânsito rápido - Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções, baixo trânsito de pedestres e alto trânsito de veículos. É caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. Velocidade máxima: oitenta quilômetros por hora (80 km/h).
 - b) Via arterial - Vias exclusivas para tráfego motorizado, que se caracterizam por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente, não existe o ofuscamento pelo tráfego oposto nem construções ao longo da via. O sistema arterial serve mais especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas, ocasionalmente, pode servir de tráfego local. É caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Velocidade máxima: sessenta quilômetros por hora (60 km/h)
-

- c) Vias coletora e central - Vias exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracterizam por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais. Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. Velocidade máxima: quarenta quilômetros por hora (40 km/h)
- d) Via local - Via que permite acesso às edificações e outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. É caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. Velocidade máxima: trinta quilômetros por hora (30 km/h)

Vias rurais - Vias mais conhecida como estradas de rodagem e que nem sempre apresentam, exclusivamente, tráfego motorizado.

- a) Rodovias - Vias para tráfego motorizado, pavimentada, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos.

Velocidade máxima:

- cento e dez quilômetros por hora (110 km/h) para automóveis e camionetas;
- noventa quilômetros por hora (90 km/h) para ônibus e microônibus;
- oitenta quilômetros por hora (80 km/h) para os demais veículos.

- b) Estradas - Vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos e não é pavimentada.
- Velocidade máxima: sessenta quilômetros por hora (60 km/h).

Vias e áreas de pedestres - Vias ou conjunto de vias destinadas à circulação prioritária de pedestres.

Ciclovias - Pista destinada à circulação de bicicletas, separada fisicamente do tráfego comum.

Ciclofaixa - Parte da pista de rolamento, separada por faixa e delimitada por sinalização específica, destinada à circulação exclusiva de bicicletas.

Coefficiente de reflexão - Este coeficiente representa a relação entre o fluxo luminoso incidente e o fluxo luminoso refletido. Ele depende fundamentalmente das qualidades refletoras do material a ser iluminado.

Dimerização – Redução gradual e controlada do nível de iluminância através de equipamentos pré programados ou com gerenciamento remoto.

Eficiência luminosa de uma fonte de luz (η) - Razão do fluxo luminoso emitido, para a potência consumida pela fonte. A unidade é lumen por Watt (lm/W).

$$\eta = \frac{\Phi \text{ (lm)}}{P \text{ (W)}}$$

Fator de depreciação da luminária – É a perda luminosa considerando o acúmulo de sujeira no interior do grupo ótico da luminária e varia de acordo com o grau de proteção (IP) da mesma.

Fator de depreciação da instalação – É a perda luminosa considerando as condições de sujeira e poluição onde o projeto estará inserido.

Fluxo luminoso (Φ) - Grandeza derivada do fluxo radiante pela avaliação da radiação de acordo com a ação sobre o observador fotométrico padrão CIE. A unidade é lúmen (lm)

GEMINI – Sistema de geoprocessamento de apoio às atividades de planejamento do sistema elétrico, projeto, mapeamento, cadastro, operação e manutenção da Cemig Distribuição.

Iluminação pública convencional - Iluminação pública cujas instalações, critérios de projeto e equipamentos devem estar de acordo com as normas e padrões estabelecidos pela Cemig D.

Iluminação pública especial - Os projetos especiais de iluminação são aqueles alimentados por RDS, onde os postes utilizados são exclusivos para a iluminação pública.

Iluminação pública fora de padrão - Iluminação pública cujas instalações, critérios de projeto e equipamentos não estão de acordo com as normas e padrões estabelecidos na Cemig D.

Iluminação pública em segundo nível – Iluminação pública específica para pedestres que utiliza os postes de rede aérea ou subterrânea.

Iluminância em um ponto de uma superfície (E) – É o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero. A unidade é lux (lx).

$$E = \frac{\Phi \text{ (lm)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

Índice de reprodução de cor (IRC) – Caracteriza a capacidade de reprodução de cores dos objetos iluminados por uma fonte luz. O IRC proporciona uma indicação da capacidade da fonte de luz para reproduzir padrão de cores em comparação com a reprodução prevista por uma luz padrão.

Intensidade luminosa (I_p) – É a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção. A unidade é candela (cd).

$$I_p = \frac{D_p \Phi}{d\Omega}$$

Luminária – As luminárias são equipamentos destinados a receber uma lâmpada, proporcionando proteção, conexão elétrica ao sistema, controlando e distribuindo a luz de forma eficiente e mantendo as características de temperatura e operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos para o seu correto funcionamento.

Luz - Radiação visível - Radiação ótica capaz de produzir uma sensação visual diretamente. Os limites previstos para a faixa espectral da radiação visível dependem do fluxo energético que atinge a retina e da sensibilidade do observador. O limite inferior é estabelecido entre 360 nm e 400 nm e o limite superior entre 760 nm e 830 nm.

Ofuscamento - Condição de visão na qual há um desconforto ou uma redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a uma distribuição desfavorável das intensidades luminosas ou contraste excessivo.

RDA - Rede de Distribuição Aérea.

RDS - Rede de Distribuição Subterrânea.

Rendimento (de uma luminária) – Razão entre o fluxo total emitido pela luminária e o fluxo luminoso da lâmpada medido fora da luminária.

Temperatura de cor correlata (TCC) – É o termo usado para descrever a cor de uma fonte de luz, quando comparada à cor do irradiador de corpo negro padrão e é expressa em graus Kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor correlata, mais branca é a cor da luz.

Temporização - Interrupção instantânea da iluminação pública.

Uniformidade da iluminância (U) - Razão da iluminância mínima (E_{min}) para a iluminância média (E_{med}) no plano considerado.

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

3 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS PADRONIZADOS

3.1 Introdução

Os desenhos padrão e especificações técnicas dos materiais e equipamentos apresentados neste Capítulo estão na ND-2.6 "Padrões e Especificações de Materiais e Equipamentos da Distribuição".

Os critérios de instalação são detalhados na ND-2.1 "Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas", e na ND-2.3 "Instalações Básicas de Redes de Distribuição Subterrâneas".

3.2 Lâmpadas

As Tabelas 1, 2, 3 e 15 apresentam as principais características das lâmpadas padronizadas na iluminação pública pela Cemig D.

3.2.1 Lâmpadas a vapor de sódio (VS)

Devem ser utilizadas nos novos projetos de via pública ou extensão de rede, reforma e melhoramento.

Também podem ser instaladas na iluminação pública decorativa de praças, em segundo nível, calçadas, fachadas e monumentos.

3.2.2 Lâmpadas a vapor de mercúrio a alta pressão (VM)

Devem ser utilizadas apenas na manutenção do sistema existente.

3.2.3 Lâmpadas a vapor metálico (VMT)

Podem ser utilizadas na iluminação de praças, em segundo nível, em áreas verdes, calçadas, bem como na iluminação de fachadas e monumentos.

Em projetos de áreas históricas com RDS, essas lâmpadas devem ser obrigatoriamente utilizadas.

Não é recomendável sua utilização na iluminação de pistas de rolamento de veículos devido ao alto custo de manutenção.

3.3 Luminárias

Todas as luminárias padronizadas e adquiridas pela Cemig D já possuem os equipamentos incorporados, a exceção do lampião colonial.

As diversas luminárias aprovadas pela Cemig D apresentam variação estética dependendo do fabricante. Contudo, o desempenho é equivalente, uma vez que as mesmas são avaliadas conforme critérios definidos nas especificações técnicas.

Os procedimentos apresentados nas Tabelas 9 e 10 devem ser adotados na substituição e manutenção do sistema de iluminação, quando houver necessidade da troca da luminária.

Em algumas instalações poderão existir luminárias VS intercaladas com luminárias VM. Esta situação não compromete tecnicamente o desempenho do sistema de IP.

Os projetos novos devem priorizar a utilização das luminárias com vidro plano, devido a sua maior durabilidade. A utilização de luminárias com refrator em policarbonato deve ser feita nos pontos onde houver vandalismo, sendo que as duas alternativas podem ser instaladas em um mesmo projeto.

Nas áreas históricas com RDS, a iluminação pública deve ser feita através de luminária tipo lampião colonial, aprovada pelo IPHAN. A distribuição fotométrica desenvolvida para este lampião permite a completa visualização das principais características das edificações históricas como os telhados e sobrados.

3.4 Reator

Os reatores integrados padronizados são montados em chassis que garantem a intercambiabilidade entre os diversos fabricantes e luminárias aprovadas pela Cemig D.

3.5 Postes, braços e suportes

3.5.1 Braços e suportes

Para obter um melhor aproveitamento da iluminação sobre a via, as luminárias instaladas em braços ou suportes não devem ultrapassar o eixo longitudinal da pista de rolamento.

Os projetos de iluminação com RDS devem ser realizados utilizando apenas 1 ou 2 luminárias por poste.

3.5.2 Postes para rede de distribuição subterrânea

Em projetos específicos de iluminação pública com RDS, devem ser utilizados postes de aço ou concreto especialmente desenvolvidos para estas instalações.

Os postes de concreto de conicidade reduzida (RC) são recomendados para vias com velocidade ≤ 60 km/h, enquanto os postes de aço são recomendados para vias com velocidade ≥ 60 km/h.

Os postes de aço utilizados para iluminação de pistas com velocidade ≥ 60 km/h são modulares e sua montagem é feita a partir da combinação de diversas peças. O esquema de instalação para obtenção das diversas alturas e arranjos é apresentado nos Anexos 1 e 2.

Os critérios de instalação em função da largura da via são apresentados no item 4.5.

Para as cidades ou conjuntos históricos, o poste de aço é do tipo cônico escalonado com acabamento na cor preta. Este poste deve sempre ser uma alternativa ao suporte de parede devido a largura reduzida das calçadas.

3.5.3 Implantação e manutenção em projetos de iluminação pública

Durante a elaboração de um projeto de iluminação, a altura de montagem das luminárias ou projetores deve ser compatível com o tipo de veículo disponível para manutenção e o acesso aos postes deve ser livre de obstáculos fixos como bancos, jardins, etc.

Nas praças, parques e calçadas, o piso de acesso aos postes deve ser compatível com o peso dos veículos. Atenção especial deve ser dada ao entorno de igrejas e prédios históricos onde é muito comum a existência de galerias subterrâneas.

A Tabela 16 apresenta os principais veículos em uso na Cemig D bem como o alcance máximo quando posicionado na base do poste.

3.6 Comando

O comando da iluminação pública é predominantemente individual feito por relés fotoelétricos instalados nas luminárias.

Quando o circuito é exclusivo para iluminação pública, os relés fotoelétricos são instalados em uma chave magnética de 50 A (Base 50 A) ou em caixa de comando, se forem necessários valores de corrente superiores a 50 A.

3.6.1 Relés fotoelétricos

Os relés fotoelétricos padronizados são do tipo eletrônico e possuem sistema de acionamento que mantém a lâmpada apagada em caso de falha.

3.6.2 Chave magnética 50 A (Base 50 A)

A chave magnética possui uma tomada do tipo integrada e um contactor para 50 A e deve ser utilizada como comando em grupo quando o circuito for exclusivo de iluminação pública.

Quando o projeto for exclusivo de iluminação pública e forem utilizadas luminárias que não sejam ornamentais, deve ser prevista a utilização do shorting-cap para curto-circuitar a tomada para que o comando seja feito através da chave magnética.

3.6.3 Caixa de comando

Este dispositivo de comando deve ser empregado somente em projetos especiais como rodovias, trevos, complexos viários, onde a corrente a ser controlada for superior a 50 A, e não for viável do ponto de vista técnico e de manutenção a divisão dos circuitos.

3.6.4 Dimerização e temporização da iluminação pública

A dimerização pode ser utilizada em qualquer instalação de iluminação pública desde que não ultrapasse o limite de 30% do nível de iluminância projetado.

A temporização somente pode ser utilizada na iluminação pública de praças, fachadas e monumentos, desde que não haja comprometimento da segurança dos usuários e do patrimônio público.

3.7 Condutores

Para circuitos exclusivos de iluminação pública, o cálculo da queda de tensão não deve ser superior a 10% da tensão nominal do conjunto reator/lâmpada.

A Tabela 5 apresenta os condutores padronizados para rede secundária e suas características elétricas para sistemas monofásicos e trifásicos, com fator de potência igual a 0,92.

3.8 Restrições a utilização da infraestrutura de iluminação pública

3.8.1 Restrições à utilização dos circuitos exclusivos de iluminação pública

Os circuitos exclusivos de iluminação pública não devem ser compartilhados por terceiros como a fiscalização eletrônica de velocidade, monitoramento de vídeo, telefonia móvel ou fixa, etc. As ocorrências de desligamento dos circuitos de iluminação possuem critérios distintos de manutenção que podem comprometer o desempenho dos sistemas de terceiros.

3.8.2 Restrições à utilização dos postes e braços de iluminação pública

Os postes e braços de iluminação pública são dimensionados apenas para os esforços mecânicos das luminárias e/ou projetores.

Por questões de segurança, não podem ser instalados:

- cabos de RDA, telefonia, TV por assinatura, transmissão de dados, etc;
- equipamentos para rede de distribuição;
- placas de propaganda;
- placas de sinalização viária de indicação, educativas e de atrativo turístico;
- equipamentos de telefonia móvel ou fixa;
- equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade;
- câmeras de monitoramento;
- estruturas diversas como esculturas, banners, enfeites natalinos, etc;
- floreiras, lixeiras ou faixas;
- ligações provisórias ou permanentes para atendimento a feiras e eventos.

As placas conforme resolução CONTRAN de regulamentação, sinalização, advertência e serviços auxiliares podem ser instalados.

3.9 Eletrodutos

A Tabela 6 apresenta o dimensionamento dos eletrodutos de aço.

3.10 Caixas de passagem

As caixas de passagem devem ser instaladas ao lado do poste da rede aérea para a descida dos condutores de alimentação da RDS. Também devem ser instaladas junto aos postes que contenham luminária e em cada derivação forçada provocada por obstruções diversas ou criação de curvas reversas.

A Tabela 7 apresenta o dimensionamento das caixas de inspeção em função do número de condutores do circuito.

3.11 Equipamentos, materiais e critérios de projetos não padronizados

Não serão de responsabilidade da Cemig D a manutenção das instalações de iluminação pública que utilizarem equipamentos, materiais ou critérios de projeto não padronizados.

Estas instalações devem possuir documentação específica constando no mínimo as seguintes informações:

- propriedade das instalações;
- relação das instalações, equipamentos e materiais fora do padrão;
- relação de carga dos equipamentos instalados;
- forma de cobrança (se através de unidade de medição ou cálculo da potência instalada);
- tarifas e impostos aplicáveis;
- atribuição da gestão e manutenção ao poder público, que será proprietário da instalação.

As instalações e equipamentos não padronizados devem ser indicados no GEMINI, através de uma “placa de advertência” com as informações sobre o número documento específico ou então as informações sobre as características que o definam como iluminação fora do padrão conforme Figura 1.

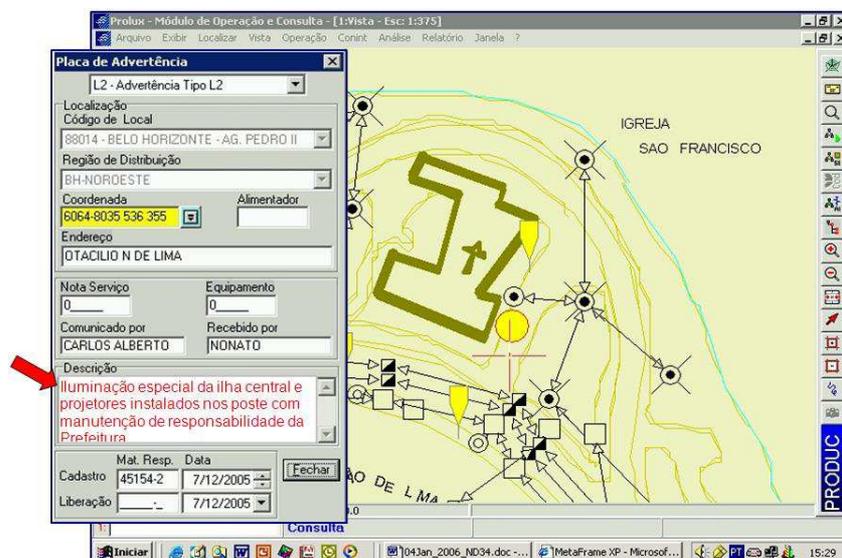


Figura 1 – Indicação de instalação e equipamentos não padronizados no GEMINI

3.11.1 Manutenção de instalações de iluminação pública não padronizada pela Cemig D

Nos casos em que houver a necessidade de manutenção pela Cemig D em alguma instalação de iluminação pública não padronizada, a Empresa se reserva o direito de instalar os equipamentos e matérias padronizados.

3.11.2 Manutenção de instalações de iluminação pública não padronizada por terceiros

Quando o poder público ou terceiros por ela designados necessitar acessar o sistema elétrico de distribuição para a realização dos serviços de manutenção das instalações de iluminação pública, deverão ser observados os procedimentos operacionais estabelecidos pela Cemig D em suas normas.

4 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM VIAS DE TRÂNSITO

4.1 Introdução

Os projetos de iluminação em vias públicas devem fornecer a todos os seus usuários segurança, conforto, alta eficiência e respeito ao meio ambiente.

A iluminação pública é feita principalmente através da instalação de luminárias nos postes da rede aérea de distribuição de energia. Esta montagem será considerada como um “projeto convencional de IP”.

A iluminação pública com circuito exclusivo, derivado da rede da distribuidora, será considerada como um “projeto exclusivo de IP”.

Para a aplicação dos índices de iluminância e conceitos fotométricos, o projetista deve considerar as seguintes informações:

- a) A classificação do município (tipo de localidade) – Conforme a ND-1.1 “Diretrizes Básicas para o Planejamento de Distribuição”, os municípios atendidos pela Cemig D são classificados pelas letras A, B, C, D, E e F, em função de sua população e número de consumidores;
- b) A classificação viária – Considerar a classificação do município citada na letra “a” e a hierarquização do sistema viário definida pelo município. Quando o município não possuir planejamento para hierarquização viária, esta pode ser definida de forma estimativa;
- c) O tráfego de pedestres e veículos – Estimar o volume, densidade e velocidade do tráfego;
- d) A importância da via pública para a comunidade – Considerar o contexto social e a importância histórica que a via representa para o desenvolvimento da cidade ou de uma região.

4.2 Plano principal para a iluminação pública

O projetista em conjunto com o município pode elaborar um plano principal de iluminação que consiste em uma análise preliminar das diversas áreas da cidade, suas características e como estas se interagem.

Para as cidades, alguns fatores podem estar ligados direta ou indiretamente à elaboração de um plano principal de iluminação tais como:

- a) Segurança pública – O mapeamento das ocorrências policiais pode subsidiar a priorização da melhoria ou implantação dos projetos de iluminação pública;
- b) Locais de interesse coletivo ou de concentração de pessoas – Estes locais podem ser o entorno de escolas, hospitais, áreas de segurança pública, pontos e estações de ônibus, etc;
- c) Valorização de uma área comercial ou de entretenimento – Áreas bem definidas no contexto do município como um polo comercial ou de entretenimento com significativa movimentação noturna;

- d) Possibilidade de recuperação de uma área urbanisticamente degradada – É muito comum a degradação de algumas áreas importantes nas cidades modernas. A reforma da iluminação em conjunto com outras medidas urbanísticas e sociais pode recuperar a utilização destas áreas;
- e) Valorização de uma área histórica – Um projeto de iluminação adequado pode destacar uma área de grande importância histórica para o município. Este tema é abordado no Capítulo 6;
- f) Arborização – A arborização existente na grande maioria dos municípios não possui um planejamento ordenado de forma a ter uma convivência adequada com o sistema de iluminação. Este tema é abordado no Capítulo 8.

4.3 Eficiência energética

Os projetos de iluminação pública devem ser desenvolvidos considerando os níveis de iluminância adequados e definidos nesta norma, evitando sistemas superdimensionados com elevado consumo de energia e ambientalmente incorretos.

4.4 Projetos convencionais de IP – RDA

A Tabela 8 apresenta os critérios básicos de iluminação pública a serem utilizados para projetos convencionais. A classificação viária em conjunto com a classificação dos municípios pode ser utilizada especificamente para um bairro ou uma região da cidade.

A Tabela 11 apresenta os níveis de iluminância média (E_{med}) e a Uniformidade (U) recomendados para a elaboração dos projetos para os diversos tipos de municípios em função da classificação das vias.

Quando o único objetivo da rede aérea de distribuição for à implantação de um sistema de iluminação pública e não houver a possibilidade de instalação de rede de média tensão, recomendamos elevar a altura de montagem das luminárias de forma a permitir um maior vão entre postes.

A iluminação pública em RDA deve respeitar os limites de afastamento mínimo de segurança em relação à média tensão (0,80 m) e à baixa tensão (0,20 m) definidos nas normas da Cemig D. O tipo de braço e luminária pode variar em função da altura do poste e do tipo de rede aérea existente, como os exemplos apresentados nas Figuras 2 e 3.

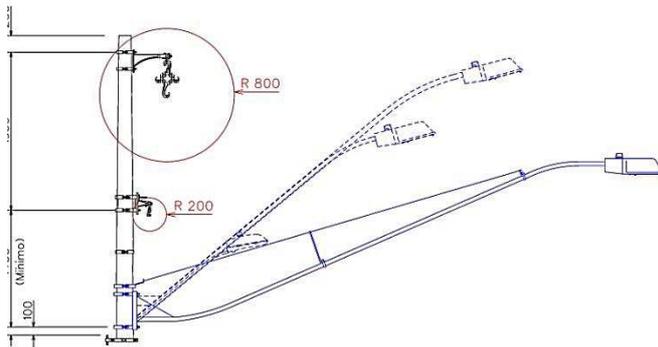


Figura 2 – IP instalada em poste de 11 m com rede protegida e isolada de MT

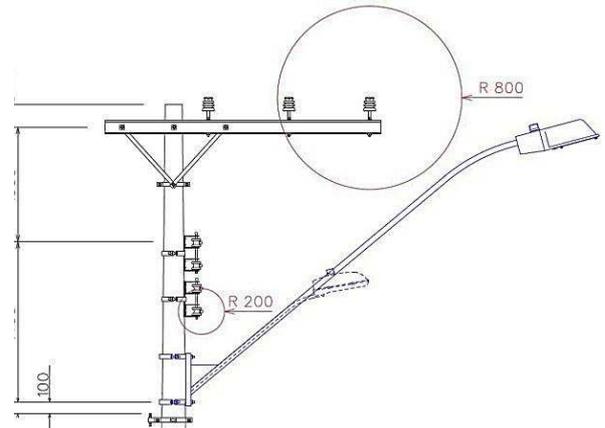


Figura 3 – IP instalada em poste de 10 m com rede nua de MT

Havendo a possibilidade de futuras ligações de consumidores, os critérios de locação de postes definidos pela ND-3.1 devem ser mantidos, pois são necessários à expansão do sistema elétrico da Cemig D.

4.5 Projetos especiais de IP - RDS

Os projetos especiais devem atender a classificação viária e seguir os seguintes critérios para os cálculos fotométricos, apresentados Figura 4:

$$H \geq L \text{ e } e \geq 3,5 H \text{ (mínimo)}$$

sendo: L = largura da pista de rolamento (mais acostamento quando houver);

H = altura de montagem da luminária;

e = espaçamento entre postes.

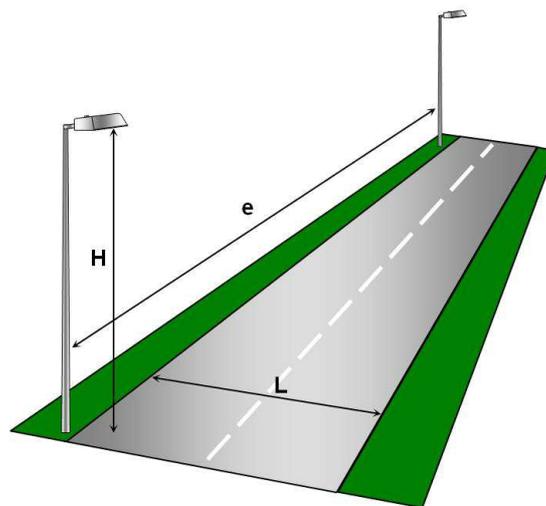


Figura 4 – Configuração básica para projetos especiais de IP

Dessa forma, os postes devem ser locados aproveitando-se ao máximo o espaçamento, respeitando os valores definidos para E_{med} e U . Esta recomendação deve ser observada principalmente nos projetos de vias especiais e rurais.

Nos centros urbanos onde existe grande circulação de pedestres, o espaçamento pode ser reduzido priorizando a distribuição luminosa.

Considerando a largura da via (L), altura de montagem da luminária (H) e quando for o caso a largura do canteiro central (D), as seguintes alternativas para disposição dos postes podem ser utilizadas:

- posteação unilateral;
- posteação bilateral alternada;
- posteação bilateral frente a frente;
- posteação no canteiro central.

Para a definição da disposição, também deve ser observado qual a melhor opção para o avanço da luminária, se deve ser utilizado suporte de topo de poste ou chicote.

Na maioria dos casos a utilização do chicote é a melhor opção, considerando as questões de arborização, largura de vias, etc. A utilização do chicote também permite uma melhor distribuição da iluminação sobre a via.

Atualmente os programas de projeto de iluminação por computador, disponibilizados pelos fabricantes, permitem simulações precisas do resultado final, e podem ser utilizados para a elaboração de um projeto mais eficiente.

4.5.1 Posteação unilateral

Deve ser utilizada quando a largura da pista for menor ou igual à altura de montagem da luminária, conforme Figura 5.

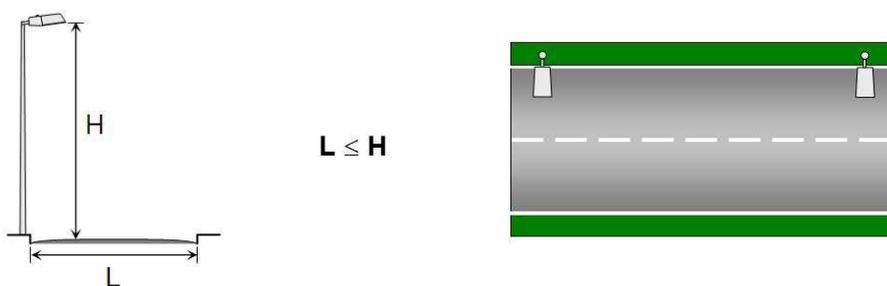


Figura 5 – Posteação unilateral

4.5.2 Posteação bilateral alternada

Deve ser utilizada quando a largura da pista estiver entre 1 e 1,6 vezes a altura da montagem da luminária, conforme Figura 6.

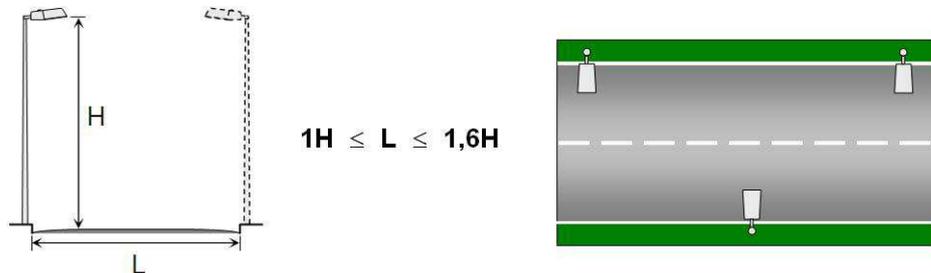


Figura 6 - Posteação Bilateral Alternada

4.5.2 Posteação bilateral frente a frente

Deve ser utilizada quando a largura da pista for 1,6 vezes maior que a altura de montagem da luminária, conforme Figura 7.

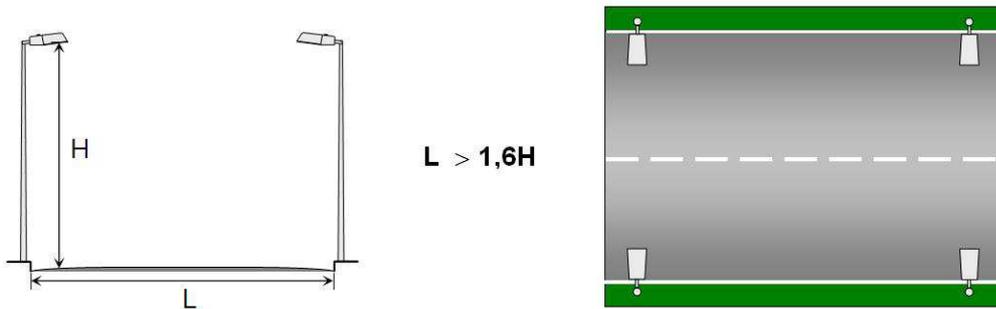


Figura 7 - Posteação bilateral frente a frente

4.5.3 Posteação no canteiro central

Deve ser utilizada com suporte quando a largura da pista for menor ou igual a altura de montagem e quando a largura do canteiro central (D) não ultrapassar 3 metros, conforme Figura 8.

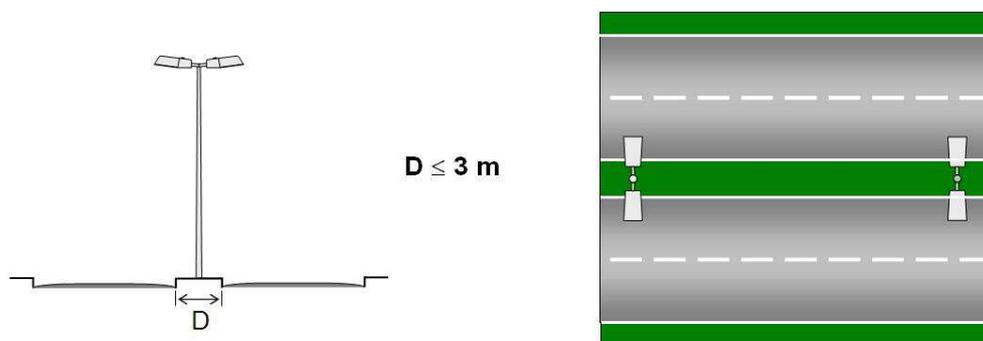
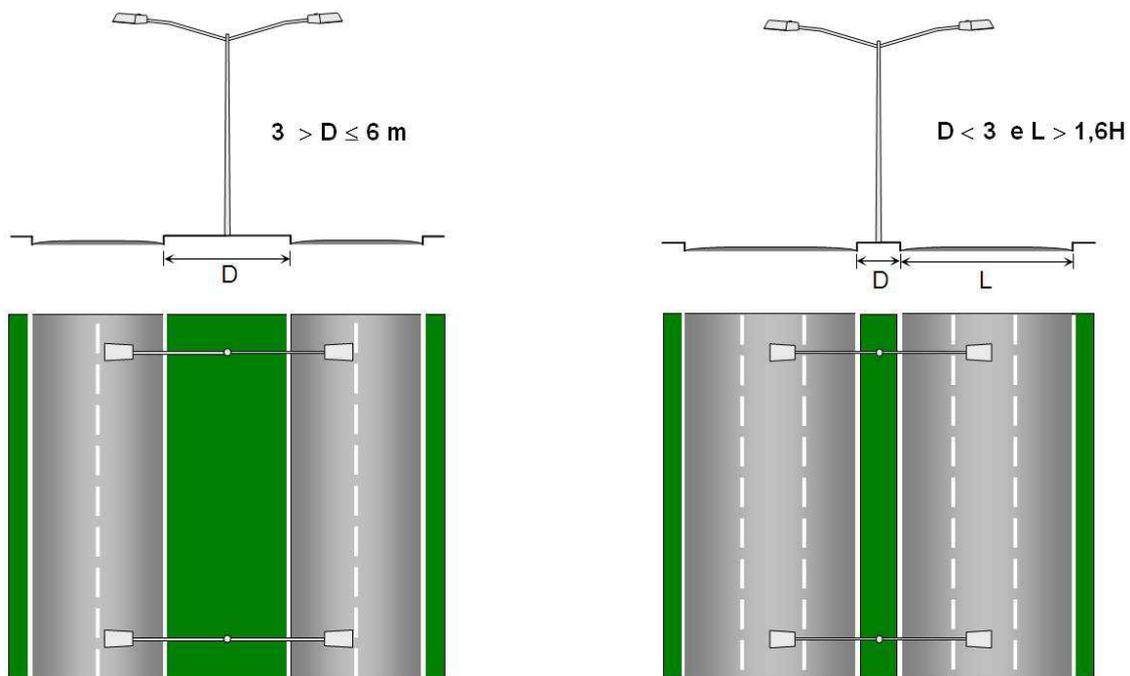


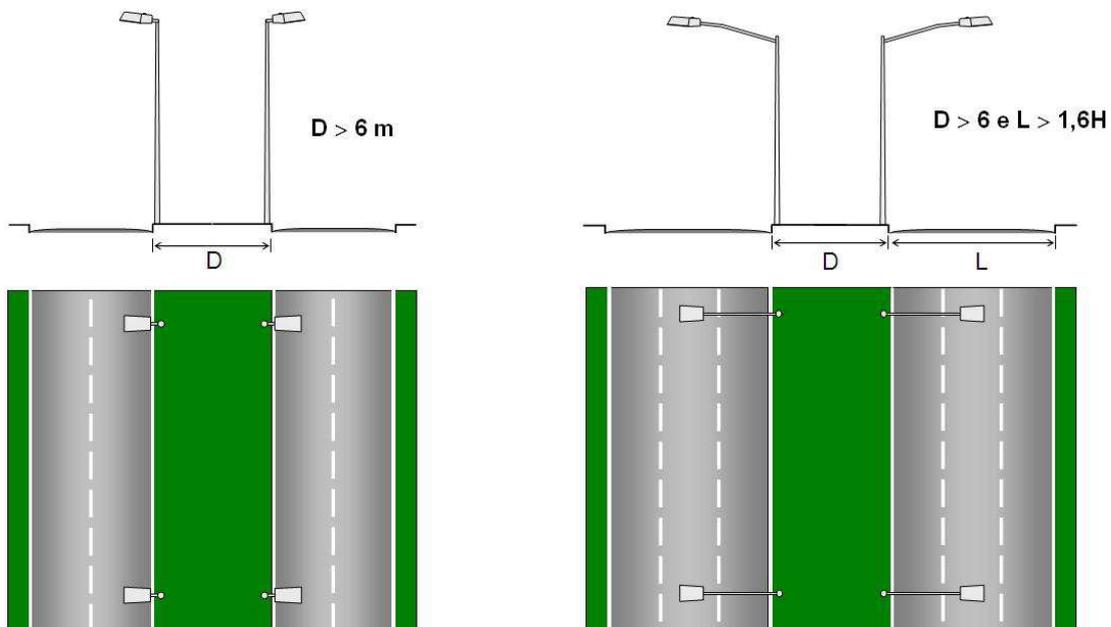
Figura 8 - Posteação no canteiro central

Para canteiros centrais com largura entre 3 e até 6 metros, ou canteiro central com largura menor que 3 metros e largura de pista maior que 1,6 da altura de montagem, devem ser utilizadas as alternativas com postes e chicotes conforme Figuras 9 e 10.



Figuras 9 e 10 - Posteação central com poste chicote

Para canteiros centrais com largura igual ou maior que 6 metros, deve ser utilizado uma das alternativas apresentadas nas Figuras 11 e 12.



Figuras 11 e 12 - Posteação central em canteiros maior que 6 metros

4.6 Projetos de iluminação de vias rurais

4.6.1 Introdução

Os motoristas que utilizam as vias rurais iluminadas necessitam de conforto visual, boa uniformidade, baixo ofuscamento, orientação visual e a percepção das demais condições da via.

Os critérios aqui apresentados podem ser aplicados a uma via de trânsito rápido ou principal, desde que seja um projeto especial.

4.6.2 Curvas, aclives e declives

Para iluminação de curvas, as luminárias devem ser orientadas de modo que o eixo da mesma seja perpendicular ao raio de curvatura da pista, conforme Figura 13.

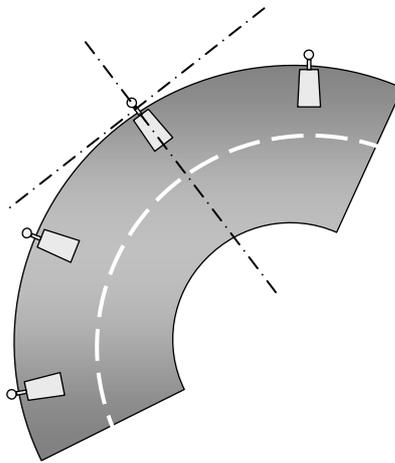


Figura 13 – Orientação das luminárias em curvas

Nos aclives e declives as luminárias devem ser orientadas acompanhando a inclinação da pista de rolamento, conforme Figura 14.

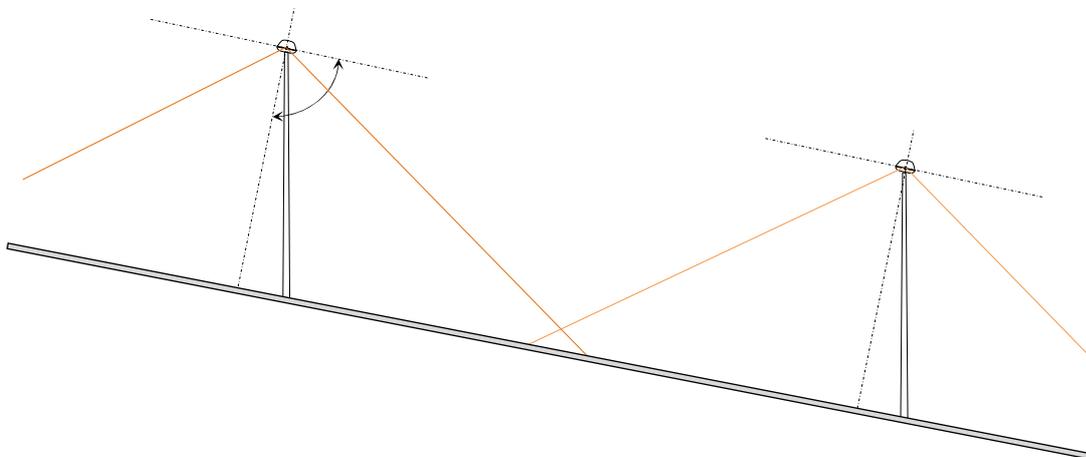


Figura 14 – Orientação das luminárias em pistas inclinadas

Nas curvas inferiores a 1.000 metros e nas alças dos trevos, a posteação deve ser instalada no lado interno a fim de minimizar o risco de abaloamento dos postes, conforme Figuras 15 e 16. Nestes casos, a altura de montagem pode ser reduzida.

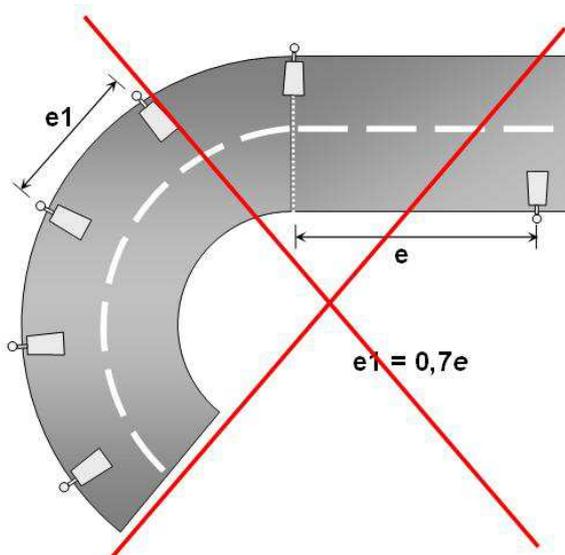


Figura 15 – Posteação no lado externo da curva

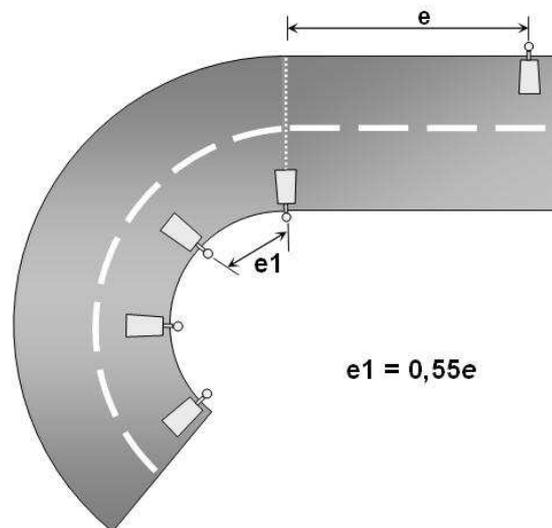


Figura 16 – Posteação no lado interno da curva

As curvas com raio superior a 1000 metros deve ter posteação unilateral à esquerda, evitando-se a desorientação do motorista em relação à curvatura da pista, conforme apresentado nas Figuras 17 e 18.

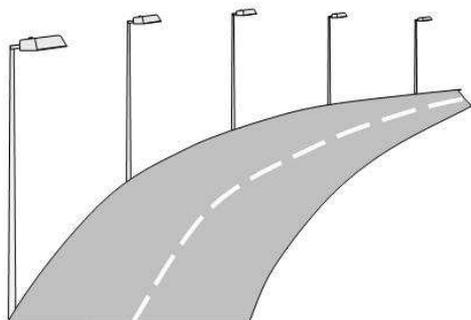


Figura 17 – Posteação unilateral na curva - Recomendável

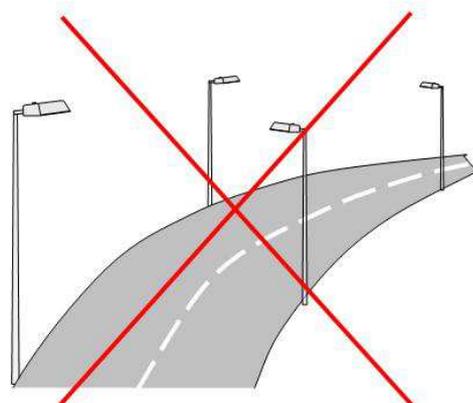


Figura 18 – Posteação bilateral na curva - Evitar

4.7 Projetos de iluminação de trevos e intercessões

4.7.1 Introdução

Os trevos e as rotatórias são responsáveis pelas junções de vias rurais ou pelos acessos e saídas destas podendo ser de baixa ou alta complexidade e ter um ou mais níveis de pista.

Durante o dia, os motoristas identificam a presença dos trevos através da iluminação natural e a existência de uma sinalização adequada. Contudo, a percepção se torna mais difícil à noite, pois os trevos e a sinalização tendem a não ser tão clara a longa distância.

A iluminação deve permitir aos motoristas identificar as características dos trevos, a visualização dos demais veículos acessantes bem como permitir a percepção dos veículos que já trafegam na via.

Do ponto de vista de segurança, a condição mais crítica é quando temos apenas um nível, pois é quando a probabilidade de colisão é maior.

4.7.2 Iluminação específica de trevos e acessos

A iluminação dos trevos e acessos às cidades pode ser feita de forma específica. Nestes casos, a iluminação deve ser reduzida ou incrementada gradualmente, para que a acomodação visual do motorista seja feita sem a possibilidade de ocorrer cegueira momentânea por ofuscamento ou pelo escurecimento repentino.

Esta iluminação deve se estender a uma distância mínima de 100 metros para trevos em áreas urbanas e 200 metros para trevos em vias especiais e rurais, conforme apresentado na Figura 19.

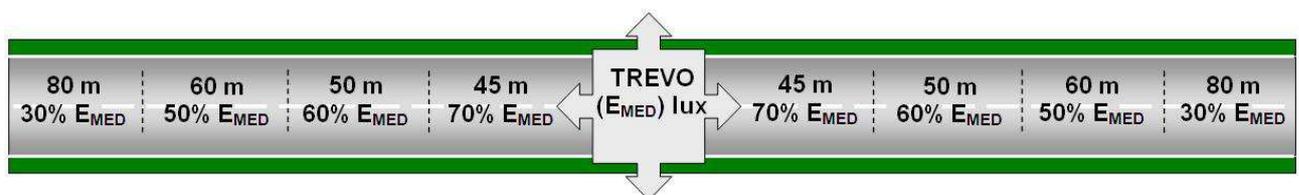


Figura 19 – Variação da iluminância para pistas convergentes aos trevos

A redução e o incremento gradual da iluminação podem ser implementados através do aumento ou redução do espaçamento (e) entre os postes e também pela redução da potência das lâmpadas.

Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais.

4.7.3 Iluminação de trevos em vias rurais

O nível de iluminância dos trevos em vias rurais deve ser no mínimo, 50% superior aos índices da via. O incremento do nível de iluminação poderá ser obtido através da redução do espaçamento.

Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais.

A Figura 20 apresenta a disposição recomendada dos postes de iluminação pública em um trevo típico em vias rurais.

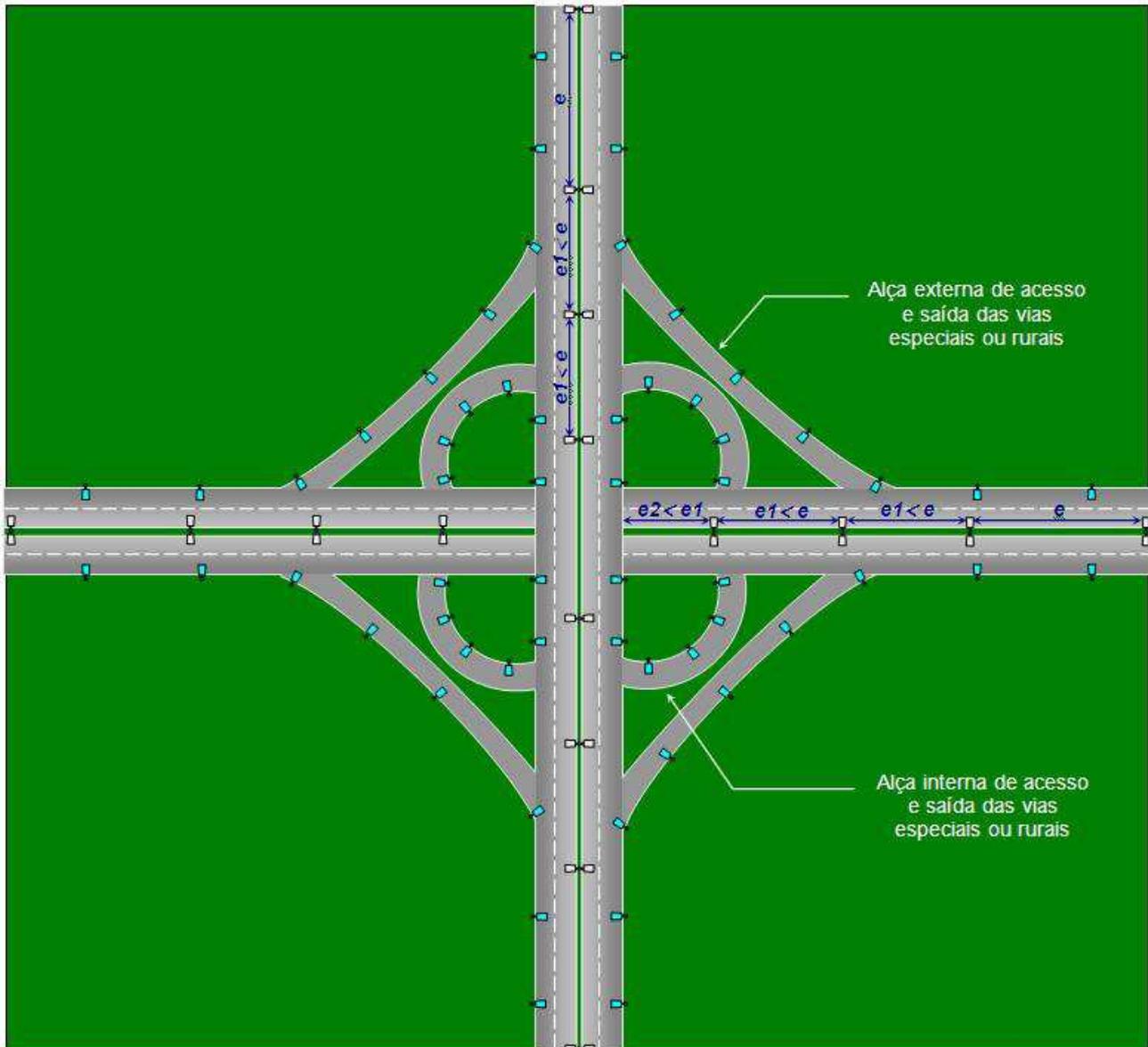


Figura 20 - Disposição de postes em trevos de vias rurais

e = espaçamento projetado ao longo da via;
 $e1$, $e2$ = espaçamento reduzido.

-  - Luminária para lâmpada VS 150 W ou VS 250 W, instalada em poste de 10 ou 12 metros de altura livre;
-  - Luminárias para lâmpada VS 400 W, instalada em poste de aço de 14 metros de altura livre.

4.7.4 Iluminação de intercessões em vias trânsito rápido ou arterial

A maioria das vias de trânsito rápido ou arterial possui intercessões com um nível. Estas devem receber atenção especial quanto à locação dos postes e o nível de iluminância aplicado.

Nestes casos, assim como nas vias rurais, a locação dos postes pode começar a partir das intercessões, podendo ter uma configuração independente da definida para o restante da via.

Dependendo da complexidade do cruzamento, postes adicionais podem ser instalados para garantir um nível de iluminância médio no mínimo 50% superior ao restante da via, como apresentado na Figura 21.

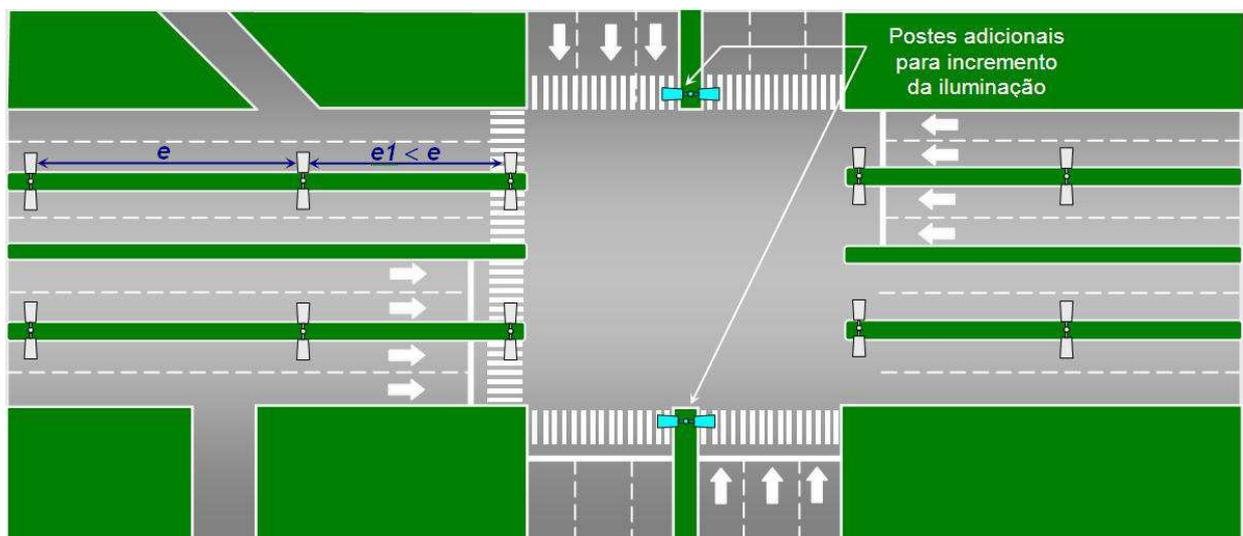


Figura 21 - Interseção de vias principais
 e = espaçamento projetado ao longo da via, $e1$ = espaçamento reduzido.

Alternativamente, a iluminação de grandes cruzamentos pode ser elaborada utilizando-se projetores em substituição às luminárias convencionais. Contudo, este projeto deve ser cuidadosamente elaborado para evitar o ofuscamento dos motoristas.

4.7.4 Defensas

A responsabilidade da Cemig D se limita à elaboração do projeto de iluminação pública. Quando solicitado pelo DNIT ou DER, o projeto, a implantação e a manutenção de defensas para os postes devem ficar a cargo do cliente ou dos órgãos competentes de gestão rodoviária.

4.8 Iluminação de áreas de vandalismo

Na elaboração de um projeto novo ou na reforma da iluminação pública existente, recomendamos que, em conjunto com as equipes de manutenção, sejam identificados os locais onde há incidência de vandalismo para que sejam utilizadas as luminárias com refrator em policarbonato.

Em algumas áreas consideradas estratégicas para a comunidade, a instalação de luminárias com policarbonato pode ser definida previamente durante a elaboração do projeto. São elas:

- a) Entorno de escolas;
 - b) Entorno de hospitais;
 - c) Entorno de áreas de segurança pública;
 - d) Locais de risco mapeadas pela polícia militar.
-

5 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE ÁREAS PARA PEDESTRES

5.1 Introdução

A iluminação pública nas áreas utilizadas predominantemente por pedestres deve prover segurança, conforto e a capacidade de reconhecer os eventos ao seu redor a uma distância razoável.

5.2 Iluminação de praças e parques

Nas cidades, as praças e parques contribuem não só para o embelezamento, mas também promovem o lazer, recreação e o convívio entre as pessoas.

Dessa forma, uma atenção especial deve ser dada na elaboração dos projetos de iluminação destes espaços públicos, no sentido de torná-los seguros e convidativos à comunidade.

Contudo, a iluminação é apenas um dos muitos componentes responsáveis pela melhoria do ambiente urbano. Sempre que necessário, deve-se promover uma reforma nas condições desses espaços públicos.

Algumas praças ou 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.

Efeitos atrativos podem ser criados pelo uso de lâmpadas com temperatura de cor diferente. Por exemplo, se utilizarmos lâmpadas VS para a iluminação do entorno, o interior da praça pode ser iluminada com lâmpadas VMT.

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.

Estátuas, árvores, coretos e outros pontos de interesse especial, podem ser individualmente iluminados. Maiores informações são apresentadas nos Capítulos 7 e 8.

Postes com altura de montagem superior a 5 metros somente devem ser instalados em praças e calçadões onde é possível o acesso dos veículos de manutenção. Esta restrição vale também para os espaços onde o piso não estiver adequado ao peso destes veículos.

Se uma praça possuir pequenas dimensões, a melhoria da iluminação das vias do entorno pode evitar a instalação de um projeto específico.

Nos calçadões, a disposição da iluminação não deve obstruir o acesso dos veículos de emergência ou de manutenção.

5.3 Níveis de iluminância e uniformidade

A iluminação destes espaços deve permitir no mínimo um reconhecimento mútuo, além de proporcionar informação visual suficiente a respeito das pessoas e suas intenções a uma distância segura.

Segundo estudos realizados, a distância mínima necessária para uma pessoa reconhecer qualquer sinal de hostilidade e tomar as ações evasivas apropriadas é de 4 metros. A esta distância, o nível de iluminância médio mínimo necessário para reconhecimento facial é de 5 lux.

De toda forma, sobre a superfície não deve haver valor inferior a 1 lux.

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 (U) não deve ser inferior a 0,25.

A Tabela 12 apresenta as recomendações para o nível de iluminância média e informa o valor mínimo para o fator de uniformidade para cada classe de iluminação de pedestres.

5.4 Ciclovía e ciclofaixa

Considerando a importância crescente das bicicletas como meio de transporte nas cidades, a iluminação das ciclovias contribui para a redução dos acidentes o que é particularmente importante quando existem cruzamentos com vias de trânsito de veículos automotores.

Os principais requisitos de visibilidade a serem fornecidos pela iluminação são:

- As alterações no trajeto e os limites da ciclovía e ciclofaixa;
- A presença de obstáculos fixos na superfície, tais como mobiliário urbano, árvores, etc;
- A visualização de buracos e rachaduras na superfície da pista;
- A posição e a velocidade dos usuários da ciclovía;
- A existência de cruzamentos com as vias que conduzem outro tipo de tráfego.

As luminárias utilizadas devem ser instaladas com espaçamentos mínimos de 3,5 vezes a altura de montagem.

Para a maioria das ciclovias e ciclofaixas, os requisitos para a escolha da fonte de luz devem considerar os critérios utilizados para a iluminação das demais vias urbanas como vida mediana, rendimento, etc. Contudo, pode ser necessário utilizar uma lâmpada de cor diferente da existente na via adjacente a fim de chamar a atenção dos motoristas quanto à existência da ciclovía ou ciclofaixa.

A Tabela 13 apresenta as recomendações para o nível de iluminância média e informa o valor mínimo para o fator de uniformidade para ciclovias e ciclofaixas.

5.5 Critérios de instalação

O Anexo 3 apresenta um diagrama resumo com a indicação dos códigos e a correlação entre as luminárias, lâmpadas, postes e suportes padronizados cujo resultado e alternativas de montagem podem ser visualizadas no Anexo 4.

5.6 Iluminação de travessia para pedestres em pistas de trânsito intenso

Onde existirem travessias para pedestres fora das esquinas, devidamente identificadas com sinalização vertical e horizontal, pode ser utilizado uma iluminação adicional.

A instalação deve ser feita com RDS em poste de aço de 5 metros. Em função das características da distribuição luminosa das luminárias, os postes devem ser defasados em 1,5 metros em relação ao início da faixa conforme apresentado na Figura 22.

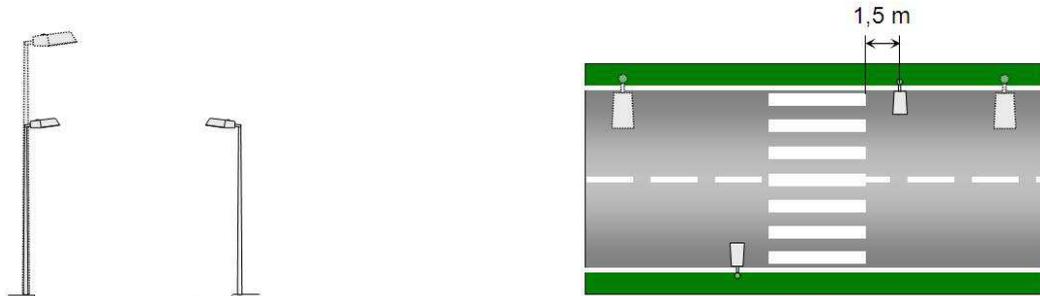


Figura 22 - Iluminação para passagem de pedestres em complementação à sinalização vertical e horizontal

Para garantir que a passagem de pedestre esteja bem destacada na via, recomendamos que as lâmpadas utilizadas na iluminação tenham uma temperatura de cor diferente das lâmpadas que iluminam a pista de rolamento.

Esta alternativa também pode ser utilizada em cruzamentos de centros urbanos com grande movimentação de pedestres, mas deve ser cuidadosamente estudada para não prejudicar a sinalização viária ou causar confusão visual.

5.7 Iluminação de passarelas

A iluminação de passarelas deve ser feita de forma independente da estrutura utilizando-se postes de aço específicos de iluminação e luminárias ou projetores.

Quando forem utilizados projetores, deve-se observar para que a focalização não provoque ofuscamento ou comprometa o desempenho visual dos condutores de veículos. Para isso, os projetores devem ser focalizados de forma perpendicular ao fluxo de trânsito.

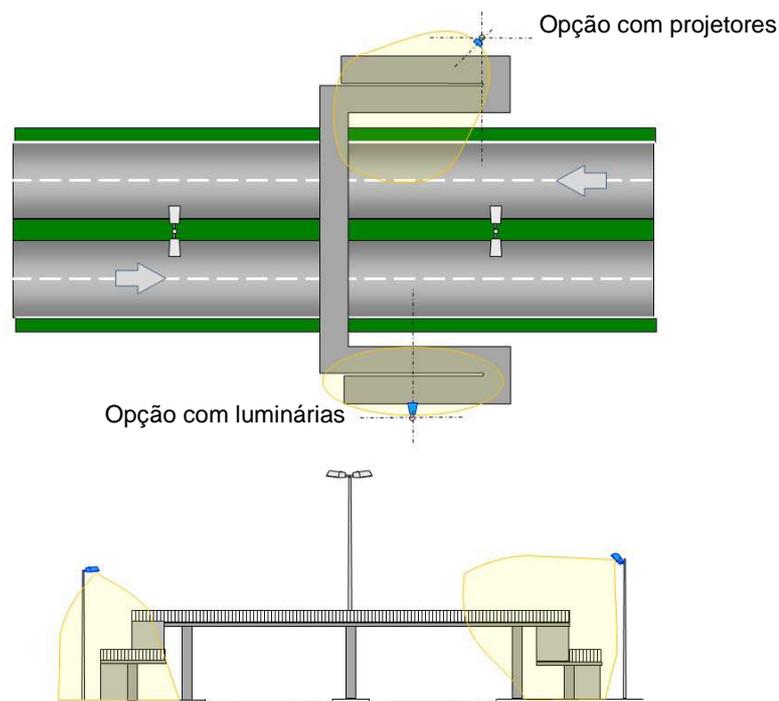


Figura 23 - Iluminação de passarelas

6 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA PARA ÁREAS HISTÓRICAS COM RDS

6.1 Introdução

A Cemig D possui um padrão específico de iluminação pública com características não agressivas ao patrimônio histórico para proporcionar uma integração harmoniosa com o sistema elétrico. Este padrão é composto de luminária tipo lampião colonial, postes de aço e suportes de parede.

Para efeito desta norma, as áreas históricas devem possuir documentação que comprovem o tombamento estadual (IEPHA), federal (IPHAN) ou municipal (Lei municipal) e podem ser definidas da seguinte forma:

- a) Núcleos urbanos – quando delimitados por uma ou mais ruas;
- b) Conjuntos urbanos – quando houver a composição de uma ou mais edificações com tombamento isolado em uma praça ou largo;
- c) Tombamento isolado – quando houver edificações ou elementos com tombamento específico.

Quando houver o tombamento estadual ou federal, todos os projetos devem ser previamente aprovados por estes órgãos antes da execução, seja de iluminação pública ou de fachada.

6.2 Locação dos lampiões

Dependendo da geometria da rua, a locação dos lampiões nas áreas históricas pode ser feita de forma unilateral ou bilateral alternada, com o espaçamento médio variando entre 15 e 25 m.

A simetria deve ser evitada nas praças para evitar a concorrência visual com a arquitetura.

Conforme determinação do IPHAN, nenhum lampião deve ser instalado nas paredes dos prédios, igrejas, museus ou edificações que possuírem tombamento isolado daquele órgão. Esta restrição tem por objetivo evitar a descaracterização das edificações tombadas, uma vez que os lampiões são apenas alusivos ao período histórico.

Nas edificações com pé-direito baixo ou beiral largo, os lampiões devem manter uma distância mínima de segurança de 0,30 m do forro.

6.3 Postes e suportes

Prioritariamente, a instalação dos lampiões deve ser feita através dos suportes nas fachadas, pois em geral o passeio tem menos de 1 m de largura. Os suportes possuem projeções horizontais distintas a fim de atender a variação existente nos passeios.

O suporte com a “voluta colonial” deve ser utilizado exclusivamente em Ouro Preto.

O poste colonial deve ficar restrito às praças, largos ou quando houver uma edificação com tombamento isolado.

A altura de montagem dos lampiões instalados em parede deve estar entre 2,8 e 5 metros. Contudo, quando não for possível o acesso dos veículos de manutenção, a altura de montagem não deve exceder 3 m.

6.4 Níveis de iluminância

Por se tratar de uma iluminação pública decorativa com a finalidade de valorizar áreas de importância histórica com forte apelo turístico, os valores de iluminância e demais requisitos podem ser superiores aos apresentados na Tabela 8.

7 PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS E MONUMENTOS

7.1 Introdução

A iluminação de fachadas de edifícios públicos e monumentos criam efeitos visuais e ambientes diferentes dos existentes durante o dia, revelando uma nova cidade à noite.

Existem diversos benefícios que justificam a implantação destes projetos de iluminação, dentre os quais destacam-se:

- A criação de um ambiente agradável;
- Promoção de um espetáculo atrativo para as atividades ligadas ao turismo;
- Estabelecer um marco visual de orientação aos visitantes;
- Tornar o local mais atraente para as atividades comerciais e lazer.

7.2 Desenvolvimento do projeto

O desenvolvimento do projeto de iluminação decorativa envolve decisões técnicas e conceituais. O projetista deve considerar e registrar no mínimo as seguintes informações:

- a) Objetivo do projeto, e se necessário, os valores históricos associados ao local;
- b) Composição do projeto com a análise prévia dos elementos arquitetônicos a serem destacados como torres, cúpulas, telhados, estátuas, etc;
- c) A composição luminosa incluindo as considerações estéticas relativas ao tipo e cor das lâmpadas, cor e refletância da superfície, níveis de iluminância, composição de luz e sombra;
- d) Cálculos fotométricos;
- e) Relação de material;
- f) Desenho com o posicionamento horizontal e vertical dos projetores.

7.3 Composição do projeto

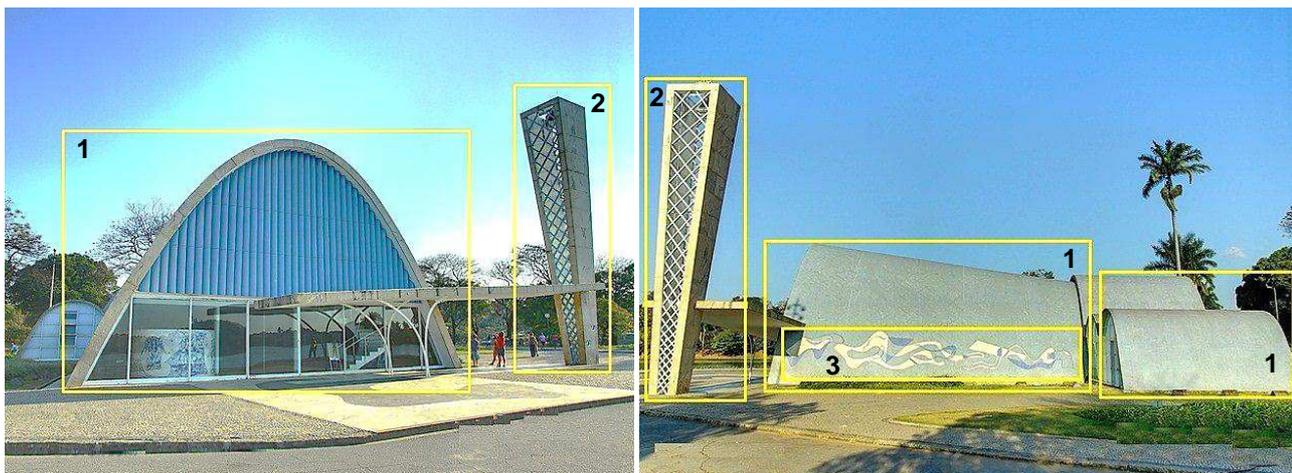
Para facilitar o desenvolvimento do projeto, a maioria das fachadas pode ser dividida em três elementos arquitetônicos básicos formando planos retangulares, que podem ser trabalhados separadamente ou em blocos.

Os três elementos básicos utilizados para a composição da maioria dos projetos são:

- a) Elemento 1 – Baixo e/ou largo (fachadas);
- b) Elemento 2 – Alto e/ou estreito (colunas e torres);
- c) Elemento 3 – Objetos e detalhes arquitetônicos tridimensionais que requerem iluminação uniforme (estátuas e detalhes decorativos).

As Fotos 1 e 2 ilustram a aplicação dos três elementos de projeto. As fachadas principais constituem os planos baixos e/ou largos característicos do elemento 1 e a torre do sino constitui o plano alto e/ou estreito característico do elemento 2.

Os desenhos dos mosaicos nas fachadas laterais constituem os detalhes arquitetônicos típicos do elemento 3.



Fotos 1 e 2 – Exemplos da aplicação dos 3 elementos básicos de projeto para iluminação decorativa

7.4 Definição de cores no projeto

A percepção de cores de uma superfície é o resultado da combinação de três fatores:

- Cor da fonte de luz;
- Refletância e cor da superfície que a ser iluminada;
- Capacidade visual do observador.

Quando a superfície possuir cores variando entre o amarelo e o vermelho, recomenda-se a utilização de lâmpadas com temperatura de cor abaixo dos 3.200 K.

De modo inverso, quando as cores variarem entre o roxo e o verde, recomenda-se a utilização de lâmpadas com temperatura de cor acima dos 4.000 K.

O Quadro 1 abaixo apresenta a posição das diversas lâmpadas em função do IRC e TCC.

Grupo de reprodução de cor	IRC Classe	Amarelo "funcional" < 2.400K	Branco quente "confortável" 2.400K < T _c < 2.800K	Branco quente "morna" 2.800K < T _c < 3.500K	Branco "neutra" 3.500K < T _c < 5.000K	Branco "fria" T _c > 5.000K
1	1A Exelente		Incand. 2.800 K (Referencia)			
	1B Muito bom			Vapor metálico (Cerâmica) 3.000 K	Vapor metálico (Quartzo) 5.000 K	
2	2A Bom					
	2B Bom				Vapor de mercúrio 4.500 K	
3	Regular	Vapor de sódio (AP) 2.100 K				
4	Pobre					

Quadro 1 – Correlação entre lâmpadas, IRC e TCC

7.4.3 Combinação de cores no projeto

A aparência da cor de uma lâmpada vista em combinação com outras lâmpadas de cores diferentes é mais importante do que quando vista isoladamente.

Na Foto 3 toda a superfície foi iluminada com lâmpadas uma única temperatura de cor de 5.000 K. Na Foto 4 foram utilizadas lâmpadas de três tipos diferentes de temperatura com 2.100 K, 3.200 K e 5.000 K.



Fotos 3 e 4 – Exemplos da aplicação dos 3 elementos básicos para iluminação decorativa

7.5 Incidência da luz e contraste de luz e sombra

A direção com que a luz incide altera decisivamente os elementos arquitetônicos da superfície iluminada.

Se os projetores são posicionados diretamente para a superfície de forma que a luz incida perpendicularmente, praticamente não existem sombras, fazendo com que ela fique sem detalhes e de difícil visualização.

Quando os projetores são posicionados em ângulo com a superfície, são projetadas sombras que agregam qualidade dimensional e textura. O tamanho da sombra sobre a superfície está relacionado à altura e posição dos projetores e dos ângulos de focalização, como ilustrado na Figura 24.

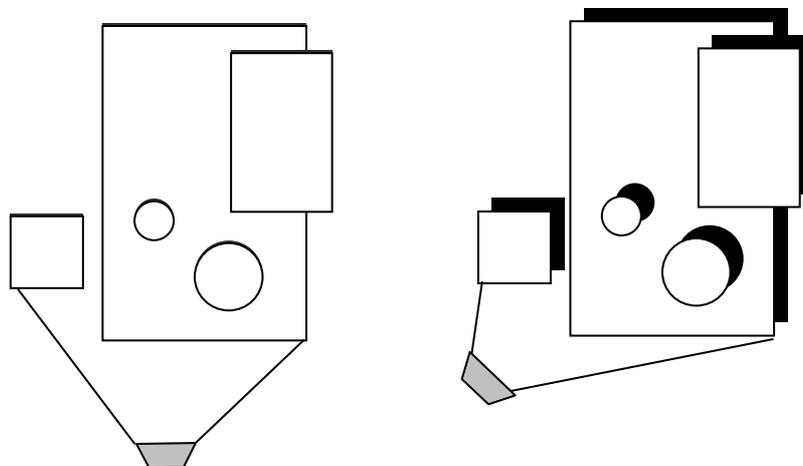


Figura 24 – Projeção das sombras sobre a superfície

A variação entre luz e sombra é decisiva no resultado final do projeto. O efeito da iluminação apresentará mais contraste quanto mais acentuado forem as sombras ou mais direcional for a iluminação como mostrado na Foto 5. Isto não significa que esse efeito contribuirá na valorização da iluminação, mas o excesso na utilização de contraste pode alterar o entendimento arquitetônico da edificação.



Foto 5 - Iluminação com alto contraste

7.6 Níveis de iluminância e refletância da superfície

A percepção da iluminação sobre uma determinada superfície depende da claridade do entorno onde a mesma está inserida. O nível de iluminância necessário para destacar uma fachada na área central de uma grande cidade será maior que o nível em seus bairros ou em uma cidade menor.

Elementos como esculturas, arcos e outros detalhes arquitetônicos podem requerer maior nível de iluminância em relação a área total da fachada.

A refletância da superfície também deve ser considerada na definição dos níveis de iluminância, pois quanto mais clara menor poderá ser a luz incidente necessária para destacar a superfície.

A Tabela 14 apresenta a iluminância média em lux para uma fachada em função da iluminação do entorno e da refletância da superfície para iluminação decorativa.

7.7 Posição dos projetores e ofuscamento

Ao elaborar um projeto de iluminação com projetores, o ofuscamento deve ser cuidadosamente controlado. Em nenhum caso, a iluminação decorativa deve comprometer o desempenho visual dos pedestres e, principalmente, dos condutores de veículos.

O controle do ofuscamento deve ser feito principalmente pelo correto posicionamento dos equipamentos, considerando os ângulos de abertura do fecho luminoso dos projetores. Como regra geral, os projetores devem ser instalados perpendicularmente ao sentido do trânsito, com a abertura do fecho luminoso limitado ao ângulo de meia intensidade luminosa ($1/2 I_{MAX}$).

A área em vermelho indica as regiões onde o ofuscamento deve ser evitado para não comprometer o trânsito dos veículos e pedestres, como apresentado nas Figuras 25 e 26.

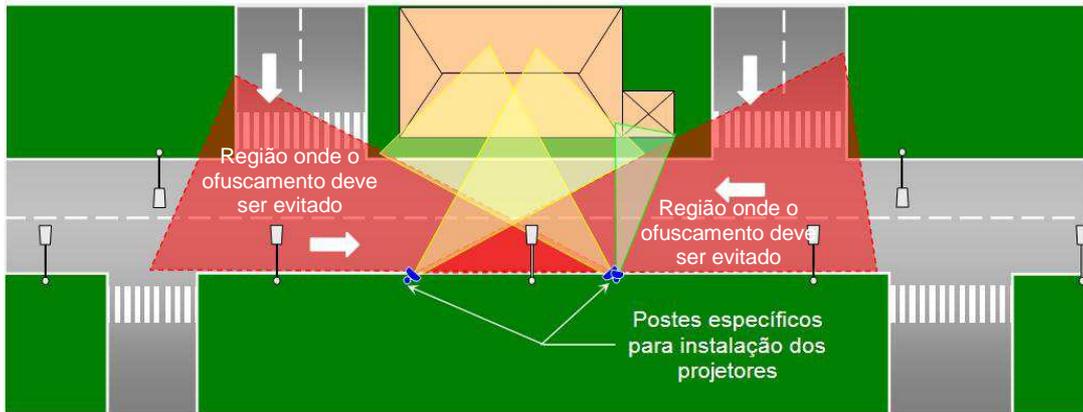


Figura 25 – Posicionamento horizontal dos projetores

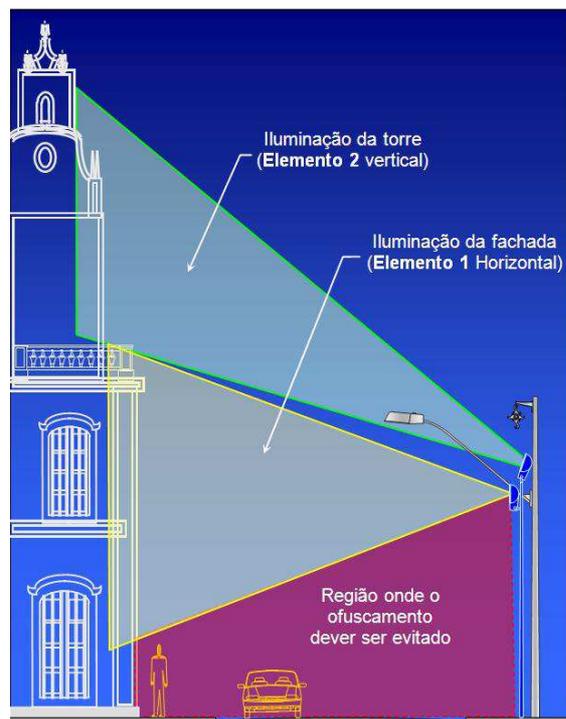


Figura 26 – Posicionamento vertical dos projetores

8 ILUMINAÇÃO PÚBLICA E O MEIO AMBIENTE

8.1 Introdução

A iluminação pública e a arborização em áreas novas devem ser implantadas conforme especificado na ND-3.1, sendo que, para cada tipo de árvore, devem ser observadas as recomendações do Manual de Arborização da Cemig D.

8.2 Iluminação de vias com intensa arborização

Na área de concessão da Cemig D, frequentemente são encontradas vias urbanas edificadas, eletrificadas e arborizadas sem o correto planejamento. Algumas soluções desenvolvidas são apresentadas a seguir para que a iluminação pública e a arborização possam ser compatibilizadas.

8.2.1 Braço longo para área arborizada

Os diversos braços e suportes para iluminação pública apresentam alturas e projeções distintas que permitem com que a posição da luminária seja melhor ajustada à arborização existente com um menor impacto na mesma, como pode ser visto na Figura 27.

Para as vias com intensa arborização onde os braços usuais não resolvem a coexistência entre a iluminação pública e a arborização, poderá ser utilizado o braço longo. Para vias com até 12 metros de pista, a instalação do braço longo deve ser feita de forma unilateral, independente do tipo de disposição da rede de distribuição.

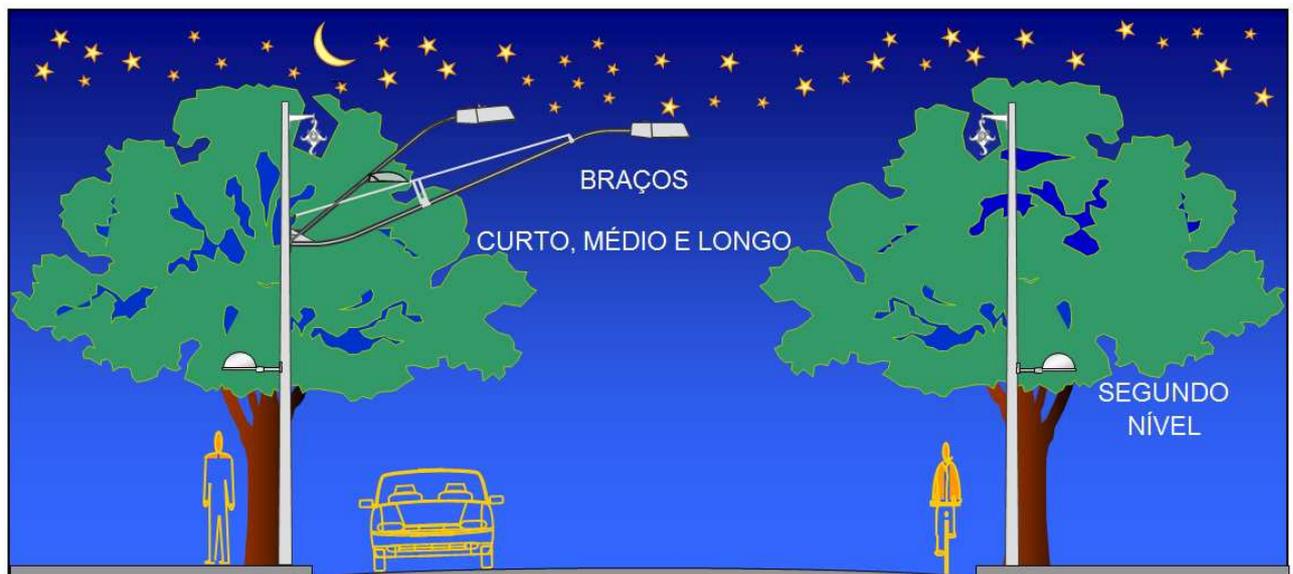


Figura 27 - Propostas de iluminação para vias com intensa arborização

Nas vias onde a pista de rolamento possui até 10 metros de largura, o braço pode ser instalado em ângulo para que a luminária permaneça sobre o eixo da pista. Independente da posteação, este arranjo deve ser implantado de forma unilateral, como apresentado na Figura 28.

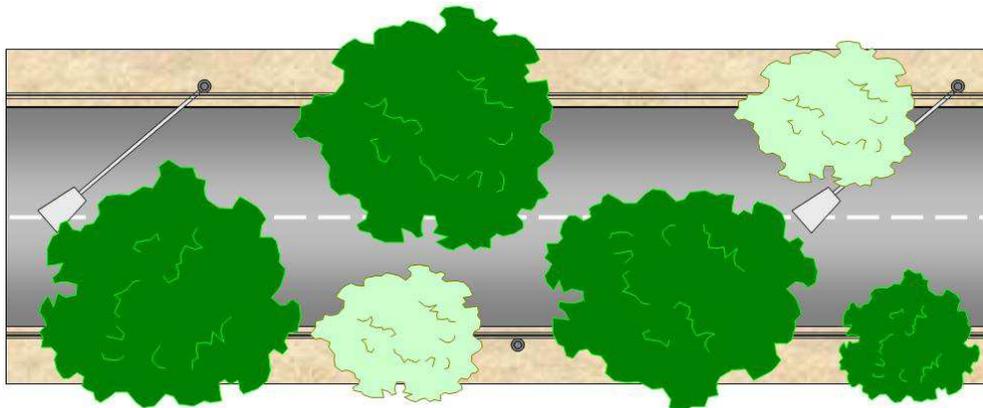


Figura 28 - Instalação do braço longo em ângulo nas vias com intensa arborização em pista de até 10

8.2.2 Luminárias ornamentais em segundo nível

A instalação de luminárias em segundo nível deve ser feita exclusivamente como complementação à iluminação pública da via, nos passeios onde a arborização interfere na segurança dos pedestres. O projeto deve analisar cada poste, evitando a instalação desnecessária desta alternativa onde a desobstrução da folhagem não possa ser feita.

Esta é uma opção de iluminação pública funcional sendo que também pode ser utilizada no incremento da segurança pública como, por exemplo, em postes definidos como ponto de ônibus.

8.3 Projetos específicos para passeios e praças com intensa arborização

Para as vias onde a arborização interfere de forma irremediável na iluminação, podem ser elaborados projetos específicos com a utilização de luminárias convencionais, ornamentais ou projetores, desde que os passeios tenham dimensões apropriadas.



Figura 29 - Propostas para projetos específicos de iluminação pública para passeios em áreas com intensa arborização.

8.4 Desobstrução da iluminação pública

Para melhorar a convivência da iluminação pública com a arborização, é apresentada uma equação para o cálculo de variáveis que contribuem para a desobstrução da iluminação pública. A equação considera os ângulos de máxima incidência de luz nos sentidos longitudinal e transversal à via, a sua altura de montagem e a distância da árvore.

A equação deve ser utilizada nas seguintes situações:

- na adequação dos sistemas existentes onde a posteação e as árvores já existem, permitindo definir a linha de poda dos ramos que comprometem a iluminação;
- na implantação de novos sistemas de iluminação em praças, vias e calçadões, auxiliando na definição da posição dos postes e sua distância às árvores existentes;
- na implantação de novas árvores em praças, vias e calçadões, auxiliando na definição das árvores em relação aos postes existentes.

$$Z = H - (A \times D)$$

Sendo:

Z = Altura mínima de um galho

H = Altura de montagem da luminária

$A_L = \cot 75^\circ = 0,26$ (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal)

$A_T = \cot 60^\circ = 0,57$ (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal)

D = Distância mínima do galho de menor altura

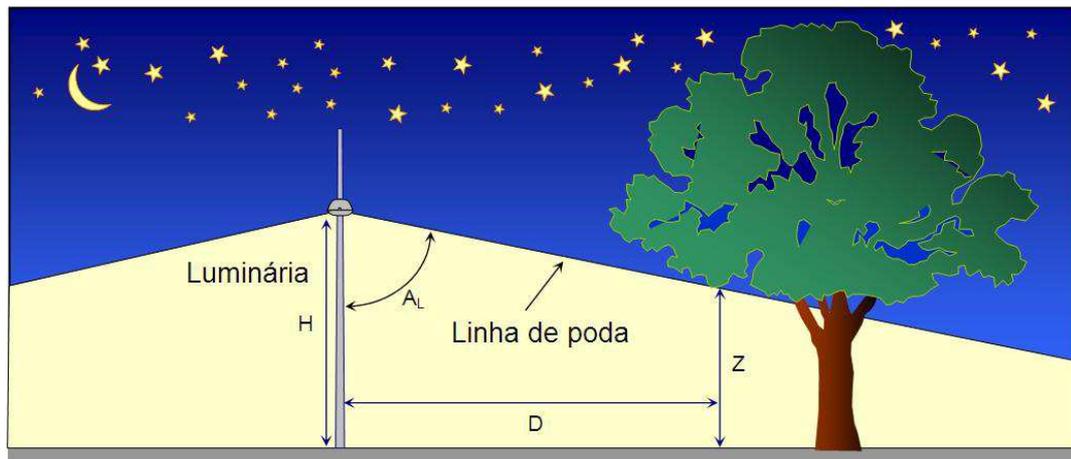


Figura 30 – Projeção da desobstrução longitudinal



Figura 31 – Projeção da desobstrução lateral

8.5 Iluminação decorativa de árvores - Precauções de projeto e implantação

Na iluminação decorativa de árvores, o posicionamento dos projetores deve ser estudado levando-se em conta o sistema de raízes da árvore, de forma que a passagem dos eletrodutos e a instalação das caixas dos projetores não danifiquem a árvore. Sob nenhuma circunstância a rede principal de raízes deve ser mutilada.

Não é recomendada a iluminação decorativa de mudas, pois o desenvolvimento das plantas pode afetar a rede subterrânea ou vice versa. Esta iluminação também não produz resultados efetivos, pois não há superfícies desenvolvidas para a reflexão da luz.

8.6 Iluminação decorativa de cavernas e grutas - Precauções de projeto e implantação

As cavidades naturais conhecidas como caverna, gruta, lapa, toca, abismo e furna, constituem patrimônio natural e cultural brasileiro e, como tal, são preservadas e conservadas através de legislação específica.

A atividade humana de efeito direto, como a iluminação para fins de exploração turística, podem causar danos ao ecossistema destas formações.

Juntamente com o cálculo elétrico e luminotécnico, o cliente deve apresentar à Cemig D a aprovação ambiental do empreendimento, emitida pelo órgão competente e este documento deve ser anexado ao dossiê do projeto.

8.7 Poluição luminosa

Poluição luminosa é o brilho noturno no céu acima das áreas urbanas, provocada pela luz artificial refletida na poeira, vapor de água e outras partículas dispersas na atmosfera.

No caso da iluminação pública, a poluição luminosa é traduzida em projetos com níveis de iluminância superdimensionados e/ou falta de controle da distribuição luminosa das luminárias.

As novas luminárias utilizadas pela Cemig D estão adequadas às recomendações internacionais de proteção contra a poluição luminosa, como a utilização do vidro plano e o controle da emissão luminosa nos ângulos acima do eixo horizontal das mesmas.

8.8 Redução da interferência da iluminação pública

Quando necessário e de comum acordo entre a Cemig D e a administração municipal, as seguintes ações podem ser utilizadas no sentido de minimizar a interferência da iluminação pública:

- a) Utilização de dimerizadores, previamente aprovados na Cemig D;
 - b) Redução da potência das lâmpadas instaladas, sem prejuízo da segurança pública e viária;
 - c) Alteração do ângulo ou direção de montagem das luminárias.
-

9 MÉTODOS DE CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS

9.1 Introdução

Podem ser utilizados na iluminação os seguintes métodos para cálculos dos índices de iluminância:

- 1 - Método do fluxo luminoso;
- 2 - Método ponto a ponto.

Estes dois métodos se aplicam tanto a luminárias quanto a projetores.

9.2 Método do fluxo luminoso (método dos lúmens)

A partir do valor da iluminância E (em lux), indicada para a área a ser iluminada, utiliza-se a seguinte equação:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot U_t}$$

sendo:

- Φ_T = fluxo luminoso total (lm);
- E = iluminância requerida para a área (lux);
- S = área a ser iluminada (m²);
- η = fator de depreciação;
- U_t = coeficiente de utilização.

O valor de η é definido conforme tabela abaixo dependendo do grau de proteção da luminária utilizada:

Grau de proteção	Fator de depreciação (η)
IP-65	0,85
IP-66	0.90

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

- U = 1; Se todo o fluxo luminoso dos projetores se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,75; Se 50% ou mais do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,60; Se 25% a 50% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada;
- U = 0,40; Se menos que 25% do fluxo luminoso se concentra na área a ser iluminada.

O número total de luminárias (N) é calculado através da fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1}$$

sendo:

- N = Número de luminárias;
- Φ_T = fluxo luminoso total (lm);
- Φ_1 = fluxo luminoso de cada lâmpada especificada (lm);

Após o cálculo do número de projetores, os mesmos devem ser localizados de forma a produzir uma iluminância uniforme.

9.3 Método ponto a ponto (método da intensidade luminosa)

Este método se baseia na lei do cosseno. Assim quando um ponto qualquer P é iluminado por uma luminária (ou projetor) a uma altura h do solo e, excetuando-se contribuições de quaisquer outras fontes de luz, tem-se que o iluminância no ponto P será igual à E_P .

$$E_P = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha \text{ (lux)}$$

Sendo I_α a intensidade luminosa (cd) da luminária em direção ao ponto P, h a altura do solo em metros e α em graus, conforme Figura 32.

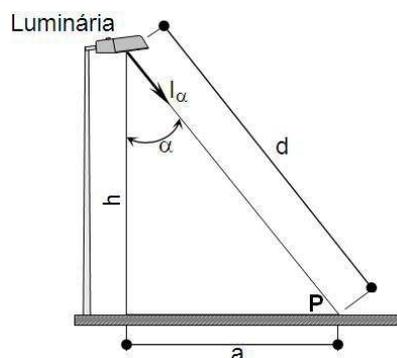


Figura 32 - Iluminância E no ponto P qualquer

9.4 Cálculo fotométrico para iluminação pública

O nível de iluminância para uma via pública pode ser calculado utilizando-se as curvas características fornecidas pelos fabricantes das luminárias e os métodos apresentados anteriormente.

A fórmula a seguir apresenta a metodologia utilizada para o cálculo do nível de iluminância E para uma luminária qualquer:

$$E = \frac{v \cdot FI \cdot Fc \cdot \eta}{1000} \quad (1)$$

sendo:

- E = Nível de iluminância inicial da pista (lux);
- v = Iluminância para 1.000 lúmens da lâmpada (valor fornecido pelo fabricante da luminária);
- FI = Fluxo luminoso total das lâmpadas utilizadas, por luminária;
- Fc = Fator de correção da altura de montagem;
- η = Fator de depreciação;

onde:

$$Fc = \frac{(h_1)^2}{(h_2)^2} \quad (2)$$

sendo:

h_1 = Altura das montagens apresentada na tabela utilizada;

h_2 = Altura da montagem real do projeto.

O valor da uniformidade (U) auxilia o projetista a realizar um projeto eficiente. A Tabela 11 apresenta os valores de uniformidade em função do tipo de via que está sendo iluminada.

O fator de uniformidade U é dado pela fórmula a seguir:

$$U = \frac{E_{\text{MIN}}}{E_{\text{MED}}} \quad (3)$$

A iluminância média (E_{med}) é dada pela média aritmética das iluminâncias consideradas. Ela é calculada pela fórmula a seguir:

$$E_{\text{med}} = \frac{(E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n)}{n} = \sum_{x=1}^x E_n \quad (4)$$

Onde E_{MIN} é a iluminância mínima em um plano especificado.

9.5 Exemplo prático de cálculo de iluminância

O exemplo 1 a seguir apresenta um caso típico de iluminação pública de uma via pública:

Dados do projeto:

- Posteação unilateral, poste concreto conicidade reduzida (RC), 12 altura livre;
- Luminária para lâmpada VS 250 W-Tubular, IP-66;
- Fluxo luminoso de 33.200 lm;
- Largura da pista de rolamento de 10 metros;
- Vão de 35 metros

A planilha já foi fornecida para altura de montagem igual a 12 metros, então a equação (2) para o fator de conversão será:

$$F_C = \frac{(12)^2}{(12)^2} = 1$$

Utilizando a equação (1) e a planilha abaixo com os valores de iluminância para 1.000 lúmens, fornecido pelo fabricante, tem-se respectivamente nos pontos (0/0 m) e (17,5/10,0 m):

Y	Iluminância para 1.000 lm para duas luminárias – Lâmpada VS 250 T										
10,0	0,58	0,46	0,46	0,58	0,69	0,81	0,69	0,58	0,46	0,46	0,58
7,5	0,81	0,81	0,92	0,92	1,04	1,04	1,04	0,92	0,92	0,81	0,81
5,0	1,27	1,27	1,38	1,27	1,27	1,15	1,27	1,27	1,38	1,27	1,27
2,5	1,38	1,38	1,5	1,15	1,04	1,04	1,04	1,15	1,5	1,38	1,38
0,0	1,15	1,04	0,92	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,92	1,04	1,15
m	0,0	3,5	7,0	10,5	14	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0

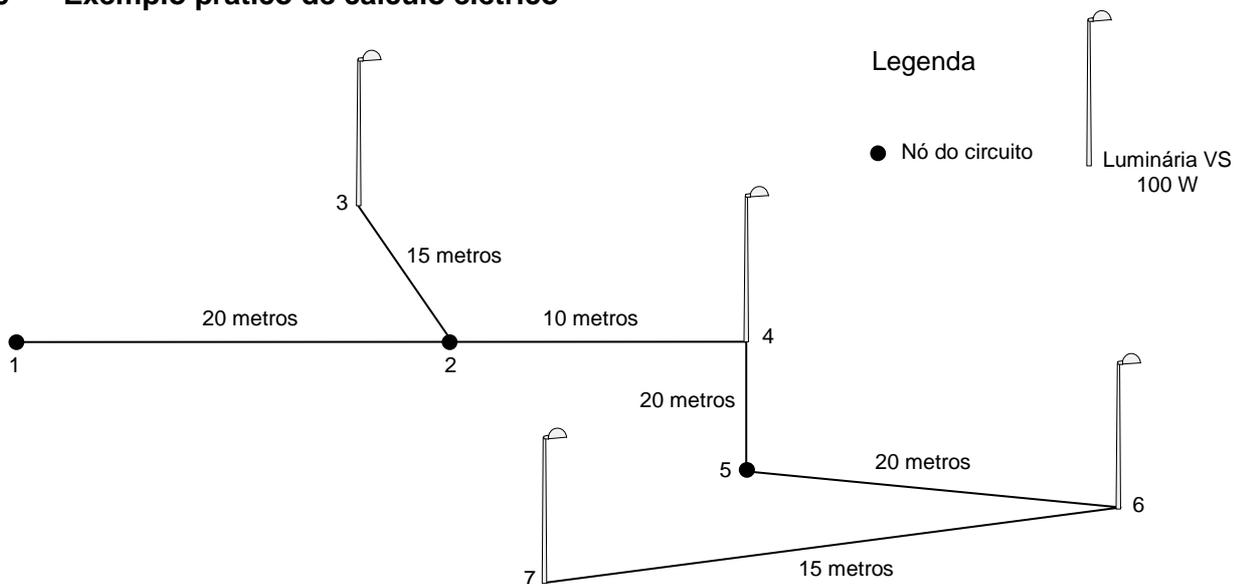
$$E_{\text{(Ponto 0/0)}} = \frac{(1,15) \cdot (33.200) \cdot (1) \cdot (0,9)}{1000} = 34,36 \text{ lux}$$

$$E_{\text{(Ponto 17,5/10,0)}} = \frac{(0,81) \cdot (33.200) \cdot (1) \cdot (0,9)}{1000} = 24,2 \text{ lux}$$

$$E_{\text{MED}} = \frac{(34,36 + 41,23 + 37,95 + \dots + E_{55})}{55} = 29,37 \text{ lux}$$

$$U = \frac{(20,62)}{(29,37)} = 0,70$$

9.6 Exemplo prático de cálculo elétrico



Dados do projeto

- Praça com RDS e 4 postes equipados com luminária semi esférica;
- lâmpada VS 100 W nos pontos 3, 4, 6 e 7;
- corrente de partida = 0,99 A;
- queda de tensão total máxima permitida ao final do circuito: 10%;
- sistema monofásico.

Critério da capacidade de condução de corrente

- corrente máxima no ponto 1 - 3,96 A (soma das correntes em todas as lâmpadas = 0,99 x 4);
- conforme Tabela 5 do capítulo 10, a bitola do condutor recomendada para a corrente máxima encontrada no ponto 1 é de 16 mm², não sendo necessário fazer o cálculo para os demais trechos.

Critério de queda de tensão

- conforme Tabela 5, o valor de V/A.km para o cabo de 16 mm² e igual a 4,30.

Cálculo da queda de tensão por trecho

Trecho	Coeficiente unitário de queda de tensão %	Corrente (A)	Distância (km)	Queda de tensão	
				(Volts) ¹	(V%) ²
1-2	4,30	3,96	0,020	0,34	0,15
2-3		0,99	0,015	0,06	0,03
2-4		2,97	0,010	0,13	0,06
4-6		1,98	0,020	0,17	0,08
6-7		0,99	0,015	0,06	0,03
Total				0,76	0,35

*1 - Cálculo da queda de tensão em volts:
$$\Delta V = \frac{V}{A \cdot Km} \cdot I (A) \cdot L (Km)$$

*2 - Cálculo da queda percentual:
$$\Delta V = \frac{V \cdot 100}{220}$$

Como a queda de tensão máxima no fim do trecho está limitada a 10% (considerando a corrente de partida das lâmpadas), a bitola de 10 mm² atende aos critérios de queda de tensão. Caso contrário, os cálculos deverão ser refeitos para os condutores de maior bitola.

Caso seja necessário, deve ser feito o cálculo de queda de tensão do ponto de derivação da rede aérea até o transformador e o valor encontrado deve ser considerado no cálculo da rede subterrânea de alimentação da iluminação.

Para efeito de cálculo de queda de tensão e ampacidade dos condutores, deve ser utilizada a corrente de partida das lâmpadas sempre que houver comando em grupo (tomada de 50 A ou caixa para comando em grupo). Nos casos de comando individual, deve ser utilizada a corrente nominal.

10 TABELAS

Tabela 1 - Características técnicas das lâmpadas a vapor de sódio (VS)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
70	Tubular	6.600	0,42	0,67	28.000
100		10.700	0,55	0,99	
150		17.500	0,81	1,24	
250		33.200	1,23	2,04	
400		55.000	2,24	3,58	

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($\varphi \geq 0,92$).

Tabela 2 - Características técnicas das lâmpadas a vapor de mercúrio (VM)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			Nominal	Partida	
80	Ovóide	3.800	0,45	0,63	10.000
125		6.300	0,69	0,97	
250		13.000	1,33	1,86	12.000
400		22.000	2,10	2,94	

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($\varphi \geq 0,92$).

Tabela 3 - Características técnicas das lâmpadas a vapor metálico (VMT)

Potência (W)	Modelo do bulbo	Fluxo luminoso (lm)	Intensidade (cd)		Corrente (A) ⁽¹⁾		Vida Média (horas)
			$I_{MAX}^{(2)}$	$0,5 I_{MAX}^{(2)}$	Nominal	Partida	
35 - 10 ⁰⁽³⁾	Refletora PAR 30 ⁽⁴⁾	---	44.000	22.000	0,53	0,8	12.000
35 - 30 ⁰⁽³⁾			7.400	3.700			
70 - 10 ⁰⁽³⁾			68.000	3.400	0,97	1,4	
70 - 40 ⁰⁽³⁾			10.000	5.000			
70	T8 ⁽⁴⁾	6.700	---		0,41	0,81	
70	Tubular ⁽⁴⁾	6.300			0,87	1,39	
150	Ovoide ⁽⁴⁾	13.000					
150	Tubular ⁽⁴⁾	15.000			2,24	3,58	
400	Tubular	32.000					

Notas: 1) Valores referidos para tensão de 220 volts e alto fator de potência ($\varphi \geq 0,92$);

2) Valores de intensidade máxima (I_{MAX}) e meia intensidade máxima ($0,5 I_{MAX}$) em candelas p/ 1.000 lm;

3) Ângulo de abertura do fecho luminoso

4) Tubo de arco cerâmico com tratamento anti-UV.

Tabela 4 - Características técnicas dos reatores

Tipo de lâmpada (220 V - 60 Hz)	Potência do reator (W)	Perdas Máximas (W)	Fator de potência
VS	70	14	0,92
	100	17	
	150	22	
	250	30	
	400	38	
VM	80	11	
	125	14	
	250	20	
	400	26	
VMT	35	10	
	70	14	
	150	25	

Tabela 5 - Cabos de alumínio - f.p. = 0,92 - Condução de corrente e queda de tensão

Condutor de alumínio bitola (mm ²)	Capacidade de corrente nominal (A)		Coeficiente unitário de queda de tensão (V / A.km)	
	2 Condutores	3 Condutores	Sistema trifásico	Sistema monofásico
10	56	47	5,81	6,86
16	73	61	3,70	4,30
25	93	78	2,049	2,70
50	132	112	1,32	1,51
70	163	138	1,09	1,08
120	220	186	0,67	0,65
240	321	272	0,39	0,38

Nota - Dados Alcoa - Cabo Forex XLPE / EPR - Sem Cobertura - 0,6 / 1 kV

Tabela 6 - Dimensionamento de eletroduto de aço conforme tipo e taxa de ocupação

Seção nominal (mm ²)	Seção final com isolamento (mm ²)	Diâmetro do eletroduto (pol)		
		Taxa de ocupação		
		2	3	4
10	43	3/4	1	1
16	55	1	1	1 1/2
25	72	1	1 1/2	1 1/2
50	132	1 1/2	1 1/2	2
70	165	1 1/2	2	2
120	269	2	2	3
240	452	3	3	3

Tabela 7 - Dimensionamento de caixas de inspeção conforme seção e número de condutores

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Número de condutores	
	2 ou 3	4
10	ZA	ZB
16		
25		
50	ZB	
70		
120	ZC	ZC
240	ZC	ZC

Nota - Referência ND-2.3 - Instalações Básicas de Redes Subterrâneas

Tabela 8 - Critérios básicos para iluminação pública para vias

Tipo de localidade	Características	Vias de trânsito rápido (80 km/h) e arterial (60 km/h)				Vias coletora e central (40 km/h)					Via local (30 km/h)	
		Pista de Rolamento (metros)				Pista de Rolamento (metros)					Pista de Rolamento (metros)	
		≤12	12-16	16-20	20-26	≤ 8	8-12	12-16	16-20	20-26	≤ 10	> 10
A > 100.000 ⁽¹⁾	Disposição			BA	BF	U	BA		BF		U	
	Luminária			VP		VP	VP		VP		VP	
	Braço			Pesado		Médio		Pesado		Curto	Médio	
	Lâmpada			250		100	150		250		100	
B De 50.000 a 100.000	Disposição	U	BA		BF	U	BA		BF	U		
	Luminária	VP				VP	VP		VP		VP	
	Braço	Médio			Pesado	Curto	Médio		Pesado	Curto	Médio	
	Lâmpada	150			250	100	150		150		100	
C De 10.000 a 50.000	Disposição	U	BA		BF	U	BA		BF	U		
	Luminária	VP				VP		VP		VP		
	Braço	Médio			Pesado	Curto	Médio		Pesado	Curto	Médio	
	Lâmpada	150				100		150		100		
D De 6.000 a 10.000	Disposição	U	BA		BF	U	BF				U	
	Luminária	VP	VP				VP				VP	
	Braço	Médio				Curto	Médio				Curto	
	Lâmpada	150				100						100
E De 2.000 a 6.000	Disposição	U	BA			U	BA				U	
	Luminária	VP				VP						VP
	Braço	Curto	Médio			Curto	Médio				Curto	
	Lâmpada	100	150			100						100
F < 2.000	Disposição	U				U						
	Luminária	VP					VP					
	Braço	Curto					Curto					
	Lâmpada	100					100					

Notas:

- O tipo de localidade é classificada em função do número de consumidores
- A tabela acima é orientativa para os projetos IP convencionais.
- Nos projetos de convencionais de IP em vias com canteiro central de até 3 metros, considerar a soma das duas pistas como uma pista única de rolamento.
- Para projetos de loteamentos novos com vão máximo de 45 metros, devem ser utilizados braços médios e VS 100 W, conforme critérios descritos no relatório EG/PR-3009/2001 "Análise de Viabilidade do Aumento do Vão de Rede Urbana".
- Para os projetos de substituição de lâmpadas VM por VS com a troca das luminárias, observar as correspondências na tabela 9.1.
- Para os projetos de reforma ou manutenção de luminárias VS com reator externo, com a troca das luminárias observar as correspondências na Tabela 9.2 ao lado.

Tabela 9 – Projetos de substituição de lâmpadas VM por VS

VM	2x400 W	400 W	250 W	125 e 80 W
VS	250 W	150 ou 250 W	150 ou 70 W	100 ou 70 W

Tabela 10 – Projetos de reforma ou manutenção de lâmpadas VS

VS	2x400 W ou 2x350/360 W	400 W ou 350/360 W	70 W
VS	400 W ou 250 W	250 W	70 ou 100 W

Tabela 11 - Níveis de iluminância e uniformidade para vias

Tipo de Localidade	Vias rurais		Vias de transito rápido e arterial		Vias coletora e central		Via local	
	E_{med}	U	E_{med}	U	E_{med}	U	E_{med}	U
A	35 A	< 0,4	30	< 0,4	20	< 0,3	5	< 0,2
B			20	< 0,3	15	< 0,3	5	< 0,2
C			15	< 0,3	10	< 0,3	5	< 0,2
D			10	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2
E			5	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2
F			5	< 0,2	5	< 0,2	5	< 0,2

Legenda

E_{med} - Iluminância média em lux;
 U - Fator de uniformidade – $U = E_{min}/E_{med}$;
 E_{max} - Iluminância máxima em lux;
 E_{min} - Iluminância mínima em lux.

Tabela 12 - Níveis de iluminância e uniformidade para pedestres

Classe de Iluminação	Iluminância Horizontal Média (Lux) (E_{med})	Fator de Uniformidade Mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P1 - Uso noturno muito intenso por pedestres	20	0,3
P2 – Uso noturno intenso por pedestres	10	0,25
P3 - Uso noturno pouco ou moderado por pedestres	5	0,25

Tabela 13 - Níveis de iluminância e uniformidade para ciclovias e ciclo faixas

	Iluminância Horizontal Média (Lux) (E_{med})	Fator de Uniformidade Mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
Pistas	5 lux	0,3
Cruzamentos com vias de tráfego motorizado	10 lux	0,3

Tabela 14 - Níveis de iluminância para fachadas e monumentos em função do entorno e da refletância da superfície

Refletância predominante da superfície		Iluminação do entorno		
		Baixo	Médio	Alto
		Áreas rurais pouco iluminadas	Áreas urbanas iluminadas	Áreas urbanas centrais muito iluminadas
Alta	Mármore ou pastilhas	20 lux	30 lux	60 lux
Média	Concreto, pedra ou pintura clara	40 lux	60 lux	120 lux
Baixa	Tijolo vermelho ou pintura escura	80 lux	120 lux	240 lux

Tabela 15 - Características construtivas das lâmpadas padronizadas

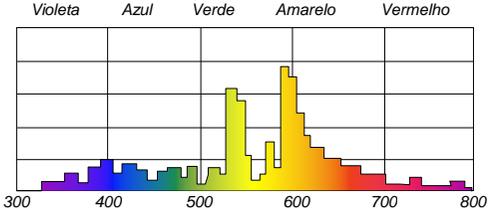
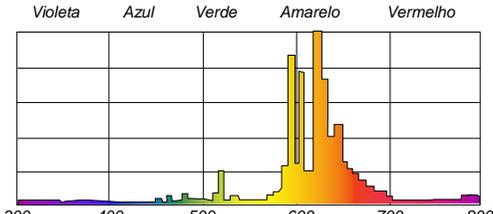
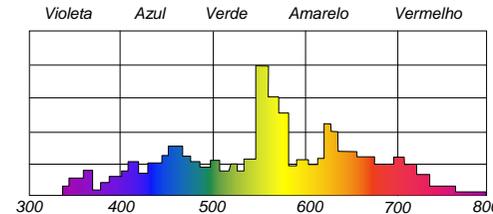
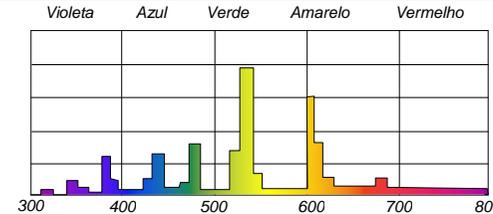
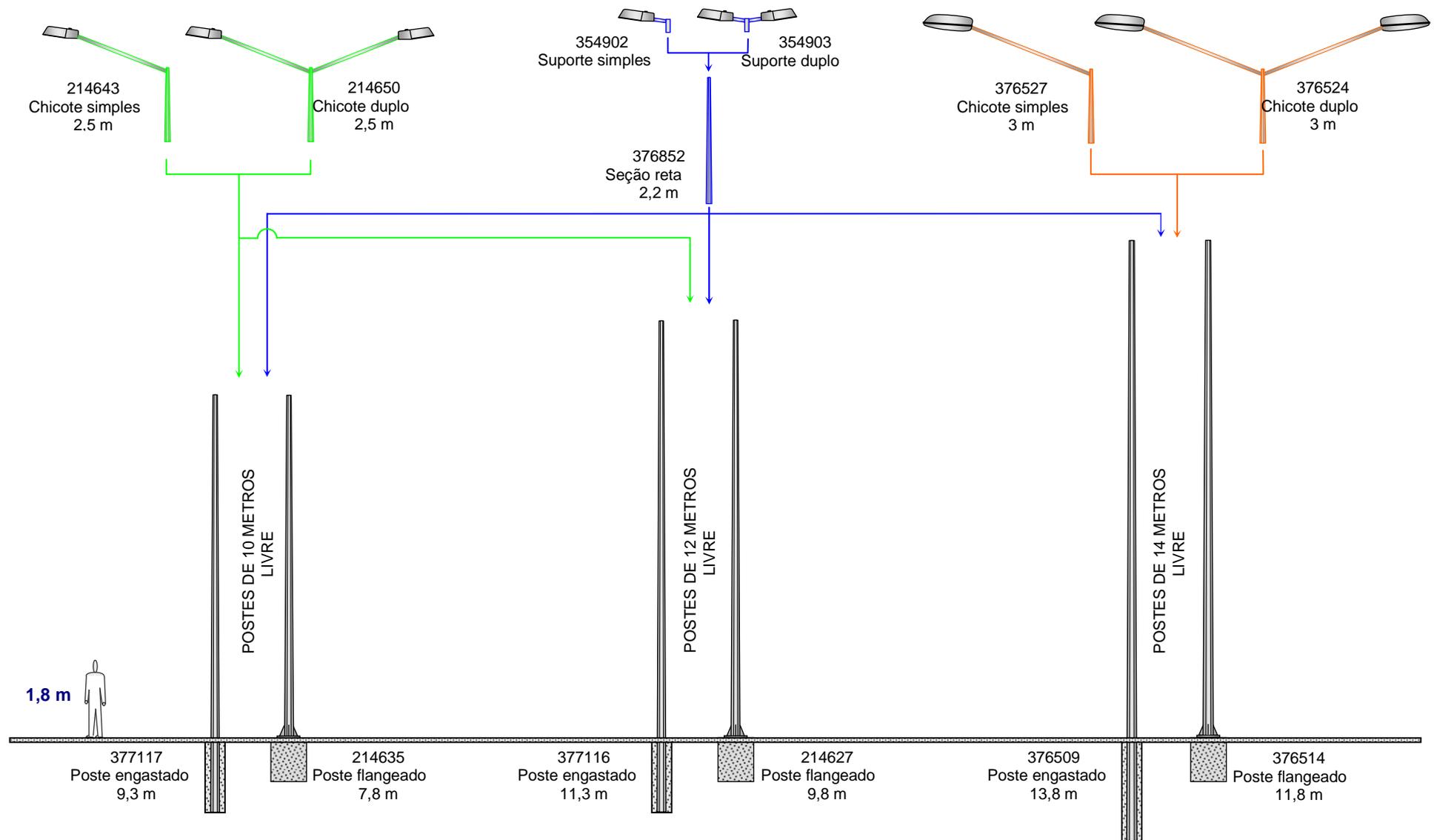
Tipo	W	Base	Formato do Bulbo	Posição de funcionamento	IRC	TCC (k)	Distribuição espectral	Aplicação
Vapor de mercúrio	80 125	E-27		 Universal	45 - Bom	4.500		Devem ser utilizadas na manutenção da iluminação pública a vapor de mercúrio existente.
	250 400	E-40						
Vapor de sódio	70	E-27			23 - Funcional	2.100		Devem ser instaladas em projetos novos, reforma, melhoramento, extensões, trevos, rotatórias, passagens em nível, túneis, rodovias, vias especiais. Podem ser instaladas na iluminação pública decorativa de praças, em segundo nível, calçadas, fachadas e monumentos.
	100 150 250 400	E-40						
Vapor metálico	35 70	E-27			85 - Muito bom	3.000		Devem ser utilizadas na iluminação de praças, áreas verdes, em segundo nível, calçadas, ciclovias bem como na iluminação decorativa de fachadas, monumentos e árvores.
	70	G-12						
	150	E-40						
								
400			4.500			Devem ser utilizadas na iluminação decorativa de fachadas, monumentos e árvores		

Tabela 16 – Características dos veículos para manutenção da IP

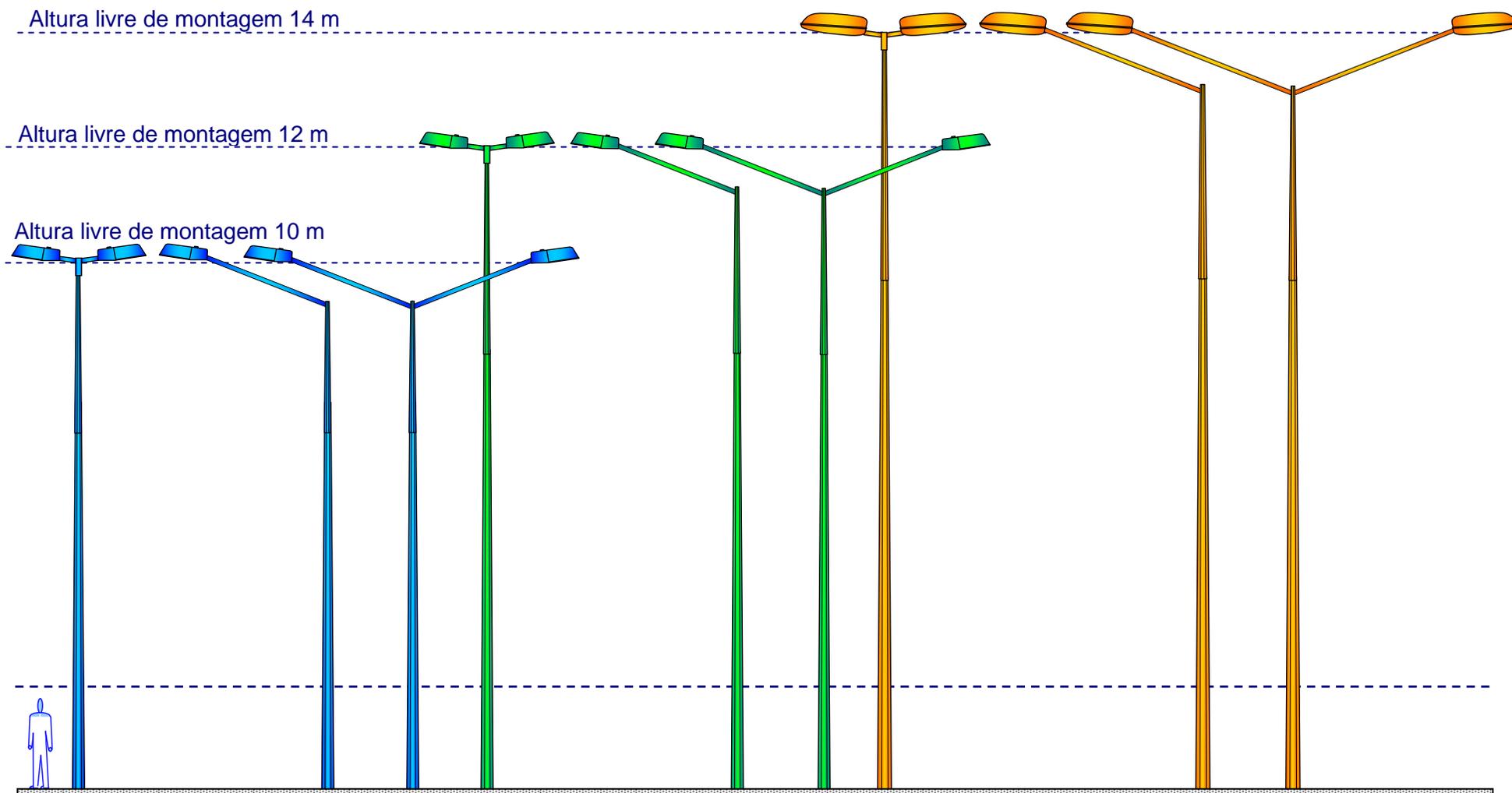
Configuração	Referência do fabricante	Altura de Trabalho ⁽¹⁾
Caminhonete com escada giratória	Escada Giratória	8,5 m
Cesta Aérea Leve (Caminhonete)	SkyRitz 10L Hidrogrubert Hidrauguincho	10,0 m
Cesta aérea isolada 01 caçamba (Caminhão Leve – Tipo 3/4)	SkyRitz 13L	13,0 m
Cesta aérea isolada 02 caçambas (Caminhão Médio)	Versalift VO42MHI Hotstik HA	14,4 m 15,0 m
Guindauto equipado com caçamba (Caminhão Médio)	Masal MS12004 Masal MS16005	12,4 m 16,5 m

(1)- A altura de trabalho corresponde à distância do solo à borda da caçamba, com o caminhão posicionado ao lado do poste.

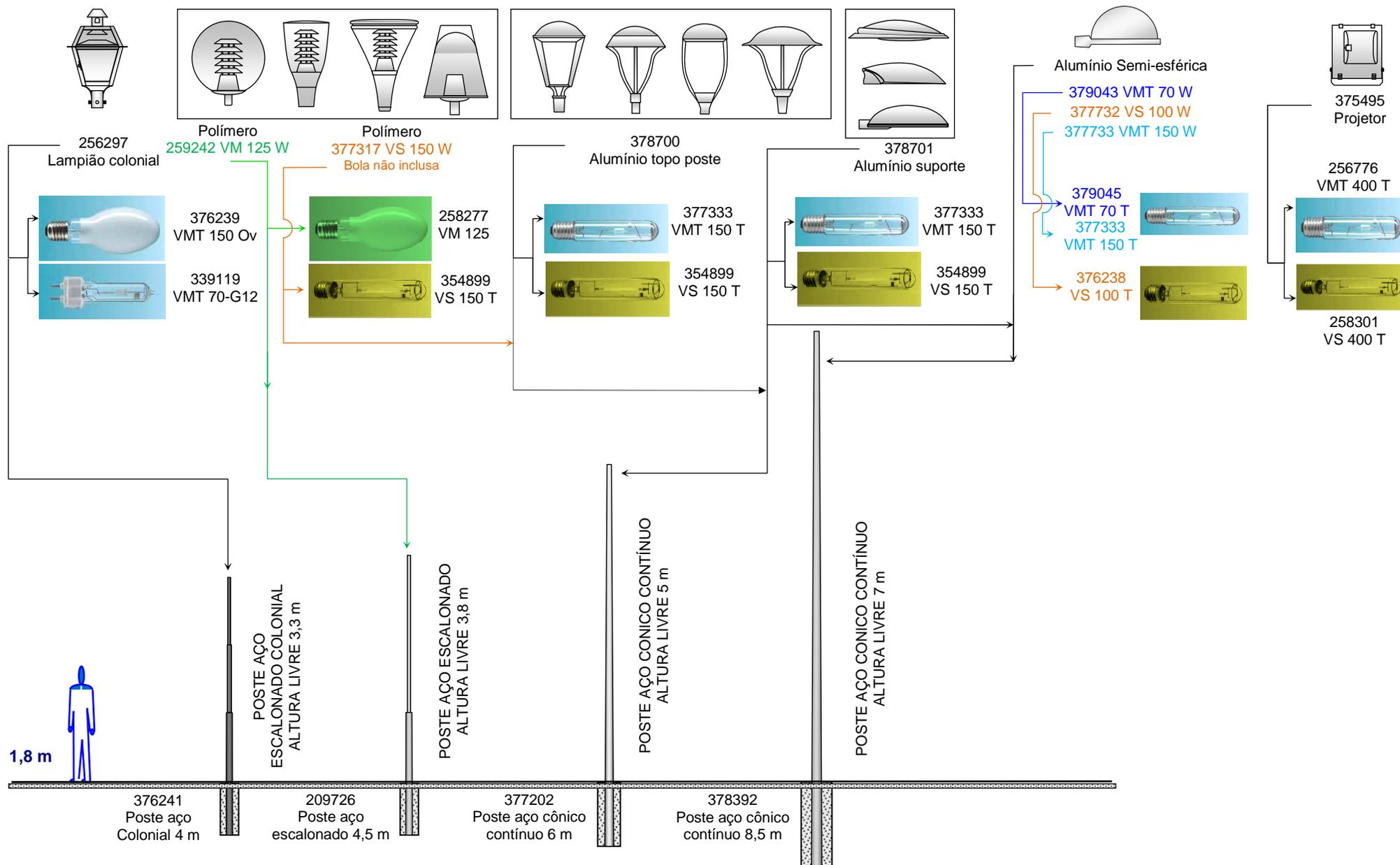
Anexo 1 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação de vias



Anexo 2 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação de vias – Conjuntos montados



Anexo 3 – Compatibilidade entre suportes, luminárias lâmpadas, e postes para iluminação decorativa



Anexo 4 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação decorativa – Conjuntos montados