

Capítulo II

Curvas fotométricas

Por Marcelo de Oliveira Jesus*

Quando falamos em curvas fotométricas, podemos nos referir à curva de qualquer grandeza fotométrica: curva de iluminância, curva de luminância, curva de intensidade luminosa, curva de fluxo luminoso, entre outras, mas, no jargão do mercado, quando se diz “curva fotométrica”, esta se refere à curva de distribuição de intensidades luminosas. A curva de distribuição de intensidades luminosas nos mostra como é distribuída a luz de uma fonte luminosa em diversas direções do espaço.

De acordo com o tipo de luminária, existem sistemas de planos que são mais adequados para realizarmos o levantamento da curva de distribuição de intensidades luminosas. O sistema de planos mais

utilizados de forma geral, tanto para luminárias para interiores quanto luminárias públicas, é o sistema C, γ .

O sistema C, γ , definido pela Comissão Internationale de L'Eclairage (CIE), é um sistema de planos ortogonais (Figura 1). Dentro de cada plano C são definidos os ângulos γ . O primeiro, o segundo e o terceiro eixos da luminária servem como referência de posicionamento da luminária. Neste sistema de planos, o primeiro eixo é o que contém o centro geométrico da luminária e o medidor, que normalmente é um luxímetro.

Para a realização da fotometria de uma luminária, deve-se instalar a luminária em um goniofotômetro (Figura 2).

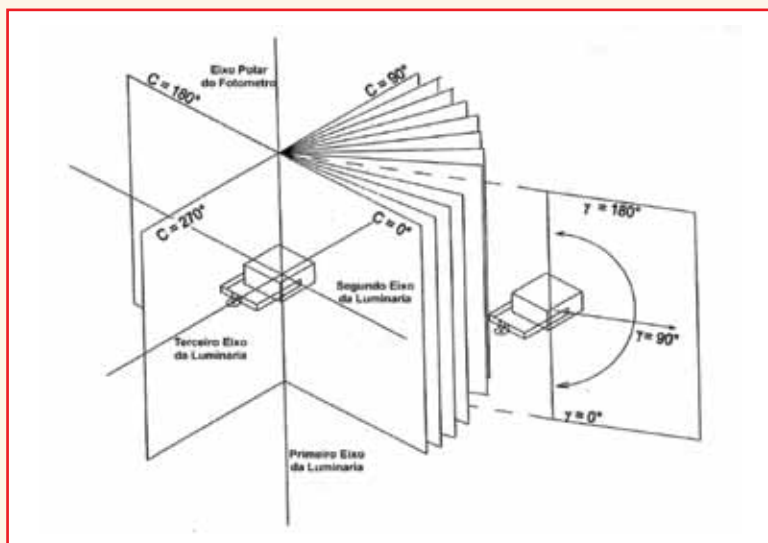


Figura 1 – Sistema de planos C, γ .

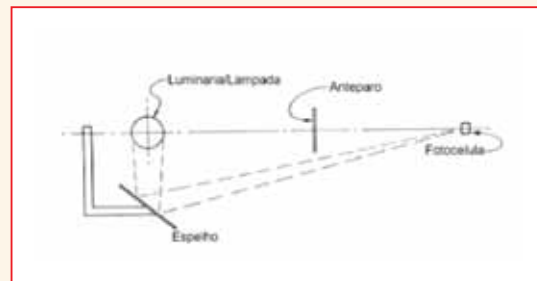


Figura 2 – Goniofotômetro de espelho.

A luminária é instalada de modo que o centro geométrico da luminária coincida com o centro geométrico do goniofotômetro e, desta forma, dada uma posição definida por um plano C e um ângulo γ , podemos reproduzi-la com a ajuda do goniofotômetro e assim obter a curva de distribuição de intensidades luminosas (Figura 3).

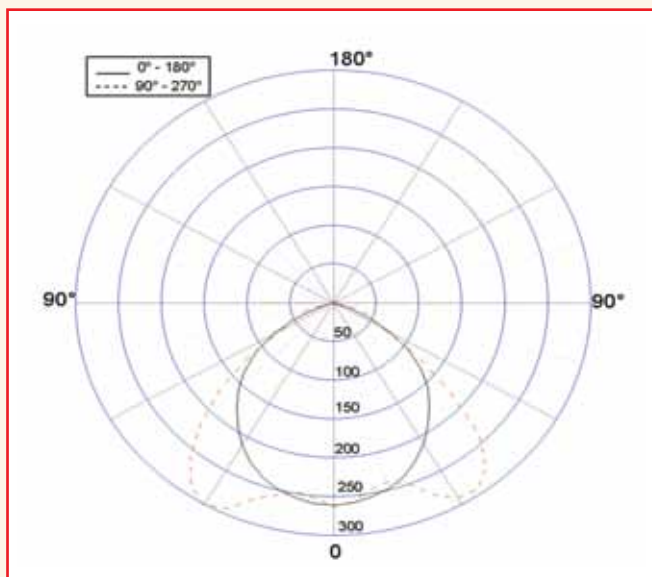


Figura 3 – Curva de distribuição de intensidades luminosas em dois planos ortogonais para uma luminária para duas lâmpadas fluorescentes tubulares (valores em cd/klm).

Embora os dois planos sobre os quais as curvas sejam determinadas, neste caso, sejam ortogonais, os resultados são projetados em um mesmo plano, de forma a facilitar a leitura dos valores (ver Figura 4).

Em cada plano C, os ângulos γ variam de 0 a 180 graus. O zero está sempre para baixo e representa o nadir que é o lado

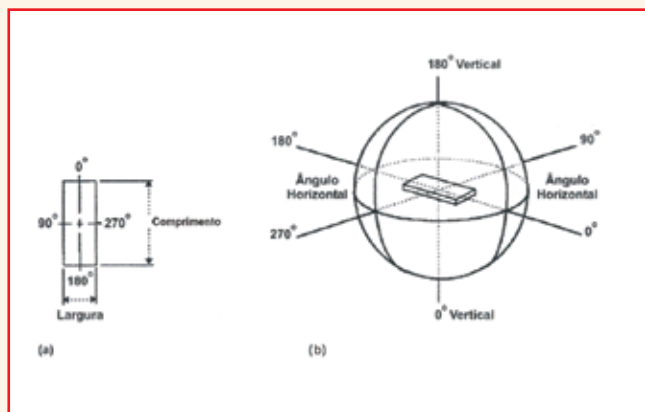


Figura 4 – Referências de ângulos: a) comprimento e largura da luminária e b) referências de ângulos.

diametralmente oposto ao zênite que representa o ponto mais alto do firmamento. Ou seja, dessa forma, o ângulo zero representa a direção de raios luminosos que incidem sobre o plano de trabalho e o ângulo 180 representa o lado dos raios luminosos que incidem no teto.

Nesta curva, os valores de intensidade luminosa são dados em candela por klm. Como vimos, candela é a unidade de intensidade luminosa e lúmen é a unidade de fluxo luminoso. Mas por que as curvas não são dadas em candela, já que são curvas de distribuição de intensidades luminosas? Antes de aparecerem as primeiras luminárias a Led, estas curvas eram dadas em cd/klm. As fontes de

luz não faziam parte do corpo da luminária e, como as distribuições são dependentes, quase que exclusivamente da geometria do refletor da luminária, estes valores tornavam-se independentes dos fluxos das lâmpadas utilizadas no ensaio de laboratório. Assim, para utilizar as curvas na prática, bastava multiplicar o fluxo da lâmpada que seria utilizada efetivamente com a luminária para obter os correspondentes valores em candela em cada direção (como exercício, procure verificar isso). Atualmente, as fotometrias de luminárias a Led são dadas diretamente em candela porque, normalmente, o Led não é separável do corpo da luminária.

O leitor mais atento perceberá uma incógnita em tudo que discutimos até agora: existem medidores que leem intensidade luminosa diretamente? A resposta é não, pois, como vimos, para determinar a intensidade luminosa, é preciso saber qual o ângulo sólido envolvido e, como já sabemos, este varia com a distância entre o corpo de prova e o medidor. Bom, mas nós temos luxímetros! Existe uma lei que estabelece o seguinte: se pudermos considerar a luminária como um ponto luminoso de dimensões desprezíveis em relação ao medidor, a iluminância que atinge nosso medidor é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a luminária e o medidor. Neste caso, então, basta dividir o valor medido no luxímetro pelo quadrado da distância entre medidor e luminária, instalada no goniofotômetro. Assim, podemos determinar a curva de distribuição de intensidades luminosas, estabelecendo as diversas direções no goniofotômetro e determinando a intensidade luminosa em cada uma delas. Veremos como estas curvas são utilizadas pelo projetista em outro artigo destinado a projetos de iluminação.

Outras curvas fotométricas

Como citamos no início deste artigo, uma curva fotométrica pode ser a curva de qualquer grandeza fotométrica. Além da curva de distribuição de intensidades luminosas, existem outras curvas que vão nos interessar. Passamos a descrever algumas delas.

Curva de luminância

A curva de luminância é utilizada para avaliarmos o ofuscamento que uma luminária pode produzir em determinado ambiente. Na Figura 5, podemos ver dois exemplos de curvas de luminância. No primeiro gráfico, ela é a linha contínua mais à esquerda e, no segundo gráfico, a linha tracejada. A curva é traçada sobre um gráfico que contém diversas curvas limitantes, de acordo com a classe do ambiente e com o nível de iluminância em serviço. Cada um se aplica a um tipo de luminária definido. O gráfico da esquerda se aplica a luminárias sem lados luminosos ou para luminárias lineares que tenham lados luminosos quando vista pelas pontas. O gráfico da direita se aplica a todas as luminárias com lados luminosos, exceto as luminárias lineares que tenham lados luminosos quando vistas pelas pontas. A classe de qualidade se refere ao tipo de ambiente e de atividade que será executada nele. Por exemplo: um corredor pode ser classificado como classe E, e uma área de inspeção dentro de uma indústria como classe A. Existem duas maneiras de obtermos as curvas de luminância. Uma delas é medindo a luminância para cada ângulo no sistema C, γ e a outra consiste em determinar a luminância a partir da curva de distribuição de intensidades luminosas, com base na área aparente para cada ângulo determinado. Dos gráficos da Figura 5, podemos observar que precisaremos das luminâncias apenas entre os ângulos de 45° e 85° . Esta região é definida como crítica para uma sala sob determinadas condições. Na Figura 6, temos uma ilustração do campo visual de um observador sentado em uma mesa, em que temos a definição dos ângulos γ , bem como de outros parâmetros constantes na curva.

Curva do fator de utilização

O fator de utilização é definido como a razão entre o fluxo luminoso que atinge a superfície de interesse e a soma dos fluxos luminosos das lâmpadas que equipam a luminária. Na

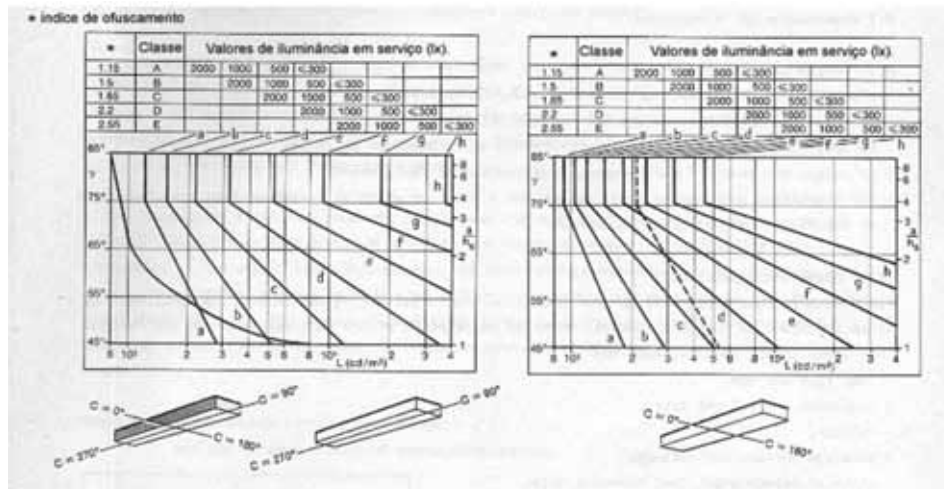


Figura 5 – Curvas de luminância.

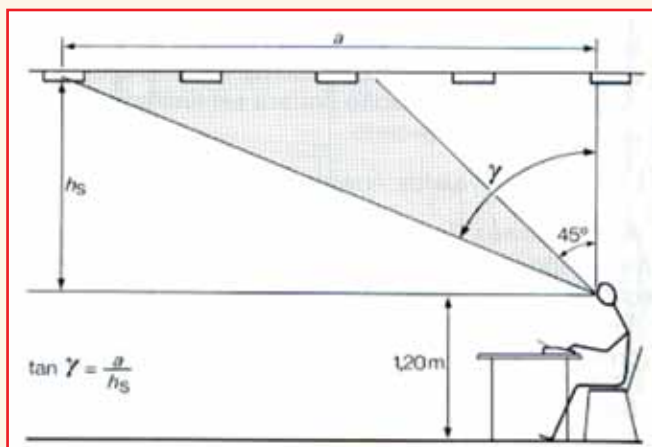


Figura 6 – Ilustração do campo de visão.

Figura 7, temos uma ilustração de como podemos determinar o fator de utilização. Da definição de iluminância sabemos que o fluxo luminoso que atinge uma superfície é dado pelo produto da iluminância pela área considerada:

$$\phi_v = E \times S$$

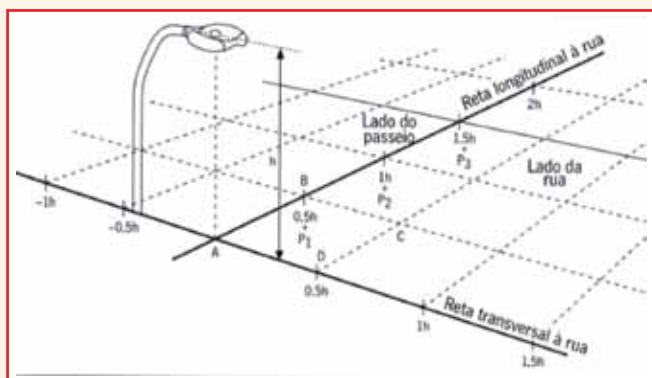


Figura 7 – Método para determinação da curva de utilização.

Se supusermos que as iluminâncias determinadas, ou medidas, para os pontos P1, P2, P3, etc., são representativas das iluminâncias que atingem cada quadrícula, poderemos obter o fluxo luminoso em cada uma delas. Se somarmos o fluxo luminoso de cada fileira de quadrículas longitudinais, em função da altura de montagem h , e dividirmos pelo fluxo total emitido pela(s) lâmpada(s), teremos o gráfico da Figura 8. No gráfico, a soma de cada fileira de quadrículas é cumulativa.

Curva isolux

Curva isolux é o lugar geométrico dos pontos do plano que têm a característica de possuírem a mesma iluminância (iso = igual; lux = unidade de iluminância). Esta curva pode ser obtida por qualquer método de interpolação. Um exemplo de como obter esta curva é mostrado na Figura 9 (a = distância em metros do ponto considerado até abaixo da luminária). A partir da curva de distribuição de intensidades luminosas, podemos determinar quantos lux teremos sobre o plano de trabalho em função da distância em relação a luminária

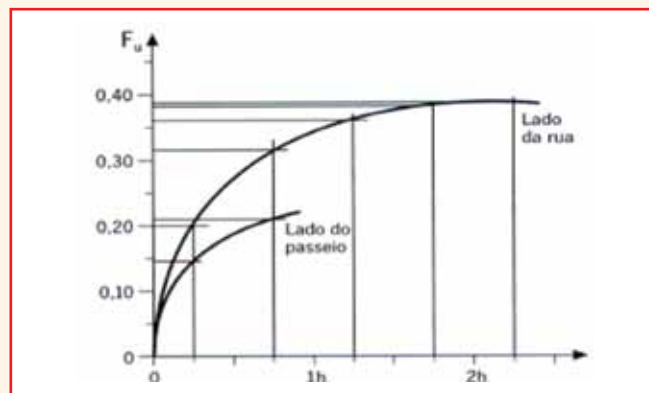


Figura 8 – Curva de utilização.

aplicando a lei do cosseno. De posse destes dados podemos determinar quais pontos apresentam o mesmo valor de iluminância sobre o plano e desta forma traçar esta curva. Este mesmo princípio pode ser utilizado para outras grandezas: curvas de isointensidade, curvas de isoluminância, etc.

Lei de Lambert (ou lei do cosseno)

A Lei de Lambert estabelece que a iluminância sobre uma superfície varie de acordo com o cosseno do ângulo de incidência. O ângulo de incidência é o ângulo entre a normal da superfície e a direção da luz incidente. A lei do inverso do quadrado da distância e a lei do cosseno podem ser combinadas, resultando na seguinte equação:

$$E = (I/d^2)\cos\theta$$

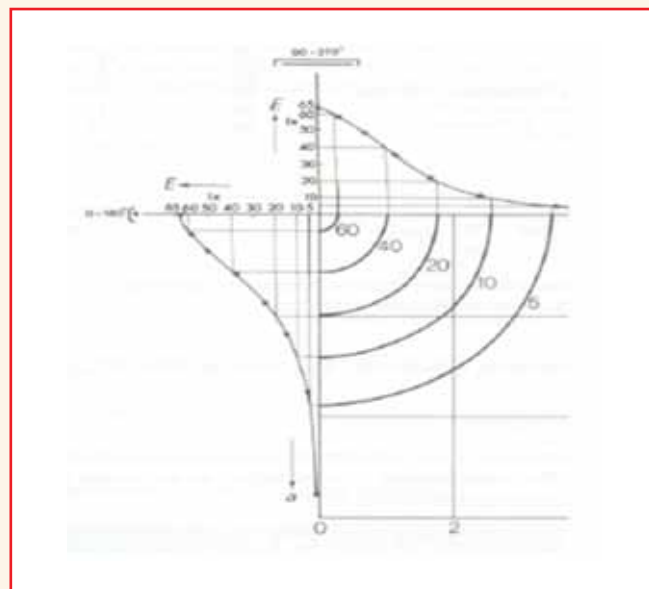


Figura 9 – Traçado da curva Isolux.

A Figura 10 traz um exemplo de uma família de curvas isolux traçadas para uma luminária pública. A malha está montada em função da altura de montagem da luminária no poste e os valores atribuídos a cada curva estão em porcentagem do valor máximo emitido pela luminária.



Figura 10 – Curva isolux de luminária pública.

Referências

- Standard File Format for Electronic Transfer of Photometric Data – LM-63 (IESNA).
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 121: The photometry and goniophotometry of luminaires, 1996.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 29.2: Guide on Interior Lighting (Second Edition), 1996.
- MOREIRA, V. A. Iluminação elétrica. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- Manual de Iluminação – Philips.

* *Marcelo de Oliveira Jesus é físico, especialista em fotometria. Desenvolve ensaios fotométricos há mais de 20 anos na Seção Técnica de Fotometria do IEE/USP.*

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em
www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados
para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br