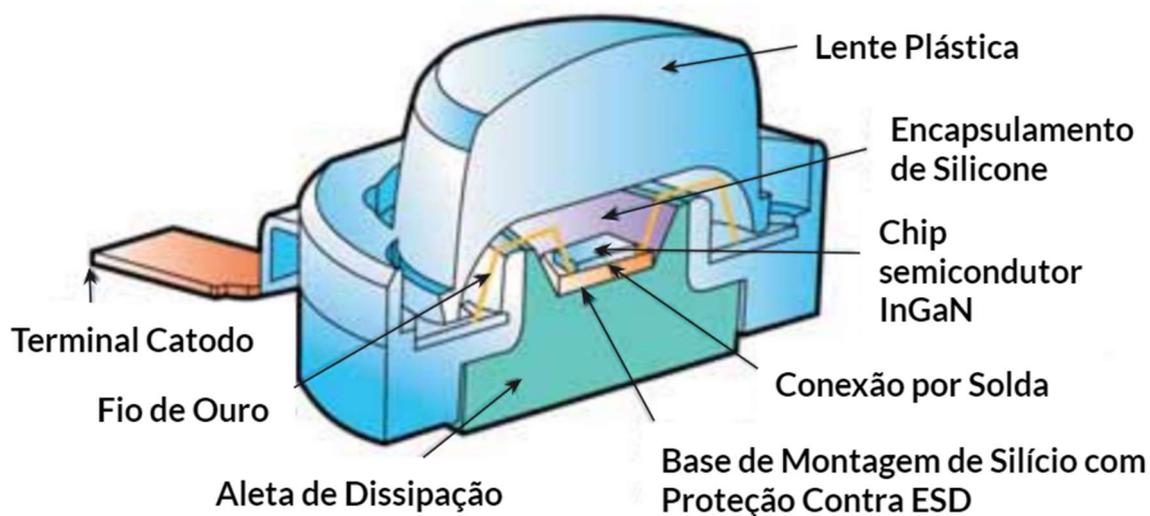


Figura 8 - Aspectos construtivos de uma unidade LED



Fonte: Introdução à tecnologia LED. Scopacasa, 2008. Remasterizado pelo autor.

Projetores LED podem ser encontrados em variadas formas de instalação, seja para embutir no piso, ou fixar em estruturas metálicas e alvenaria.

De acordo com um dos grandes fabricantes de projetores LED:

São projetados para iluminação de destaque, específicos para iluminação de fachadas, prédios históricos, monumentos, pontes, aplicados na iluminação de solo em vegetação em parques e bosques, fornecendo uma solução de alto desempenho para aplicações que exigem distribuições fotométricas típicas (Ilumatic, 2021)

Com seu corpo em metal, possuindo um refrator em vidro plano temperado e LEDs de alto desempenho, possibilitam uma iluminação precisa, dispondo de diversas opções de ângulos de abertura, de foco ou direção, com graus de proteção variados podendo atingir até IP67. Exemplos de projetores LED são apresentados na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Exemplos de projetores LED



Fonte: Ilumatic, 2021.

### 2.3 Iluminação cênica

Para entender a importância deste tipo de iluminação, inicialmente deve-se compreender o que são edificações de interesse de preservação, conhecidas como UIP (Unidades de Interesse de Preservação) e a sua interferência no contexto de onde estão localizadas.

Conforme o decreto da Constituição Federal de 1988:

[...] Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - As formas de expressão;

II - Os modos de criar, fazer e viver;

III - As criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - As obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - Os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (BRASIL, 1998, Art., 216).

As UIP, são consideradas importantíssimas para a manutenção da história local. Conforme o relato de CRUZ:

No III Encontro Nacional de Arquitetos sobre Preservação do Patrimônio Edificado (ArquiMemória III) em 2008 foi discutido um conceito mais atual de patrimônio, considerando tanto as manifestações materiais como imateriais, antigas e novas, de forma conjunta, não se excluindo qualquer período, inclusive o contemporâneo. É consenso que, sem a preservação da produção atual, não haverá o que conservar no futuro para que se perpetue a memória de um povo e de sua cidade (CRUZ, 2018, p.12).

Além de serem preservadas, as UIP podem ser exaltadas através de decorações de época, utilizando artigos próprios para decoração ou a iluminação, que traz grandes vantagens como afirma Junqueira e Yunes (2013, p. 11) “A iluminação dos monumentos históricos constitui,

por si só, um ato de preservação e valorização do patrimônio, uma vez que beneficia a leitura da imagem arquitetônica do imóvel, permitindo o seu destaque sobre a paisagem urbana”.

A partir do pressuposto acima, a implementação de iluminação de forma cênica em patrimônios com interesse de preservação pode trazer vários benefícios para o local, valorizando o espaço economicamente ao torná-lo uma atração turística, principalmente em Foz do Iguaçu, cidade considerada um dos pontos turísticos mais visitados do mundo<sup>1</sup>. Além disso, releva o valor cultural do ambiente, promove maior segurança no local, propiciando um maior fluxo de pessoas, como afirma Oliskovicz (2016, p. 261):

A iluminação de fachada, além de valorizar os aspectos arquitetônicos e históricos do edifício, contribui para maior segurança noturna dos espaços das cidades. Porém, ao iluminar monumentos históricos e prédios tombados pelo Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), a iluminação torna-se definitivamente arte pura, pois além de lidar com a luz deve-se entender o valor artístico de cada prédio e de cada monumento. Por isso, trabalhar com a luz inclui conhecimento acumulado por meio de experiências prévias do cotidiano.

Por muito tempo a iluminação nas cidades urbanas não passava de um instrumento funcional com o objetivo de proporcionar a visão durante a circulação noturna, sem explorar suas potencialidades de criação de cenografias urbanas e definições de ambiências psicológicas e simbólicas. (ELOY, 2014).

Segundo a Resolução Normativa nº 414 (ANEEL, 2010, p. 6), a iluminação pública é definida como um “serviço público que tem por objetivo exclusivo prover de claridade os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual”. Desta forma a iluminação de monumentos e fachadas é também considerada uma forma de iluminação pública. Analisando a função da iluminação cênica, destaca-se o objetivo de ressaltar a construção e suas características físicas, de forma que exista uma harmonia com todos os detalhes adjacentes em seu entorno. De acordo com Cruz conforme afirma Canosa, projetar a iluminação de edificações é como trabalhar sobre uma obra alheia, onde é necessário existir respeito e sensibilidade para não perder a identidade do artista ou da história que a edificação representa, ou seja, “a iluminação não é mais importante que o monumento ou o edifício a ser iluminado, devendo expressar uma releitura noturna, cuja sensibilidade criativa deve evitar a descaracterização da obra” (CRUZ, 2018, 16. X apud CANOSA, 2003, p. 28).

---

<sup>1</sup> “FOZ DO IGUAÇU É A 1ª CIDADE BRASILEIRA MAIS BUSCADA PARA TURISMO EM FAMÍLIA”. <https://www.vialehoteis.com.br/foz-do-iguacu-e-a-1-cidade-brasileira-mais-buscada-para-turismo-em-familia>

## 2.4. Dimensionamento elétrico

Projetar uma instalação elétrica, consiste em determinar, quantificar e localizar os tipos de pontos de utilização de energia elétrica, definir e dimensionar os tipos e as seções dos condutores e o tipo e localização dos dispositivos de proteção, de comando e demais adicionais.

Conforme a Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 5410 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 2004, são estabelecidas as condições mínimas que devem ser tomadas para definir as premissas de potências de utilização de cada ponto das instalações elétricas de baixa tensão, bem como a quantidade para cada cômodo de uma residência, para cada tipo de tomada de uso comum ou específico, cada ponto de iluminação interna ou externa. Essa norma é considerada durante todo o processo de dimensionamento de carga de qualquer instalação elétrica de até 1000V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400Hz. (ABNT, 2004, p. 9),

### 2.4.1 Potência instalada

O projetista deve estar em condições de realizar o levantamento das cargas do projeto bem como a potência nominal como a quantidade de pontos de iluminação, tomadas, cargas especiais, elevadores, bombas de combate a incêndio etc. Através dessas informações o projetista determina a demanda do consumidor e sua categoria de atendimento conforme o padrão da concessionária. Deve também organizar os desenhos e documentos, conforme as normas técnicas, tais como a carta de solicitação de aprovação a concessionária, memorial descritivo, memorial de cálculo, plantas, quadros, convenções, especificações e detalhes.

Na planta deverá conter o desenho dos pontos de utilização, localização dos quadros de distribuição de luz e força, desenho das tubulações dos circuitos terminais e alimentadores, o traçado da fiação dos terminais e alimentadores, divisão das cargas em circuitos terminais, localização das caixas de passagem, do quadro geral, centro de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega.

Na porção do dimensionamento serão realizados os cálculos para definição de todos os componentes do projeto. A descrição sintética do projeto se dá no memorial descritivo com dados básicos de identificação, dados quantitativos de material, descrição geral da obra e documentação do projeto, já o memorial de cálculo deve conter os principais cálculos das previsões de cargas determinando a demanda, e os demais dimensionamentos (condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção).

A previsão de cargas da instalação elétrica conforme a norma estabelece condições mínimas que devem ser empregadas para a quantificação, localização e determinação das potências dos pontos de iluminação e tomadas que farão parte da instalação.

Sabendo a parcela de pontos de tomadas e iluminação, pode-se dar início ao desenho do projeto elétrico utilizando a simbologia gráfica desejada. Segundo o item 6.1.4 da norma 5410 “os componentes, inclusive as linhas elétricas, devem ser dispostos de modo a facilitar sua operação, inspeção, manutenção e o acesso às conexões.” (ABNT, 2004, p. 86)

De acordo com os itens 6.1.5.1 e 6.5.4.9 da mesma norma, é necessário identificar com placas e etiquetas os dispositivos de comando, manobra e proteção. Esta identificação deve ser legível, indelével, posicionada de modo a evitar qualquer risco de confusão e corresponder à notação adotada no projeto. Apenas é dispensável quando não existe nenhuma possibilidade de confusão. (ABNT, 2004, p. 86 e p. 158)

O fornecimento de energia elétrica é determinado pelas limitações estabelecidas pelas concessionárias em função da potência instalada, o item 4.2.1.1 da norma trata sobre a determinação da potência de alimentação que “é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação, dentro do limite adequado de elevação de temperatura e queda de tensão” e “considerar a possibilidade de não-simultaneidade de funcionamento desses equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações.” (ABNT, 2004, p. 12)

#### 2.4.2 Demanda

Para dimensionar e especificar a entrada de energia, adequando uma categoria de atendimento a respectiva demanda do consumidor, necessita ter conhecimento do cálculo da demanda, ou seja, a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos que funcionam simultaneamente. Este é um cálculo estatístico, onde o valor não é considerado um valor único e verdadeiro. Baseado em Cavalin (2017) o cálculo da demanda de um projeto de iluminação pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$D = P_1 \cdot g_1 \quad (12)$$

Sendo:

- $D$  - Demanda individual da unidade consumidora em kVA
- $P_1$  - Soma das potências nominais de cada luminária em VA

- $g_1$  - Fator de demanda para iluminação (Tabela 1)

Tabela 1 - Fator de demanda para iluminação e tomadas de uso geral

Potência (W)	Fator de demanda ( $g_1$ )
0 a 1000	0,86
1001 a 2000	0,75
3001 a 3000	0,66
3001 a 4000	0,59
4001 a 5000	0,52
5001 a 6000	0,45
6001 a 7000	0,40
7001 a 8000	0,35
8001 a 9000	0,31
9001 a 10000	0,27

Fonte: NBR 5410 (NERY, 2018, apud ABNT, 2004)

Após obter o valor da demanda, define-se qual categoria da instalação elétrica de acordo com a norma técnica da concessionária de energia do local, neste caso utilizado a tabela de dimensionamento de ramal de entrada da Norma Técnica Copel (NTC) 901100 (Anexo 1).

### 2.4.3 Condutores elétricos

O dimensionamento dos condutores é um procedimento para determinar a forma mais eficiente possível que permita a passagem de corrente, sem sobreaquecimento e com a menor queda de tensão, mantendo estes parâmetros dentro dos valores normalizados.

A capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, considerando os fatores de correção aplicáveis de temperatura e acondicionamento dos circuitos, além das proteções contra sobrecarga, curto-circuito, aquecimento, choques elétricos e queda de tensão. Segundo o item 6.2.3.1 da norma, todos os condutores devem ser providos de isolamento, com exceção dos casos expressamente permitidos de utilização de condutores nus ou providos de cobertura. (ABNT, 2004, p. 88)

Ainda conforme a norma 5410, o condutor carregado é aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento nominal do circuito, ou seja, o condutor fase

e neutro são considerados condutores carregados. O número de condutores carregados em um circuito é indicado pela Tabela 2, de acordo com o esquema de condutores vivos no circuito.

No caso de circuito trifásico com neutro, de acordo com o item 6.2.5.6.1 da norma, quando a circulação de corrente no neutro não for acompanhada de redução correspondente na carga dos condutores de fase, o neutro deve ser computado como condutor carregado, ou seja, o circuito trifásico com neutro deve ser considerado como constituído de quatro condutores carregados e a determinação de capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser afetada do “fator de correção devido ao carregamento do neutro”. (ABNT, 2004, p.111)

Tabela 2 - Quantidade de condutores carregados

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 112)

Após estabelecer o número de condutores é necessário dispor a seção do condutor e sua corrente suportada conforme a tabela de capacidades de condução de corrente (Anexo 2).

Cavalin demonstra um exemplo de dimensionamento de condutores, disjuntores e eletrodutos, em temperatura ambiente de 30°C. Primeiramente utiliza-se do critério da capacidade de condução de corrente para adquirir o valor da  $I_p$  (corrente de projeto) de um circuito qualquer da instalação, em seguida, pela Tabela 36 da NBR 5410/2004 obtém-se a seção mínima do condutor e a corrente a qual suporta.

$$I_p = \frac{S_n}{V} \quad (13)$$

Sendo:

- $I_p$  - Corrente de projeto

- $S_n$  - Potência
- $V$  - Tensão

Ou seja,

$$I_p = \frac{S_n}{V} = \frac{1220}{127} = 9,6 A$$

Após determinada a seção do condutor, deve-se considerar que de acordo com a Tabela 47 da NBR 5410 (Anexo 3) existem valores mínimos para seção dos condutores fase, em circuito CA, e dos condutores vivos em circuitos CC.

#### 2.4.4 Dispositivos de proteção

Para dimensionar os dispositivos de proteção contra sobrecorrente, a NBR 5410 estabelece as condições que devem ser cumpridas. Cada disjuntor é fabricado e atua conforme a curva típica de tempo de acionamento em relação à sua corrente nominal, que pode ser tipo B, C ou D, informação gravada diretamente no produto.

Para a curva de disparo magnético B, a atuação do disjuntor ocorre entre 3 a 5 vezes sua corrente nominal, recomendada para circuitos puramente resistivos; a curva de disparo magnético C atua entre 5 e 10 vezes, recomendada para circuitos de iluminação fluorescente, tomadas de uso geral, motores e outras aplicações com circuitos indutivos; já a curva de disparo D é utilizada para circuitos de alta intensidade onde a corrente de partida é extremamente alta (grandes motores e transformadores de potência).

Na escolha do disjuntor é determinante saber se o quadro de distribuição será ventilado ou totalmente vedado, e se a corrente que circula pelos disjuntores interfere ou não na temperatura interna do quadro. Para isso é necessário considerar os fatores de correção de temperatura, de acordo com a Tabela 10 da NBR 5410 (Anexo 6) são apresentados os fatores de correção de temperatura para estes casos.

O fator de correção por temperatura é dado conforme tabela 40 da NBR 5410:2004 (Anexo 4) para o disjuntor em função de estar dentro do Quadro de Distribuição é utilizada a correção para aumento de 10°C.

Através do valor da seção mínima do condutor e sua respectiva corrente pela tabela 36 e 47 da NBR 5410:2004 (Anexos 2 e 3), é realizado o cálculo para o dimensionamento do disjuntor, fazendo o cálculo da  $I_d$  (corrente do disjuntor) representado abaixo. Para que as

condições na norma sejam atendidas, a corrente do disjuntor de proteção deve ser menor que a capacidade de condução de corrente dos condutores e maior que a corrente de projeto, assim o disjuntor apenas será acionado quando ocorrer uma sobrecarga no circuito e evita a atuação do dispositivo quando o circuito funciona normalmente.

$$I_d = \frac{I_p}{FCT} \quad (14)$$

Sendo:

- $I_d$  - Corrente do disjuntor
- $I_p$  - Corrente de projeto
- $FCT$  - Fator de correção por temperatura

$$I_d = \frac{I_p}{FCT} = \frac{9,6}{0,87} = 11 \text{ A}$$

Sabendo a corrente do disjuntor é necessário encontrar o próximo disjuntor com maior capacidade disponível no mercado, ou seja, como não há um disjuntor de 11 A no mercado, o mais próximo é o de 16 A, ele ainda deve atender a relação de seletividade  $I_p \leq I_d \leq I_z$ , onde  $I_z$  é determinada (corrente do condutor) pela equação.

$$I_z = I_c \cdot FCA \cdot FCT \quad (15)$$

Sendo:

- $I_z$  - Corrente do condutor
- $I_c$  - Corrente suportada pelo condutor
- $FCA$  - Fator de correção por agrupamento
- $FCT$  - Fator de correção por temperatura

$$I_z = I_c * FCA * FCT = 17,5 * 0,80 * 1,0 = 14 \text{ A}$$

Caso o disjuntor e seção do condutor não atenda a condição da equação, deve-se optar pela seção dos condutores imediatamente superior e recalcular, até satisfazer a condição.

#### **2.4.5 Eletrodutos**

Em qualquer instalação elétrica é necessário decidir qual a maneira de instalar os condutores, ou seja, em eletrodutos, embutidos ou aparentes, em canaletas ou bandejas, subterrâneo, diretamente enterrados ou ao ar livre (Anexo 4). Após a definição da maneira de instalação, deve ser considerado o fator de correção do condutor (Anexo 5), que depende diretamente do número de condutores carregados e sua forma de agrupamento, utilizado para corrigir a seção escolhida a fim de obter melhor desempenho.

Os condutores percorrem a instalação em eletrodutos, os quais podem ser, do tipo metálicos rígidos, PVC rígidos, metálicos flexíveis e PVC flexíveis, tem a função de proteger os condutores contra ação mecânica, corrosão e princípios de incêndio resultantes do superaquecimento. O item 6.2.11.1 da norma 5410 (ABNT, NBR, p. 120), determina a utilização de produtos específicos para condução dos circuitos, excluindo aqueles que não sejam certificados como propagantes de chama.

O dimensionamento do eletroduto é realizado basicamente ao determinar o diâmetro nominal necessário para cada segmento da instalação. No item 6.2.11.1.6 da norma é descrito a dimensão interna de ocupação dos eletrodutos para que os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade, considerando a soma das áreas das seções dos condutores previstos, calculadas com base em seu diâmetro externo. A relação entre a área útil de seção do eletroduto e a soma das seções dos condutores não deve ser superior a:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores;

A Tabela 3 a seguir mostra o diâmetro externo nominal do eletroduto de PVC e as áreas úteis para cada caso.