



Luminotécnica

Luminotécnica

Camila Mayumi Nakata Osaki

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Elsângela Cristina Sorano Gonçalves

Estela Regina de Almeida

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Osaki, Camila Mayumi Nakata
O811 Luminotécnica / Camila Mayumi Nakata Osaki. –
Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
184 p.

ISBN 978-85-522-0750-4

1. Luminotécnica. I. Osaki, Camila Mayumi Nakata.
II. Título.

CDD 720

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Conceitos básicos de iluminação	7
Seção 1.1 - Introdução à iluminação e grandezas fotométricas	9
Seção 1.2 - Fontes luminosas artificiais	22
Seção 1.3 - Normas e especificações técnicas de iluminação	37
Unidade 2 Técnicas de iluminação aplicada a interiores	51
Seção 2.1 - Iluminação de ambientes de interiores	52
Seção 2.2 - Iluminação comercial	65
Seção 2.3 - Iluminação residencial	76
Unidade 3 Análise de viabilidade técnica e cálculo de iluminação	91
Seção 3.1 - Introdução ao cálculo de iluminâncias e análise de viabilidade técnica	92
Seção 3.2 - Cálculo de iluminação - método ponto a ponto	105
Seção 3.3 - Cálculo de iluminação geral – método das eficiências	119
Unidade 4 Projeto luminotécnico	135
Seção 4.1 - Projeto de iluminação de interiores	137
Seção 4.2 - Representação de projeto de iluminação para ambientes interiores	149
Seção 4.3 - Detalhamento, orçamento e especificação técnica de projeto de iluminação	163

Palavras do autor

Prezado aluno, seja bem-vindo à disciplina de Luminotécnica. Esta disciplina tem como competência o conhecimento das propriedades físicas das fontes luminosas e da percepção humana, além de desenvolver soluções em iluminação que atendam às necessidades funcionais e estéticas para o projeto de interiores. O objetivo da disciplina é fornecer condições para a elaboração de um projeto luminotécnico de interiores.

Dessa forma, a disciplina é dividida em quatro unidades: 1. Conceitos básicos de iluminação; 2. Técnicas de iluminação aplicadas a interiores; 3. Análise de viabilidade técnica e cálculo de iluminação; 4. Projeto luminotécnico. Em cada unidade serão trabalhados conteúdos, aplicadas questões e situações-problemas, que conduzirão para a elaboração de um projeto luminotécnico. Esse percurso envolve conhecimentos teóricos e práticos, portanto, desenvolverá sua percepção para projetos de interiores e habilidades para aplicar as tecnologias disponíveis no mercado para proporcionar funcionalidade, conforto, eficiência e ambientação para os espaços interiores.

Na Unidade 1 serão introduzidos os conceitos básicos da iluminação e abordadas as fontes luminosas artificiais e as normas e especificações técnicas de iluminação. Na Unidade 2 apresentaremos como deve ser trabalhada a iluminação em ambientes interiores, tanto residenciais quanto comerciais, sendo apresentadas recomendações gerais e as exigências funcionais e estéticas desses ambientes. Na Unidade 3 partimos para o cálculo de iluminação e para a análise de viabilidade técnica, sendo detalhados os métodos ponto a ponto e as eficiências. E, finalmente, na Unidade 4 será elaborado um projeto de iluminação de interiores, abordando os principais aspectos a serem considerados e as formas de representação e de apresentação de um projeto luminotécnico.

Para compreender esse universo que é a luminotécnica é preciso muita dedicação no estudo e pesquisa, a fim de ter sensibilidade e conhecimento suficiente para tornar os ambientes mais agradáveis, confortáveis e eficientes.

Conceitos básicos de iluminação

Convite ao estudo

Prezado estudante, bem-vindo à Unidade 1 da disciplina de Luminotécnica. Esta unidade tratará dos principais conceitos de iluminação, necessários para a realização de um bom projeto luminotécnico. Este é um convite para que se encante com a importância que a luz tem sobre nossas vidas e todos os incríveis efeitos que ela pode proporcionar em um ambiente! Você conhecerá as propriedades físicas das fontes luminosas e da percepção humana, além de desenvolver soluções em iluminação que atendam às necessidades funcionais e estéticas. Como produto da unidade, você será capaz de analisar as normas e especificações para a iluminação de interiores.

Considere a seguinte situação: uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) precisa de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento, o qual contempla: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. A planta desses ambientes constará na Seção 2.1. Por enquanto, você irá adquirir alguns conhecimentos necessários para realizar um bom projeto luminotécnico: conceitos básicos de iluminação, a influência das grandezas fotométricas, tipos de lâmpadas, equipamentos e complementos, e normas e especificações técnicas de iluminação. Inicie seus estudos preliminares para o projeto de luminotécnica conversando com o cliente sobre como a edificação é utilizada. Quem usa a edificação (funcionários e visitantes) e quais são os horários típicos de uso? Como as lâmpadas são acesas e controladas? Como e com que frequência é feita a manutenção do sistema de iluminação? Nesta unidade são apresentadas outras questões importantes que devem ser consideradas para qualquer projeto luminotécnico.

Qual é a necessidade de um projeto de iluminação? Como escolher a lâmpada ideal para seu projeto? Quais normas devem ser atendidas em um projeto de iluminação?

Seção 1.1

Introdução à iluminação e grandezas fotométricas

Diálogo aberto

Caro aluno, esta primeira seção trará a você conhecimentos fundamentais para a compreensão dos objetivos e conceitos básicos sobre iluminação em projetos de interiores. Inicialmente, falaremos brevemente sobre a história da iluminação, abordaremos os conceitos de iluminação e finalizaremos com as grandezas fotométricas.

Para desenvolver um bom projeto luminotécnico é preciso ter conhecimento técnico. Neste curso, você irá adquirir a competência de planejar, com o uso da luz, espaços funcionais, confortáveis e agradáveis esteticamente. A criatividade aliada ao conhecimento será essencial para o sucesso de sua atuação como projetista de iluminação de interiores.

Imagine que uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) precisa de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento, o qual contempla: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. Você terá uma primeira reunião com o seu cliente e, para isso, precisa ter argumentos suficientes para convencê-lo quanto à necessidade de um bom projeto luminotécnico para valorizar o seu ambiente e trazer a ele conforto e funcionalidade. Escreva um documento em tópicos com as funções da iluminação para os ambientes, com a finalidade de estabelecer conceitos de iluminação que irão subsidiar as suas decisões no projeto luminotécnico. Nesta seção, atente-se às características e grandezas fotométricas, fazendo uma reflexão de sua influência na escolha do tipo de iluminação.

Por enquanto, você irá adquirir alguns conhecimentos necessários para realizar um bom projeto luminotécnico: conceitos básicos de iluminação, a influência das grandezas fotométricas, tipos de lâmpadas, equipamentos, complementos, normas e especificações técnicas de iluminação. Inicie seus estudos preliminares para o projeto de luminotécnica, conversando com o cliente sobre como a edificação é utilizada. Quem usa a edificação (funcionários e visitantes) e quais são os horários típicos de uso? Como as lâmpadas são acesas

e controladas? Como e com que frequência é feita a manutenção do sistema de iluminação? Nesta unidade serão apresentadas outras questões importantes que devem ser consideradas para qualquer projeto luminotécnico. Qual é a necessidade de um projeto de iluminação? Como escolher a lâmpada ideal para seu projeto? Quais normas devem ser atendidas em um projeto de iluminação?

Não pode faltar

Luminotécnica: história da iluminação

O fenômeno da luz, em sua base física, tem sido descrito por várias teorias. Essas teorias são: a teoria corpuscular, a teoria da onda, a teoria eletromagnética, a teoria do quantum e a teoria da unificação (PEREIRA; SOUZA, 2005).

Na teoria corpuscular, defendida por Isaac Newton no século XVII, a luz é constituída de partículas. Essa teoria baseia-se em princípios que determinam que corpos luminosos emitem energia radiante em partículas, que são lançadas intermitentemente em linha reta, atingindo a retina e estimulando uma resposta (sensação visual). Em 1690, entretanto, o físico holandês Cristian Huygens (1629-1695) argumentou que a luz se deslocava em ondas, defendendo a teoria das ondas. Dessa forma, a luz era resultante da vibração molecular de materiais luminosos. Thomas Young (1773-1829) foi o primeiro a concluir que as diferentes cores são produzidas por diferentes comprimentos de onda.

Em 1865, ao provar matematicamente a relação entre eletricidade e magnetismo, James Clerk Maxwell (1831-1879) demonstrou que as ondas eletromagnéticas se deslocam na velocidade da luz, fazendo-o concluir que a própria luz é uma forma de onda eletromagnética, dando origem à teoria eletromagnética.

No início do século XX, a concepção de que a luz se tratava de um fluxo contínuo de energia começou a sofrer contestações. Max Planck (1858-1947) sugeriu que a energia da radiação não era contínua, mais sim dividida em minúsculos pacotes chamados de quanta. Dessa forma, a teoria quântica demonstra que a luz podia ser concebida como partículas, como defendia a teoria corpuscular de Isaac Newton.

E, finalmente, a teoria da unificação foi proposta pelo físico francês De Broglie (1892-1987) e o físico alemão Heisenberg (1901-1976), que

se basearam em uma equação que determinava o comprimento de onda e na condição de impossibilidade de determinar simultaneamente todas as propriedades que são distintas de uma onda ou de um corpúsculo. Para a Engenharia de Iluminação, as teorias quântica e das ondas eletromagnéticas são suficientes em fornecer base para todas as características da energia radiante.

O ramo da ciência que trata da medição da luz é definido como fotometria. No início do século, a preocupação da fotometria estava mais na iluminação dos planos de trabalho (iluminação planar). Com o passar do tempo e com a experiência prática, novos conceitos têm surgido para embasar a “qualidade da iluminação”, entendida como todas as propriedades que o projetista não consegue quantificar.



Refleta

Por que devemos estudar a luz? Você já parou para pensar sobre a importância da iluminação artificial no seu dia a dia? É ela quem possibilita a execução de tarefas e a segurança em ambientes fechados e quando a presença de luz natural não é possível ou é insuficiente. As pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes iluminados parcialmente por aberturas, mas predominantemente iluminados artificialmente.

Objetivos da iluminação em projetos interiores

A luz artificial não somente é usada para iluminar os espaços internos, mas também para ambientá-los, decorá-los, e torná-los mais agradáveis ou atrativos aos usuários. Além disso, a luz artificial é utilizada para questões de segurança, como na sinalização de saídas de emergência em locais em que há circulação ou permanência de muitas pessoas.

Desta forma, são dois os principais objetivos da iluminação: proporcionar boas condições de visão, segurança e orientação em um determinado ambiente e servir como instrumento de ambientação. O primeiro está relacionado às atividades laborativas e produtivas e o segundo às atividades não laborativas de lazer, bem-estar e religiosas.

Uma iluminação inadequada pode ocasionar diversos incômodos, como desconforto e fadiga visual, redução da eficiência visual, ofuscamento, dor de cabeça ou mesmo acidentes. Em relação à questão de consumo energético no ambiente construído, a iluminação artificial é um dos sistemas que mais consome energia.

Conceitos básicos de iluminação em projetos de interiores

Os objetivos básicos de um projeto luminotécnico, como foi visto anteriormente, são: proporcionar aos ambientes maior conforto luminoso, melhor qualidade e o menor custo possível. O conceito de conforto envolve a resposta fisiológica do usuário diante dos estímulos. Dessa forma, a sensação de conforto se qualifica no menor esforço de adaptação do indivíduo. Para que o indivíduo necessite de menor esforço de adaptação é preciso que haja a quantidade ideal de luz no plano de trabalho, para que possa desenvolver suas tarefas. Quanto maior a exigência de acuidade visual (aptidão do olho para distinguir os detalhes espaciais), maior será a quantidade de luz necessária.

Antes de dar início a um projeto de iluminação de interiores, o projetista deve tomar algumas questões como ponto de partida para o seu projeto. A primeira questão trata da forma como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente. Posteriormente, deve-se questionar como a luminária distribuirá a luz e, finalmente, qual é a ambientação que se deseja fornecer, com a luz, ao espaço.

Para resolver a questão de como a luz será distribuída pelo ambiente, é preciso selecionar o sistema principal, ou seja, a forma como as luminárias serão distribuídas pelo ambiente, produzindo diferentes efeitos no plano de trabalho. Os sistemas de iluminação principal podem ser classificados em: iluminação geral, iluminação localizada e iluminação de tarefa.

A iluminação geral (exemplo na Figura 1.1) faz que a distribuição das luminárias pelo teto seja aproximadamente regular, proporcionando um ambiente iluminado com uniformidade. Essa forma de iluminar apresenta como vantagem uma maior flexibilidade de layout, mas não atente às necessidades específicas de locais que requerem níveis de iluminância mais elevados (o conceito de iluminância ainda será apresentado).

Figura 1.1 | Exemplo de sala com iluminação geral



Fonte: <<https://www.osram.com.br/ls/produtos-e-servi%C3%A7os/essentials/index.jsp>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

A iluminação localizada (exemplo na Figura 1.2), como o próprio nome já diz, concentra a luminária em locais de principal interesse, por exemplo, a iluminação de uma bancada de cozinha. Nesse caso, as luminárias são instaladas suficientemente altas para possibilitar altos níveis de iluminância sobre o plano de trabalho (exemplo: luminárias pendentes). Esse tipo de iluminação possibilita maior economia de energia, mas em caso de mudança de layout as luminárias precisam ser reposicionadas.

Figura 1.2 | Exemplo de aplicação da iluminação localizada em cozinha



Fonte: <<http://comprandomeuape.com.br/wp-content/uploads/2014/06/iluminacao-cozinha-04.jpg>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

No caso da iluminação de tarefa (exemplo na Figura 1.3), as luminárias devem estar perto da tarefa visual e do plano de trabalho, sendo iluminada, portanto, uma área muito pequena.

Figura 1.3 | Exemplo de iluminação de tarefa



Fonte: <<https://casadaideia.files.wordpress.com/2012/07/luz-para-tarefa.jpg?w=560&h=349>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Quanto à questão de como a luminária distribuirá a luz, há, normalmente, a divisão da iluminação em um sistema principal, o que resolve as necessidades funcionais, e um sistema secundário, que prioriza a personalidade e a ambientação do espaço através da luz.

Sobre a terceira questão, para a ambientação que se deseja fornecer ao espaço através da luz, temos:

- Luz de destaque: dar ênfase/destaque a determinados aspectos do ambiente, seja um objeto ou uma superfície, a fim de chamar a atenção do olhar. Exemplo: uso de spots para iluminar gôndolas, quadros etc.
- Luz de efeito: chamar atenção para a própria luz. Exemplo: jogos de fechos de luz nas paredes.
- Luz decorativa: chamar atenção ao objeto que produz luz. Exemplo: lustres antigos que criam uma área de interesse ao ambiente.
- Modulação de intensidade (dimerização): tornar possível o aumento ou a diminuição da intensidade de luminárias, modificando a percepção ambiental.

- Luz arquitetônica: quando a luz é posicionada dentro de elementos arquitetônicos do ambiente, como em sancas e corrimãos.

Luminotécnica: características e grandezas fotométricas

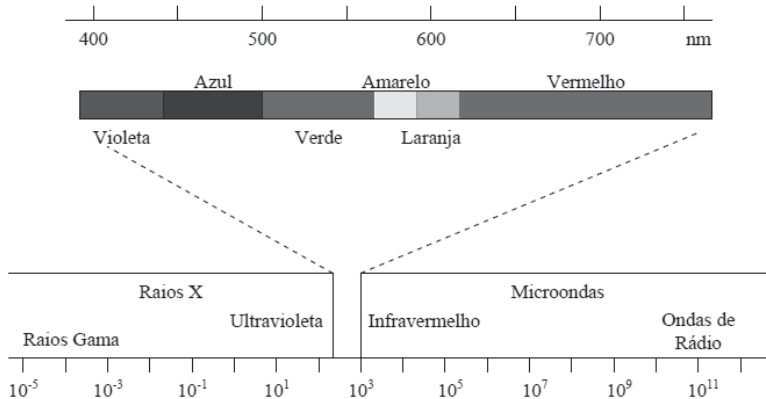


Pesquise mais

Antes de iniciarmos qualquer discussão a respeito de um projeto luminotécnico ou sobre iluminação, é necessário o entendimento do conceito luz. Luz, ou radiação visível, trata-se da energia em forma de ondas eletromagnéticas capazes de excitar o sistema humano olho-cérebro, produzindo uma sensação visual. As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para sua transmissão. Apesar de passarem através dos meios sólido, líquido e gasoso, propagam-se mais eficientemente no vácuo, onde não há nada para absorver a energia radiante.

Dentro do espectro eletromagnético existe uma pequena parcela da energia radiante que é percebida pelo olho humano, denominando-se “luz”. Essa parte da radiação visível se localiza no espectro entre 380 nm a 780 nm. A faixa do comprimento de onda dentro dessa parte visível da radiação determinará a cor da luz percebida pelo olho humano, como pode ser visto na Figura 1.4.

Figura 1.4 | Espectro eletromagnético (comprimentos de onda em nanômetros - nm)



Fonte: Pereira; Souza (2005, p. 9).



Tratando-se de luz e cor, quando olhamos para um objeto, pensamos que as cores que eles têm são definidas por eles próprios. Na verdade, a cor de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele. Sob uma luz branca, o abacate, por exemplo, aparenta ser de cor verde, pois ele tende a refletir a porção do verde do espectro de radiação e a absorver a luz nos outros comprimentos de onda.

Quando a luz incide sobre um objeto e o ilumina, possibilitando que o olho humano faça uma interpretação visual, nesse processo ocorre uma série de fenômenos que podem ser descritos pelas grandezas fotométricas. O entendimento dessas grandezas é essencial para a compreensão acerca dos termos que são utilizados no cálculo de iluminação. O Quadro 1.1, a seguir, apresenta as principais grandezas fotométricas.

Quadro 1.1 | Grandezas fotométricas

Grandeza fotométrica	Símbolo	Unidade	Conceito
Fluxo luminoso	φ	Lúmen (lm)	Fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens.
Iluminância	E	Lux (lx)	Fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte. Em outras palavras, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, podendo ser medida com o auxílio de um luxímetro. $E = \frac{\varphi}{A}$ Em que φ é o fluxo luminoso e A é a área em m^2 .
Luminância	L	candela/área (cd/m^2)	Essa é a única grandeza que é "visível", ou seja, que transmite a sensação de claridade aos olhos. A luminância é a intensidade luminosa que emana de uma superfície. A equação que a determina é: $L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$

			<p>Em que: L é a luminância (cd / m^2); I é a intensidade luminosa (em cd); A é a área projetada (em m^2); e α é o ângulo considerado (em graus).</p> <p>Por ser difícil medir a intensidade luminosa que provém de um corpo não radiante (através da reflexão), outra fórmula pode ser utilizada:</p> $L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$ <p>Em que: ρ é a refletância ou coeficiente de reflexão; e E é a iluminância sobre essa superfície.</p>
<i>Grandezas que diferenciam as lâmpadas entre si:</i>			
Eficiência energética ou eficiência luminosa	η_w ou K	lúmen/ watt (lm / W)	Grandeza que define quantos lúmens são gerados por watt absorvido pela lâmpada.
Índice de reprodução de cor	IRC ou Ra	R	Tem como função dar uma nota (de 1 a 100) para o desempenho de outras fontes de luz em relação à referência de um metal sólido aquecido até irradiar luz (padrão). Define-se que o IRC ideal é 100. Quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor é seu IRC.
Temperatura de cor	T	Kelvin (K)	Grandeza que classifica a luz no seu aspecto visual, revelando a sensação de tonalidade de cor de diversas lâmpadas. Quanto mais claro o branco (como a luz diurna ao meio-dia), maior é a temperatura de cor. A luz amarelada (exemplo: lâmpada incandescente) tem aproximadamente 2700 K.

Fonte: elaborado pelo autor.



Exemplificando

A temperatura de cor das lâmpadas instaladas em um determinado ambiente pode caracterizá-lo como mais aconchegante ou estimulante. Salas de estar ou dormitórios, por exemplo, são os ambientes mais aconchegantes de uma residência e, portanto, pedem, geralmente, uma luz amarelada, com temperatura de cor por volta dos 2700 K. Já um escritório ou uma cozinha, ambientes em que é desejável estimular os usuários à realização de alguma tarefa, recomenda-se o uso de uma luz mais "fria", com temperatura de cor próximo aos 6000 K. Os termos "luz quente" ou "luz fria", referem-se, portanto, à sensação visual de uma luz sendo mais aconchegante ou mais branca, respectivamente.



Pesquise mais

Conheça mais sobre as lâmpadas e luminárias no site:

Iluminacao Philips: Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/habitacao>> Acesso em: 4 jan. 2017; <<http://www.lighting.philips.com.br/educacao/iluminacaoconvencional>> Acesso em: 4 jan. 2017.

Iluminação OSRAM -

Disponível em: <<https://www.osram.com.br/cb/>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Sem medo de errar

Na situação-problema apresentada logo no início desta seção, você tinha que imaginar uma situação em que deveria procurar argumentos para defender a valorização de um bom projeto luminotécnico para o seu cliente. Escreva em tópicos as funções da iluminação e tente aplicar os conhecimentos sobre as características e grandezas fotométricas na escolha do tipo de iluminação.

As funções da iluminação são:

- Possibilitar execução de tarefas.
- Proporcionar segurança.
- Ambientar os espaços.

- Decorar os espaços.
- Tornar os espaços mais agradáveis.
- Sinalização.
- Orientação.
- Evitar desconfortos, como ofuscamento, fadiga visual e redução da eficiência visual.
- Planejar iluminação do ambiente visando menor consumo energético.

As grandezas fotométricas servem como forma de medir a iluminação, a qual deve ser diferenciada para cada tipo de ambiente, e para comparar a eficiência, o desempenho e a sensação que cada tipo de lâmpada pode oferecer.

Avançando na prática

Sistema principal de iluminação de alguns ambientes

Descrição da situação-problema

Você é um designer de interiores e foi contratado para organizar as primeiras ideias e conceitos acerca das necessidades de iluminação de alguns ambientes para um projeto luminotécnico. Qual é o tipo de sistema principal de iluminação mais apropriado para os seguintes ambientes: sala de leitura, mesa da sala de jantar e sala de aula?

Resolução da situação-problema

Ambiente 1 - sala de leitura: pense que é uma espaço que necessita de uma iluminação de tarefa, por existir uma atividade-fim que necessidade de uma iluminação pontual na área de trabalho.

Ambiente 2 - a mesa da sala de jantar: pede uma iluminação localizada, por se tratar de um ponto específico dentro do ambiente, sua função é concentrar a iluminação na região de interesse

Ambiente 2 - sala de aula: é essencial uma boa iluminação geral, assim evita-se pontos de sombreamento e não existe um ponto focal de destaque no espaço. É melhor opção para garantir flexibilidade em um ambiente, por não priorizar nenhuma região.

Faça valer a pena

1. Sobre as grandezas fotométricas, as quais são importantes tanto para o cálculo da iluminação quanto para escolhas de lâmpadas para o projeto luminotécnico, analise as afirmações:

I. Permite comparar entre duas fontes luminosas qual delas proporcionará um maior rendimento (unidade: lm/W).

II. É a quantidade da radiação eletromagnética emitida ou recebida por um corpo. Componente do fluxo radiante que gera uma resposta visual (unidade: lm - lúmen).

III. É o fluxo luminoso " ϕ " incidente em uma dada superfície, dividida pela área " A " dela ($E = \phi/A$; unidade: lux).

IV. É a intensidade luminosa " I " (de uma fonte ou de uma superfície iluminada) por unidade de área aparente " A " em uma dada direção ($L=I/A$; unidade: cd/m²).

Leia as informações sobre grandezas fotométricas e assinale a alternativa que corresponde aos conceitos corretos na ordem em que foram apresentados.

- a) I. Eficiência luminosa; II. Fluxo luminoso; III. Iluminância; IV. Luminância.
- b) I. Fluxo luminoso; II. Eficiência luminosa; III. Iluminância; IV. Luminância.
- c) I. Fluxo luminoso; II. Eficiência luminosa; III. Luminância; IV. Iluminância.
- d) I. Eficiência luminosa; II. Iluminância; III. Luminância; IV. Fluxo Luminoso.
- e) I. Eficiência luminosa; II. Iluminância; III. Fluxo luminoso; IV. Luminância.

2. Para a elaboração de um bom projeto luminotécnico é necessário ter conhecimento das formas de se utilizar a luz como ambientação. Há diversas maneiras de se obter essa ambientação com o uso da luz. Saber aplicar adequadamente esses diferentes tipos de "luz" faz toda a diferença em um projeto luminotécnico de maior efeito visual.

Assinale a alternativa que traz a definição correta do tipo de luz de ambientação em questão.

- a) Luz de destaque, que visa chamar a atenção para a própria luz.
- b) Luz de efeito, que tem o objetivo de dar ênfase a determinados objetos ou superfícies presentes no ambiente.
- c) Luz arquitetônica, que visa chamar a atenção para alguma obra arquitetônica.
- d) Luz decorativa, que objetiva chamar a atenção ao próprio objeto que produz a luz.
- e) Modulação de intensidade, que torna possível chamar atenção para fontes de luz com maior intensidade.

3. Ao estudarmos um pouco mais sobre a história da iluminação, adquirimos conhecimentos sobre várias teorias defendidas e sobre a forma como os projetistas tiveram que se adaptar às diferentes preocupações que foram surgindo sobre as questões ligadas ao projeto luminotécnico.

Com base nos conhecimentos adquiridos sobre a história da iluminação, analise as seguintes alternativas e assinale apenas a correta.

- a) A teoria eletromagnética invalida a teoria da onda.
- b) Na fotometria apenas a quantidade da iluminação é importante, sendo descartável a ideia de qualidade da iluminação.
- c) As teorias que são suficientes para explicar todas as características da energia radiante na engenharia de iluminação são as teorias quântica e das ondas eletromagnéticas.
- d) A teoria corpuscular defende que a luz se desloca em ondas.
- e) A teoria das ondas defende que a luz é constituída de partículas.

Seção 1.2

Fontes luminosas artificiais

Diálogo aberto

Nesta seção você aprenderá sobre as fontes luminosas artificiais, os tipos, modelos e características das lâmpadas, tratando-se de sistemas de iluminação. Além disso, apresentaremos como escolher os tipos de luminárias ideais para cada projeto e os complementos utilizados.

Antes mesmo de termos a planta dos ambientes solicitados para o projeto luminotécnico, podemos nos adiantar fazendo uma pesquisa sobre quais sistemas (lâmpadas, luminárias e componentes) podem ser mais indicados.

Para cada tipo de ambiente, seja ele comercial ou residencial, há determinados tipos de lâmpadas e luminárias mais apropriados. Para conhecê-los melhor, faça uma pesquisa em catálogos de alguns fornecedores de lâmpadas e luminárias.

Considerando o projeto luminotécnico, responda: quais são os tipos de lâmpadas e luminárias mais indicados?

Para melhor orientá-lo, segue um roteiro contendo as etapas a serem cumpridas para chegar à resposta:

1. Faça uma leitura do conteúdo desta seção, atentando-se às características de luz proporcionadas para cada tipo de lâmpada e luminária.
2. Revise o conteúdo apresentado na Seção 1.1. Lá você encontrará a explicação sobre os conceitos que envolvem as principais grandezas fotométricas, as quais descrevem quantitativamente a luz proporcionada para cada tipo e modelo de lâmpada aplicada a um ambiente.
3. Lembre-se de que os ambientes que contemplam o projeto são: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros.

4. Defina o tipo de iluminação desejado para cada ambiente, lembrando que pode ser utilizado mais de um tipo de iluminação, que atuarão de forma complementar entre si.

5. Pesquise as características da iluminação pretendida: temperatura de cor, índice de reprodução de cores e iluminância. Essas são as grandezas fotométricas básicas que podem ser consideradas, inicialmente, no projeto luminotécnico para a escolha das lâmpadas e luminárias. Convém consultar a NBR 5413 para obter a iluminância para cada ambiente e a bibliografia sugerida do curso para consultar a temperatura de cor e IRC, que são geralmente recomendáveis para os ambientes tratados.

Sugestão: crie uma tabela para deixar essa tarefa mais organizada. Na primeira coluna escreva os nomes dos ambientes; na segunda, os tipos de iluminação, na terceira, as características da iluminação pretendida, e, na quarta coluna, os tipos de lâmpadas e luminárias recomendadas.

Bom trabalho!

Não pode faltar

Fontes luminosas artificiais: tipos de lâmpadas e seus complementos

Atualmente, há basicamente três tipos de lâmpadas: as incandescentes, as de descarga e as LEDs. Cada tipo de lâmpada tem diferentes características e princípios de funcionamento. Dessa forma, são destinadas a diferentes funções para a iluminação artificial dos ambientes.

Lâmpadas incandescentes

O funcionamento de uma lâmpada incandescente se baseia na produção de luz e calor através da resistência (corrente elétrica passando por um filamento). A lâmpada incandescente, ou lâmpada de filamento, pode ser representada na natureza pela luz do sol. Ela tem um filamento metálico que se aquece e gera luz por causa da passagem de elétrons. Inclui-se neste grupo as lâmpadas

incandescentes tradicionais e as lâmpadas de tungstênio e halogênio (também chamadas de halógenas).

Os materiais incandescentes emitem principalmente calor, e materiais que irradiam calor também produzem radiação infravermelha. À medida que os materiais incandescentes se tornam mais quentes, começam a emitir luz vermelha, sendo que depois cada uma das cores do espectro luminoso é agregada, resultando em um tom quente, branco avermelhado (INNES, 2014).

Figura 1.5 | Exemplo de lâmpada incandescente



Fonte: <<http://chc.org.br/wp-content/uploads/2013/05/lampada-incandescente.jpg>>. 4 jan. 2017.

Acesso em:



Assimile

Mais de 90% da energia consumida para acender uma lâmpada incandescente é transformada em calor e menos de 10% em luz. Dessa forma, apesar de ser uma boa fonte de luz, com um excelente índice de reprodução de cores (IRC), é extremamente deficiente em relação à economia de energia. (SILVA, 2004)

As lâmpadas halógenas têm o mesmo princípio de funcionamento de uma incandescente comum, ou seja, uma corrente elétrica passando por um filamento. A diferença é que o tubo que envolve o filamento não é de vidro comum, mas de quartzo, por conta da temperatura de funcionamento que é bem mais elevada que na lâmpada incandescente comum. Além disso, por ser uma luz originada pela adição de gases halógenos no sistema, permite que

o filamento permaneça sempre com a mesma espessura, porque as partículas despreendidas pelo aquecimento retornam ao filamento. Desta forma, como o filamento mantém sua propriedade original, a luz produzida é branca e brilhante, de grande intensidade e com durabilidade até quatro vezes maior que a tradicional lâmpada incandescente (SILVA, 2004).

Figura 1.6 | Lâmpadas halógenas usadas principalmente em iluminação decorativa e de destaque



Fonte: <<http://brasilescola.uol.com.br/upload/conteudo/imagens/edf9d1fb6b478f4d1e8f4ef8ce94ddc0.jpg>>. Acesso em: 19 set. 2017.

Lâmpadas de descarga

A lâmpada de descarga pode ser comparada a um raio, pois seu princípio de funcionamento é uma descarga elétrica dentro de um tubo de vidro, quartzo ou cerâmica. As fontes de descarga produzem luz ao criarem uma descarga elétrica através de um gás. A excitação do gás pela eletricidade provoca colisões entre seus átomos, resultando na liberação de energia na forma de luz ultravioleta ou visível.

O processo de descarga do gás costuma ser uma maneira mais eficaz de produzir luz visível, se comparado ao sistema incandescente, pois não envolve o aquecimento de materiais (como acontece nas fontes de iluminação incandescentes). Em outras palavras, as lâmpadas de descarga são mais eficientes que as lâmpadas incandescentes por gerarem mais luz visível para uma mesma energia dispendida. Além disso, as lâmpadas de descarga conseguem ter uma vida útil muito mais longa que a das lâmpadas incandescentes.

Incluem-se neste grupo as lâmpadas: fluorescentes, a vapor de mercúrio, de luz mista, a vapor de sódio e de multivapores metálicos.

As lâmpadas fluorescentes funcionam com o sistema de descarga de baixa pressão. O funcionamento delas baseia-se na sequência eletricidade-reator-partida-filamento. A eletricidade passa pelo reator, que joga uma tensão para dentro da lâmpada, permitindo que o sistema dê a partida. Com a partida do sistema, os filamentos lançam elétrons que, chocando-se com uma gota de mercúrio contida no bulbo da lâmpada, combinam-se com este e o vaporizam, resultando em uma radiação ultravioleta. Esses raios ultravioletas, ao atravessarem o bulbo pintado da lâmpada, geram a luz visível.

Figura 1.7 | Lâmpadas fluorescentes



Fonte: <<http://www.pensamentoverde.com.br/wp-content/uploads/2016/02/reciclagem-de-lampadas-fluorescentes.jpg>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

As lâmpadas a vapor de mercúrio são lâmpadas de descarga a alta pressão. As lâmpadas de luz mista são uma combinação da incandescente com a lâmpada a vapor de mercúrio puro, pois misturam os dois princípios de funcionamento. Ambas as lâmpadas são muito utilizadas na iluminação pública. A segunda, entretanto, está caindo em desuso por sua ineficiência energética.

As lâmpadas a vapor de sódio possuem, em seu interior, sódio no lugar do mercúrio, e, por conta disso, tubo de cerâmica no lugar do tubo de quartzo (não adequado à propriedade corrosiva do sódio). Sua luz é extremamente forte e amarelada, tendo um péssimo índice de reprodução de cores. Entretanto, tem excelente economia de energia, emitindo um fluxo luminoso de alta intensidade. São

utilizadas em ambientes externos, onde não há necessidade de bom índice de reprodução de cores, como estacionamentos, vias públicas e galpões industriais.

Finalmente, as lâmpadas de multivapores metálicos têm tubo de quartzo e são preenchidas com vários metais nobres, o que resulta em uma emissão de luz branca, brilhante, e com um ótimo IRC. Dessa forma, torna-se largamente utilizada atualmente.

Figura 1.8 | Exemplo de tipos de lâmpada de descarga



Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/-EFQJCKG2iGo/Uj_Y9Ktl_9GI/AAAAAAAAAYA/dNC5Hn-9-Ms/s1600/lampada2.jpg>. Acesso em: 4 jan. 2018

Para o funcionamento de lâmpadas de descarga é utilizado um componente elétrico acoplado ao sistema que se chama reator. O reator tem duas funções: dar partida e limitar a corrente elétrica que alimenta a lâmpada.

Lâmpadas LED

A lâmpada de LED trata-se de um diodo emissor de luz (LED – sigla de *Lighting Emited Diode*), portanto, pode ser comparada a um vaga-lume. São fontes de luz eletroluminescentes e incluem: os painéis eletroluminescentes, os LEDs e os OLEDs (LEDs orgânicos) (INNES, 2014).

Os materiais eletroluminescentes (EL) emitem radiação eletromagnética (geralmente luz visível) quando submetidos a uma corrente elétrica. Ao contrário da incandescência, este processo não exige a aplicação de calor; assim, as fontes de luz eletroluminescentes são intrinsecamente mais frias. Elas também não dependem da criação de uma descarga elétrica através de um gás, podendo seus bulbos ser muito menores do que os bulbos das fontes de luz de descarga. (INNES, 2014, p. 55)



Figura 1.9 | Exemplo de luminária de LED



Fonte: <http://www.intereng.com.br/media/imagens/upload/familia/742/luminaria_gabinetes_jpg_600x400_q100.jpg>. Acesso em: 4 jan. 2018.



Refleta

O fato de o processo de geração de luz dos LEDs não exigir a aplicação de calor (como nas lâmpadas incandescentes) e também não depender de uma descarga elétrica através de um gás, contribui para sua maior eficiência em relação às demais fontes de luz artificial?

Sistemas de iluminação para projeto de design de interiores: equipamentos

Devemos considerar que as lâmpadas incandescentes têm menor eficiência energética, e que, por isso, estão deixando de serem comercializadas.



Pesquise mais

Leia a matéria **Lâmpadas incandescentes deixam o mercado nacional no dia 1º de julho**, disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/06/comeca-valer-na-6-proibicao-de-venda-de-lampadas-incandescentes.html>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

As halógenas são muito utilizadas hoje em dia, tanto na iluminação comercial como nos projetos residenciais, pois apesar do excesso de calor desprendido por esse tipo de lâmpada, elas são de múltiplas utilizações, pela qualidade de iluminação que alcançam e por serem de tamanho reduzido. As lâmpadas de descarga de baixa pressão (fluorescentes) são amplamente utilizadas em ambientes comerciais e residenciais. As lâmpadas de descarga de alta pressão, por sua vez, são geralmente utilizadas em espaços públicos, como vias, praças e galpões.

Quadro 1.2 | Tipos de lâmpadas

Incandescentes	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescente comum clara/clássica. • Incandescente bellalux de formato cogumelo/leitosa. • Incandescente bolinha para geladeira ou lustre. • Incandescente vela. • Concentras, refletoras e muitos outros tipos decorativos.
Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> • Lapiseiras. • Bipinos. • Halopin. • Dicroicas. • Halospot AR 11, AR 70 e AR 48. • Halopar 20, Halopar 30 e Halopar 38.
De descarga (baixa pressão)	<ul style="list-style-type: none"> • Fluorescentes comuns tubulares de 20/40W. • Fluorescentes T-8, mais modernas 16/18/32/36W. • Fluorescentes T-5, ainda mais eficientes 14/28/54/80W. • Fluorescentes T-2 para pequenos espaços. • Fluorescentes compactas convencionais 9 até 120W. • Fluorescentes compactas eletrônicas de 5 até 25W. • Fluorescentes circulares.
De descarga (alta pressão)	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpadas a vapor de mercúrio puro. • Lâmpadas de luz mista. • Lâmpadas de vapor de sódio. • Lâmpadas de multivapores metálicos: <ul style="list-style-type: none"> o Com tubo de quartzo. o Com tubo cerâmico tubular. o Com tubo cerâmico esférico – power ball.

Fonte: adaptado de Silva (2009).

Quadro 1.3 | Durabilidade média das fontes de luz artificial

Lâmpada	Durabilidade média
Incandescentes comuns	750 a 1.000 horas
Halógenas	2.000 a 5.000 horas
Descargas fluorescentes	7.500 a 18.000 horas
Fluorescentes de indução magnética	60.000 horas
Descarga de alta pressão	10.000 a 32.000 horas
LEDs	Até mais de 50.000 horas

Fonte: adaptado de Silva (2009).

Os LEDs apresentam diversas vantagens tecnológicas, como: longa durabilidade; alta eficiência luminosa; variedade de cores; dimensões reduzidas; alta resistência a choques e vibrações; luz dirigida sem radiação ultravioleta e infravermelha; baixo consumo de energia; e pequena dissipação de calor. Dessa forma, os LEDs proporcionam novas possibilidades de design, graças à sua variedade de cores, também é uma solução econômica de longa durabilidade e reduz drasticamente a necessidade de manutenção, permitindo a instalação em locais de difícil acesso (SILVA, 2004). Além disso, existem lâmpadas LED que simulam o efeito de lâmpadas dicróicas, tubulares, halopin, etc.



Assimile

Dimmers (ou "dimerizadores") são dispositivos que controlam a intensidade de uma corrente elétrica. Desta forma, controlam também a intensidade luminosa. Nem todas as luminárias, entretanto, aceitam dimmers; e até em casos em que as fontes de luz podem ser dimerizadas, estas às vezes possuem transformadores que não podem ser dimerizados. Quando você pretender dimerizar uma fonte de luz, a sua principal preocupação deve ser a compatibilidade dos equipamentos.

Luminárias: tipos e escolhas para projeto

Luminária é o nome dado ao equipamento de iluminação completo, incluindo a fonte de luz (a lâmpada ou o bulbo), o soquete (ou porta-lâmpada), o refletor, as lentes, o suporte, a suspensão, os acessórios de instalação (exemplo: fiação, parafusos) etc.

Segundo Gonçalves et al. (2011), os requisitos básicos de uma luminária são:

- Proporcionar suporte e conexão elétrica à lâmpada ou às lâmpadas.
- Controlar e distribuir a luz da lâmpada.
- Ter um bom rendimento luminoso.
- Manter a temperatura de operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos.
- Facilitar a instalação e a conservação.
- Ter uma aparência agradável (dado essencialmente subjetivo).
- Ser economicamente viável.

- Proteger a lâmpada e o equipamento elétrico contra a umidade e demais agentes atmosféricos.

A luminária pode ter um importante papel na definição de uma luz dispersiva ou direcionada. Entretanto, as propriedades da luz em um espaço são mais do que uma função das luminárias elas também dependem do seu posicionamento e uso (INNES, 2014).



Exemplificando

De uma maneira geral, a lâmpada fluorescente tubular é destinada a proporcionar uma iluminação geral enquanto a spot oferece uma luz mais direcionada. No entanto, dependendo de como forem posicionadas no ambiente, podem produzir diferentes efeitos de iluminação. A lâmpada fluorescente tubular instalada em uma sanca de iluminação pode proporcionar uma iluminação direcionada, e um spot posicionado para uma parede branca pode produzir, por sua luz refletida, uma luz difusa.

Dessa forma, a escolha do tipo de lâmpada e de luminária é apenas uma parte do projeto luminotécnico, sendo de grande importância também a forma (disposição) como as luminárias serão utilizadas naquele ambiente.

A luminárias pendentes ficam mais afastadas do teto e fornecem, geralmente, uma luz suave e difusa, podendo ser dispersiva (Figura 1.10 (a)), de iluminação descendente (Figura 1.10 (b)) ou ascendente (Figura 1.10 (c)).

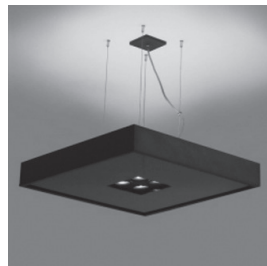
Figura 1.10 | Tipos de luminárias pendentes



(A)



(B)



(C)

Fonte: (A) <<https://www.huntertrade.com.br/lojas/00026250/prod/BORU35.jpg>> Acesso em: 4 jan. 2018.; (B) <http://cdn.oppa.com.br/media/catalog/product/l/u/luminaria_pendente_lira_media_branca_1_1.jpg> Acesso em: 4 jan. 2018.; (C) <http://www.luzcasa.com.br/Eshop.Admin/imagens/luzcasa/Thumbs/TN500_Black.jpg> (respectivamente). Acesso em: 4 jan. 2018.

Podemos dividir a categoria de luminárias direcionais em feixe luminoso amplo (holofotes) e feixe luminoso estreito (spots). De acordo com a dispersão do feixe luminoso, uma luminária com feixe estreito teria menos de 20°, uma com feixe médio 40°, e acima disso são consideradas de feixe largo (INNES, 2014).

Figura 1.11 | Luminárias tipo holofotes e spots



(a) holofote



(b) spot

Fonte: (a) <http://vitrine.tokstok.com.br/pnw/570/h/holofotp_ptcr.jpg>; (b) <https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/494911/72_0.jpg> Acesso em: 4 jan. 2018.



Pesquise mais

Além dos tipos de luminárias apresentados nesta seção, existem tantos outros, como as luminárias descendentes (*downlights*), as luminárias ascendentes (*uplights*), refletores, sancas de iluminação, recortes de forro, forros com planos diversos etc.

Pesquise mais sobre esses diferentes tipos de luminárias, suas características e aplicações. Bom trabalho!

Sem medo de errar

Quais os tipos de lâmpadas e luminárias mais indicadas para os ambientes que estão sendo trabalhados no projeto luminotécnico? Seguindo o roteiro do item Diálogo Aberto, você chegará a uma tabela semelhante à apresentada à seguir. Atente que os tipos de lâmpadas e luminárias apresentadas para cada ambiente são meramente

sugestões, podendo ser encontradas outras diferentes soluções. Os níveis de iluminância recomendados para cada ambiente são encontrados na norma de iluminância de interiores NBR 5413.

Quadro 1.4 | Tabela de sugestão de resposta à situação-problema

Ambiente	Tipo de iluminação	Características da iluminação	Tipos de lâmpadas e luminárias
Ambiente comercial com expositor e vitrines.	Iluminação geral e luz de destaque, decorativa e de tarefa.	Iluminância de 500 lx para área de vendas de 1.000 para vitrine, IRC alto, e temperatura de cor a depender do preço e categoria dos produtos.	Lâmpadas fluorescentes com IRC alto, dicróicas de lâmpadas halógenas destinadas a luz de destaque, LEDs para expositores. Para a iluminação de destaque dos expositores e vitrine podem ser usados spots.
Escritório	Iluminação geral e de tarefa.	Iluminância de 500 – 1.000 lx, luz branca amarelada (aprox. 4.000K).	Lâmpadas fluorescentes tubulares, luminárias menores com fluorescentes compactas nas mesas de trabalho, luminárias com aletas parabólicas para evitar ofuscamento.
Copa	Iluminação localizada.	Luz abundante, cor fria (4.000K), aprox. 300 lux.	Lâmpadas fluorescentes (tubulares ou compactas).

Sala de estar	Iluminação geral (opcional), luz decorativa e luz arquitetônica.	Luz indireta, iluminação de quadros e objetos de arte, iluminância de 150 lx.	Lâmpadas halógenas, refletoras embutidas no teto (dicroicas, par ou halopin), sancas de iluminação, luminárias ascendentes, forros com planos diversos.
Banheiros	Iluminação geral e de tarefa.	Iluminância de 150 lx.	Fluorescentes para a iluminação geral, e fluorescente ou LED para a luz do espelho.

Fonte: elaborado pelo autor.

Avançando na prática

Título da nova situação-problema

Resolvendo a iluminação de uma sala de projetos

Descrição da situação-problema

Imagine que uma sala de projetos tem o pé-direito muito elevado e, portanto, somente a iluminação geral (luminárias contendo lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas no teto) é insuficiente para a realização da tarefa, leitura e desenvolvimento de projetos sobre as pranchetas. Qual tipo de luminária você pode sugerir ao seu cliente para complementar a iluminação dessa sala, de forma a proporcionar melhores condições de iluminação para o desempenho visual necessário? Luminária de chão, sancas de iluminação, spots ou luminárias pendentes?

Resolução da situação-problema

Luminárias pendentes de iluminação instaladas sobre as pranchetas. Elas fornecerão luz direcionada à tarefa e, com o uso de

um quebra-luz, permitirão o controle de quais superfícies receberão mais luz. Podemos ver um exemplo de aplicação na Figura 1.12.

Figura 1.12 | Exemplo de luminárias pendentes em uma sala de projetos



Fonte: <<https://i.pinimg.com/originals/ff/18/21/ff1821dcd2a946bfc19715ff0ef0338e.jpg>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Faça valer a pena

1. Cada tipo de lâmpada tem uma durabilidade diferente, que seria a vida útil da lâmpada. Trata-se de uma característica que deve ser considerada pelo projetista, no projeto luminotécnico, para o planejamento em relação à manutenção do sistema de iluminação.

Como é medida essa durabilidade das lâmpadas?

- a) Em décadas.
- b) Em anos.
- c) Em dias.
- d) Em horas.
- e) Em minutos.

2. Cada tipo de lâmpada tem um princípio diferente de funcionamento, o que leva a sistemas de iluminação com maior ou menor desempenho energético. Alguns sistemas emitem, além da luz, mais energia em forma de calor do que outros. Isso implica na eficiência energética dos sistemas de iluminação.

Qual é o tipo de lâmpada que despense maior porcentagem de energia consumida em calor radiante, representando a fonte de luz artificial mais deficiente em relação à economia de energia?

- a) Lâmpada halógena.
- b) Lâmpada incandescente.
- c) Lâmpada fluorescente.
- d) LED.
- e) Lâmpada de vapor de sódio.

3. Cada tipo de lâmpada tem características que são determinantes para sua funcionalidade e durabilidade. Além disso, os tipos de lâmpadas são geralmente associados a algum elemento da natureza que melhor caracteriza o seu funcionamento, como:

- I. Vaga-lume.
- II. Luz do sol.
- III. Raio.

Leia com atenção as sentenças e assinale apenas a alternativa que contenha os tipos de lâmpada na ordem correspondente.

- a) I. Lâmpada de descarga; II. LED; III. Lâmpada incandescente.
- b) I. Lâmpada incandescente; II. Lâmpada de descarga; III. LED.
- c) I. Lâmpada incandescente; II. LED; III. Lâmpada de descarga.
- d) I. LED; II. Lâmpada de descarga; III. Lâmpada incandescente.
- e) I. LED; II. Lâmpada incandescente; III. Lâmpada de descarga.

Seção 1.3

Normas e especificações técnicas de iluminação

Diálogo aberto

Caro aluno,

Nesta seção você aprenderá mais sobre as normas técnicas de iluminação aplicadas a espaços interiores, o que elas abordam e orientam em relação ao projeto luminotécnico. Além disso, será discutida a questão da eficiência energética no projeto de interiores, considerando algumas soluções de projeto e tecnologias.

Uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) precisa de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento, o qual contempla: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. Você já adquiriu alguns conhecimentos necessários para realizar um bom projeto luminotécnico: conceitos básicos de iluminação, a influência das grandezas fotométricas, tipos de lâmpadas, equipamentos e complementos.

Agora que você já realizou os estudos preliminares para o seu projeto luminotécnico, verifique se suas intenções projetuais atendem às normas técnicas de iluminação. Consulte a Norma NBR 5413. Qual é a faixa de iluminância (lux) adequada para a classe e para o tipo de atividade dos ambientes que contemplam o espaço para o qual será desenvolvido o projeto luminotécnico? Qual é o procedimento para determinar se deve ser utilizada a iluminância inferior, média ou superior? Quais são as características da tarefa e do observador que são consideradas como fatores para determinar a iluminância adequada?

Não pode faltar

Normas técnicas de iluminação aplicadas a espaços interiores

Nesta seção serão abordadas, inicialmente, as normas técnicas de iluminação aplicadas a espaços interiores. Qual é a importância das normas? As normas estabelecem prescrições com o objetivo de se obter uma ótima ordem em um dado contexto. A normalização, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é

o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas. Após entendermos um pouco mais sobre as normas, apesar de seu uso ser voluntário a princípio, sua aplicação dá certamente maior credibilidade ao produto, neste caso, ao projeto, pois são assegurados o atendimento mínimo de condições para garantir a finalidade a que se destina.

A ABNT NBR 5382 (Iluminação de ambientes de trabalho) foi publicada inicialmente em 1977 e se encontrava sem atualização desde 1985. A ABNT NBR 5413 (iluminância de interiores) tem sua origem em 1990 e última revisão em 1992. A NBR ISO 8995-1 (iluminação de ambientes de trabalho – parte 1: interior), válida a partir de 2013, é direcionada para ambientes de trabalhos internos, e todas as novas obras e reformas devem estar adequadas à determinação. A NBR ISO 8995-1 cancela e substitui as anteriores.

A ABNT NBR 5382 visava apenas fixar o modo pelo qual se faz a verificação da iluminância de interiores. A NBR 5413 se limitava a estabelecer valores de iluminâncias médias mínimas para ambientes onde se realizam atividades de comércio, indústria, ensino, esporte etc. A mais recente, NBR ISO 8995-1, é bem mais extensa e apresenta novos critérios e requisitos qualitativos ao projeto, tais como: controle de ofuscamento, índice de reprodução da cor, iluminação de tarefas e critérios quantitativos, como o atendimento aos níveis de iluminância recomendados. Entretanto, apesar da NBR ISO 8995-1 apresentar novos requisitos qualitativos ao projeto, ela não contempla as escalas mais detalhadas de valores de iluminância para ambientes como faz a NBR 5413.

Inicialmente, a NBR ISO 8995-1 traz algumas definições e critérios do projeto de iluminação. A norma defende que uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa, sendo essencial que sejam assegurados conforto, desempenho e segurança visuais. Para que isso ocorra, os principais parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso são: distribuição da luminância, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e das superfícies, cintilação, luz natural e manutenção.

Segundo a norma, a distribuição da luminância controla o nível de adaptação dos olhos, o qual afeta a visibilidade da tarefa. Lembre-se que luminâncias muito altas podem levar ao ofuscamento. As

luminâncias são determinadas pela refletância e pela iluminância nas superfícies. As faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são:

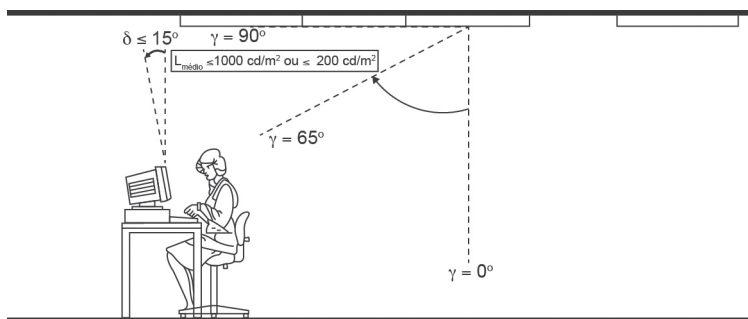
Quadro 1.5 | Refletâncias úteis para superfícies internas

Teto	0,6 – 0,9
Paredes	0,3 – 0,8
Planos de trabalho	0,2 – 0,6
Piso	0,1 – 0,5

Fonte: adaptado de NBR ISO 8995-1.

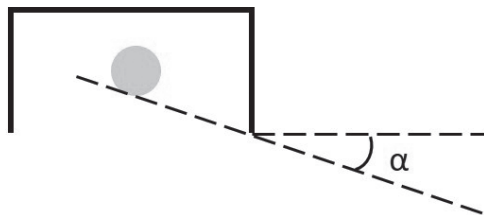
Em relação à iluminância, a escala recomendada das luminâncias varia de 20 até 5.000 lux, sendo que 20 lux é o valor mínimo exigido para diferenciar as características da face humana. O ofuscamento é causado por luminâncias excessivas ou contrastes no campo de visão, podendo prejudicar a visualização dos objetos. A NBR ISO 8995-1 recomenda que as luminárias especificadas não sejam excedidas em ângulos de elevação $\geq 65^\circ$ a partir de uma vertical descendente em qualquer plano de radiação, conforme apresentado na Figura 1.13. Para evitar isso em lâmpadas, a norma recomenda ângulos de corte mínimo para proteção de visualização direta da lâmpada, conforme apresentado na Figura 1.14.

Figura 1.13 | Zona crítica de radiação ($\gamma \geq 65^\circ$) para luminância de luminária que pode provocar brilho refletido em uma tela



Fonte: NBR ISO 8995-1.

Figura 1.14 | Ângulo de corte da luminária



Fonte: NBR ISO 8995-1.

Quanto à aparência da cor (ou cor aparente) da luz, as lâmpadas são divididas em três grupos:

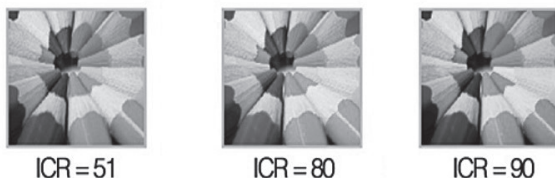
Quadro 1.6 | Divisão das lâmpadas de acordo com suas temperaturas de cor correlata (T_{cp})

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
Quente	Abaixo de 3.300 K
Intermediária	3.300 K a 5.300 K
Fria	Acima de 5.300 K

Fonte: NBR ISO 8995-1.

Quanto à reprodução de cor de uma fonte de luz, é utilizado o índice R_a , cujo valor máximo de R_a é 100. A norma NBR ISO 8995-1 não recomenda a utilização de lâmpadas com R_a inferior a 80 em interiores em que as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos.

Figura 1.15 | Diferença de reprodução de cor em um mesmo objeto.



Fonte: adaptada de <<http://www.ilumisul.com.br/wp-content/uploads/2015/11/IRC-Ilumisul.jpg>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Em relação ao consumo de energia, a instalação do sistema de iluminação não deve comprometer os aspectos visuais para reduzir o consumo de energia (esta, no entanto, não pode ser desperdiçada).

A norma NBR ISO 8995-1 apresenta em uma tabela os requisitos para o planejamento da iluminação organizados nas seguintes colunas:

1. Lista de ambientes (áreas), tarefas ou atividades.
2. Iluminância mantida (\bar{E}_m , lux).
3. Índice limite de ofuscamento unificado (UGR_L).
4. Índice de reprodução de cor mínimo (R_a).
5. Observações.

Eficiência energética no projeto de interiores

Apesar de o curso tratar apenas da iluminação artificial, é importante citar que a eficiência energética do projeto de interiores depende, inicialmente, das estratégias passivas do projeto, como as propostas de janelas adequadas para o fornecimento de iluminação natural (conforto lumínico), evitando o aquecimento dos ambientes através do uso consciente do vidro e de protetor solar (conforto térmico). Quanto mais adequado for o planejamento das aberturas da edificação, menor será a necessidade da luz elétrica durante o dia. Além de proporcionar conforto luminoso aos usuários, a iluminação natural pode ter também um valor estético.

Segundo Keeler e Burke (2010), uma iluminação eficiente resulta da seleção da luminária certa, do uso da lâmpada certa e do controle de horário em que as luzes estarão acesas. Deve-se considerar a eficiência da lâmpada, sendo que o fluxo luminoso é medido em lumens e a eficácia é a medida do fluxo luminoso pelo consumo de energia, ou seja, lumens por watt (lm/W).

As três estratégias de iluminação com eficiência energética são a melhoria da eficácia, a redução dos níveis de luz e a redução do tempo de uso, resultando em ambientes com iluminação interna de alta qualidade e baixo consumo de energia. (KEELER; BURKE, 2010, p. 139)



Exemplificando

Para uma melhoria da eficácia podem ser utilizadas lâmpadas extremamente eficazes em abajures ou luminárias que direcionam a luz para onde ela é realmente necessária, desprezando a iluminação periférica e reduzindo, dessa forma, o consumo de energia.

Figura 1.16 | Exemplo de luminária direcionando a luz



Fonte: <<http://www.istockphoto.com/br/foto/noite-interior-moderno-da-sala-de-estar-em-3d-render-gm514405940-88073975>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

A redução dos níveis de luz pode ser conseguida com o uso de *dimmers*, o que também reduz o consumo de energia. E a redução do tempo de uso é resultante de um uso consciente da luz, desligando-se a lâmpada quando ela não é necessária, ou pelo uso de sensores de presença.

Quando falamos sobre edificações sustentáveis, estamos preocupados com a utilização de práticas de projeto e construção que reduzem significativamente ou eliminam o impacto negativo dos prédios no meio ambiente e em seus usuários. As edificações de alto desempenho economizam cerca de 25 a 50% em relação ao consumo de energia de edificações convencionais, incorporando sistemas extremamente eficientes e medidas de conservação em suas vedações básicas, equipamentos de climatização e sistemas de iluminação (YUDELSON, 2013).

Algumas soluções para projetos de iluminação de alta eficiência visam o uso, com frequência, de lâmpadas T5 de alto desempenho, sensores de ocupação (que desligam as luzes e equipamentos quando os cômodos não estão ocupados etc.).



Assimile

Luminárias extremamente eficazes foram criadas para serem usadas com fontes de luz eficientes em energia, como lâmpadas fluorescentes T8 ou T5, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de descarga de alta

intensidade (HID) e, em alguns casos, diodos emissores de luz (LED). Os dimmers permitem que os usuários reduzam os níveis de iluminação e o consumo de energia associado. Os sensores de presença, de ausência, de movimento e de luz diurna desligam as luzes automaticamente em resposta às condições variáveis (KEELER; BURKE, 2010). Quando as lâmpadas fluorescentes começaram a ser utilizadas? Apesar de a lâmpada LED ser super econômica, por que ainda há certa resistência dos consumidores em seu uso?

As lâmpadas fluorescentes, em comparação com as lâmpadas incandescentes, consomem menos energia e geram menos calor. Elas chegaram ao mercado em 1938 (após o surgimento dos aparelhos de ar condicionado), tendo sua difusão acelerada pela Segunda Guerra Mundial, pois eram utilizadas nos equipamentos do setor industrial, que serviu para sustentar os esforços de guerra. As lâmpadas fluorescentes já eram comuns em edificações comerciais na década de 1950.



Reflita

Observe as edificações construídas antes de 1950. O que as diferencia das edificações mais recentes? O tamanho, o pé-direito e a área das janelas possuem diferenças? Procure identificar as diferenças entre as edificações mais antigas e as mais recentes (habitacionais ou comerciais) em relação às formas de se controlar o sol, o vento e a luz, e refletir sobre que ocorrências nesse período podem ter contribuído para essas diferenças.

Quando falamos em construções sustentáveis, é importante o conhecimento da certificação para construções sustentáveis, *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Ela foi concebida pela organização não governamental americana U.S. Green Building Council (USGBC), de acordo com os critérios de racionalização de recursos atendidos por um edifício.



Pesquise mais

Pesquise mais sobre o sistema de certificação LEED no site da GBC Brasil. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>> Acesso em: 4 jan. 2018

Nesse link você encontrará informações sobre a certificação LEED, exemplos de empreendimentos e etapas para a certificação.

Um exemplo de edifício que tem a certificação LEED é o Biodesign Institute, do Arizona State University, que utiliza um sistema de brises internos que acompanham automaticamente o percurso do sol, difundindo a luz natural ao refleti-la nos forros internos.

Figura 1.17 | Instituto de Biodesign



Fonte: <<https://i.pinimg.com/736x/1d/e8/a9/1de8a955620d9d1285225bf4c64dff96--arizona-state-university-evans.jpg>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Outro exemplo de uso de estratégias visando a eficiência energética no projeto de interiores é o Edifício do New York Times, situado em Manhattan, que possui um sistema de iluminação com *dimmers* e proteção solar de última geração projetado para diminuir o consumo de energia em 30%.

Figura 1.18 | Edifício do New York Times projetado por Renzo Piano e pela FXFOWLE Architects



Fonte: <https://www.mimoa.eu/images/8019_ljppg>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Temos também o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), que é um programa do governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, instituído em 1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. A Procel atua, dentre outros setores, em equipamentos, edificações e iluminação pública.

Tratando-se de tecnologias atuais visando a eficiência energética no projeto de interiores, podemos comentar um pouco mais sobre as lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*, ou, em português, diodo emissor de luz) e a fibra óptica.

As lâmpadas LED são consideradas as mais modernas. Por meio de pequenos chips, elas convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa. Por conta dessa tecnologia são muito mais caras do que outros tipos de lâmpadas. As lâmpadas LED têm irradiação térmica muito baixa em comparação com as lâmpadas que contêm filamentos. O funcionamento da lâmpada LED, que conta com circuitos eletrônicos, semicondutores e bulbo em alumínio, faz que ela tenha uma grande redução da emissão de calor também. O LED é um produto ecológico, com consumo de energia muito baixo e com vida muito longa.



A fibra óptica, inicialmente utilizada na transmissão de dados e telefonia, tem seu funcionamento baseado na condutibilidade da luz. Trata-se de um filamento de vidro ou de elementos poliméricos utilizados para transmitir luz, e atualmente é utilizada na iluminação arquitetônica e decorativa. (PINHEIRO; CRIVELARO, 2014).

Como pode ser observado, diversos são os esforços, normativas e tecnologias que, atualmente, visam otimizar o uso da iluminação artificial, de forma a contribuir com a eficiência energética. Cabe ao projetista em luminotécnica uma importante missão: a de iluminar trazendo beleza e funcionalidade aos ambientes, conforto aos usuários e eficiência energética com vistas à redução do impacto ambiental!

Sem medo de errar

Consultando a Norma NBR 5413, você deve procurar responder às seguintes questões: Qual é a faixa de iluminância (lux) adequada para a classe e tipo de atividade dos ambientes que contemplam o espaço para o qual será desenvolvido o projeto luminotécnico? Qual é o procedimento para determinar se deve ser utilizada a iluminância inferior, média ou superior? Quais são as características da tarefa e do observador que são consideradas como fatores para determinar a iluminância adequada?

As faixas de iluminâncias adequadas para os tipos de ambientes solicitados pelo projeto luminotécnico podem ser respondidas em forma de quadro (sugestão Quadro 1.7).

Quadro 1.7 | Resposta da situação-problema U1S3

Ambiente	Iluminância (lux) – NBR 5413
Vitrinas e balcões (centros comerciais de grandes cidades).	750 - 1000 – 1500 (geral) 3000 - 5000 – 7500 (iluminação suplementar com fecho concentrado)
Vitrinas e balcões (outros locais fora dos centros comerciais).	300 - 500 – 750 (geral) 1000 - 1500 – 2000 (iluminação suplementar com fecho concentrado)

Escritório de desenho, engenharia mecânica e arquitetura.	750 - 1000 -1500
Cozinhas.	100 - 150 – 200 (geral) 200 - 300 – 500 (local: fogão, pia, mesa)
Sala de estar.	100 - 150 – 200 (geral) 300 - 500 – 750 (local: leitura, escrita, bordado, etc.)
Banheiros.	100 - 150 – 200 (geral) 200 - 300 – 500 (local: espelhos)

Fonte: elaborado pelo autor.

O procedimento para determinar se deve ser utilizada a iluminância inferior, média ou superior é o seguinte:

- Analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1).
- Somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal.
- Usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; usar a iluminância superior quando a soma for +2 ou +3; e usar a iluminância média nos outros casos.

As características da tarefa e do observador que são consideradas como fatores para determinar a iluminância adequada são: idade, velocidade e precisão, e refletância do fundo da tarefa.

Avançando na prática

Requisitos para o planejamento da iluminação segundo a NBR ISO 8995-1

Descrição da situação-problema

Agora, você realizará uma pesquisa consultando a NBR ISO 8995-1, que fornece o quadro *Planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor*. Neste quadro você encontrará os valores de iluminância (\bar{E}_m) e o índice de reprodução de cor mínimo (R_a)

para preencher o Quadro 1.8 com os requisitos para o planejamento da iluminação para os ambientes:

Quadro 1.8 | Resolvendo nova situação-problema com a NBR ISO 8995-1

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.	$\overline{E_m}$ lux	R_a
Escritórios – Desenho técnico.		
Varejo – Área de vendas pequena.		
Áreas gerais da edificação – Vestiários, banheiros, toaletes.		
Áreas gerais da edificação – Salas de descanso.		
Restaurantes e hotéis – Cozinha.		

Fonte: elaborado pelo autor.

Resolução da situação-problema

Quadro 1.9 | Resolvendo nova situação-problema com a NBR ISO 8995-1 – respostas

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.	$\overline{E_m}$ lux	R_a
Escritórios – Desenho técnico.	750	80
Varejo – Área de vendas pequena.	300	80
Áreas gerais da edificação – Vestiários, banheiros, toaletes.	200	80
Áreas gerais da edificação – Salas de descanso.	100	80
Restaurantes e hotéis – Cozinha.	500	80

Fonte: elaborado pelo autor.

Essas informações consultadas na NBR ISO 8995-1 podem complementar a consulta realizada anteriormente na NBR 5413 e contribuir para o desenvolvimento do projeto luminotécnico proposto para este curso.

Faça valer a pena

1. A temperatura de cor fria proporciona uma luz densa e brilhante, sendo excelente para área de trabalho e manipulação de pequenos objetos. A temperatura de cor quente proporciona uma iluminação calma e aconchegante. A temperatura de cor intermediária proporciona uma iluminação naturalmente branca.

Assinale a alternativa que apresenta, na ordem correta, a aparência da cor para as seguintes temperaturas de cor correlata: 2.000 K, 6.000 K e 4.000 K.

- a) Quente, intermediária e fria.
- b) Quente, fria e intermediária.
- c) Fria, intermediária e quente.
- d) Fria, quente e intermediária.
- e) Intermediária, quente e fria.

2. Uma iluminação eficiente deve considerar o uso da lâmpada certa. A escolha da lâmpada pelo projetista deve considerar as características qualitativas e quantitativas da luz que ela produz, sendo para isso essencial o conhecimento de suas grandezas fotométricas.

Assinale a alternativa que tem a unidade que caracteriza a eficiência luminosa.

- a) lm.
- b) lux.
- c) cd/m^2 .
- d) lm/W .
- e) K.

3. Atualmente, há basicamente três tipos de lâmpadas: as incandescentes, as de descarga e as LEDs. Cada tipo de lâmpada possui diferentes características e princípios de funcionamento, desta forma, são destinadas a diferentes funções para a iluminação artificial dos ambientes.

Assinale a alternativa que tem os tipos de lâmpadas eficientes em energia geralmente utilizadas em ambientes interiores.

- a) Lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID).
- b) Lâmpadas incandescentes.
- c) Lâmpadas de sódio.
- d) Lâmpadas fluorescentes T5 ou T8, lâmpadas fluorescentes compactas e LED.
- e) Lâmpadas multivapores metálicos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANNA, Nelson Solano; MOURA, Norberto Corrêa da Silva. Iluminação natural e artificial. **PROCEL EDIFICA – Eficiência Energética em Edificações**. Rio de Janeiro, 2011.

INNES, Malcom. **Iluminação no design de interiores**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. **Apostila de Conforto Ambiental – Iluminação**. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Conforto Ambiental**: iluminação, cores, ergonomia, paisagismo e critérios para projeto. São Paulo: Érica, 2014.

PROCEL INFO. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação**: simplificando o projeto. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.

_____. **Luz, lâmpadas e iluminação**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.

YUDELSON, Jerry. **Projeto integrado e construções sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Técnicas de iluminação aplicada a interiores

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à Unidade 2: Técnicas de iluminação aplicada a interiores. Nesta unidade, será possível conhecer e analisar projetos e especificações técnicas de iluminação para ambientes de interiores. Desta forma, como resultado de aprendizagem, teremos o estudo de projetos de iluminação de interiores.

Chegou o momento de serem apresentadas as recomendações gerais para um projeto de iluminação e as exigências funcionais e estéticas de ambientes comerciais e residenciais. Em linhas gerais, a unidade inicia-se com as recomendações mais recorrentes para projetos de iluminação de alguns ambientes: bares, restaurantes, lojas, vitrines, escritórios e ambientes residenciais (Seção 2.1). Após essa conceituação, serão aprofundadas, em seções específicas, a iluminação comercial (Seção 2.2) e iluminação residencial (Seção 2.3), com realização de estudo de caso.

Um bom profissional de luminotécnica procura adquirir conhecimentos de iluminação em vários tipos de projeto, seja comercial ou residencial, e aplicá-los de acordo com as exigências funcionais e estéticas de cada projeto e as necessidades de seu cliente. A partir da análise da planta, fornecida pelo estabelecimento, você deverá desenvolver um memorial justificativo explicando as diferentes necessidades de iluminação de uma loja (expositores e vitrine), de um escritório e de uma sala de estar. Quais são as necessidades funcionais e estéticas desses ambientes? Quais são os materiais e equipamentos necessários para a iluminação dos mesmos?

Dê o seu melhor para fazer um bom trabalho!

Seção 2.1

Iluminação de ambientes de interiores

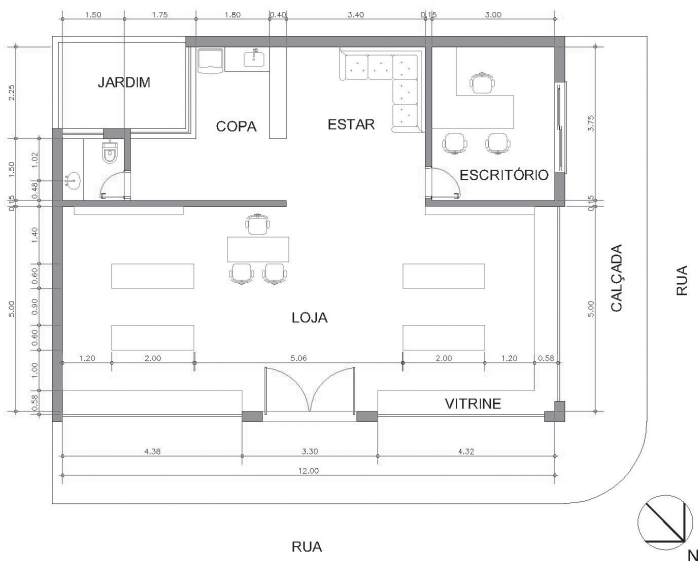
Diálogo aberto

Esta unidade abordará as questões mais qualitativas do projeto luminotécnico, mas com embasamento técnico-científico. Ter o conhecimento de como conseguir proporcionar melhores condições para aumento da produtividade e um ambiente mais agradável é o primeiro passo que o projetista precisa para tomar decisões, visando um bom projeto luminotécnico.

Qualificar um ambiente significa conseguir proporcionar a sensação de conforto e funcionalidade, além de prezar por uma estética encantadora em vários aspectos; e a iluminação é um dos principais aspectos. Uma iluminação inadequada pode desvalorizar um ambiente, assim como a adequada pode conseguir enaltecê-lo. Assim, nesta seção, são apresentadas as recomendações gerais para o projeto luminotécnico e as exigências funcionais e estéticas de bares e restaurantes, lojas e vitrines, escritórios e residencial.

Você se recorda de que a proposta de trabalho nesta disciplina é a de realizar um projeto luminotécnico? Para o início das etapas projetuais, esta seção fornece a planta do edifício (Figura 2.1) para o qual seu cliente hipotético está solicitando um projeto luminotécnico. Analise as dimensões e disposições desses ambientes, bem como seu mobiliário.

Figura 2.1 | Planta da loja-escritório para a qual deverá ser elaborado o projeto luminotécnico



PLANTA
SEM ESCALA

Fonte: elaborada pelo autor.

Tendo em mãos essa planta, imagine uma conversa com o seu cliente. Faça uma entrevista em relação ao tipo de iluminação que ele tem preferência, gerando parte do memorial justificativo do projeto (análise das necessidades). Argumente conforme o conteúdo aprendido sobre iluminação de ambientes interiores da unidade. Quais são as decisões norteadoras para o seu projeto luminotécnico?

Não pode faltar

Iluminação: recomendações gerais e exigências funcionais e estéticas

De uma forma geral, as propriedades da luz que mais causam efeitos sobre a percepção humana são: a temperatura de cor (medida em Kelvin), a intensidade do fluxo luminoso, ou iluminância (medida em lux), e o índice de reprodução da cor (nota de 1 a 100).



Uma das grandezas fotométricas que mais influencia na percepção do usuário, ou seja, no lado emocional do ser humano, é a temperatura de cor. A iluminação com alto valor de temperatura de cor excita e é mais adequada para ambientes destinados a atividades que requerem bom desempenho visual. A luz de temperatura de cor baixa se destina, principalmente, a ambientes que devem transmitir ao usuário a sensação de conforto e aconchego.

A temperatura de cor da luz (Figura 2.2) tem grande influência no desempenho e sensações do usuário no ambiente. A luz fria (branca-azulada > 5.000K) é recomendada para ambientes de trabalho, na qual a produtividade é importante (manipulação de pequenos objetos, artesanato, montagens, culinária etc.). A luz quente (branca-avermelhada, < 3.000K) é recomendada para ambientes de aconchego e relaxamento (ideal para dormitórios, corredores, salas de estar, vitrines, salas de espera, varandas, terraços e abajures). Já a luz de cor neutra (branca, 3.300K – 5.000K) propicia uma iluminação naturalmente branca, podendo ser segunda opção para os ambientes anteriormente citados.

Figura 2.2 | Temperatura de cor



Fonte: elaborada pelo autor.



Um exemplo bem simples disso é a diferença entre a iluminação em restaurantes “da moda” e lanchonetes em praças de alimentação, que desejam oferecer um ambiente mais intimista, utilizando uma luz morna, aconchegante, ou seja, uma temperatura de cor mais baixa. Nas lanchonetes e restaurantes do tipo *fast-food*, em praças de alimentação, onde são servidos lanches rápidos, o tempo de permanência do cliente é bem mais reduzido, sendo utilizada a luz branca, de temperatura de cor mais alta.

Figura 2.3 | Exemplo de iluminação em restaurante de ambiente mais intimista



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/interessante-iluminação-cria-um-ambiente-especial-no-café-gm533699202-94539435>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

Figura 2.4 | Exemplo de iluminação em restaurantes *fast-foods* em praça de alimentação



Fonte: <<http://www.shoppingbonsucesso.com.br/f01/img/alimentacao/imagem-principal-alimentacao.jpg>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Segundo Pereira e Souza (2005), para uma iluminação de boa qualidade, a aparência de cor das fontes de luz deve estar de acordo com o nível de iluminação (iluminância). Desta forma, a Quadro 2.1

mostra os diferentes efeitos da iluminância sobre a aparência de cor para ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes.

Quadro 2.1 | Variação da aparência de cor em função do nível de iluminação

Iluminância (lux)	Aparência de cor da luz		
	Quente	Intermediária	Fria
< 500	agradável	neutra	fria
500 – 1.000	↕	↕	↕
1.000 – 2.000	estimulante	agradável	neutra
2.000 – 3.000	↕	↕	↕
> 3.000	inatural	estimulante	agradável

Fonte: adaptado de Pereira e Souza (2005).

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) serve para medir o quanto a luz artificial consegue imitar a luz natural (SILVA, 2004). Quanto mais próximo de 100 for o IRC de uma fonte de luz artificial, mais fielmente ela reproduzirá a cor. O Quadro 2.2 demonstra uma classificação do IRC em níveis, e determinadas tarefas e ambientes aos quais são recomendados.

Quadro 2.2 | Índice de reprodução de cores (IRC)

Nível	Qualificação	IRC	Ambientes
1	Excelente	1a – 90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências e lojas.
	Muito bom	1b – 80 a 89	
2	Bom	2a – 70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas e ginásios esportivos.
	Razoável	2b – 60 a 69	
3	Regular	40 a 59	Depósitos, postos de gasolina e pátio de montagem industrial.
4	Insuficiente	20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras e estacionamentos.

Fonte: adaptado de Silva (2004).

Iluminação de bares e restaurantes

Em restaurantes, devemos utilizar uma temperatura de cor mais baixa, luz morna, aconchegante, que pode ser conseguida com fluorescentes compactas de 2700 K, complementando com halógenas de vários tipos (SILVA, 2009). Pendentes com uma luz suave sobre

as mesas são uma boa opção, tendo apenas o cuidado de se evitar que ilumine diretamente o rosto das pessoas, o que causa indesejável ofuscamento, e de se posicionar as mesas adequadamente nos seus devidos lugares planejados após a limpeza. Em bares, a lógica é a mesma: luz morna e aconchegante.

Iluminação de lojas e vitrines

Quando se fala em lojas de moda geral e boutiques, existe também uma diferença de tratamento da luz. Nas lojas de moda geral há grande circulação de pessoas e a venda é realizada de forma massificada. Desta forma, a recomendação é utilizar uma iluminação geral e forte.

Já em lojas especializadas, que são frequentadas por pessoas de alto poder aquisitivo, o conceito é diferente, pois a intenção é fazer que o cliente permaneça na loja por mais tempo, para que a venda possa de fato ocorrer. Desta forma, deve ser utilizada a "luz emocional, luz pontual, indireta, com temperatura de cor adequada ao ambiente, que provoque contrastes, como jogo de luz e sombra, criando uma atmosfera, digamos, teatral e emocionante que induza o cliente à compra." (SILVA, 2009, p. 104)

A apresentação da vitrine deve ser cuidadosamente planejada, já que é o que definirá se o cliente escolherá uma loja ou outra vizinha. Tradicionalmente, utiliza-se uma iluminação geral, chapada, com alguma luz pontual e mais quente para trazer profundidade e contraste. "Iluminação geral da vitrine com fluorescente ou mesmo metálica tipo TS em refletores retangulares dando um banho de luz e alguma refletora Par ou AR 111 fazendo o destaque dos produtos e dos manequins." (SILVA, 2009, p. 106)

Iluminação de escritórios

Em escritórios, a ênfase deve ser dada à iluminação das mesas, ficando em segundo plano a iluminação das áreas de circulação. A predominância é o uso de lâmpadas fluorescentes, tanto tubulares como as compactas. É recomendável o uso de luminárias com aletas parabólicas (Figura 2.5), que servem para reduzir o ofuscamento no ambiente de trabalho.

Figura 2.5 | Luminária com aletas parabólicas – uso em escritórios



a)



b)

Fonte: (a) <<https://www.mourailuminacao.com.br/wp-content/uploads/2017/05/images-1.jpg>>; (b) <[http://www.assets.lighting.philips.com/is/image/PhilipsLighting/2bf4b4fc699548e89c20a4a50053a2e2?clipPathE=legacy_path&\\$pnglarge\\$](http://www.assets.lighting.philips.com/is/image/PhilipsLighting/2bf4b4fc699548e89c20a4a50053a2e2?clipPathE=legacy_path&$pnglarge$)>. Acesso em: 17 out. 2017.



Pesquise mais

O ofuscamento é visto como um dos maiores complicadores da iluminação. Ele pode tanto causar acidentes de carro em estradas, quando um automóvel se cruza com outro que está usando luz alta e descontrolada, quanto causar a sensação de “cegueira” em qualquer pessoa que ouse olhar para cima quando há uso de uma lâmpada inadequada diretamente sobre sua cabeça. No caso de um ambiente de trabalho, a luz sem controle pode se projetar sobre a tela do computador e impedir a visualização correta, além de causar cansaço visual.

Para se controlar o ofuscamento, existem algumas opções:

- **Aletas parabólicas:** desviam a luz, geralmente em 45° , reduzindo o ofuscamento principalmente nas telas de computadores e TVs.
- **Vidros foscos:** por jateamento ou qualquer outro processo para diminuir a translucidez do vidro.
- **Iluminação indireta:** é a forma de iluminar indiretamente um ambiente, por exemplo, por meio de *wall washer* (banho de luz) e sancas.



Pesquise mais

Atualmente é possível automatizar a iluminação em escritórios, de forma que as lâmpadas mudem a intensidade e a temperatura de cor,

simulando as mudanças que ocorrem no aspecto da luz durante o dia (amanhecer, entardecer e anoitecer). Essa tecnologia é chamada de **Sistemas de Controle Digital** (ver o próximo item "Assimile"). Desta forma, além de colaborar com o ritmo circadiano (relógio interno) dos funcionários, isso faz que a produtividade deles aumente. Pesquise mais lendo as matérias sobre esse assunto nos seguintes links:

PHILIPS. **Sistemas de iluminação para escritório e indústria**. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/sistemas/ofertas-combinadas/escritorio-e-industria>>. Acesso em: 17 out. 2017.

BOSBOOM, David H. A iluminação centrada no humano: os efeitos da intensidade e temperatura de cor no novo ciclo circadiano do homem. **Lume Arquitetura**, n. 69, p. 44-48, São Paulo, ago./set. 2014. Disponível em: <<http://www.lights.com/pdf/hcl.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Iluminação residencial

Iluminar uma residência é um grande desafio, pois há vários ambientes, cada qual com as suas exigências próprias.

A cozinha, por se tratar de um lugar destinado à realização de tarefas, requer luz abundante, de cor fria (aprox. 4.000 K), na faixa de 300 lux ou mais (luz de trabalho). Podem ser utilizadas lâmpadas fluorescentes ou LEDs tubulares T-8 ou T-5, ou compactas para a iluminação geral. Luminárias pendentes ou específicas podem ser utilizadas em locais específicos, como copa, balcão e fogão. Caso haja necessidade de luz de destaque, as dicroicas (que possuem vidro na frente de um pequeno refletor) podem ser utilizadas.

Já na sala de jantar, a luz deve ser baixa e aconchegante (aprox. 3.000 K). Pode ser utilizada uma "iluminação geral" mais fraca, com alguns pontos de destaque, sancas ou *wall washer*, e uma luminária pendente sobre a mesa de refeições. Caso o cliente prefira, pode ser trabalhada, também, uma luz mais clara e chapada, que, no entanto, ficará menos sofisticada. A recomendação geral é utilizar lâmpadas fluorescentes de cores mais mornas, com bom IRC e cor de luz na faixa de 2.700 a 3.000 K.

Nos dormitórios, as possibilidades de uso de diferentes tipos de lâmpadas são maiores e é interessante dimerizar o sistema. Recomenda-se uma iluminação geral e abajures para leitura (luminária de cabeceira

com ângulo fechado para não incomodar o parceiro ao lado). Veja um exemplo de uso de luz geral indireta na Figura 2.6.

Figura 2.6 | Exemplo de iluminação em dormitório com luz geral indireta por meio de sancas de gesso e abajures para leitura



Fonte: <<https://casaefesta.com/wp-content/uploads/2016/09/sancas-de-gesso-confira-modelos-e-como-usar-19.jpg>>. Acesso em: 17 out. 2017.



Assimile

Segundo Innes (2014), os *dimmers* tradicionais servem para controlar os níveis de iluminação gerados por uma lâmpada e se baseiam em dispositivos independentes para alterar a voltagem enviada à luminária. O uso de *dimmers* eletrônicos elimina a necessidade de ter um para cada luminária, sendo que eles podem ser controlados digitalmente, permitindo que muitos canais de controle passem por apenas um cabo. Os sistemas de controle digital para iluminação atualmente conhecidos são os sistemas DALI, DMX e DSI. Cada um apresenta suas próprias limitações e acaba se tornando específico para cada tipo de necessidade. O protocolo DALI, por ser relativamente vagaroso, acaba sendo mais adequado para locais onde as mudanças de iluminação são bastante limitadas e repetitivas, como escritórios e espaços destinados ao público em geral. Para situações que exigem o controle muito rápido e dinâmico, como em locais de entretenimento ou espetáculos, o protocolo DMX é preferível.

Nos banheiros, utiliza-se, geralmente, uma iluminação geral (forte e centralizada) e uma luz específica para o espelho, com o cuidado de evitar reflexos e ofuscamento. Uma boa opção é iluminar o espelho lateralmente para evitar sombras no rosto, o que pode prejudicar a tarefa de se barbear ou se maquiar. O importante é utilizar uma luz com bom índice de reprodução de cores e fria, de preferência lâmpada fluorescente ou LED, pois uma halógena ou incandescente gera calor, o que atrapalharia o ato de se maquiar.

Na sala de estar, a intenção é oferecer um ambiente confortável. Desta forma, pode ser dispensada a iluminação geral e ser trabalhada a luz indireta. São utilizados nesse ambiente: pedestais, abajures, sancas e *wall washer*.



Dica

A fim de reforçar o seu estudo para início do projeto luminotécnico proposto nesta disciplina, releia a tabela de sugestão de resposta à situação-problema (Tabela 1.4 da Unidade 1 – Seção 2), que contém o tipo de iluminação, as características da iluminação e os tipos de lâmpadas e luminárias recomendadas para alguns ambientes que fazem parte da edificação a qual você terá de desenvolver um projeto luminotécnico.

Sem medo de errar

Você já possui a planta dos ambientes que deverá realizar o projeto luminotécnico. Em uma conversa com o seu cliente, faça uma entrevista em relação ao tipo de iluminação que ele tem preferência, gerando parte do memorial justificativo do projeto (análise das necessidades). Argumente conforme o conteúdo aprendido sobre iluminação de ambientes interiores da unidade. Quais são as decisões norteadoras para o seu projeto luminotécnico?

Cada aluno deve simular uma entrevista com um determinado perfil de cliente (questionando: as preferências de níveis de iluminância para cada ambiente, se possui objetos decorativos de importância, algum *hobbie* ou estilo que oriente os tipos de luminárias a serem escolhidos, por exemplo). Isso pode gerar diferentes soluções de projeto e decisões norteadoras. Entretanto, existem algumas recomendações gerais que

devem ser consideradas para cada ambiente. Retome o conteúdo visto até o momento antes de elaborar esse memorial justificativo, principalmente nos conceitos aprofundados nesta seção. Comece elaborando uma lista dos seguintes critérios a serem considerados para as lâmpadas e luminárias para cada ambiente: a temperatura de cor (medida em Kelvin), a intensidade do fluxo luminoso, ou iluminância (medida em lux), e o índice de reprodução da cor (nota de 1 a 100). Para o momento, como o cálculo luminotécnico ainda não foi abordado no curso, essas escolhas precisarão ser repensadas futuramente. Entretanto, este exercício objetiva instigar a criatividade com alguma fundamentação teórica e permite já um amadurecimento de ideias para o projeto luminotécnico. Uma dica é pesquisar referências de projetos luminotécnicos a fim de obter um bom estudo de projetos de iluminação de interiores. Certamente isso o ajudará!

Avançando na prática

Desenvolvendo um projeto luminotécnico para a própria residência

Descrição da situação-problema

Imagine que sua residência passou por uma reforma, inclusive no sistema de iluminação, e não possui, no momento, qualquer lâmpada ou luminária. Você deverá desenvolver um projeto luminotécnico para todos os ambientes que a contemplam. Quais decisões norteadoras você tomaria de acordo com a personalidade e necessidades das pessoas que a habitam? Qual temperatura de cor adotaria para cada ambiente? E a iluminância mais adequada para as lâmpadas em cada ambiente? E a faixa de índice de reprodução necessária para cada ambiente?

Faça um esboço da planta de sua residência, seja ela casa ou apartamento, representando o mobiliário principal. A partir disso, fica mais fácil começar a organizar as ideias!

Resolução da situação-problema

Este exercício tem uma resolução diferente para cada aluno, pois o objeto de análise é individual. A resolução pode ser obtida por meio

de croquis de cada ambiente com a escolha das lâmpadas e luminárias e, ao lado, uma tabela contendo os critérios de iluminação que foram planejados para cada ambiente, como: a temperatura de cor (medida em Kelvin), a intensidade do fluxo luminoso, ou iluminância (medida em lux), e o índice de reprodução da cor (nota de 1 a 100).

Faça valer a pena

1. “Como resultado direto da lâmpada de Edison, entretanto, mudamos para sempre o modo como vivemos e trabalhamos. Originalmente, gastávamos 90% do nosso tempo ao ar livre sob a luz natural. Mas, por mais de um século, temos gastado 90% de nossas vidas em ambientes fechados, sob a luz elétrica. E, durante o trabalho, a luz que usamos é definida por uma única intensidade e cor que nunca varia durante o decorrer do dia. Isto é inconsistente com nosso ritmo circadiano natural. Sem exposição regular e direta para estas mudanças naturais e dinâmicas de iluminação, o ritmo circadiano pode ser interrompido, o que pode conduzir a problemas de saúde. Sobre tudo, luz e escuridão controlam a produção de hormônios. Durante horas, seguindo o ritmo circadiano natural, a dopamina é produzida para dar prazer, alertar e para dar coordenação aos músculos; a serotonina para controlar o impulso e o desejo por carboidratos; e o cortisol para responder ao estresse. À noite, a melatonina é despejada no nosso corpo, o que nos permite dormir e acordar bem-dispostos” (BOSBOOM, 2014, p. 45).

A tecnologia na área de iluminação está tendo um avanço que pode contribuir para o ritmo circadiano. O nome desta tecnologia é:

- a) Dimmer.
- b) LED.
- c) Aletas parabólicas.
- d) Sistemas de controle digital.
- e) Wall washer.

2. Em um banheiro, é preciso ter um cuidado especial ao iluminar o espelho, para evitar reflexos e ofuscamentos, já que tem uma superfície muito reflexiva. Além disso, é necessário ter cuidado, também, ao especificar o tipo de lâmpada.

Qual desses tipos de lâmpadas se torna mais adequado para iluminar o espelho de um banheiro?

- a) Incandescente.
- b) Halógena.
- c) Fluorescente.
- d) Vapor de sódio.
- e) Multivapores.

3. O Índice de Reprodução de Cor (IRC) é uma das grandes fotométricas que tem um papel importante na escolha da lâmpada para cada tipo de ambiente. Essa escolha deve considerar sempre e, inicialmente, o grau de exigência da fidelidade das cores para atividade que é desenvolvida no ambiente. Caso essa exigência seja alta, o ideal é que se tenha um ótimo IRC.

Qual é a faixa de IRC recomendada para testes de cor, floricultura, escritórios, residências e lojas?

- a) 40 a 59.
- b) 60 a 69.
- c) 70 a 79.
- d) 80 a 89.
- e) 80 a 100.

Seção 2.2

Iluminação comercial

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você aprenderá um pouco mais sobre iluminação em alguns ambientes comerciais (bares, restaurantes, lojas, vitrines e escritórios), com estudos de caso. Esses ambientes requerem diferentes tipos de iluminação, pois dependem dela para diferentes formas de uso. Ora será necessário que você pense em uma iluminação geral e uniforme, ora que dê destaque a alguns objetos ou decoração.

Lembre-se de que você deverá resolver ao longo da disciplina o contexto de aprendizagem, que solicita que você desenvolva um projeto luminotécnico para um estabelecimento comercial. Esse estabelecimento contempla ambientes de diferentes necessidades luminotécnicas (loja, vitrine, escritório, sala de estar, copa e banheiro) e sua planta se apresenta no início da Seção 1 da Unidade 2.

A sala de escritório é um ambiente em que a velocidade e precisão de tarefa é importante. Desta forma, trata-se de um ambiente cujo uso da iluminação para a tarefa deve ser priorizado em relação às demais funções, ou seja, uma boa iluminação geral. A loja tem alguns setores (expositores e vitrines) que necessitam, também, de uma iluminação especial para destacar os materiais para os clientes. Quais são as necessidades próprias desse ambiente comercial? Que tipo de iluminação é pretendida neste caso? Quais tipos de lâmpada podem ser empregados para dar destaque aos objetos decorativos? Quais objetivos atingidos e verificados nos estudos de caso devem ser considerados no seu projeto luminotécnico?

Vamos entender como a iluminação tem o poder de influenciar o consumo em ambientes comerciais?

Iluminação em bares e restaurantes

Quando se fala em iluminação de restaurantes, há uma diferença entre os restaurantes de estilo *fast-food* e os restaurantes mais requintados. Nos restaurantes *fast-food* (exemplo: lanchonetes em praças de alimentação), recomenda-se uma boa iluminação, com temperatura de cor mais alta (luz branca), para que o cliente fique pouco tempo e ceda seu lugar mais rapidamente aos outros. Nos restaurantes mais requintados (da moda), a temperatura de cor é mais baixa, ou seja, utiliza-se mais a luz morna e aconchegante. Podem ser utilizadas lâmpadas fluorescentes compactas de 2.700 K, complementando-se com halógenas.

Temos como um estudo de caso o O'Learys (Trollhättan, Suécia – Figura 2.7), no qual o cliente solicitou uma iluminação eficiente, em termos de energia, atrativa e que pudesse reduzir o calor gerado pelas fontes de luz. Para reduzir o calor gerado, foram substituídas as lâmpadas halógenas quentes pelas LEDs, e foi adicionada uma iluminação descendente ao teto, projetando ponto de luz no piso para orientar os clientes dentro do restaurante.

Figura 2.7 | Restaurante O'Learys – projeto luminotécnico



Fonte: <http://www.lighting.philips.com.br/b-dam/b2b-li/en_AA/Experience/cases/olearys/Olearys-resataurant-corer-S.jpg>. Acesso em: 23 out. 2017.



Pesquise mais sobre iluminação em bares e restaurantes, consultando os sistemas e equipamentos que a Philips recomenda para estes ambientes.

PHILIPS. **Iluminação de bares e restaurantes**. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/sistemas/areas-desistema/retalho-e-hotelaria/hotelaria/bares-e-restaurantes>>. Acesso em: 23 out. 2017.

Em restaurantes, de forma geral, é recomendado pela NBR 5413 um nível de iluminância de 150 lux.

Iluminação em lojas e vitrines

Inicialmente, a iluminação em lojas deve atender às seguintes necessidades: o conforto dos clientes, a fidelidade das cores, além da ênfase às cores, valorizando os produtos. Dessa forma, existem algumas tendências em projetos de iluminação de lojas e vitrines: partir da arquitetura de interiores (como planejar a posição dos spots de acordo com a posição dos expositores) e do enfoque de *marketing*, fornecendo uma luz flexível e dinâmica. Quanto mais agradável for a loja, mais tempo os clientes permanecerão dentro dela e, conseqüentemente, mais consumirão.

Antes de qualquer tomada de decisão, é preciso avaliar o público-alvo e o tipo de mercadoria, para, então, definir o melhor estilo de iluminação para a loja. Como a luz tem o poder de influenciar na percepção das pessoas, a iluminação comercial deve ser planejada de acordo com a segmentação da marca, ou seja, com base no preço e portfólio dos produtos. Desta forma, o projeto luminotécnico de uma loja com produtos de preço alto e uma imagem "exclusiva" se diferencia muito de uma loja de produtos mais baratos, de moda geral.



Você já havia percebido que uma loja com iluminação mais amarelada (luz morna ou quente) transmite a imagem de que seus produtos são mais exclusivos e, portanto, de custo maior? Também aguçam aquela curiosidade de olhar a etiqueta dos produtos expostos da vitrine antes de entrar no ambiente?

Já as lojas com a iluminação mais abundante e branca (luz fria) passam, geralmente, a impressão de produtos vendidos em maior quantidade por menor preço, não é mesmo?

O desafio de um bom projeto luminotécnico para uma loja é proporcionar uma iluminação que seja sentida, e não percebida, e que seja funcional e cenográfica ao mesmo tempo. O projeto luminotécnico em lojas se torna uma tarefa complexa, por necessitar de cuidados especiais em cada parte que a constitui.

A vitrine é o primeiro contato que o cliente tem com a loja. Nela, a iluminação deve destacar os principais produtos e ser trabalhada de forma difusa nos demais espaços, combinando luzes brancas e amarelas, conforme apresentando na Figura 2.8. As lâmpadas de LED são aconselháveis neste caso, já que têm baixo consumo de energia e não esquentam (o calor danifica as mercadorias).

Figura 2.8 | Combinação de luzes brancas e amarelas na iluminação difusa e de destaque em vitrines e lojas



Fonte: <<http://www.cdcanoas.com.br/media/content/images/untitled%20folder%201/Loja%20BAIXA%207.jpg>>. Acesso em: 22 out. 2017.



Assimile

As lojas de rede populares de moda privilegiam a iluminação geral e forte, uma iluminação mais chapada, homogênea e abundante. Assim, são geralmente utilizadas lâmpadas fluorescentes tipo T-8 e T-5, com temperatura de cor de 4.000 K. Para área de vendas, recomenda-se o uso de um nível de iluminância de 500 lux. Já para a área de vitrines podem ser utilizados 1000 lux.



Nas fachadas das lojas, a maior preocupação é a iluminação que destaca o logotipo da empresa, conforme apresentado na Figura 2.9.

Figura 2.9 | Exemplo de iluminação em fachadas de lojas



Fonte: <http://letracaixa.art.br/wp-content/uploads/2016/07/536393_263086160453811_409577224_n-1.jpg>. Acesso em: 29 nov. 2017.

No interior da loja é preciso haver um equilíbrio na iluminação, de forma que não haja exageros, espantando os clientes, ou deficiência na iluminação, empobrecendo o ambiente. Uma dica é utilizar lâmpadas com tonalidades frias e quentes: frias, para as áreas maiores, e quentes, para destacar produtos específicos por meio de fechos pontuais (exemplo: lâmpadas com temperatura de cor de 3.000 K e fechos de 8º e 10º). A iluminação, a depender do efeito que se deseja alcançar, pode ser geral, direta ou indireta, conforme apresentado na Figura 2.10.

Figura 2.10 | Diferentes efeitos de iluminação em lojas: luz geral, direta e indireta



Fonte: <<http://www.total.com.br/wp-content/uploads/2017/04/geral-direta-indireta-1024x334.jpg>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Algumas recomendações gerais sobre iluminação em lojas devem ser consideradas:

- Trabalhe a iluminação de mercadorias. Trata-se de uma luz que destaca os produtos expostos. É preciso ter atenção especial à decoração e manutenção quando ocorrer troca de leiaute.
- A temperatura de cor utilizada pode ser o branco morno ou o branco neutro.
- O índice de reprodução de cores deve ser alto, já que os produtos precisam ser apresentados aos clientes com as cores bem definidas e fiéis, evitando que os mesmos levem para casa um produto cuja cor não é a que ele observou e gostou dentro da loja.
- Procure proporcionar uma iluminação de contrastes: quando a iluminação geral for baixa, a iluminação de destaque pode ser mais sutil e conseguirá criar contraste; quando a iluminação geral for alta, exigirá alta luminosidade das fontes de luz de destaque.
- Lembre-se de outras tantas funções da luz que podem ser exploradas no ambiente comercial, como a iluminação decorativa e a iluminação de tarefa (área de caixa e atendimento).
- Tenha cuidado com o tipo de lâmpada que você irá especificar, para que ela não deteriore o produto na vitrine, causando, por exemplo, o desbotamento de tecidos.

Iluminação em escritórios

No caso de iluminação em escritórios, a prioridade é dada na iluminação das mesas de trabalho, ficando em segundo plano a circulação. A temperatura de cor ideal para esses ambientes é de 4.000 K. Entretanto, no caso específico de regime de trabalho intenso, pode ser utilizado até 8.000 K. O nível de iluminância recomendado para escritórios pela Norma NBR 5413 é de 500 lux.

Na Figura 2.11 temos um exemplo de iluminação em escritórios, o Citi, em Canary Wharf, Reino Unido. Esse edifício conta com um sistema de controle de iluminação que permite ajustar os níveis de iluminação das zonas de acordo com a preferência do usuário. O desafio do cliente (Citi) era aumentar a eficiência energética em 20% em 10 anos (de 2005 até 2015).

Figura 2.11 | Projeto de iluminação pela Philips no escritório da Citi (Reino Unido)



Fonte: <http://www.lighting.philips.com.br/b-dam/b2b-li/en_AA/Experience/cases/citi/Citi-open-office-area-lighting-1.jpg>. Acesso em: 23 out. 2017.

Os escritórios típicos são planejados para ter leiaute flexível, resultando em sistemas de iluminação que visam altos níveis de uniformidade. A instalação não deve apresentar, portanto, grandes contrastes ou variações de direção e cor (INNES, 2014).

Figura 2.12 | Iluminação em escritórios visando uniformidade



Fonte: <<http://www.iluminacaointeligente.com.br/wp-content/uploads/2014/11/vsm-corporativos-032.jpg>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

Você pôde perceber, nesta seção, que os diferentes tipos de iluminação agregam riqueza visual aos ambientes comerciais, em especial em bares, restaurantes e lojas. Para conseguir esse efeito, é preciso colocar em prática as mudanças de temperaturas das cores e da intensidade, direção e foco da luz incidente em diversas partes que compõem um ambiente, livrando-o de ser monótono à experiência visual dos usuários.

Sem medo de errar

Relembrando a situação-problema desta seção, temos a abordagem de dois ambientes comerciais que exigem diferentes tipos de iluminação: uma sala de escritório, que é um ambiente em que a velocidade e precisão de tarefa é importante; e uma loja que tem expositores e vitrines, os quais necessitam também de uma iluminação especial para destacar os materiais para os clientes.

Quais são as necessidades próprias desse ambiente comercial da loja? Que tipo de iluminação é pretendida neste caso? Quais tipos de lâmpadas podem ser empregados para dar destaque aos objetos decorativos? Quais objetivos atingidos e verificados nos estudos de caso devem também ser considerados no seu projeto luminotécnico?

No caso do escritório, exige-se uma iluminação homogênea, uniforme, sem grandes contrastes ou variações de cor ou direção (observe novamente a Figura 2.12), já que a necessidade é iluminar mesas de trabalho, as quais podem, ao longo do tempo, sofrer mudanças de leiaute. Já em lojas, é interessante criar contrastes por meio do uso de uma luz geral mais baixa do que as de destaque para as mercadorias (veja a Figura 2.8). Isso fará que o ambiente crie diferentes “cenários” para atrair os clientes enquanto eles caminham no interior da loja, com a possibilidade de ter diferentes experiências visuais.

Para dar destaque aos objetos decorativos, podem ser empregadas lâmpadas do tipo halógenas com refletores (tipo dicróicas). Entretanto, caso haja a preocupação com a geração de calor e conservação dos produtos, utiliza-se lâmpadas LED de diferentes cores.

Esta seção abordou os diferentes projetos luminotécnicos em ambientes interiores comerciais, e parte das recomendações devem ser consideradas no seu projeto luminotécnico. Faça sua lista de anotações com base nas recomendações observadas.

Estudo de caso de iluminação em bares e restaurantes

Descrição da situação-problema

Imagine que você tenha sido convidado para desenvolver um projeto luminotécnico de um restaurante. Você precisa, então, iniciar seu trabalho com estudos de caso para criar um repertório para o seu projeto luminotécnico. Escolha um restaurante que lhe agrade, de preferência mais sofisticado, que sirva refeições a la carte, e faça anotações sobre sua percepção quanto à iluminação do local. Qual é a temperatura de cor aproximada? Qual é o tipo de iluminação utilizada? E o nível de iluminância, parece ser baixo ou alto? Como essas observações influenciam na sua percepção do ambiente?

Resolução da situação-problema

Considerando os projetos luminotécnicos destinados a restaurantes de ambiente mais sofisticados, geralmente, a temperatura de cor utilizada fica próxima aos 2.700K, com iluminação geral baixa ou inexistente, aconchegante e uso de luminárias pendentes sobre a mesa com luz morna. O nível de iluminância é baixo, perto dos 150 lux. A percepção do ambiente, por meio dessas características descritas sobre a iluminação, acaba sendo de maior conforto e relaxamento.

Faça valer a pena

1. A temperatura de cor é uma das propriedades da luz que mais influencia na percepção do usuário em um ambiente interior. Sua variação, exemplificada pela figura a seguir, pode causar diferentes efeitos no usuário, implicando vários comportamentos, os quais são previamente planejados no desenvolvimento do projeto luminotécnico, a partir da especificação do tipo de sistema de iluminação adotado.

Figura 2.13 | Imagem que exemplifica a variação da temperatura de cor em um ambiente



Fonte: <<http://www.iluminacaointeligente.com.br/wp-content/uploads/2014/11/vsm-corporativos-032.jpg>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Que tipo de efeito ou comportamento é previsto na aplicação de um sistema de iluminação que proporciona baixa temperatura de cor (entre 2.000 K e 3.000 K), ou seja, uma luz morna, em um restaurante ou em uma loja?

- a) Excitação.
- b) Maior velocidade no consumo.
- c) Maior tempo de permanência.
- d) Menor tempo de permanência.
- e) Tédio.

2. Em escritórios típicos, há que se imaginar que várias transformações de leiaute podem ocorrer ao longo do tempo, a fim de se acompanhar as mudanças de gestão e uso desse tipo de ambiente. Essa é a principal característica desse ambiente comercial, que prioriza o plano de trabalho.

Assinale a alternativa que corresponde à principal característica que deve ter o projeto luminotécnico de um escritório:

- a) Iluminação de destaque sobre as mesas.
- b) Iluminação geral homogênea e uniforme por todo o ambiente.
- c) Iluminação combinando luz de destaque e luz geral.
- d) Iluminação arquitetural e decorativa são prioritárias.
- e) Iluminação com baixa temperatura de cor.

3. Existem diferentes tipos de ambientes comerciais. Cada tipo de ambiente tem necessidades específicas e, portanto, diferentes recomendações em relação à temperatura de cor, tipo de iluminação e nível de iluminância.

Assinale a alternativa que apresenta os níveis de iluminância recomendados pela NBR 5413 para vitrines, restaurantes (geral) e escritórios, respectivamente: a) 1.000 lux; 150 lux; 500 lux.

b) 150 lux; 1.000 lux; 500 lux.

c) 1.000 lux; 500 lux; 150 lux.

d) 500 lux; 150 lux; 1.000 lux.

e) 500 lux; 1.000 lux; 150 lux.

Seção 2.3

Iluminação residencial

Diálogo aberto

Nesta seção iremos nos aprofundar em alguns estudos de caso de iluminação residencial. Saber iluminar adequadamente os ambientes residenciais significa prestar mais atenção nos tipos de atividades que são desempenhadas em cada um deles e nas formas de se utilizar a iluminação para tornar os espaços mais agradáveis. Além disso, é preciso ter a sensibilidade de criar ambientações de acordo com a personalidade das pessoas que os utilizarão. Com base nesse conhecimento que será desenvolvido nesta seção, prosseguiremos com o exercício proposto de projeto luminotécnico para a disciplina.

Você se lembra da planta apresentada no início desta unidade? Ela representa um estabelecimento comercial que tem uma sala de estar como um de seus ambientes. Uma sala de estar, mesmo fazendo parte de um estabelecimento comercial, tem a função de proporcionar conforto aos seus usuários, assim como em um ambiente residencial. Qual nível de iluminação é suficiente para este ambiente? Quais são os tipos de lâmpadas e luminárias que podem ser empregados nesse caso?

Faça uma pesquisa fundamentando-se nos estudos de caso apresentados.

Não pode faltar

Quais são as principais características que um projeto de iluminação de interiores residenciais deve ter? Devemos tentar responder a essa questão nos preocupando, inicialmente, em como garantir a qualidade no uso e na convivência das pessoas nesses ambientes. Esta seção traz alguns exemplos de iluminação em ambientes residenciais para a compreensão dessas características. Entretanto, é importante ter

em mente que a perspectiva de projetos de iluminação não se esgota somente nesses exemplos, pois as possibilidades de iluminação de ambientes residenciais são inúmeras.

No nosso dia a dia, e dentro dos nossos lares, a iluminação está presente para que possamos desempenhar muitas tarefas, principalmente no período noturno. Portanto, a iluminação residencial deve ser planejada de forma a permitir a execução das atividades de acordo com cada ambiente. Ela deve também valorizar a arquitetura e a decoração.

Podemos classificar a iluminação residencial em três categorias: funcional, ambientação e bem-estar. A iluminação funcional serve para auxiliar em atividades cotidianas, como em banheiros, escritórios e cozinhas, além de orientar as pessoas nas áreas de circulação. A luz de ambientação pode ser bem explorada nas salas de estar, jardins, fachada e entrada da casa. Valorizando o efeito emocional da luz, ela deve ser cuidadosamente planejada para proporcionar bem-estar aos moradores da residência, principalmente nos ambientes mais íntimos, como dormitórios e banheiros.

Segundo Soares (2013, p. 1), o tipo de iluminação se desdobrou em três categorias distintas:

iluminação geral que fornece uma quantidade mínima e uniforme de luz; iluminação funcional, que consiste em luz focada para atender a uma determinada tarefa que exige mais concentração; e iluminação de destaque ou decorativa, usada para realçar pontos de interesse decorativo.



Dessa forma, a iluminação em ambientes residenciais representa uma excelente ferramenta para arquitetura, interiores e paisagismo, sendo utilizada para decorar, destacar, facilitar a execução de tarefas e iluminar o ambiente.

Na Seção 2.1, abordamos algumas recomendações básicas para os seguintes ambientes residenciais: cozinha, sala de jantar, dormitórios, banheiros e sala de estar. Retome esses conceitos como forma de revisão. Agora, nesta seção, veremos alguns estudos de casos nesses tipos de ambientes residenciais e aprenderemos um pouco sobre a iluminação paisagística.

Iluminação nos interiores residenciais

Em salas de estar – ou *living*, conforme apresentado Figura 2.14-, são utilizadas, com frequência, as sancas de gesso (rebaixo realizado no teto com o gesso para criar diferentes efeitos, alterando-se o pé-direito) para proporcionar iluminação indireta, o que contribui para a luz de ambientação, além das luzes de destaque (quadros ou objetos decorativos) e abajures para luz de tarefa.



Exemplificando

Figura 2.14 | Uso de abajures para luz de leitura em poltrona



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/sala-de-leitura-gm530995785-55005848>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Figura 2.15 | *Living*, por Roberto Migotto



Fonte: <http://www.anualdesign.com.br/images/anualdesign-reg_927816331.jpg>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Quando se trata de ambientes pequenos e integrados, como o da Figura 2.16, devemos procurar ter o cuidado para que a iluminação atenda a todas as necessidades, sem que haja exageros. Isso pode ser obtido por meio de luminárias discretas destinadas às áreas de tarefas e uma iluminação ambiente (iluminação geral), alcançada rebaixando o rebaixo do teto.

Figura 2.16 | Iluminação de ambientes pequenos e integrados – sala de estar e jantar com cozinha aberta



Fonte: <http://www.anualdesign.com.br/images/anualdesign-reg_927816331.jpg>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Em cozinhas, a iluminação deve permitir que as tarefas sejam efetuadas com segurança. São recomendadas para esse ambiente a iluminação geral e a de tarefa. A iluminação de tarefa deve ser planejada para que não faça sombra sobre o plano de trabalho. Desta forma, deve ser evitado o uso apenas de iluminação central, mas é preciso utilizar, também, as iluminações localizadas nas zonas de atividade.



Exemplificando

Como evitar sombras na área de trabalho em cozinhas? Isso pode ser conseguido, por exemplo, com o uso de spots ou luminárias com tubos LEDs sobre a bancada de trabalho, na parte inferior do armário, conforme a Figura 2.17.

Figura 2.17 | Posição da luminária em cozinhas: na parte inferior do armário



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/balc%C3%A3o-de-cozinha-moderna-de-renderiza%C3%A7%C3%A3o-3d-com-desenho-branco-e-preto-gm641174154-116097869>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Em cozinhas e salas de jantar são muito utilizadas as luminárias pendentes para iluminar a mesa de refeições, sendo que algumas recomendações são feitas a fim de evitar o ofuscamento. Em outras palavras, a luminária tem o papel de iluminar a refeição, e não o rosto das pessoas.



Assimile

Em salas de jantar, para o pendente acima da mesa, considere uma distância entre a base da luminária e o tampo da mesa, de 75 a 90 cm. No caso de bancada de refeições, essa distância pode ser de 70 a 100 cm, e para a área de preparo o foco pode pender a 2 m.

A iluminação também é capaz de proporcionar o toque acolhedor e aconchegante que o dormitório pede. Para isso, invista em uma iluminação indireta, com uso de abajures, pendentes, luzes nos armários, luzes atrás de painéis sobre a cabeceira ou em sancas de gesso no teto. É aconselhável, inclusive, que a iluminação geral do quarto seja dimerizável, tornando o ambiente mais aconchegante, possibilitando a economia de energia e ampliando a funcionalidade do ambiente. Deve-se ter cuidado em se evitar o ofuscamento para quem estiver deitado assistindo televisão ou lendo. Neste caso, faça uso de iluminação geral indireta e as demais luminárias com vidro ou acrílico leitoso.

Figura 2.18 | Iluminação em dormitórios



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/quarto-xxl-luxo-gm184339503-17131515>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Em banheiros, além de uma iluminação geral, que é desejável que seja clara e com alto índice de reprodução de cores, a luz do espelho deve ser muito bem planejada, de modo a não causar sombras no rosto. Evite utilizar, por exemplo, spots de halógenas sobre o espelho, pois, além de causar essas sombras no rosto da pessoa, atrapalhará a tarefa de se maquiar, pelo despendimento de calor, que é maior nesse tipo de lâmpada. Desta forma, uma boa estratégia é utilizar lâmpadas ou faixas de LED instaladas atrás do espelho (nas laterais ou em toda a volta do espelho, e nunca no teto ou em spots de frente para o usuário), conforme apresentado pela Figura 2.19.

Figura 2.19 | Iluminação em banheiro



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/corporate-banheiro-gm499403710-80209641>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Iluminação paisagística

A iluminação paisagística destina-se a salientar os volumes da vegetação, a copa e o caule das árvores, conforme apresentado na Figura 2.20, e para marcar caminhos (orientação). Para salientar o volume da vegetação, a luz deve vir por trás dela e são utilizadas as lâmpadas metálicas de 150 a 400 W tipo HQI, em refletores de fecho aberto, no caso de uma vegetação mais densa e de grande porte. Para a iluminação de copas ou caules de árvores, a recomendação é utilizar refletores direcionados do chão para cima, herméticos (à prova de chuva), e podem ser utilizadas as lâmpadas tipo Par 30, halógenas, metálicas ou LED. Para a marcação de caminhos, são utilizadas as lâmpadas fluorescentes compactas, mas as LEDs

garantem maior economia de energia e durabilidade (SILVA, 2009). Existem, ainda, as luminárias e refletores para áreas externas, que usam energia solar, tratando-se de uma alternativa barata, de fácil instalação e eficiente energeticamente.

Figura 2.20 | Iluminação paisagística



Fonte: <<https://casaconstrucao.org/wp-content/uploads/2015/12/jardim-com-pedras-31.jpg>>. Acesso em: 6 nov. 2017.



Refleta

As diferentes formas das árvores implicam a escolha de lâmpadas diferenciadas?

Imagine uma árvore de copa bem larga ao lado de outra bem estreita e pequena. Os ângulos de feixe de lâmpadas devem ser escolhidos de acordo com a forma das árvores. Árvores pequenas podem ser iluminadas com spots de iluminação exterior com lâmpadas LED de baixa voltagem. Os ângulos de feixe de lâmpadas LED de baixa voltagem são 15, 36 e 60 graus. Observe o Quadro 2.3, que dá recomendações de quais tipos de lâmpadas LED utilizar e os ângulos de feixe, a depender da altura da árvore que se deseja iluminar.

Quadro 2.3 | Seleção de lâmpadas recomendadas a depender da altura da árvore

Forma da árvore		A	B	C	D
Ângulo do feixe da lâmpada		15°	36°	36°	60°
LED 12v	5w	-	-	6m	4m
LED 12v	7w	10m	8m	6m	4m

Fonte: adaptado de <<http://www.lightingforgardens.com/garden-lighting-tips-low-voltage-uplighting-of-trees>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Iluminar ambientes interiores residenciais e paisagens depende de muito conhecimento técnico, criatividade e bom senso. O resultado de um bom projeto luminotécnico pode aumentar a qualidade estética de um ambiente. Mesmo que ele tenha sido muito bem decorado, a iluminação adequada destacará seus atributos.



Pesquise mais

Aprenda mais sobre iluminação residencial lendo o artigo a seguir:

SOARES, Fabiane Rocha Bello. Estudo para elaboração de guia de iluminação de interiores residencial destinado a profissionais especificadores. **Revista Especialize On-line IPOG**, 5. ed., n. 5, v. 1, Goiânia, jul. 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=estudo-para-elaboracao-de-guia-de-iluminacao-de-interiores-residencial-destinado-a-profissionais-especificadores-134141512.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Sem medo de errar

No projeto luminotécnico, temos uma sala de estar inserida em um ambiente comercial, para proporcionar maior conforto

aos seus clientes. Qual nível de iluminação é suficiente para este ambiente? Quais tipos de lâmpadas e luminárias podem ser empregados nesse caso?

O nível de iluminação é obtido pela norma de Iluminância de Interiores - NBR 5413, a qual recomenda para a sala de estar uma iluminância na faixa de 100 – 150 – 200 lux, para a iluminação geral, e 300 – 500 – 750 lux, para iluminação local (realização de tarefas de leitura, escrita, bordado etc.).

Em salas de estar, geralmente, são aplicadas lâmpadas fluorescentes ou LED na forma tubular ou compacta. Para a iluminação geral, podem ser utilizadas as sancas de gesso (neste caso uma opção são as faixas de LED) ou *wall washer*; para alguns pontos de destaque, luminárias refletoras; e para a iluminação local ou de tarefa, pedestais ou abajures. As Figuras 2.21 e 2.22 apresentam imagens utilizando sancas de gesso e pontos de destaque com a iluminação.

Figura 2.21 | Tipo de iluminação em salas de estar com sancas de gesso, pontos de destaque e abajures



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/interior-de-casa-representação-artística-em-3d-gm524033278-92131371>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Figura 2.22 | Tipo de iluminação em salas de estar com sancas de gesso e pontos de destaque



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/interior-moderna-sala-de-estar-gm474194360-64466361>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Avançando na prática

Iluminação em banheiro

Descrição da situação-problema

Você precisa iniciar um projeto luminotécnico de um banheiro. Imagine que se trata de um banheiro para a suíte de um casal, com uma bacia sanitária, duas cubas, um chuveiro e uma banheira. Qual nível de iluminação é necessário para este ambiente? Quais tipos de lâmpadas e luminárias podem ser empregados nesse caso? Faça um croqui de suas intenções projetuais preliminares.

Resolução da situação-problema

O nível de iluminação recomendado para banheiros pela norma de Iluminância em Interiores NBR 5413 está na faixa de 100 – 150 – 200 lux, para iluminação geral, e 200 - 200 - 500 lux, para espelhos (iluminação suplementar). Podem ser utilizadas lâmpadas fluorescentes, ou LED tubulares ou compactas, em luminárias tipo plafon, sancas e iluminação por trás do espelho. O importante é evitar o ofuscamento

e excessos, por conta da presença do espelho neste ambiente. Apesar dessas recomendações gerais, cada aluno pode conseguir efeitos diferenciados utilizando algum equipamento de iluminação que possa se diferenciar dos sugeridos, pois a área de luminotécnica está em constante evolução e as possibilidades são grandes. Para o croqui, cada aluno deverá dispor de criatividade, de modo que não determine apenas as formas em que serão trabalhadas os tipos de iluminação, mas, também, a disposição dos elementos que contemplam o banheiro descrito.

Faça valer a pena

1. Nos últimos anos, os projetos arquitetônicos residenciais tem se popularizado, com ambientes integrados, como apresenta a Figura 2.23, nos quais a cozinha e a sala de estar, por exemplo, estão em um único cômodo, separados por um balcão.

Figura 2.23 | Iluminação de ambientes pequenos e integrados



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/moderna-cozinha-e-sala-de-estar-com-layout-aberto-gm480704951-37220388>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

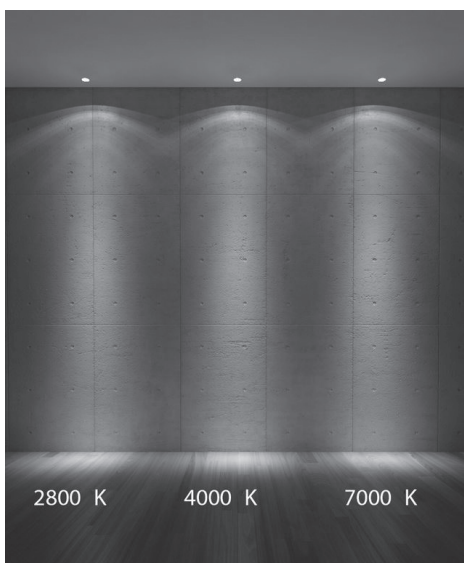
Assinale a alternativa que contém os tipos de iluminação trabalhados nesse ambiente:

- Iluminação geral e decorativa, somente.
- Iluminação geral e arquitetônica, somente.

- c) Iluminação de destaque, geral e pendentes, somente.
- d) Iluminação de tarefa e pendentes, somente.
- e) Iluminação geral e de orientação, somente.

2. A temperatura de cor da luz é uma das grandezas fotométricas que mais consegue influenciar as sensações dos usuários, sendo medida em Kelvin (K). Para ambientes em que se deseja criar uma atmosfera mais aconchegante, é utilizada uma temperatura de cor mais quente (ou morna), e, para ambientes de trabalho, em que o desempenho é prioridade, utiliza-se luz de cor mais fria.

Figura 2.24 | Simulação dos diferentes efeitos da temperatura de cor da luz



Fonte: <https://www.luxemozione.com/gaianorm/2014/12/Kelvin_J-SM.jpg>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Analise a figura e assinale a alternativa correta:

- a) Das apresentadas, a luz mais fria é a de 2.800 K.
- b) Das apresentadas, a luz morna é a de 4.000 K.
- c) Das apresentadas, a luz mais quente é a de 2.800 K.
- d) Quanto mais alto o valor em Kelvin, mais quente é a luz.
- e) Os três valores apresentados são os únicos que caracterizam as temperaturas de cor quente, branco e branco azulado.

3. Lúmens (lm) é a unidade de fluxo luminoso, que é a quantidade de luz emitida por uma fonte. Quando consultamos um catálogo de lâmpadas, uma das grandezas fotométricas fornecidas pelo representante é o fluxo luminoso da lâmpada. A figura a seguir apresenta valores de potência de cada tipo de lâmpada necessária para a obtenção de diferentes valores de fluxo luminoso (brilho), comparando as lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas e LEDs.

Quadro 2.4 | Lúmens gerados por diferentes tipos de lâmpadas (120V)

Fluxo luminoso (lúmens)	250	450	800	1100	1600
Incandescente	25 W	40W	60W	75W	100W
Halógena	18W	29W	43W	53W	72W
Fluorescente compacta	6W	10W	13W	18W	23W
LED	4W	5W	10W	15W	20W

Fonte: adaptado de <<http://learn.eartheasy.com/wp-content/uploads/2014/12/led-lighting03.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

Sabendo que a eficiência energética é a grandeza que define quantos lúmens são gerados por watt absorvido pela lâmpada (lm/W), assinale a alternativa correta:

- A lâmpada halógena de 18 W, para gerar 250 lúmens, é mais eficiente do que a lâmpada incandescente de 100 W, para gerar 1600 lúmens.
- A lâmpada fluorescente compacta de 10 W, para gerar 450 lúmens, é dez vezes mais eficiente do que a lâmpada incandescente de 100 W, para gerar 1600 lúmens.
- A lâmpada fluorescente compacta de 10 W, para gerar 450 lúmens, é tão eficiente quanto a lâmpada de LED de 10 W, para gerar 800 lúmens.
- A lâmpada de LED de 5 W, para gerar 450 lúmens, é duas vezes mais eficiente do que a lâmpada de LED de 10 W, para gerar 800 lúmens.
- Uma lâmpada de LED de 20 W, para gerar 1600 lúmens, é oito vezes mais eficiente do que uma lâmpada incandescente de 25 W, para gerar 250 lúmens.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BOSBOOM, David H. A iluminação centrada no humano: os efeitos da intensidade e temperatura de cor no novo ciclo circadiano do homem. **Lume Arquitetura**, n. 69, p. 44-48, São Paulo, ago./set. 2014. Disponível em: <<http://www.ldblights.com/pdf/hcl.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2017.

INNES, Malcolm. **Iluminação no design de interiores**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; SOUZA, Marcos Barros de. **Apostila de Conforto Ambiental** – Iluminação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação: simplificando o projeto**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, Ltda, 2009.

_____. **Luz, lâmpadas e iluminação**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

SOARES, Fabiana Rocha B. Estudo para elaboração de guia de iluminação de interiores residencial destinado a profissionais especificadores. **Revista Especialize On-Line IPOG**, 5. ed., n. 5, v. 1, Goiânia, jul. 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca/?autor=Fabiane%20Rocha%20Bello%20Soares>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

TREVISAN, Vinícius. Iluminação no paisagismo: o uso de LED e fibra ótica. **Lume Arquitetura**, 54 ed., p. 78-86, São Paulo, mar. 2012. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed54/ed_54%20At%20-%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20no%20paisagismo.pdf>. Acesso em: 29 out. 2017.

Análise de viabilidade técnica e cálculo de iluminação

Convite ao estudo

Prezado aluno, esta unidade é dedicada ao estudo do cálculo luminotécnico. Inicialmente, será apresentada uma introdução ao cálculo de iluminâncias e noções sobre análise de viabilidade técnica. Na Seção 3.2 será aprofundado o cálculo de iluminação pelo método ponto a ponto, que é destinado ao planejamento de iluminação dirigida (de destaque). Na Seção 3.3 será demonstrado o cálculo de iluminação geral pelo método das eficiências.

É desejável que, ao longo desta unidade, você consiga realizar os cálculos de iluminação para os ambientes que compõem o nosso objeto de estudo, a loja/escritório, cuja planta foi apresentada no início da unidade anterior. Avalie onde deve ser aplicado o cálculo pelo método ponto a ponto e pelo método das eficiências.

Considerando esse ambiente comercial para o qual você está sendo contratado para realizar um projeto luminotécnico (loja, sala de escritório e sala de estar), você deverá realizar os cálculos de iluminação e de consumo de energia. Dessa forma, será iniciada a elaboração de um projeto básico de iluminação de interiores. Quais são as características espaciais do ambiente que devem ser consideradas em um cálculo de iluminação? Quais características as lâmpadas devem possuir para esse projeto? Quais são os outros equipamentos necessários para esse projeto de iluminação?

Seção 3.1

Introdução ao cálculo de iluminâncias e análise de viabilidade técnica

Diálogo aberto

Neste momento iremos iniciar o aprendizado do cálculo de iluminação. Isso fará que você se sinta mais seguro em iniciar os cálculos do seu projeto luminotécnico, analisando se suas intenções projetuais iniciais, as quais até o momento são mais qualitativas que quantitativas, atendem de fato ao nível de iluminância exigido para cada ambiente.

Sem cálculo luminotécnico não há projeto luminotécnico. De que adianta saber representar um sistema de iluminação se o que está representado não é funcional? De que adianta escolher a temperatura de cor mais agradável para determinado ambiente se a iluminância é insuficiente para a realização de uma tarefa? Ou ainda, de que adianta escolher luminárias adequadas se o ambiente resultante for extremamente claro, mais que o recomendado, por causa de um exagero no valor de fluxo luminoso das lâmpadas, causando desconforto aos usuários? Estas e muitas outras questões fazem parte do cotidiano de um projetista luminotécnico e podem ser facilmente respondidas pela compreensão dos conceitos e procedimentos que envolvem os cálculos de iluminação.

Considerando o ambiente comercial para o qual você está sendo contratado para realizar um projeto luminotécnico (loja, sala de escritório e sala de estar), você deverá realizar os cálculos de iluminação e de consumo de energia. Dessa forma, será iniciada a elaboração de um projeto básico de iluminação de interiores. Quais são as características espaciais do ambiente que devem ser consideradas em um cálculo de iluminação? Quais características as lâmpadas devem possuir para esse projeto? Quais são os outros equipamentos necessários para esse projeto de iluminação? Este é o contexto de aprendizagem que será trabalhado ao longo desta unidade.

De acordo com as exigências estéticas e funcionais dos ambientes, alguns questionamentos são feitos em relação às

características da iluminação que se deseja alcançar. Considerando os ambientes propostos (loja, escritório e sala de estar), responda às questões. Qual é a iluminância planejada? Qual é a temperatura de cor? Qual é o índice de reprodução de cores?

Como nesta seção apresentaremos alguns conceitos básicos que antecedem o detalhamento dos métodos de cálculo, responda às questões com base na revisão da unidade anterior. Essas informações serão importantes para a realização dos cálculos de iluminação. Esta seção faz uma introdução ao cálculo de iluminâncias, apresentando novas grandezas fotométricas e fatores de desempenho. Dá recomendações sobre o cálculo do pé-direito útil, importante para o cálculo de iluminação geral, considerando a altura do plano de trabalho e a distância da luminária em relação ao teto (no caso de pendentes). Também são apresentadas as etapas que norteiam um projeto luminotécnico, assim como a sequência lógica dos cálculos.

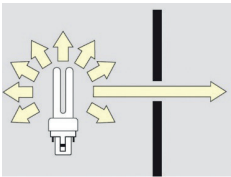
Algumas recomendações importantes, como a forma de posicionar as luminárias para iluminação geral, também fazem parte desta seção. E, por último, uma introdução aos métodos de cálculo de análise de viabilidade técnica. O detalhamento do cálculo de consumo de energia elétrica estará ao final da Seção 3.3, na continuidade do cálculo de iluminação geral pelo método das eficiências.

Quais são as etapas que contemplam um projeto arquitetônico? Qual é a sequência lógica de um cálculo luminotécnico? Quais são os métodos de cálculo? Esta seção irá esclarecer todas essas questões.

Não pode faltar

Para o cálculo luminotécnico é preciso definir as grandezas que serão utilizadas no projeto e, assim, partir para o planejamento de um sistema de iluminação. Antes de iniciar a leitura desta unidade, veja novamente o Quadro 1.1, que apresenta algumas grandezas fotométricas diferentes das presentes no Quadro 3.1. Essas grandezas (como fluxo luminoso, iluminância, luminância, eficiência energética, índice de reprodução de cor e temperatura de cor) foram abordadas na Seção 1.1. Agora, conheceremos as demais grandezas fotométricas necessárias para o cálculo de iluminação. No Quadro 3.1 estão detalhadas as demais grandezas básicas, as referentes às lâmpadas e acessórios e os fatores de desempenho.

Quadro 3.1 | Grandezas fotométricas e fatores de desempenho para cálculo luminotécnico

Grandeza fotométrica	Símbolo	Unidade	Conceito
Básicas			
Intensidade luminosa	I	Candela (cd)	Fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto. Veja a Figura 3.1. Figura 3.1 Intensidade luminosa 
Curva de distribuição luminosa	CDL	Candela (cd)	É a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada em um plano. Geralmente é fornecida em catálogo. <small>Fonte: adaptado de Osram ([s.d.]).</small>
Lâmpadas e acessórios			
Fator de fluxo luminoso	BF	%	Desempenho do reator* (em lâmpadas de descarga). BF = fluxo luminoso obtido/fluxo luminoso nominal.

Grandeza fotométrica	Símbolo	Unidade	Conceito
Fatores de desempenho			
Eficiência (rendimento) da luminária	η_L	-	É a razão do fluxo luminoso emitido por uma luminária para a soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária em condições específicas. O valor, normalmente, é indicado pelos fabricantes de luminárias.
Eficiência do recinto	η_R	-	Condição de maior ou menor favorabilidade do recinto para o fluxo luminoso da luminária instalada neste. Este valor é fornecido por tabelas contidas no catálogo do fabricante (relacionando os valores de coeficiente de reflexão do teto, paredes e piso, com a curva de distribuição luminosa da luminária utilizada e o índice do recinto).
Índice do recinto	K	-	Relação entre as dimensões do local, dada por: $Kd = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$ para iluminação direta. $Kd = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot h'(a + b)}$ para iluminação indireta. Sendo: a = comprimento do recinto. b = largura do recinto. h = pé-direito útil. h' = distância do teto ao plano de trabalho.
Fator de utilização	Fu	-	Serve para indicar a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto. É o produto da eficiência do recinto (η_R) pela eficiência da luminária (η_L). $Fu = \eta_L \cdot \eta_R$ Determinados catálogos indicam tabelas de fator de utilização para suas luminárias.
Fator de depreciação	Fd	-	Fator de depreciação das luminárias em relação à qualidade da manutenção destas. Para ambientes com boa manutenção (escritórios, por exemplo), pode ser considerada uma depreciação de 20%, resultando em $Fd = 1,25$. Para ambientes com manutenção crítica (galpões industriais, garagens, etc.), pode ser considerada uma depreciação de 40%, o que resulta em $Fd = 1,67$.

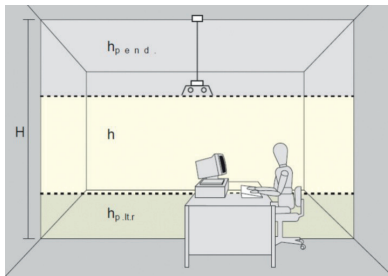
*Reator: equipamento auxiliar ligado entre a rede e as lâmpadas de descarga, cuja função é estabilizar a corrente. Cada tipo de lâmpada requer um reator específico.

Fonte: adaptado de Osram ([s.d.]).



“Pé-direito útil (h) é o valor do pé-direito total do recinto (H), menos a altura do plano de trabalho ($h_{p.l.tr.}$), menos a altura do pendente da luminária (h_{pend})” (OSRAM, [s.d.], p. 8). De uma forma mais simplificada, é a distância real entre a luminária e o plano de trabalho, conforme mostra a Figura 3.2.

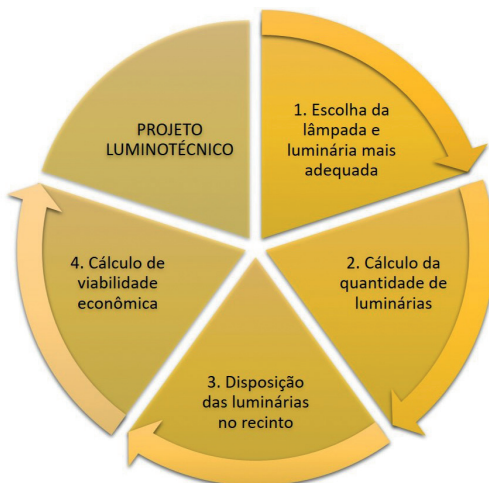
Figura 3.2 | Representação do pé-direito útil



Fonte: Osram ([s.d.], p. 8).

Quando as grandezas utilizadas nos projetos são definidas, parte-se para o planejamento de um sistema de iluminação. A Figura 3.3 mostra quais são as etapas básicas de um projeto luminotécnico, segundo Osram ([s.d.], p. 10).

Figura 3.3 | Etapas de um projeto luminotécnico



Fonte: elaborada pela autora.

O desenvolvimento de um projeto luminotécnico exige uma metodologia para que se estabeleça uma sequência lógica de cálculos, sendo que essa metodologia, recomendada por Osram ([s.d.]), propõe as seguintes etapas:

1. Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar.
2. Levantamento das dimensões físicas do local, layout, materiais utilizados e características da rede elétrica no local.
3. Análise dos fatores de influência na qualidade da iluminação.
4. Cálculo da iluminação geral (método das eficiências).
5. Adequação dos resultados ao projeto.
6. Cálculo de controle.
7. Definição dos pontos de iluminação.
8. Cálculo de iluminação dirigida.
9. Avaliação do consumo energético.
10. Avaliação de custos.
11. Cálculo de rentabilidade.

A etapa 1 já foi abordada na Unidade 2 (Técnicas de iluminação aplicadas a interiores), com recomendações gerais e estudos de casos para iluminação de ambientes residenciais e comerciais. A etapa 2 diz respeito ao levantamento de elementos necessários para a elaboração de uma base a partir da qual se iniciará o cálculo luminotécnico.

Antes de iniciar os cálculos, deve-se ainda analisar os fatores de influência na qualidade da iluminação: nível de iluminância adequada, limitação de ofuscamento, proporção harmoniosa entre luminâncias, efeitos luz e sombra, reprodução de cores, temperatura de cor, ar condicionado e acústica.

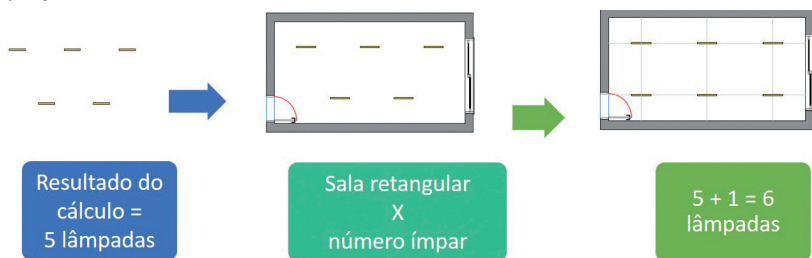


Reflita

A poeira ou o próprio desgaste da lâmpada contribuem para a redução do fluxo luminoso, o que resulta em uma diminuição da iluminância. É por isso que o fator de depreciação é um dos valores solicitados no cálculo do número de luminárias, para elevar o número previsto delas, evitando-se a queda do nível de iluminância abaixo do mínimo recomendado.

O cálculo da iluminação geral resulta de uma sequência de cálculos até se chegar na quantidade de luminárias necessárias para determinado ambiente. Esse cálculo será melhor detalhado na Seção 3 desta unidade. Caso o número de luminárias resultantes não seja compatível com uma distribuição equilibrada de luminárias pelo ambiente, é recomendado que se ajuste esse número sempre com o acréscimo de luminárias, para que não ocorra prejuízo no nível de iluminância mínimo desejado. Veja exemplo dessa adequação do resultado de cálculo ao projeto na Figura 3.4.

Figura 3.4 | Exemplo de adequação do cálculo da iluminação geral ao projeto



Fonte: elaborada pela autora.

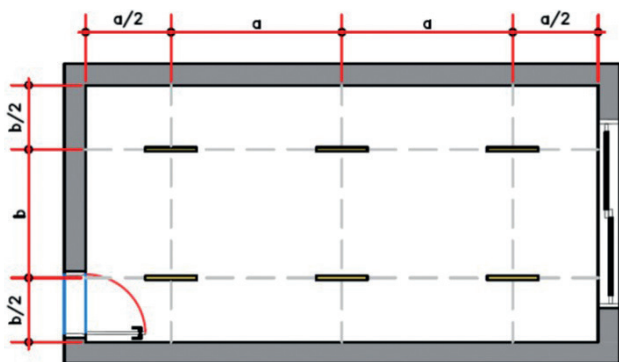
Dessa forma, com o número de luminárias atualizado, realiza-se o cálculo de controle, para a obtenção da iluminância média alcançada. Parte-se, então, para a definição dos pontos de iluminação. Essa distribuição dos pontos de iluminação deve ser feita, preferencialmente, de forma uniforme dentro do recinto, sendo, para isso, recomendado um método de posicionar as luminárias (veja o item Exemplificando). A distância entre a parede e a primeira fileira de luminárias deve ser a metade da distância entre as fileiras de luminárias para que não se crie áreas mais iluminadas no centro da sala ou áreas menos iluminadas nas laterais. Devem ser considerados também fatores como: leiaute, direcionamento da luz para as mesas e dimensões das luminárias.



Exemplificando

Veja na Figura 3.5 a recomendação de distanciamento entre as luminárias ao se resolver sua disposição dentro do recinto. A distância entre elas (a; b) deve ser o dobro da distância delas em relação às paredes laterais (a/2; b/2).

Figura 3.5 | Recomendação sobre as distâncias entre luminárias e paredes laterais na distribuição dentro do recinto



Fonte: elaborada pela autora.

O cálculo da iluminação dirigida, que é o método utilizado para a iluminação de destaque, será melhor abordado na Seção 3.2, com a apresentação do método ponto a ponto. Será verificado que existem duas equações diferentes para o cálculo da iluminância da fonte de luz de destaque, uma para quando a superfície está perpendicular à direção da luz e outra para quando a superfície tem um ângulo de inclinação em relação à direção da luz.





Para a avaliação do consumo energético, deve-se calcular, inicialmente, a potência total instalada (símbolo: P_t ; unidade: kW), que é a potência da lâmpada multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas (n), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores.

A avaliação de custos é feita pelo cálculo de custos de investimentos e cálculo de custos operacionais. O cálculo de custos de investimentos é simplesmente a somatória dos custos da compra de todos os equipamentos que irão compor o sistema de iluminação (lâmpadas, luminárias, reatores, transformadores, ignitores e fiação) e os custos com a mão de obra dos profissionais envolvidos. Os custos operacionais dizem respeito à soma de todos os gastos que serão feitos após a instalação completa do sistema, com os custos de manutenção e de energia consumida.

Desta forma, pode ocorrer, por exemplo, de um sistema A ter um custo de investimento inferior a um sistema B, mas um custo

operacional maior, justificando, assim, a escolha pelo sistema B. E é nesse raciocínio que funciona o cálculo de rentabilidade, no qual são comparados dois sistemas de iluminação para a verificação de qual deles é o mais rentável. Geralmente, as lâmpadas de melhor eficiência energética levam a um investimento maior, mas proporcionam mais economia nos custos operacionais. Cabe aqui observar que essa figura foi publicada em 28 de novembro de 2013 e, portanto, os preços estão desatualizados. Hoje as lâmpadas de Led estão muito mais baratas, como mostra o Quadro 3.2.

Quadro 3.2 | Exemplo de comparação de gastos entre diferentes lâmpadas na aquisição e após 25 mil horas de uso

Incandescente	Halógena	Fluorescente compacta	Led
\$	\$	\$\$	\$\$\$
			
R\$ 2,50	R\$ 5,00	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Gasto total após 25 mil horas			
R\$ 512,50	R\$ 440,00	R\$ 142,50	R\$ 125,00

Fonte: adaptado de <<https://abrilcasa.files.wordpress.com/2016/12/0023.jpeg?quality=95&strip=info&w=960>>. Acesso em: 6 fev. 2018.



Pesquise mais

Assista a esses dois vídeos a seguir, eles são bem curtos e vão te ajudar muito a entender sobre o tema que estamos tratando. O primeiro vídeo explica o que é eficiência energética e comenta sobre o selo Procel. O segundo faz comparações de consumo de energia e gastos entre diferentes tipos de lâmpadas, mostrando as vantagens das lâmpadas frias em relação às lâmpadas quentes.

O que é eficiência energética? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DoiKiVwaG_o>. Acesso em: 6 fev. 2018.

Caminhos da Energia – Economia de Energia – Interprograma 1. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7w_dYU4Vazs>. Acesso em: 6 fev. 2018.

Sem medo de errar

Considerando o ambiente comercial para o qual você foi contratado para realizar um projeto luminotécnico, será preciso, agora, realizar os cálculos de iluminação e de consumo de energia. Quais são as características espaciais do ambiente que devem ser consideradas em um cálculo de iluminação? Quais características as lâmpadas devem possuir para esse projeto? Quais são os outros equipamentos necessários para esse projeto de iluminação?

Considerando os ambientes propostos (loja, escritório e sala de estar), responda às questões que estão na situação-problema desta seção. Qual é a iluminância planejada? Qual é a temperatura de cor? Qual é o índice de reprodução de cores? Revise a unidade anterior para poder responder às questões, as quais servem para o início do cálculo luminotécnico.

De acordo com as exigências estéticas e funcionais dos ambientes, algumas exigências são feitas em relação às características da iluminação que se deseja alcançar. Para os ambientes propostos (loja, escritório e sala de estar), você deve ter levantado as seguintes informações: a iluminância planejada, a temperatura de cor e o índice de reprodução de cores.

A resolução das três questões apresentadas na situação-problema estão organizadas no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 | Resolução da situação-problema da U3S1

Ambiente	Iluminância planejada	Temperatura de cor	Índice de reprodução de cores
Loja	500 lux para área de vendas e 1.000 lux para vitrine	3.300 a 5.000 K	80 a 100
Escritório	500 a 1.000 lux	aprox. 4.000 K	80 a 100
Sala de estar	100 a 200 lux	2.000 a 3.000 K	80 a 100

Fonte: NBR 5413 e Silva (2009).

Essas informações serão essenciais para o desenvolvimento dos cálculos luminotécnicos.

Distribuição de luminárias para iluminação geral

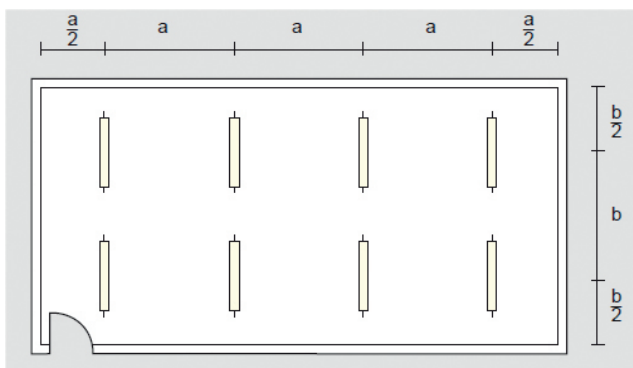
Descrição da situação-problema

Imagine que você tenha que fazer a distribuição de luminárias em uma sala retangular de medidas 4 m x 8 m. O cálculo de iluminação geral resultou, inicialmente, em 7 luminárias de lâmpadas fluorescentes tubulares. Qual deverá ser o número de luminárias final após a adequação do cálculo de iluminação geral ao projeto? Faça um desenho da sala e a distribuição das luminárias, conforme recomendações de distâncias apresentadas nesta seção.

Resolução da situação-problema

O número de luminárias final após a adequação do cálculo de iluminação geral ao projeto é 8. O desenho da distribuição das luminárias na sala de medidas 4 m x 8 m ficará semelhante ao da Figura 3.6, sendo que $a = b = 2$ m.

Figura 3.6 | Distância entre luminárias e paredes laterais



Fonte: Osram ([s.d.], p. 13).

Faça valer a pena

1. Trata-se de uma pequena peça importante para o sistema de iluminação. É o equipamento auxiliar ligado entre a rede e as lâmpadas de descarga, cuja função é estabilizar a corrente. Cada tipo de lâmpada requer um específico.

O equipamento descrito acima trata-se de:

- a) Luminária.
- b) Soquete.
- c) Transformador.
- d) Reator.
- e) Capacitor.

2. Pé-direito útil (h) é o valor do pé-direito total do recinto (H), menos a altura do plano de trabalho ($h_{pl.tr.}$), menos a altura do pendente da luminária ($h_{pend.}$). Em outras palavras, pé-direito útil é a distância real entre a luminária e o plano de trabalho.

Considerando um recinto cujo pé-direito total é de 2,80 m, a altura do plano de trabalho é de 0,75 m e o comprimento do pendente da luminária é de 0,55 m, assinale a alternativa que corresponde ao valor do pé-direito útil.

- a) 2,80 m.
- b) 1,50 m.
- c) 0,75 m.
- d) 0,55 m.
- e) 0,50 m.

3. O índice do recinto (Kd) é a relação entre as dimensões do local e será considerado para a sequência de cálculos para a iluminação geral.

$$Kd = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} \text{ para iluminação direta.}$$

$$Kd = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot h'(a + b)} \text{ para iluminação indireta.}$$

Sendo:

a = comprimento do recinto = 8,00 m.

b = largura do recinto = 4,00 m.

h = pé-direito útil = 1,25 m.

h' = distância do teto ao plano de trabalho = 2,25 m.

Assinale a alternativa que apresenta os valores corretos para o índice do recinto para iluminação direta e indireta, respectivamente.

- a) 2,25 e 1,25.
- b) 2,25 e 1,77.
- c) 2,13 e 1,25.
- d) 2,13 e 1,77.
- e) 1,00 e 3,00.

Seção 3.2

Cálculo de iluminação - método ponto a ponto

Diálogo aberto

Nesta seção vamos aprender a realizar o cálculo da luz dirigida, ou de destaque, pelo método ponto a ponto. A luz de destaque ganha importante papel no projeto luminotécnico, realçando objetos decorativos, produtos em exposição, objetos de arte, criando diferentes cenários e até servindo para a iluminação indireta, iluminando uma superfície que irá direcionar essa luz ao ambiente. A luz dirigida é muito importante não somente para a iluminação em ambiente interiores, como também para a iluminação paisagística. O projetista em iluminação deve procurar se atualizar no que diz respeito aos diferentes tipos de lâmpadas e luminárias para este fim e procurar entender qual é o melhor tipo para cada situação.

Considerando o ambiente comercial para o qual você foi contratado para realizar um projeto luminotécnico (loja, sala de escritório e sala de estar), você deverá realizar os cálculos de iluminação e de consumo de energia. Dessa forma, será iniciada a elaboração de um projeto básico de iluminação de interiores. Quais são as características espaciais do ambiente que devem ser consideradas em um cálculo de iluminação? Quais características as lâmpadas devem possuir para esse projeto? Quais são os outros equipamentos necessários para esse projeto de iluminação?

Nesta seção aprenderemos a realizar o cálculo de iluminação pelo método ponto a ponto, o qual é destinado a iluminar pontualmente objetos e texturas. Desta forma, trata-se de um método importante para se iluminar uma loja. Você deverá, portanto, realizar o cálculo de iluminação (método ponto a ponto) para a loja (considerando a vitrine e a parte de exposição dos objetos da planta do ambiente sugerido na disciplina). Qual foi a lâmpada escolhida? Qual é a intensidade luminosa da curva luminosa (em candelas, cd) e o fluxo luminoso (lm) de cada lâmpada? Qual é a iluminância resultante do cálculo?

Vamos iniciar nosso estudo no cálculo de iluminação dirigida?

Não pode faltar

Cálculo de iluminação (método ponto a ponto): introdução, procedimentos, lâmpadas refletoras, luminárias e aplicação

Antes de aprendermos como se faz o cálculo de iluminação geral (Unidade 2, Seção 3), aprenderemos como é que se calcula a iluminação dirigida pelo método ponto a ponto. Quando falamos sobre iluminação em lojas, muitas vezes, devemos pensar em como trabalhar a luz dirigida em vitrines e expositores. Para a luz dirigida, utilizamos geralmente as lâmpadas refletoras e dicroicas, que direcionam a iluminação a um objeto ou a um plano de trabalho, conforme apresentado na Figura 3.7.

Figura 3.7 | Exemplo de uso de luz dirigida em lojas



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/loja-de-roupas-de-luxo-para-homens-gm831659416-136231539>>. Acesso em: 19 dez. 2017.



Assimile

A lâmpada dicroica, na realidade, é um conjunto de lâmpada e luminária. Trata-se de uma lâmpada bipino acoplada a um pequeno aparelho com espelho multifacetado, que se chama refletor dicroico.



Pesquise mais

As lâmpadas refletoras possuem um refletor integrado (bulbo e vidro refletor), que regula a luz e determina o ângulo de emissão. Os refletores são instalados em lâmpadas normais e lâmpadas PAR, e também em lâmpadas halógenas de baixa tensão. (EGLO, on-line, [s.d.])



As dicróicas são lâmpadas halógenas de foco dirigido, cuja intensidade de luz é aumentada pelo grande índice de reflexão de sua campânula, sendo ideais para destacar peças de decoração e texturas, em virtude de sua iluminação dirigida e alta definição de cores.

Veja na Figura 3.8 alguns exemplos de dicróicas e lâmpadas refletoras.

Figura 3.8 | Exemplos de dicróicas e lâmpadas refletoras



dicróica



halógena palito



halopim



AR 111



AR 70

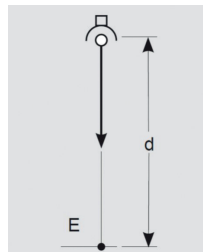


halógena

Fonte: <<http://jacquelinematos.com.br/arquitetura/wp-content/uploads/2016/09/lampadas.png>>. Acesso em: 9 fev. 2017.

Quando a distância “d” entre a fonte de luz e o objeto a ser iluminado for no mínimo 5 vezes maior do que as dimensões físicas da fonte de luz, e a incidência for perpendicular ao plano iluminado, conforme mostra a Figura 3.9, pode-se calcular a iluminância (OSRAM, [s.d.]), aplicando-se a fórmula da Equação 3.1. Essa equação pode ser utilizada no caso de lâmpadas refletoras, para o cálculo da iluminância (lux) no ponto central do círculo resultante no plano iluminado. Ela demonstra que a iluminância é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Figura 3.9 | Iluminância pelo método ponto a ponto quando a incidência é perpendicular ao plano iluminado



Fonte: Osram ([s.d.], p. 13).

Equação 3.1 | Cálculo de iluminância em método ponto a ponto para um ponto perpendicular ao plano iluminado

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Onde:

E – Iluminância (lux).

I – Intensidade luminosa (candela).

d – Distância da lâmpada ao plano iluminado (metro).

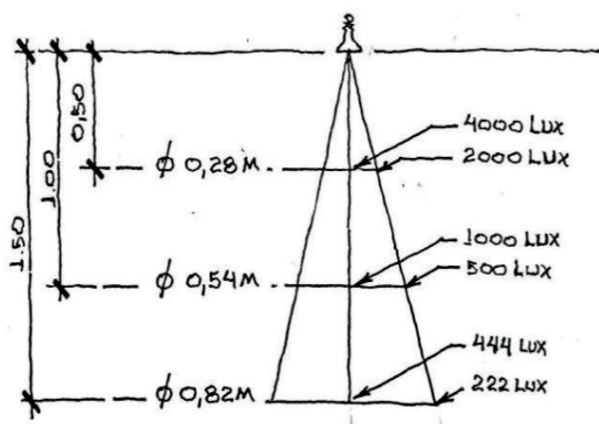
Além disso,



A iluminância na borda do círculo resultante no plano iluminado será sempre a metade da iluminância calculada para o centro. Para determinação do diâmetro do círculo de luz resultante no plano iluminado, é necessário que seja feita uma secção em escala, passando pelo centro da lâmpada. (GALVÃO, 2016, p. 111)

Veja um esquema desse efeito na Figura 3.10.

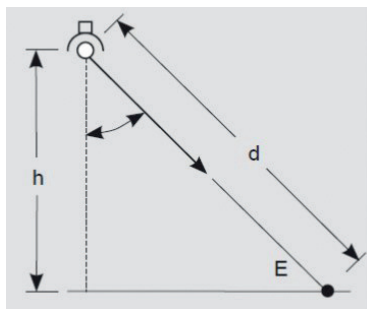
Figura 3.10 | Seção exemplificando níveis de iluminância conforme a distância de uma lâmpada halógena PAR 20, 30° com 1000 candelas



Fonte: Galvão (2016, p. 111).

No caso da incidência da luz não ser perpendicular ao plano do objeto, conforme mostra a Figura 3.11, a fórmula para o cálculo da Iluminância (lux) passa a ser a apresentada pela Equação 3.2.

Figura 3.11 | Iluminância pelo método ponto a ponto quando a incidência não é perpendicular ao plano iluminado



Fonte: Osram (s.d.), p. 13).

Equação 3.2 | Cálculo de iluminância em método ponto a ponto (luminárias) para um ponto que faz ângulo em relação à perpendicular do plano a ser iluminado

$$E = \left(\frac{I_x}{d^2} \right) \cdot \cos^3 \alpha$$

Onde:

E – Iluminância (lux).

I_x – Intensidade luminosa no ponto escolhido (candela).

d – Distância da luminária ao ponto iluminado (metro).

α – Ângulo em relação à perpendicular do plano iluminado.

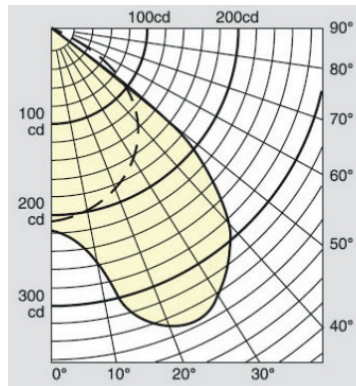


Refleta

Imagine que alguém aponta uma lanterna de cima para baixo sobre uma mesa. Conforme você se afasta desse fecho de luz produzido pela lanterna a iluminância diminui, e é por isso que esses pontos mais afastados do eixo vertical desse fecho, ou seja, da perpendicular, necessita de uma equação diferenciada para o cálculo de iluminância.

No método ponto a ponto, é importante conhecer a intensidade luminosa (medida em candelas) emitida em um ângulo perpendicular ao plano a ser iluminado e o ângulo de abertura do fecho. Em se tratando de luminárias, devemos partir da informação da Curva de Distribuição Luminosa (CDL) que pode ser obtida em catálogos fornecidos por fabricantes (veja um exemplo de CDL na Figura 3.12). O cálculo da intensidade luminosa em método ponto a ponto de luminárias é demonstrado pela Equação 3.3.

Figura 3.12 | Exemplo de CDL de luminária



Fonte: Osram ([s.d.], p. 9).

Equação 3.3 | Cálculo de intensidade luminosa em método ponto a ponto (luminárias) para um ponto que faz ângulo em relação à perpendicular do plano a ser iluminado

$$I_x = \left(\frac{C}{1000} \right) \cdot n \cdot L$$

Onde:

I_x – Intensidade luminosa no ponto escolhido (candela).

C – Intensidade luminosa da curva luminosa (candela).

n – Número de lâmpadas utilizadas na luminária.

L – Fluxo luminoso da lâmpada (lúmen).



Exemplificando

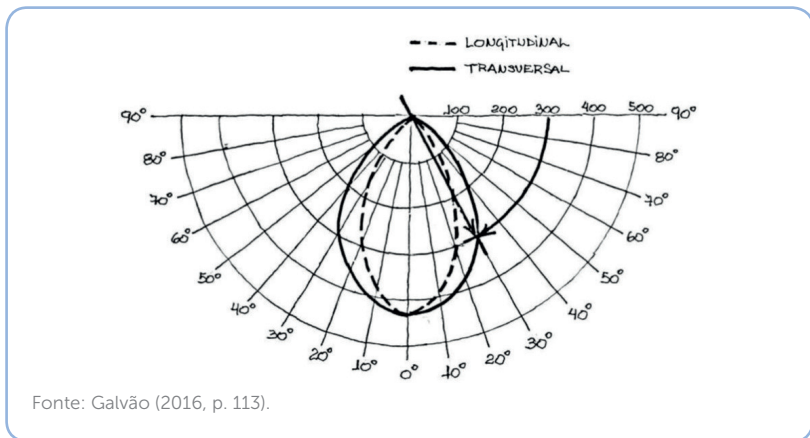
Para exemplificar esse cálculo, é apresentado a seguir um exemplo para um ponto a 30° em relação à perpendicular do plano iluminado, para luminária, cujo CDL é demonstrado na Figura 3.13. Esse exemplo de cálculo é extraído de Galvão (2016, p. 113):

$$I_{30} = \left(\frac{300}{1000} \right) \cdot 2 \cdot 2700 = 1620 \text{ candelas}$$

Obs: o valor de 2700 é relativo aos lumens de uma lâmpada fluorescente tubular de 32 W.

$$E = \left(\frac{1620}{2,25} \right) \cdot \cos^3 30 = 467 \text{ lux}$$

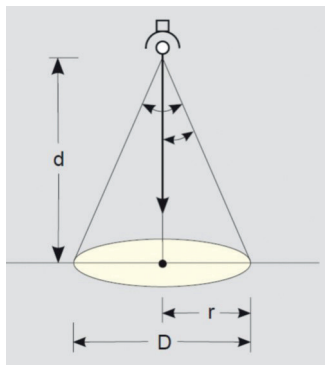
Obs: foi considerada a distância da luminária ao ponto iluminado de 1,50 m.



Dimensionamento do grau de abertura do fecho luminoso

Para poder destacar uma determinada superfície ou objeto precisamos também ter certeza de que o fecho luminoso terá abertura suficiente para tal função. Existe uma fórmula para calcular o diâmetro (D) deste fecho luminoso com base na distância da luminária em relação ao plano/objeto iluminado (d) e o ângulo do fecho luminoso (β), conforme mostra a Figura 3.14.

Figura 3.14 | Dimensionamento do grau de abertura do fecho luminoso



Fonte: Osram ([s.d.], p. 14).

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{r}{d} & r &= d \cdot \operatorname{tg} \beta & D &= 2 \cdot d \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \\ \beta &= \operatorname{arctg} \frac{r}{d} & 2\beta &= 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{r}{d} & \beta &= 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{r}{d} \end{aligned}$$



Exemplificando

Qual deveria ser o ângulo do fecho de luz de uma lâmpada para que se consiga iluminar uma área de 0,50 m de diâmetro a 4,00 m de distância?

$$\beta = \arctg \frac{r}{d}$$

$$\beta = \arctg \frac{0,50}{4,00}$$

$$\beta = 7,15^\circ$$



Pesquise mais

Pesquise mais sobre tipos de luminárias para iluminação de destaque e retome alguns conceitos básicos em: <<http://www.mitralux.com.br/conceitos-basicos-de-iluminacao>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

Sem medo de errar

Estamos iniciando os cálculos para o projeto luminotécnico considerando o método ponto a ponto aprendido nesta seção para aplicação na iluminação da loja. A loja tem uma vitrine e uma parte de expositores. Qual foi a lâmpada escolhida? Qual é a intensidade luminosa (em candelas, cd) e o fluxo luminoso (lm) de cada lâmpada? Qual é a iluminância resultante do cálculo?

Conforme foi visto nesta seção, os tipos de lâmpadas mais utilizados para iluminação dirigida são: as lâmpadas refletoras e dicroicas. Após a escolha do tipo, marca e modelo, deve-se procurar no catálogo do fabricante a intensidade luminosa da curva luminosa (em candelas, cd) e o fluxo luminoso (lm), pois esses valores entram no cálculo de intensidade luminosa da luminária (lx) e, conseqüentemente, no cálculo de iluminância da luminária (E). Este valor, entretanto, é específico de cada tipo de lâmpada, não havendo uma resposta única.

Exemplo de resposta:

Segue um exemplo de resposta com uma lâmpada aleatoriamente selecionada (somente para ilustrar o exercício, devendo cada aluno fazer

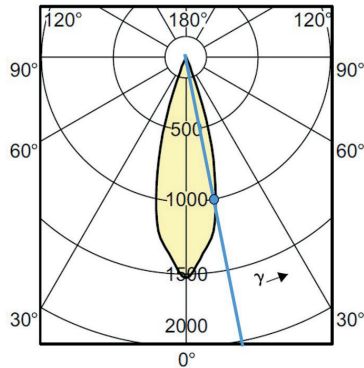
escolha da sua lâmpada de acordo com os requisitos de seu projeto).

A lâmpada de exemplo é a Brilliantline Dichroic 35W GU4 12V 30D 1CT/10X5F da Philips (catálogo da família disponível em: <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1841-pss-pt_br>. Acesso em: 14 dez. 2017. As especificações técnicas do modelo estão disponíveis em: <http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais/lampadas-halogenas/refletores-de-baixa-tensao/brilliantline-dicroica/924051517107_EU/product>. Acesso em: 14 dez. 2017).

A Figura 3.15 apresenta a análise do fluxo luminoso dessa lâmpada nos dados disponíveis no catálogo. De acordo com as especificações técnicas, essa lâmpada dicroica possui um ângulo de fecho de 30° e um fluxo luminoso de 430 lm. Considere para o cálculo uma distância de 1,25 m do ponto iluminado para a lâmpada.

Qual a iluminância para um ponto a 10° em relação à perpendicular do plano iluminado com essa lâmpada?

Figura 3.15 | Análise de 10° na CDL da lâmpada



Fonte: adaptada de <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1841-pss-pt_br>. Acesso em: 14 dez. 2017.

$$I_x = \left(\frac{C}{1000} \right) \cdot n \cdot L \quad I_x = \left(\frac{1000}{1000} \right) \cdot 1 \cdot 430 \quad I_x = 430 \text{ candelas}$$

$$E = \left(\frac{I_x}{d^2} \right) \cdot \cos^3 \alpha \quad E = \left(\frac{430}{2,25} \right) \cdot \cos^3 10 \quad E = 191,11 \cdot 0,9551 \quad E = 182,52 \text{ lux}$$

Com isso, conclui-se que a iluminância resultante, dadas as características da lâmpada e condições mencionadas, é de 182,52 lux.

Resumo das respostas:

- Lâmpada escolhida: Brilliantline Dichroic 35W GU4 12V 30D 1CT/10X5F.
- Marca: Philips.
- Intensidade luminosa da curva de distribuição luminosa para 10° : 1000 cd.
- Fluxo luminoso: 430 lm.
- Distância do ponto iluminado da fonte de luz: 1,25 m.
- Iluminância resultante: 182,52 lux.

Avançando na prática

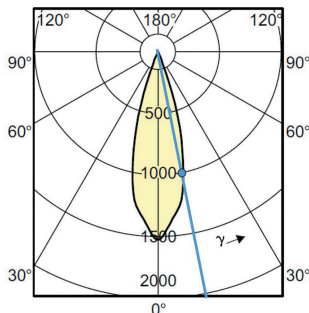
Iluminação de destaque em uma parede com textura

Descrição da situação-problema

Imagine que você foi contratado para iluminar uma parede com textura que fica atrás do balcão de atendimento de um hotel. Para esta situação, você escolheu a lâmpada Brilliantline Dichroic da Philips (catálogo disponível em: <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1841-pss-pt_br>. Acesso em 21 nov. 2017). Verifique a CDL no link disponibilizado. Considere a distância desta parede a ser iluminada em relação às lâmpadas de 2 m. Qual a iluminância para um ponto em um plano a 15° , considerando 2 lâmpadas de 1000 lumens?

Resolução da situação-problema

Figura 3.16 | Análise de 15° na CDL da lâmpada



Fonte: adaptada de: http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1841-pss-pt_br. Acesso em: 14 dez. 2017.

$$C = 500 \text{ cd}$$

$$I_{15} = \left(\frac{500}{1000} \right) \cdot 2 \cdot 1000 = 1000 \text{ candelas}$$

$$E = \left(\frac{1000}{4,00} \right) \cdot \cos^3 15 = 225,3 \text{ lux}$$

Resposta: A Iluminância para um ponto em um plano a 15° , considerando 2 lâmpadas de 1000 lumens e uma distância de 2 m é de 225,3 lux.

Faça valer a pena

1. Imagine que você precisa iluminar um objeto de decoração e, para isso, selecionou uma luminária de intensidade luminosa de 1000 candelas. O objeto a ser iluminado está a uma distância de 2 m, perpendicular à luminária.

Observe a equação a seguir.

Equação | Cálculo de iluminância em método ponto a ponto para um ponto perpendicular ao plano iluminado.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Onde:

E – Iluminância (lux).

I – Intensidade luminosa (candela).

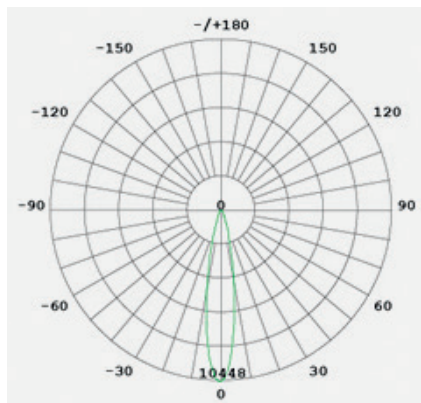
d – Distância da lâmpada ao plano iluminado (metro).

Qual é a intensidade luminosa resultante para as condições descritas?

- a) 100 lux.
- b) 250 lux.
- c) 400 lux.
- d) 1500 lux.
- e) 2000 lux.

2. Imagine que você especificou a lâmpada AR111 REFLETORA DIMERIZÁVEL - 8 GRAUS (Disponível em: <<http://www.brilia.com/brilia-power-led-ar111-refletora.html>>. Acesso em: 21 nov. 2017) para destacar uma textura em uma parede de um hall de entrada de um edifício comercial. Faça uma análise da sua curva de distribuição luminosa.

Figura | Curva de Distribuição Luminosa da lâmpada AR111 REFLETORA DIMERIZÁVEL - 8 GRAUS



Fonte: <http://www.brilia.com/media/wysiwyg/Expert/AR111_REFLETORA_8GRAUS/AR111_REFLETORA_DIMERIZA_VEL_-_8_GRAUS_430224-curva.png>. Acesso em: 9 fev. 2017.

Obs.: cada circunferência representa 100 cd.

Com base na equação dada a seguir, realize o cálculo da intensidade luminosa considerando uma lâmpada de fluxo luminoso de 500 lumens e ângulo de 10°, e assinale a alternativa correta.

$$I_x = \left(\frac{C}{1000} \right) \cdot n \cdot L$$

- a) 50 candelas.
- b) 100 candelas.
- c) 150 candelas.
- d) 200 candelas.
- e) 250 candelas.

3.

Equação | Cálculo de iluminância em método ponto a ponto (luminárias) para um ponto que faz ângulo em relação à perpendicular do plano a ser iluminado

$$E = \left(\frac{Ix}{d^2} \right) \cdot \cos^3 \alpha$$

Onde:

E – Iluminância (lux).

Ix – Intensidade luminosa no ponto escolhido (candela).

d – Distância da luminária ao ponto iluminado (metro).

α – Ângulo em relação à perpendicular do plano iluminado.

Considerando a equação apresentada, calcule a iluminância com Ix = 100 candelas, para intensidade luminosa com 1,5 metros de distância da luminária ao ponto iluminado e ângulo de 10°. Assinale a alternativa correta para o valor resultante do cálculo de iluminância.

- a) 221 lux.
- b) 154 lux.
- c) 111 lux.
- d) 68 lux.
- e) 42 lux.

Seção 3.3

Cálculo de iluminação geral – método das eficiências

Diálogo aberto

Na Seção 1 desta unidade, você viu uma introdução ao cálculo de iluminâncias, com a apresentação de novas grandezas fotométricas e dos fatores de desempenho (todos esses necessários para a realização das sequências de cálculos luminotécnicos), uma explicação de como calcular o pé-direito útil de um ambiente, as etapas básicas de um projeto luminotécnico, assim como a sequência lógica de cálculos, uma orientação de como posicionar corretamente as luminárias em uma sala e uma introdução à discussão sobre análise de viabilidade técnica de diferentes sistemas de iluminação.

Na Seção 2 desta unidade foi apresentado o cálculo de iluminação pelo método ponto a ponto, com uma introdução, procedimentos, lâmpadas refletoras e luminárias. O método ponto a ponto pode ser usado para o cálculo de iluminação dirigida. Dessa forma, falta aprendermos o cálculo de iluminação geral para finalizarmos esta unidade.

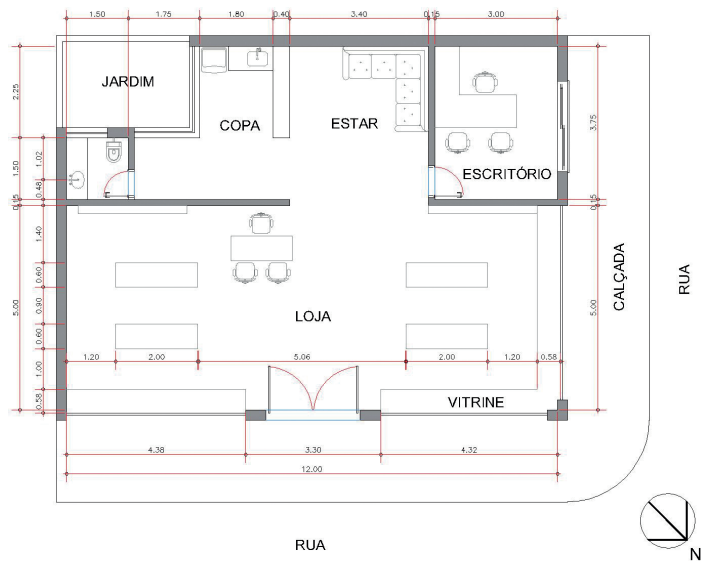
Nesta seção, você aprenderá a realizar o cálculo de iluminação geral pelo método das eficiências. Algumas orientações gerais e o embasamento sobre as grandezas utilizadas neste método foram abordadas na Seção 1 desta unidade.

Lembre-se de que no contexto de aprendizagem da unidade é colocado em questão as características espaciais do ambiente que devem ser consideradas para um cálculo de iluminação, as características das lâmpadas e a necessidade de outros equipamentos para o projeto de iluminação.

Você deverá realizar o cálculo de iluminação geral (método das eficiências) para a sala do escritório (considerando a planta do ambiente sugerido na disciplina – Figura 2.1). Considere o pé-direito de 3,00 m e a altura do plano de trabalho de 0,80 m. Qual é a quantidade de lâmpadas resultante? Qual é a iluminância alcançada?

Atente que a iluminância alcançada deve ser próxima da iluminância planejada que, por sua vez, deve ser consultada na NBR 5413 (está sendo recomendado o uso desta, pois a ISO 8995-1 não apresenta com clareza os valores para os ambientes que estamos trabalhando para este projeto).

Figura 2.1 | Planta da loja/escritório para a qual deverá ser elaborado o projeto luminotécnico



PLANTA
SEM ESCALA

Fonte: elaborada pela autora.

Não pode faltar

Cálculo de iluminação geral (método das eficiências)

Quando falamos de cálculo de iluminação geral logo pensamos: qual é a sequência que devo seguir para obter o resultado que preciso? A sequência básica tem três etapas: a escolha da lâmpada adequada, a escolha da luminária adequada e o cálculo da quantidade de luminárias. Para realizar o cálculo da quantidade de luminárias é necessário chegar à iluminância média (E_m) exigida por norma.



Quais seriam os dados básicos necessários para serem levantados antes de se iniciar os cálculos luminotécnicos?

A Osram ([s.d.]) traz em seu manual uma orientação em relação aos dados que devem ser levantados e planejados previamente ao cálculo da quantidade de luminárias, os quais se apresentam na sequência. Antes de iniciar os cálculos luminotécnicos é preciso ter informações precisas do local, como plantas e cortes, e as dimensões físicas do recinto (comprimento, largura, pé-direito e altura do plano de trabalho). É preciso também saber os tipos de atividades desenvolvidas no ambiente, os objetivos da iluminação, os materiais de construção e equipamentos (teto, paredes, piso, mobiliário e presença ou não de ar-condicionado central) e as características do fornecimento de energia elétrica (tensão, custo de kWh, localização do acendimento individualizado e pontos de energia).

Além dos dados básicos, há algumas bases conceituais que devem ser estabelecidas pelo projetista previamente ao cálculo. Essas bases conceituais resultam em valores que podem ser inseridos no cálculo pela sequência demonstrada na Quadro 3.4, que sistematiza os cálculos de iluminação geral pelo método das eficiências, sugerida pela Osram ([s.d.]), dividido em cinco partes:

- Descrição do ambiente: medidas do ambiente.
- Características da iluminação.
- Lâmpadas e luminárias.
- Cálculo de controle.
- Consumo da instalação.

Quadro 3.4 | Cálculo de iluminação interna – método das eficiências

Empresa:		Obra:			
Recinto:		Atividade:			
Projetista:		Data:			
Descrição do ambiente	01	Comprimento	a	M	
	02	Largura	b	m	
	03	Área $A = a \cdot b$		m^2	
	04	Pé-direito	H	m	
	05	Pé-direito Útil $h = H - h_{pl.tr} - h_{pend}$		m	

Descrição do ambiente	06	Índice do recinto $K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$		
	07	Fator de depreciação	Fd	
	08	Coeficiente de reflexão	Teto	
	09	Coeficiente de reflexão	Paredes	
	10	Coeficiente de reflexão	Piso	
Características da iluminação	11	Iluminância planejada		lx
	12	Tonalidade ou temperatura de cor		K
	13	Índice de reprodução de cores		IRC
Lâmpadas de Luminárias	14	Tipo de lâmpada		
	15	Fluxo luminoso de cada lâmpada φ		lm
	16	Lâmpadas por luminária	z	unid
	17	Tipo da luminária		
	18	Fator de fluxo luminoso		
	19	Grupo da luminária (tab. Efic. Recinto)		
	20	Eficiência da luminária η_L		
	21	Eficiência do recinto η_R		
	22	Fator de utilização $Fu = \eta_L \cdot \eta_R$		
	23	Quantidade de lâmpadas $n = \frac{E_m \cdot A \cdot Fd}{\varphi \cdot Fu \cdot BF}$		unid
	24	Quantidade de luminárias $N = n / z$		unid
Cálculo de Controle	25	Quantidade de luminárias na instalação N_i		unid
	26	Iluminância alcançada $E = \frac{z \cdot N_i \cdot \varphi \cdot Fu \cdot BF}{A \cdot Fd}$		lx
Consumo da instalação	27	Potência total instalada $P_t = n_i \cdot W^* / 1000$		kW
	28	Densidade da potência $D = P_t \cdot 1000 / A$		W/m ²
	29	Densidade da potência relativa $D_r = D \cdot 100 / E$		W/m ² p/100 lx

*W = Potência do conjunto lâmpada + acessório (consultar catálogo Osram para obter valores orientativos).

*BF = Fator de fluxo luminoso do reator (considerar este valor no caso de utilização de lâmpadas de descarga).

Fonte: Osram ([s.d.], p. 26).

Quais são os fatores de influência na qualidade da iluminação? Inicialmente, devemos consultar o nível de iluminância adequado (item 11 do Quadro 3.4) na norma NBR-5413, que servirá como parâmetro para determinação da quantidade de luminárias no cálculo. Também deve ser definido o fator de depreciação (Fd) da lâmpada (item 7 do Quadro 3.4), que depende da manutenção que o sistema luminotécnico terá.



Assimile

Quando se tratar de um ambiente em que as luminárias serão limpas regularmente e as lâmpadas trocadas regularmente, considera-se uma boa manutenção (como em escritórios), que leva a uma depreciação de 20% e um valor de $F_d=1,25$. Quando esses cuidados não são adotados, caracteriza-se uma má manutenção do sistema (como em galpões industriais, garagens, etc.), e considera-se uma depreciação de 40%, o que corresponde a um $F_d=1,67$.

Os valores do índice do recinto (K, item 6 do Quadro 3.4) e dos coeficientes de reflexão para piso, paredes e teto (itens 8, 9 e 10 do Quadro 3.4) serão utilizados para se definir, por meio da consulta em tabela dentro de catálogos de fabricantes, o valor do fator de utilização (F_u , item 22 do Quadro 3.4) da luminária, caso ele não seja calculado conforme consta no Quadro 3.4.



Assimile

O índice do recinto refere-se às dimensões do local, é dado pela Equação 3.4 para iluminação direta e pela Equação 3.5 para iluminação indireta.

Equação 3.4 | Índice do recinto para iluminação direta

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

Equação 3.5 | Índice do recinto para iluminação indireta

$$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot h'(a + b)}$$

Sendo:

K: índice do recinto.

a: comprimento.

b: largura.

h: pé-direito útil.

h': distância do teto ao plano de trabalho.



A Osram ([s.d.]) traz um exemplo dessa tabela de fator de utilização da luminária na Figura 3.17.

Figura 3.17 | Exemplo de tabela de fator de utilização de luminária teto/parede/piso

K	751	731	711	551	531	511	331	311
0,6	0,32	0,28	0,26	0,31	0,28	0,26	0,28	0,25
0,8	0,39	0,36	0,33	0,39	0,35	0,33	0,35	0,35
1,0	0,44	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38
1,25	0,48	0,45	0,43	0,47	0,45	0,42	0,44	0,42
1,5	0,51	0,48	0,45	0,49	0,47	0,45	0,46	0,45
2,0	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49
2,5	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51
3,0	0,57	0,55	0,54	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52
4,0	0,58	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,53	0,54
5,0	0,60	0,58	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55

 Fator de utilização

Fonte: adaptado de Osram ([s.d.], p. 9).

A interpretação dos números acima da tabela diz respeito à porcentagem do coeficiente de reflexão do teto/parede/piso. Por exemplo: 551 quer dizer 50% de reflexão do teto, 50% da parede e 10% do piso.

Aspectos qualitativos também devem ser pensados previamente aos cálculos, como a questão da limitação do ofuscamento, uma proporção harmoniosa entre as luminâncias e os efeitos de luz e sombra. Neste momento deve ser definida também a temperatura de cor da luz, em Kelvin (rever o conteúdo da Unidade 2 e o item 12 do Quadro 3.4) e o índice de reprodução de cores (consultar o Quadro 2.1 e o item 13 do Quadro 3.4).

Devemos nos atentar ao fato de que a escolha da lâmpada implica em maior ou menor sobrecarga no sistema de ar-condicionado por causa das diferenças de emissão de calor. As lâmpadas incandescentes emitem mais calor em relação às lâmpadas fluorescentes e às de LED (mais recomendadas). Em

relação à acústica, deve-se prever a emissão de algum ruído que as lâmpadas fluorescentes e seus respectivos reatores podem gerar. Neste caso, pode ser previsto o uso de algum material absorvente no forro onde as luminárias estão instaladas para não prejudicar a atividade desenvolvida no ambiente.

Chegamos no momento de escolher a lâmpada (item 14 do Quadro 3.4). Para isso, tome por base o tipo de lâmpada mais indicado para a função solicitada pelo ambiente e seus efeitos e pelos valores planejados para a temperatura de cor e para o índice de reprodução de cor, além do fluxo luminoso (item 15 do Quadro 3.4), os quais podem ser consultados no catálogo do produto.

Na escolha da luminária (item 17 do Quadro 3.4), atente à quantidade de lâmpadas que ela comporta, preenchendo no item 16 do Quadro 3.4. O F_u indica a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto, pois avalia o fluxo luminoso final (útil) que incide sobre o plano de trabalho (OSRAM, [s.d.], p. 8). Desta forma, o F_u é resultante do produto da eficiência da luminária (η_L) e da eficiência do recinto (η_R) (itens 20 e 21 do Quadro 3.4). O item 24 fecha a parte de cálculos de lâmpadas e luminárias com o cálculo da quantidade de lâmpadas (Equação 3.6).

Equação 3.6 | Cálculo da quantidade de lâmpadas

$$n = \frac{E_m \cdot A \cdot F_d}{\varphi \cdot F_u \cdot BF}$$

Sendo:

n: quantidade de lâmpadas.

E_m : iluminância planejada.

A: área.

F_d : fator de depreciação.

φ : fluxo luminoso de cada lâmpada.

F_u : fator de utilização.

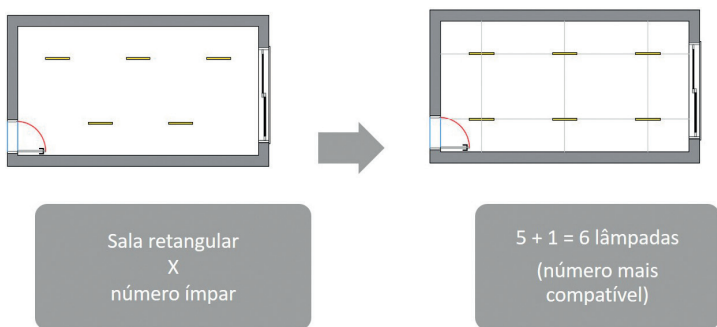
BF: fator de fluxo luminoso (somente para lâmpada de descarga).

O BF que consta nessa equação trata-se do fator de fluxo luminoso (BF, em %), desempenho do reator que opera em lâmpadas de descarga. Este desempenho é obtido através da equação: $BF = \text{fluxo luminoso obtido} / \text{fluxo luminoso nominal}$. Caso não utilize

lâmpadas de descarga, desconsidere esse fator na equação.

Entretanto, o número resultante desse cálculo pode não ser o número final de lâmpadas a ser utilizado no projeto luminotécnico. O número resultante de lâmpadas pelo cálculo também pode não ser o mais interessante e compatível para uma distribuição equilibrada de luminárias no ambiente. Dessa forma, adota-se um número de lâmpadas que seja mais compatível com a forma do ambiente, conforme mostra a Figura 3.18.

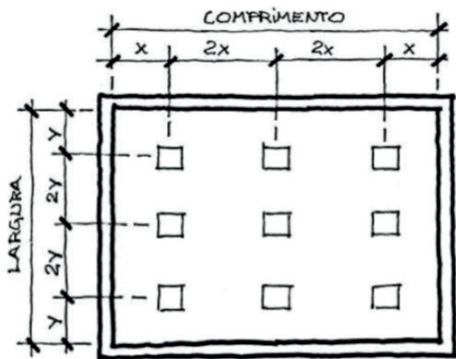
Figura 3.18 | Modelo de adequação do número de lâmpadas resultante do cálculo para a forma do ambiente



Fonte: elaborada pela autora.

Quanto à disposição, existe uma forma mais adequada de organizar as luminárias, conforme foi mostrado na Figura 3.6 da Seção 1 desta unidade. O ideal é que a distância entre as luminárias ($2x$; $2y$) seja o dobro da distância delas em relação às paredes laterais (x ; y). Verifique um outro exemplo na Figura 3.19.

Figura 3.19 | Planta esquemática com exemplo de distribuição de 9 luminárias



Fonte: Galvão (2016, p. 120).

Após a definição do número final de lâmpadas e, portanto, de luminárias (item 25 do Quadro 3.4), é realizado o cálculo de controle para a obtenção da iluminância alcançada (item 26 do Quadro 3.4) pela Equação 3.7.

Equação 3.7 | Iluminância Alcançada no cálculo de controle (lux)

$$E = \frac{z \cdot N_i \cdot \varphi \cdot Fu \cdot BF}{A \cdot Fd}$$

Sendo:

E: iluminância alcançada.

z: lâmpadas por luminária.

Ni: quantidade de luminárias na instalação.

φ : fluxo luminoso de cada lâmpada.

Fu: fator de utilização.

BF: fator de fluxo luminoso (somente para lâmpada de descarga).

A: área.

Fd: fator de depreciação.

Segundo Galvão (2016), existe uma tolerância para o valor da iluminância alcançada, a qual deve ficar entre 80% e 120% da iluminância planejada.

Por fim, é calculado o consumo da instalação, obtendo-se a potência total instalada (item 27 do Quadro 3.4), a densidade da potência (item 28 do Quadro 3.4) e a densidade da potência relativa (item 29 do Quadro 3.4). As equações são simples, encontram-se no próprio Quadro 3.4, e, além disso, serão melhor explicadas na Unidade 4 - Seção 3, que tem como título *Detalhamento, orçamento e especificação técnica de projeto de iluminação*.



Pesquise mais

Assista o vídeo a seguir que dá uma breve explicação sobre a diferença entre luminância e iluminância. Boa aula!

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=D_iejq0bpwU>.

Acesso em: 7 fev. 2017.

Sem medo de errar

Você conseguiu realizar o cálculo completo de iluminação geral para o escritório, considerando o pé-direito de 3,00 m e a altura do plano de trabalho de 0,80 m?

Como não há uma única resposta possível, pois não se trata apenas de cálculos, mas de projetos e escolhas, é apresentada a seguir o **exemplo** de uma sequência de cálculos. As linhas destacadas em cinza representam as mais importantes para a obtenção dos resultados.

Quadro 3.5 | Resultados

1	Comprimento	a	3,75	m
2	Largura	b	3,00	m
3	Área	$A = a.b$	11,25	m ²
4	Pé-direito	H	3,00	m
5	Pé-direito útil	h	2,20	m
6	Índice do recinto	K	0,76	
7	Fator de depreciação	Fd	1,25	
8	Coefficiente de reflexão do teto		0,70	
9	Coefficiente de reflexão das paredes		0,50	
10	Coefficiente de reflexão do piso		0,20	
11	Iluminância planejada	Em	1000,00	lx
12	Tonalidade ou temperatura de cor		branca fria	K
13	Índice de reprodução de cores		85	IRC
14	Tipo de lâmpada	LED tub. T8		
15	Fluxo luminoso da lâmpada	Φ	4700,00	lm
16	Lâmpadas por luminária	z	2,00	unid
17	Tipo da luminária	chapa de aço c/ refletor e aletas		
18	Fator de fluxo luminoso		1,00	
19	Grupo da luminária (tab. Efic. Recinto)		-	
20	Eficiência da luminária		-	
21	Eficiência do recinto		-	
22	Fator de utilização	Fu	0,40	
23	Quantidade de lâmpadas	n	7,48	unid.
24	Quantidade de luminárias	N	3,74	unid.

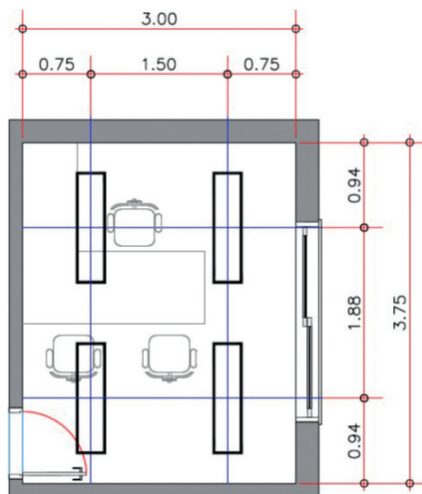
25	Quantidade de luminárias na instalação	Ni	4,00	unid.
26	Iluminância alcançada	E	1069,51	lx
27	Potência total instalada	Pt	0,30	kW
28	Densidade da potência	D	26,67	W/m ²
29	Densidade da potência relativa	Dr	2,49	W/m ² p/100 lx

Fonte: elaborado pelo autora.

Observe que a quantidade de luminárias na instalação (4) foi adotada como o arredondamento para mais a partir da quantidade de luminárias resultantes do cálculo (3,74). A iluminância alcançada está dentro do aceitável, pois ficou bem próximo do valor da iluminância planejada, dentro da faixa de 80% a 120% da iluminância planejada.

Veja o exemplo de apresentação da planta com a disposição das luminárias, resultantes do cálculo realizado acima, na Figura 3.20.

Figura 3.20 | Exemplo de apresentação de planta com disposição das luminárias



Fonte: elaborada pela autora.

Além da planilha de cálculos e da planta com a disposição das luminárias (quantidade resultante do cálculo), cada aluno deve também apresentar as especificações da lâmpada e luminária. Neste exemplo, essas informações foram omitidas para não haver favorecimento de qualquer tipo ou marca de lâmpada e luminária.



- Antes de iniciar os cálculos luminotécnicos, selecione a lâmpada e luminária em catálogos de fabricantes conhecidos, que tenha todas as informações solicitadas relacionadas à lâmpada (temperatura de cor, índice de reprodução de cores, tipo de lâmpada e fluxo luminoso) e à luminária (tipo da luminária, quantidade de lâmpadas por luminária, eficiência da luminária, fator de utilização e potência do conjunto lâmpada e acessório).
- Imprima o Quadro 3.4 desta seção e use de base para os cálculos.
- Tenha em mente que você pode acabar fazendo mais de uma sequência de cálculos (uma para cada tipo diferente de lâmpada e luminária) para depois resolver qual sistema de iluminação é mais interessante de se adotar.

Avançando na prática

Novo cálculo de iluminação geral

Descrição da situação-problema

Considere para um ambiente de 4 m x 5 m, as condições descritas pelo Quadro 3.2. Resolva a os cálculos de Quantidade de Lâmpadas (n), Quantidade de Luminárias (N), Quantidade de Luminárias na Instalação (N_i) e Iluminância Alcançada (E), completando-se os itens nº 23, 24, 25 e 26 deste quadro.

Quadro 3.6 | Novo cálculo de iluminação geral

1	Comprimento	a	5,00	m
2	Largura	b	4,00	m
3	Área	$A = a \cdot b$	20,00	m^2
4	Pé-direto	H	3,00	m
5	Pé-direto útil	h	2,20	m
6	Índice do recinto	K	1,01	
7	Fator de depreciação	Fd	1,25	
8	Coeficiente de reflexão do teto		0,70	
9	Coeficiente de reflexão das paredes		0,50	
10	Coeficiente de reflexão do piso		0,20	

11	Iluminância planejada	Em	500,00	lx
12	Tonalidade ou temperatura de cor		-	K
13	Índice de reprodução de cores		-	IRC
14	Tipo de lâmpada	-		
15	Fluxo luminoso da lâmpada	ϕ	3000,00	lm
16	Lâmpadas por luminária	z	2,00	unid
17	Tipo da luminária	chapa de aço c/ refletor e aletas		
18	Fator de fluxo luminoso		1,00	
19	Grupo da luminária (tab. Efic. Recinto)			
20	Eficiência da luminária			
21	Eficiência do recinto			
22	Fator de utilização	Fu	1,00	
23	Quantidade de lâmpadas	n		unid.
24	Quantidade de luminárias	N		unid.
25	Quantidade de luminárias na instalação	Ni		unid.
26	Iluminância alcançada	E		lx

Fonte: elaborado pela autora.

Resolução da situação-problema

Os resultados dos cálculos que foram solicitados são:

Quadro 3.7 | Novo cálculo de iluminação geral

23	Quantidade de lâmpadas	n	4,17	unid.
24	Quantidade de luminárias	N	2,08	unid.
25	Quantidade de luminárias na instalação	Ni	2,00	unid.
26	Iluminância alcançada	E	480,00	lx

Fonte: elaborado pela autora.

Faça valer a pena

1. Imagine uma sala de jantar com um pé-direito de 2,80 m, a mesa de jantar com altura de 0,75 m e a luminária pendente de 1,20 m.

Utilize a equação a seguir.

$$h = H - h_{pl.tr} - h_{pend}$$

Sendo:

h = pé-direito útil.

H = pé-direito.

$h_{pl.tr}$ = altura do plano de trabalho.

h_{pend} = altura da luminária pendente.

Assinale a alternativa que corresponde ao valor do pé-direito útil.

- a) 2,05 m.
- b) 1,95 m.
- c) 1,60 m.
- d) 0,85 m.
- e) 0,75 m.

2. Verifique o quadro a seguir do fator de utilização de uma luminária. Analise os dados considerando os coeficientes de reflexão de teto/parede/piso de 70%, 50% e 30% respectivamente, e o valor de K de 1,25.

Quadro | Fator de utilização – luminária TCK 431 – 2 x TLTRS 110W

Fator de área K	80			70			50		20		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0,60	0,38	0,36	0,30	0,37	0,36	0,31	0,29	0,25	0,29	0,25	0,24
0,80	0,47	0,44	0,37	0,46	0,43	0,38	0,37	0,32	0,36	0,32	0,30
1,00	0,54	0,50	0,44	0,53	0,49	0,45	0,43	0,38	0,42	0,38	0,36
1,25	0,61	0,56	0,50	0,59	0,55	0,52	0,48	0,44	0,48	0,44	0,42
1,50	0,66	0,60	0,54	0,65	0,59	0,58	0,53	0,49	0,52	0,49	0,47
2,00	0,74	0,66	0,62	0,72	0,65	0,66	0,60	0,56	0,59	0,56	0,54
2,50	0,80	0,70	0,66	0,78	0,70	0,72	0,64	0,61	0,63	0,60	0,58
3,00	0,84	0,73	0,70	0,81	0,72	0,76	0,68	0,65	0,66	0,64	0,62
4,00	0,89	0,77	0,74	0,86	0,76	0,82	0,72	0,69	0,70	0,68	0,66
5,00	0,92	0,79	0,76	0,89	0,78	0,85	0,74	0,72	0,73	0,71	0,69

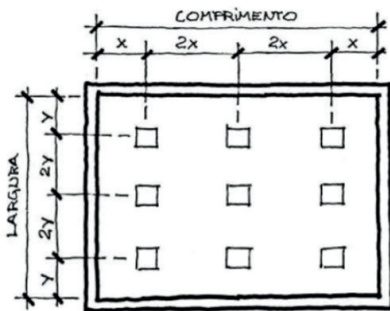
Fonte: adaptado de <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAg_n_UAF-15.jpg>. Acesso em: 7 fev. 2018.

Assinale a alternativa que contém o valor do fator de utilização desta luminária para as condições descritas.

- a) 0,59.
- b) 0,55.
- c) 0,53.
- d) 0,52.
- e) 0,49.

3. Para a disposição correta das luminárias, existem algumas recomendações. O ideal é que a distância entre as luminárias ($2x$ e $2y$) seja o dobro da distância delas em relação às paredes laterais (x e y), conforme a figura a seguir

Figura | Planta esquemática com exemplo de distribuição de 9 luminárias



Fonte: Galvão (2016, p. 120).

Considere um ambiente de 4,00 m de comprimento, 3,20 m de largura e 9 luminárias quadradas para dispor.

Se x é a medida adotada para o comprimento do ambiente e y para a largura, assinale a alternativa com os valores corretos para x e y , respectivamente, para a correta disposição das luminárias conforme as recomendações e condições descritas.

- a) 1,32 m e 1,06 m.
- b) 1,06 m e 1,32 m.
- c) 1,00 m e 0,80 m.
- d) 0,66 m e 0,53 m.
- e) 0,53 e 0,66 m.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

GALVÃO, Walter José Ferreira. **Fundamentos de conforto ambiental para aplicação no projeto de arquitetura**: conforto térmico, acústica arquitetônica e luminotécnica. São Paulo: Ed. do Autor, 2016.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático**. Osasco: Osram. [s.d].

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação**: simplificando o projeto. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2009.

Projeto luminotécnico

Convite ao estudo

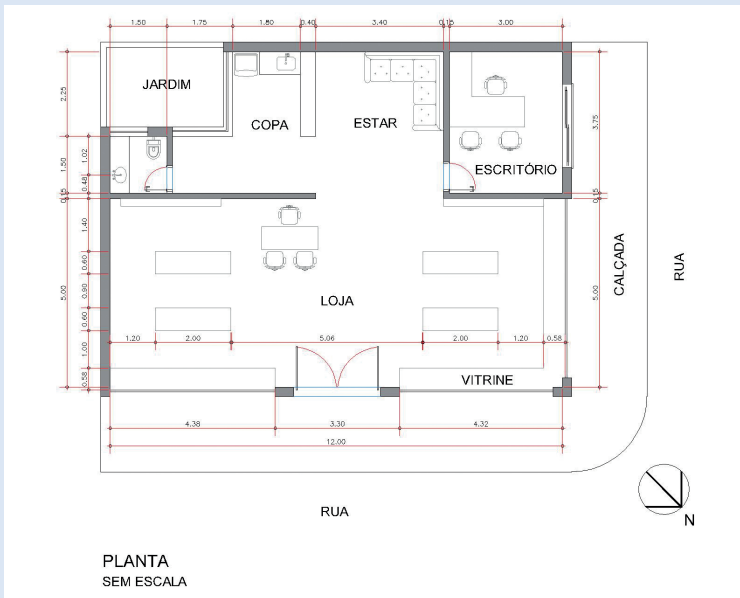
Estamos iniciando a Unidade 4, que finalizará este livro com uma parte importante do projeto luminotécnico: apresentação, representação e detalhamento.

Os cálculos luminotécnicos já foram resolvidos, agora chega o momento de apresentarmos o projeto básico ao cliente e o projeto executivo com o detalhamento à equipe de profissionais, que ficará responsável pela instalação dos equipamentos e pela obra.

Uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) precisa de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento que contemple: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. A Figura 4.1 mostra a planta desses ambientes.

A empresa pode, neste momento, contar com a apresentação dos projetos de iluminação para seus ambientes interiores. Ao final desta unidade, você deverá apresentar o projeto luminotécnico completo ao seu cliente. Quais são os resultados quantitativos que você obteve nos cálculos de iluminação? Qual é o resultado qualitativo do projeto luminotécnico que você irá apresentar ao seu cliente?

Figura 4.1 | Planta da loja-escritório para a qual deverá ser elaborado o projeto luminotécnico



Fonte: elaborada pela autora.

O projeto luminotécnico pode ser apresentado de uma forma mais esquemática, com ilustrações feitas à mão ou simulações por programas de computador, para que fique em uma linguagem mais acessível e possa ser detalhado de uma maneira mais elucidativa a outros profissionais. Ele também deve ser representado de uma forma técnica, com medidas, escala e simbologias, para que todos os profissionais envolvidos na instalação dos equipamentos de iluminação e acessórios e materiais complementares ao sistema possam se comunicar e executar o que foi planejado de forma fiel.

Vamos iniciar nossos estudos?

Seção 4.1

Projeto de iluminação de interiores

Diálogo aberto

Neste momento, com o conhecimento adquirido pelas unidades anteriores, já existe um amadurecimento em encarar as questões ligadas diretamente ao processo de projeto luminotécnico.

Na unidade anterior você já deve ter concluído o cálculo luminotécnico para todos os ambientes da planta, que foi fornecida na Seção 2.1. A unidade anterior abordava os métodos de cálculo luminotécnico, tanto para cálculo de iluminação geral quanto para iluminação dirigida, por meio da explicação mais detalhada da sequência de cálculos e apresentação das equações utilizadas.

Nesta seção serão abordadas as etapas de projeto luminotécnico, as principais questões que devem ser consideradas em um projeto de iluminação e a forma de apresentação. Essas questões envolvem o profissional que trabalhará com o projeto luminotécnico desde o início do projeto até seu término.

Ao final desta unidade, você deverá apresentar o projeto luminotécnico completo ao seu cliente. Quais são os resultados quantitativos que você obteve nos cálculos de iluminação? Qual é o resultado qualitativo do projeto luminotécnico que você irá apresentar ao seu cliente?

Imagine que neste momento seu escritório de design de interiores está a todo vapor com o projeto luminotécnico para o qual você foi contratado. Você deverá apresentar uma prévia do projeto de iluminação ao seu cliente. Aplique os conhecimentos adquiridos para a elaboração do seu projeto de iluminação interiores. Quais são os aspectos importantes para se analisar em um projeto de iluminação de interiores? Como você irá apresentar esse projeto básico de iluminação ao seu cliente?

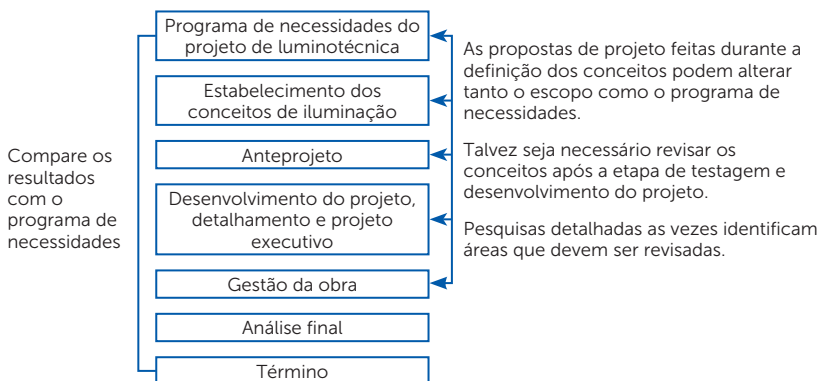
Elaboração do projeto de iluminação de interiores

O projeto de luminotécnica começa pela definição do programa de necessidades, apresentado pelo cliente. Este, com o auxílio de um projetista, responsável por um estudo de viabilidade, buscará as melhores soluções para o projeto. O importante é que neste processo exista a participação de ambos, cliente e projetista.

Ao final, o projeto deve atender ao programa de necessidades, apresentado pelo cliente, e ter uma linguagem projetual que permita o entendimento dos desenhos pelo executor.

A Figura 4.2 mostra um fluxograma do processo de projeto luminotécnico, que não se trata de um processo linear. Este fluxograma é definido por Innes (2014).

Figura 4.2 | Processo de projeto luminotécnico



Fonte: adaptada de Innes (2014, p. 126).

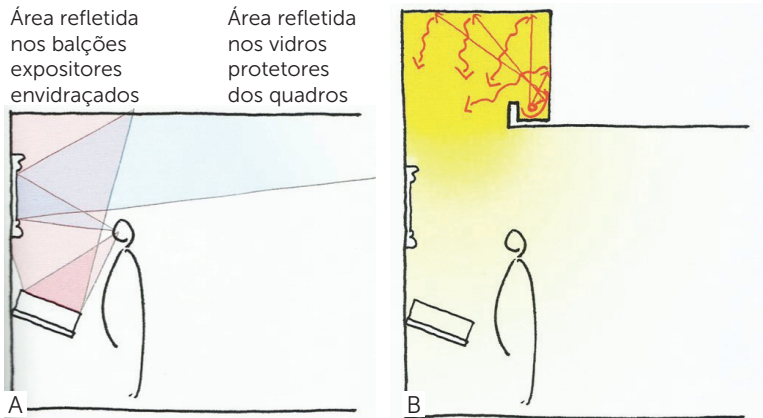
Quando já temos um sistema de iluminação existente, o ideal é que se faça um levantamento dos equipamentos que são utilizados e o seu gasto atual com energia e manutenção. Desta forma, será possível fazer um comparativo entre o sistema de iluminação existente e o que está sendo proposto.

A etapa do **anteprojeto** é considerada a mais criativa. Nela são definidos os conceitos do projeto e podem ser exploradas várias formas de apresentação, a fim de facilitar a comunicação de ideias entre os profissionais (membros da equipe) e o cliente. A representação gráfica utilizada, portanto, deve ser clara e atraente.



A representação esquemática em corte, Figura 4.3(a), em forma de croqui, mostra o desafio da iluminação que precisa ser vencido, como a reflexão causada pelo vidro protetor das pinturas e a solução encontrada para evitar o reflexo do vidro, apresentado na Figura 4.3(b).

Figura 4.3 | Croquis em cortes esquemáticos da iluminação em um museu



Fonte: Innes (2014, p. 101).

Essas representações definiram alguns conceitos do projeto da galeria de arte do Museu de Vida e Arte Religiosa de Saint Mungo, Glasgow, Reino Unido, conforme vemos na Figura 4.4.

Figura 4.4 | Museu de Vida e Arte Religiosa de Saint Mungo, Glasgow, Reino Unido

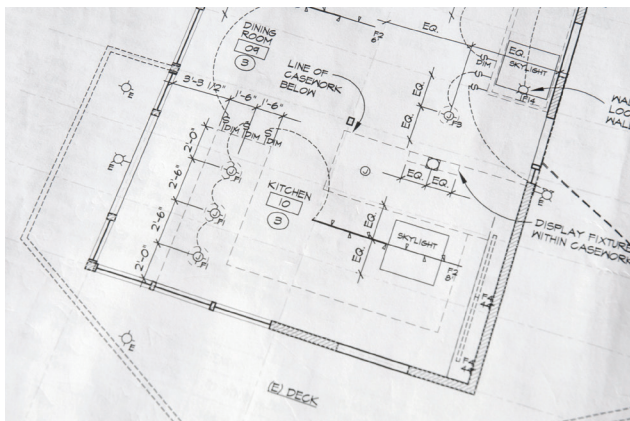


Fonte: Innes (2014, p. 100).

Após a etapa do anteprojeto, temos a etapa do **projeto executivo**, fase em que são elaborados a proposta final, os desenhos executivos, os detalhes e as especificações que serão utilizados para contrato com as empresas que irão executar a obra.

Em projetos luminotécnicos executivos são utilizados símbolos, legendas e cores (às vezes) para distinguir as luminárias e os equipamentos de iluminação na representação, conforme mostra a Figura 4.5.

Figura 4.5 | Planta com simbologias utilizadas para a representação de instalações elétricas



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/casa-modelo-de-remodelação-de-uma-cozinha-plano-elétricos-gm104292111-12465832>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

Na etapa de **execução**, o projetista deve estar disponível para esclarecer as eventuais dúvidas que venham a surgir durante a instalação dos materiais e sobre os equipamentos especificados. As visitas à obra durante esta etapa devem ser previstas, de forma a evitar erros ou quaisquer outros tipos de problema.

Aspectos importantes para análise de projeto de iluminação de interiores

Antes de partirmos para as recomendações de formas para se apresentar e representar um projeto luminotécnico, é importante nos atentarmos para os aspectos de análise de projeto de iluminação de interiores. Além de obedecer às normas, proporcionando segurança, melhoria de desempenho e conforto, o projeto luminotécnico deve também visar uma maior eficiência energética.

Além de nos basearmos em normas e recomendações de iluminação mais apropriadas para cada tipo de ambiente, podemos também submeter esse projeto a uma certificação de eficiência em consumo de energia, como foi anteriormente citado, como o selo PROCEL Edifica, o LEED, etc.

Além disso, é muito importante considerar a entrada de **luz natural** no ambiente interior, pois esta proporciona maior conforto luminoso no período diurno e colabora com a redução dos gastos com energia elétrica. Além disso, o uso consciente e criativo da luz natural pode contribuir para uma ótima ambientação, proporcionar um ambiente mais salubre e criar uma atmosfera ou um sentido específico para o ambiente.

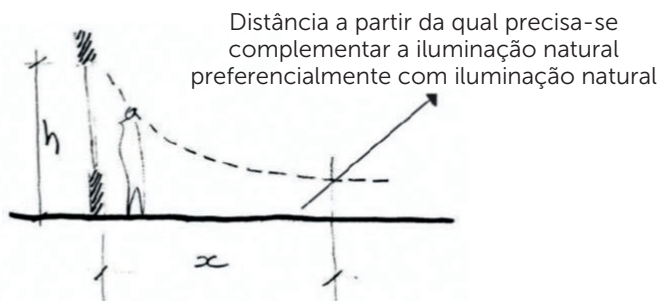
Ao se planejar um ambiente com janelas nas laterais, deve-se imaginar que a luz natural incide naquele ambiente de uma maneira não uniforme, ou seja, o nível de iluminância da luz natural diminui conforme nos afastamos da janela.



Assimile

Conforme mostra a Figura 4.6, a profundidade da eficiência da penetração da luz é dependente da distância entre o piso e a parte superior da abertura, sendo igual a aproximadamente 1,5 a 2 vezes esta altura. Quando a proporção entre as medidas do ambiente não garantir os critérios de desempenho somente com a iluminação unilateral, esta deve ser complementada com aberturas laterais em outras fachadas, com aberturas zenitais ou ainda com iluminação artificial (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

Figura 4.6 | Esboço da profundidade da eficiência da penetração da luz



Fonte: Gonçalves; Vianna; Moura (2011, p. 151).



Exemplificando

Veja na Figura 4.7, um exemplo de integração da luz natural com o sistema artificial de iluminação.

Figura 4.7 | Biblioteca da London School of Economics, Londres. Detalhe da iluminação zenital



Fonte: Gonçalves; Vianna; Moura (2011, p. 223).



Refleta

Você já parou para refletir o quanto de economia de energia se consegue fazendo o uso de luz natural em combinação com a luz artificial? Já pensou em quais são as vantagens da luz natural em relação à luz artificial?



Em edifícios não residenciais, o uso da luz natural, em combinação com a artificial, pode alcançar economias de 30% a 70%, desde que garantido o controle eficiente do sistema e especificação de ponta das suas instalações. Em casas e apartamentos, o potencial de economia de energia é bem menor, porém um bom aproveitamento da luz diurna em geral e dos raios solares diretos exerce um importante e positivo impacto na qualidade dos espaços e vida dos usuários. Projetos desenvolvidos, considerando a busca da luz natural, chegam a alcançar a iluminância requisitada nos interiores de 80% a 90% das horas diurnas do ano, economizando consideráveis quantidades de energia elétrica. (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011, p. 210)

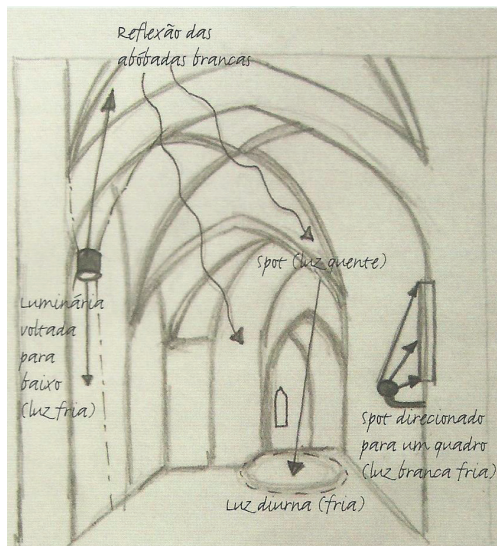
Apresentação de projeto básico de iluminação de interiores

Para a apresentação de projeto um projeto básico de iluminação de interiores, há diversas formas de representação: representações esquemáticas, fotografia, ferramentas computacionais e maquetes. Essas técnicas serão abordadas com maior profundidade na Seção 4.2, a qual também apresentará exemplos de representação técnica de um projeto executivo.

O projeto final deve ser composto pelo projeto luminotécnico, por detalhamentos, orçamentos e especificações técnicas. Essas questões serão melhor detalhadas na Seção 4.3.

As **representações esquemáticas** são uma boa maneira de explicar ideias a outras pessoas de uma forma mais ágil, como a descrição de alguns aspectos mais técnicos, conforme mostra o croqui da Figura 4.8.

Figura 4.8 | Croqui esquemático que identifica a localização das luminárias e a direção e o tipo de luz que elas produzem



Fonte: Innes (2014, p. 141).

As representações esquemáticas são desenhos simplificados em forma de esquema, podendo ser croquis em cortes esquemáticos com uso de cores ou sombras para indicar a difusão da luz de cada luminária e setas para indicar a direção de cada fonte de luz.



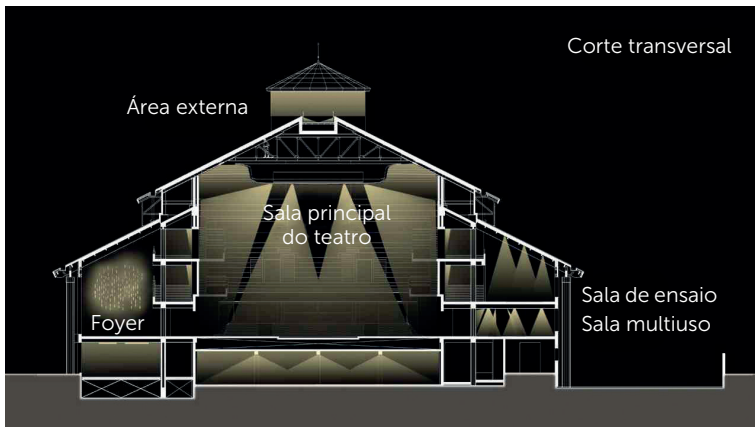
Representações esquemáticas podem ser feitas em planta, corte ou perspectiva, conforme os exemplos das Figuras 4.9 e 4.10.

Figura 4.9 | Exemplo de representação esquemática



Fonte: <<http://oficinadaluz.com.br/como-fazer-uma-boa-iluminacao-em-ambientes-com-e-sem-forro-e-gesso/>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

Figura 4.10 | Projeto de iluminação: Teatro del Lago/LDD – Limari Lighting Design



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-69907/projeto-de-iluminacao-teatro-del-lago-ldd-limari-lighting-design/69907_69914>. Acesso em: 2 abr. 2018.



Leia o artigo a seguir para saber mais sobre iluminação em escritórios:

MOURA, Mariangela de; GONÇALVES, Aldo Carlos de Moura; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. Iluminação de escritórios: apresentação de projeto de iluminação para o IBGE e discussão sobre o uso de LEDs. **PROARQ**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 118-135, jul. 2012. Disponível em: <http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18_IluminacaoEscritorios_MouraGoncalvesMotta.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2018.

Sem medo de errar

Imagine que neste momento você deverá apresentar uma prévia do projeto de iluminação ao seu cliente. Aplicando os conhecimentos adquiridos para a elaboração do seu projeto de iluminação de interiores, responda às seguintes questões:

- Quais são os aspectos importantes para análise e projeto de iluminação de interiores?
- Como você irá apresentar esse projeto básico de iluminação ao seu cliente?

Devem ser analisados: o uso e influência da luz natural presente no ambiente interior para o qual será elaborado o projeto luminotécnico, pois boa parte do dia ela irá contribuir para a redução do consumo energético e conforto luminoso e visual; se a iluminância calculada atende às normas; e se foram atendidas todas as recomendações quanto às necessidades na iluminação para o tipo de ambiente que se está trabalhando.

Como sugestão de como apresentar esse exercício, procure se inspirar nos exemplos de representações esquemáticas fornecidas nesta seção.

Você poderá apresentar, inicialmente, seu projeto básico de iluminação ao seu cliente por meio de representações esquemáticas e croquis em corte ou perspectivas. Podem ser usadas também maquetes físicas (convencionais). Os desenhos mais elaborados ou simulações computacionais devem ser utilizados na etapa do projeto executivo.

Representação esquemática para apresentação do projeto básico de iluminação da sala de estar e copa

Descrição da situação-problema

Até chegar aqui você já deve ter realizado todos os cálculos de iluminação para o seu projeto, definindo as partes em que se utilizará iluminação geral e iluminação dirigida. Imagine que seu cliente lhe solicitou uma perspectiva interna dos ambientes integrados sala e copa, pois é uma área onde ele deseja receber seus clientes, proporcionando maior conforto e descontração para esse ambiente comercial.

Faça um croqui em perspectiva, posicionando as luminárias adequadamente, na quantidade de forma prevista no cálculo de controle e nas posições já predefinidas em planta.

O que deve ser representado nestes desenhos? Quais são as formas de representação e técnicas que podem ser utilizadas? Essas representações precisam, necessariamente, de cores?

Resolução da situação-problema

Trata-se de uma resolução individual, representação gráfica manual de cada aluno em relação ao seu projeto luminotécnico que está sendo proposto na disciplina. O exemplo da Figura 4.11 demonstra uma possível resolução, sendo esta uma representação esquemática exemplo de uma sala de jantar.

Figura 4.11 | Representação de uma perspectiva esquemática de uma sala de jantar



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/vetor/o-design-gm476190579-35711190>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

Verifique que nesses desenhos deve ser representado os móveis, superfícies, texturas, luz e sombra e, principalmente, os equipamentos de iluminação. As representações esquemáticas podem ser feitas em forma de perspectiva, planta ou corte, podendo ser utilizadas diversas técnicas de representação, como o grafite, caneta, lápis de cor, aquarela, etc. Desta forma, as representações não necessitam ter obrigatoriamente cor, mas devem traduzir com o máximo de empenho as intenções de projeto e resultados que se espera alcançar pelo projetista.

Faça valer a pena

1. A definição do programa de necessidades é uma das etapas mais importantes de um projeto luminotécnico. Trata-se da definição das características necessárias para a iluminação de um determinado ambiente, com o nível de iluminância, temperatura de cor e tipo de luz adequados, por exemplo. Além disso, é importante se ter noção dos mobiliários e objetos que compõem esse ambiente, pois isso pode contribuir para a sua elaboração.

Em relação ao programa de necessidades, assinale a alternativa correta.

- É a última etapa do processo de projeto de iluminação.
- Não depende de um estudo de viabilidade.
- É definido somente pelo cliente.
- É um desenho técnico que será lido em obra.
- É um processo que considera a opinião do cliente e do projetista.

2. Segundo Gonçalves, Vianna e Moura (2011), a profundidade da eficiência da penetração da luz é dependente da distância entre o piso e a parte superior da abertura, sendo igual a aproximadamente 2 vezes esta altura. Quando a proporção entre as medidas e o ambiente não garantir os critérios de desempenho somente com a iluminação unilateral, esta deve ser complementada com aberturas laterais em outras fachadas, com aberturas zenitais ou ainda com iluminação artificial.

Desta forma, podemos dizer que a distância entre o piso e a parte superior da abertura para iluminar naturalmente e com eficiência um ambiente com 5 metros de profundidade, sem a necessidade de iluminação artificial, deve ser de, no mínimo:

- a) 1,5 metros.
- b) 2,0 metros.
- c) 2,5 metros.
- d) 3,0 metros.
- e) 3,5 metros.

3. Um projeto luminotécnico é realizado em diversas etapas, assim como um projeto arquitetônico. Ao longo do desenvolvimento do projeto, o projetista em luminotécnica tem diversas formas de se ilustrar o que está planejando, até que se chegue no projeto executivo.

Assinale a alternativa correta.

- a) O anteprojeto trata-se da etapa de estabelecer os conceitos de iluminação.
- b) A definição do programa de necessidades é a segunda coisa a fazer.
- c) O estabelecimento dos conceitos de iluminação é a primeira etapa.
- d) Nenhuma das etapas permite que se revise ou retome o próprio non.
- e) O projeto executivo é a última etapa, antecedendo somente a execução.

Seção 4.2

Representação de projeto de iluminação para ambientes interiores

Diálogo aberto

No cotidiano você irá se deparar com diversas situações que exigirão uma agilidade ou maior domínio de alguma técnica para a representação de seus projetos de interiores. É importante que você saiba algumas das técnicas e ferramentas que geralmente são utilizadas para representar um projeto de iluminação de interiores e que também encontre uma a qual se adapte melhor.

Uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) necessita de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento que contemple: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. A planta desses ambientes consta na Seção 2.1. A empresa para a qual você foi contratado pode, neste momento, contar com a apresentação dos projetos de iluminação para seus ambientes interiores. Ao final desta unidade, você deverá apresentar o projeto luminotécnico completo ao seu cliente. Quais são os resultados quantitativos que você obteve nos cálculos de iluminação? Qual é o resultado qualitativo do projeto luminotécnico que você irá apresentar ao seu cliente?

Neste momento, você deverá trabalhar a representação do projeto luminotécnico para apresentar ao seu cliente. Quais são as peças gráficas (desenhos) que você deverá entregar para seu cliente? Quais são os métodos de iluminação para ambientes interiores?

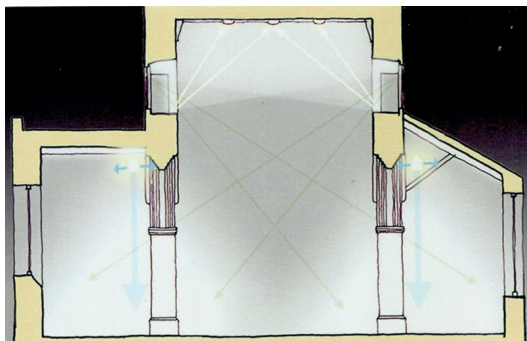
Não pode faltar

Métodos de representação gráfica para projeto luminotécnico de ambientes interiores

Existem diversas formas de representar a percepção da luz ou as intenções quanto ao projeto de iluminação. Recorrer aos métodos digitais pode parecer ser mais fácil e recorrente, porém

não substitui a agilidade e simplicidade das ilustrações feitas à mão, como os **desenhos e croquis**. O desenho feito à mão pode servir como registro de percepção de um ambiente preexistente para sua análise, como a Figura 4.12. O croqui também pode servir muito bem como uma maneira mais rápida e clara de comunicar uma ideia para os demais membros da equipe que está envolvida no projeto luminotécnico.

Figura 4.12 | Croqui de análise da iluminação proposta para uma catedral



Fonte: Innes (2014, p. 144).

É preciso compreender que quase todos os desenhos de arquitetura são com diagramas, ou seja, se utilizam de **representações simplificadas e esquemáticas**. Sejam elas um desenho mais rápido que se realiza para demonstrar ao cliente as primeiras intenções de projeto, ou ainda aquela representação mais técnica, munida de simbologias e diferentes pesos gráficos, para facilitar a comunicação entre os diferentes profissionais envolvidos no projeto.



Assimile

No caso de representações esquemáticas para a luminotécnica, independentemente da técnica escolhida para a representação, as informações mais importantes que devem constar no desenho, ou esquema, são a localização das luminárias e as áreas ou superfícies que elas vão iluminar.

Quando desejamos registrar cenas para analisar a iluminação de uma forma rápida, a **fotografia** é uma boa solução. Ela, entretanto, não chega a registrar uma imagem com a mesma fidelidade que a visão humana, sendo que a elaboração de um croqui acaba se tornando

um processo muito mais rico em percepção da tridimensionalidade, estrutura e padrão de luz de um espaço (INNES, 2014).

Tratando-se de **representações abstratas** e ferramentas computacionais, temos os programas de computador de representação gráfica tridimensional (os que geram as maquetes eletrônicas) e os softwares de simulação de iluminação com base em dados técnicos. Os programas destinados à produção de imagens tridimensionais, ou seja, maquetes eletrônicas, podem até ter plugins que dão noção de luz e sombra, mas é importante saber que não se trata de uma luz resultante de cálculos de luminotécnica precisos. Quando se necessita de uma simulação de iluminação mais precisa, deve-se recorrer aos softwares específicos que irão fornecer os dados fotométricos reais.



Exemplificando

Um exemplo de software de simulação de iluminação com base em dados técnicos é o DIALux, que é um programa de uso profissional amplamente utilizado no mundo e é gratuito. O custo do desenvolvimento do software é arcado pelos fabricantes de equipamentos de iluminação, que fornecem os dados reais ao programa, como os blocos de luminárias e lâmpadas carregadas já com suas propriedades fotométricas. Esse programa é capaz de simular tanto a luz artificial como a natural (separadas ou simultaneamente), fornecendo uma visualização, além de oferecer uma vista tridimensional interna real, com codificação de cores e em isolinhas no plano de uso, representando os níveis de iluminância. Veja um exemplo da imagem interna real na Figura 4.13 e um exemplo de imagem com codificação de cores na Figura 4.14.

Figura 4.13 | Exemplo de simulação de ambiente no software DIALux



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 4.14 | Representação gráfica com codificação de cores (cores falsas) gerada pelo software DIALux



Fonte: elaborada pela autora.

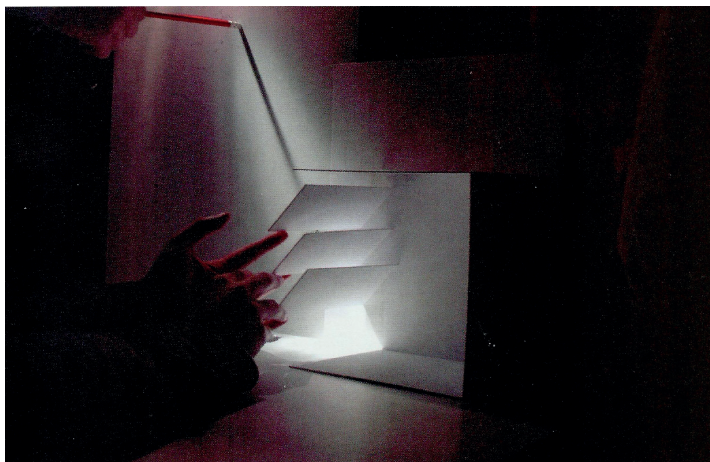
Quando uma edificação que precisa ser iluminada ainda não existe, a maquete eletrônica pode ser muito útil para a tomada de algumas decisões, poupando-se algum tempo, respondendo a algumas perguntas



[...] como quais áreas podem ser iluminadas a partir de determinadas localizações; se os elementos estruturais projetarão sombras; se as luminárias ficarão visíveis do nível do piso ou solo; e se os sistemas de instalação permitem ajustes suficientes para que a focalização das luminárias fique perfeita. (INNES, 2014)

Apesar das maquetes eletrônicas serem mais rápidas de serem criadas, as maquetes convencionais ainda são utilizadas, pois conseguem mostrar resultados de uma forma que a tela do computador não pode; possibilita simular rapidamente simples mudanças, testando novas ideias de uma forma mais ágil; além de oferecerem uma visualização viva com uso de materiais simples. Veja um exemplo de uma maquete de papelão muito simples na Figura 4.15.

Figura 4.15 | Maquete convencional simples de papelão para teste de ideias de iluminação



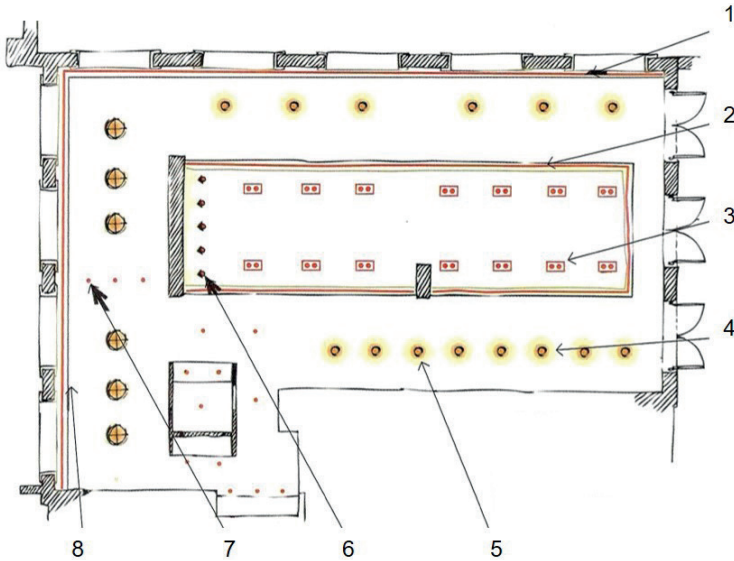
Fonte: Innes (2014, p. 150).

Apresentação e finalização do projeto

Na apresentação final do projeto, o uso de maquetes eletrônicas pode ajudar a elucidar as intenções projetuais quando os cortes e elevações não são suficientes. A apresentação final do projeto luminotécnico, entretanto, não é baseada somente em imagens renderizadas ou plantas totalmente feitas em softwares CAD, podendo, muitas vezes, ser uma composição de informações técnicas e ilustrações mais artísticas. O mais importante é que a apresentação e representação final do projeto luminotécnico possa ser tão completa em informações de forma que a sua execução seja feita exatamente como foi previsto pelo projetista.



Figura 4.16 | Planta do projeto de luminotécnica de um restaurante, sendo indicadas as luminárias necessárias, detalhes dos fabricantes e especificações para instalação

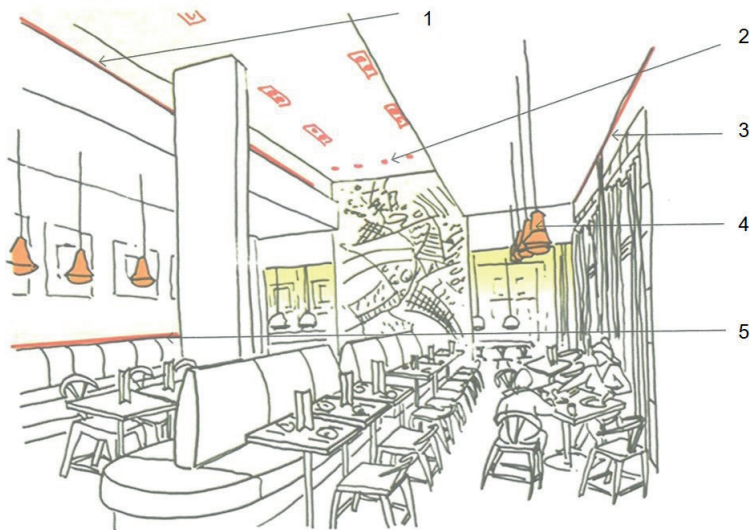


Legenda:

- 1) Sanca de iluminação para banhar toda a cortina com luz.
- 2) Rebaixo no forro para a instalação de luminárias com lâmpadas fluorescentes de cor branca quente.
- 3) Spots embutidos reguláveis e de baixa voltagem.
- 4) Luminárias pendentes decorativas – para os detalhes, consulte as especificações do projetista.
- 5) Nova posição das luminárias pendentes.
- 6) Luminárias banhadoras de parede (wall-washers) para destacar a obra de arte da divisória.
- 7) Nova posição das luminárias voltadas para baixo.
- 8) Sanca de iluminação com módulo de LED de luz branca quente embutidos para banhar toda a cortina com luz.

Fonte: adaptada de Innes (2014, p. 154).

Figura 4.17 | Croqui com anotações do mesmo restaurante demonstrado na planta da figura anterior



Legenda:

- 1) Rebaixo no forro para a instalação de luminárias com lâmpadas fluorescentes de cor branca quente.
- 2) Luminárias banhadoras de paredes (wall-washers) para destacar a obra de arte da divisória.
- 3) Sanca de iluminação para banhar toda a cortina com luz.
- 4) Luminárias pendentes decorativas – para os detalhes, consulte as especificações do projetista.
- 5) Detalhe com luminárias voltadas para cima e com lâmpadas fluorescentes tubulares para destacar as obras de arte da parede de trás, dos assentos fixos.

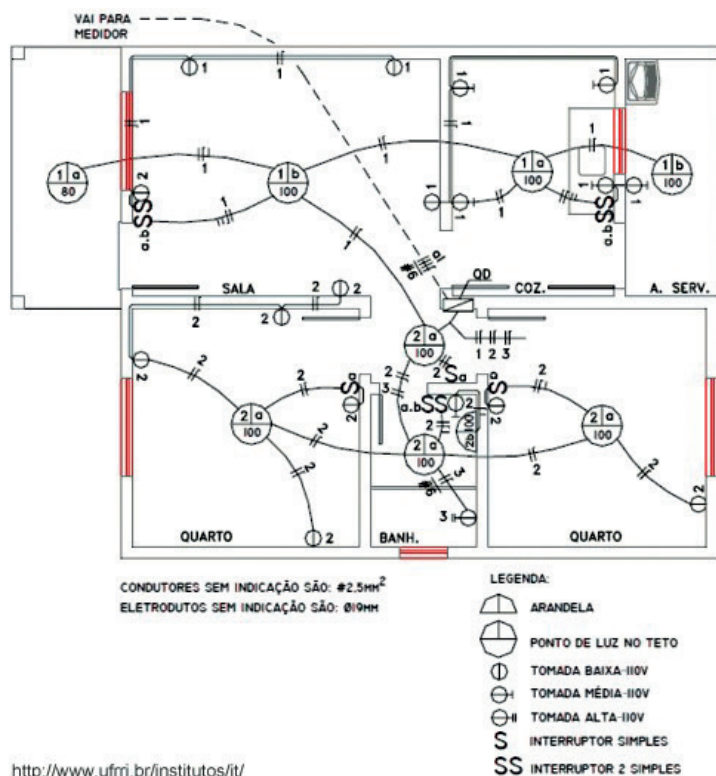
Fonte: adaptada de Innes (2014, p. 155).

Uma representação do projeto luminotécnico de forma mais técnica inclui a planta do teto, contendo a distribuição das luminárias, com informações dimensionais suficientes, sendo estas identificadas por meio de símbolos que levam a legendas contendo as informações técnicas específicas de cada luminária.

Esses símbolos podem conter um código de letras para cada ponto de luz. Além disso, nesta planta deve constar o desenho do leiaute dos circuitos e controles, com a distribuição dos interruptores, conforme pode ser visto na Figura 4.18.

Exemplificando

Figura 4.18 | Exemplo de planta de circuitos e controles



<http://www.ufrj.br/institutos/it/>

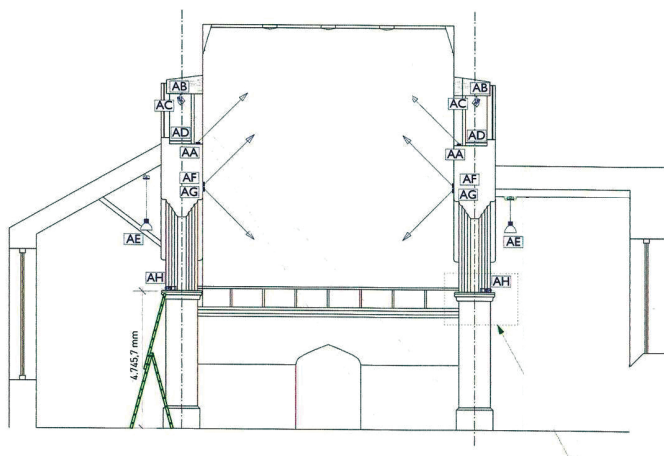
Fonte: <<https://i.pinimg.com/originals/79/30/9b/79309b81e8c5681dde80da9a7496a93a.gif>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

Refleta

E se a planta não for suficiente para fornecer todas as informações de instalação do sistema de iluminação? A quais meios devemos recorrer para poder complementar a visualização desses pontos de luz?

Quando a planta não for suficiente, devemos recorrer aos cortes, elevações e detalhes. Os detalhes podem ser feitos tanto na forma de desenhos com cotas como em croquis, como é visto Figura 4.19.

Figura 4.19 | A importância do corte em transmitir ao instalador a localização exata de cada luminária



Legenda:

AA: luminária voltada para cima, em direção ao forro de madeira decorativo.

AB: trilho para sustentar e alimentar os spots destinados a iluminar o coro embaixo.

AC: trilho com spots para iluminar o coro embaixo.

AD: refletor para redirecionar a luz diurna ao forro de madeira decorativo.

AE: luminárias pendentes instaladas entre os arcos ogivais para fornecer luz geral ao nível térreo e enviar luz ascendente para o forro das naves laterais.

AF: luminária instalada na parede e voltada para cima, em direção ao forro de madeira decorativo.

AG: luminária instalada na parede e voltada para cima, em direção ao mezanino.

AH: spots instalados no topo dos capitéis para destacar os artefatos instalados nas paredes (no nível dos olhos) e no piso da nave lateral.

Fonte: adaptada de Innes (2014, p. 156).



Pesquise mais

No vídeo a seguir você encontrará uma breve explicação sobre o que é um projeto luminotécnico e algumas imagens ilustrativas de representação técnica de um projeto luminotécnico:

PROJETO MEMORÁVEL CURSOS MAQUETE ELETRÔNICA. O que é um projeto luminotécnico. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gsfdZnxS3XY>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

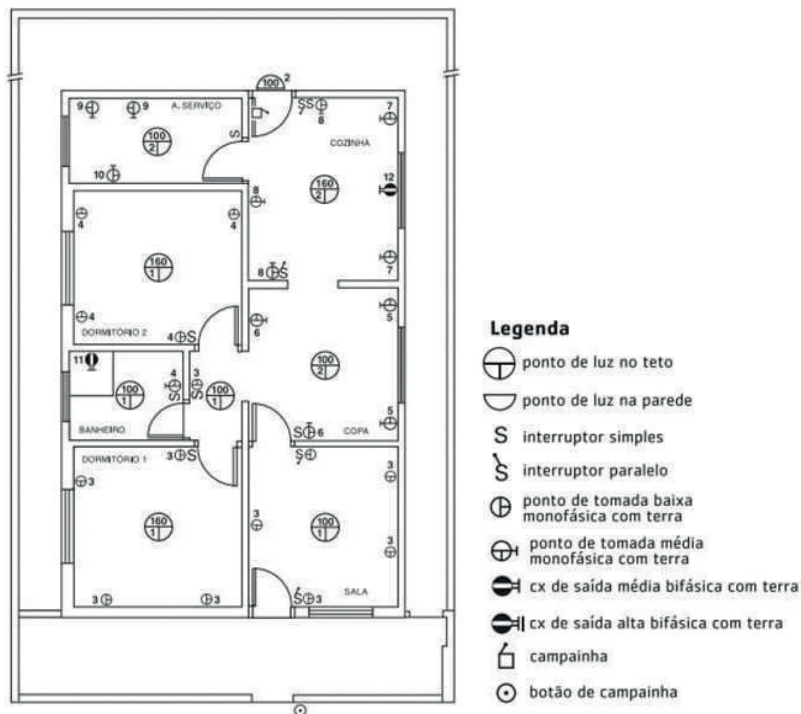
Sem medo de errar

Você se recorda do projeto luminotécnico que está sendo desenvolvido ao longo da disciplina, cujos cálculos foram realizados na unidade anterior? Pois bem, agora chegou o momento de colocar em prática a criatividade na escolha das técnicas para poder apresentar seu projeto luminotécnico.

O resultado desse exercício será verificado ao final desta aula prática, sendo muito individual a escolha da técnica e a forma de representação. Os desenhos podem ser feitos tanto à mão quanto com uso de ferramentas computacionais, como o CAD.

Você irá encontrar no link <<https://www.sabereletrica.com.br/projeto-de-instalacao-eletrica-residencial/>> (acesso em: 3 abr. 2018.) um passo a passo sobre diagrama elétrico. Além disso, na Figura 4.20 temos um exemplo de representação.

Figura 4.20 | Projeto de instalação elétrica residencial



Fonte: <<https://i.pinimg.com/736x/4e/84/1a/4e841ab6ee5445a753ff352b27b8f1cd.jpg>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

Avançando na prática

Croquis de detalhes

Descrição da situação-problema

O croqui consegue transmitir a ideia geral de um projeto de luminotécnica sem mostrar os detalhes de como serão feitas as instalações. Imagine que você terá uma reunião com o seu cliente para que ele possa fazer a aprovação final do projeto luminotécnico do escritório-loja. Entretanto, seu cliente tem dificuldades de compreender a planta técnica, então você terá que fazer alguns croquis, em corte ou perspectiva, indicando as ideias principais do seu projeto luminotécnico. Quais são os detalhes do seu projeto de luminotécnica mais relevantes? Esses detalhes ficam mais claros

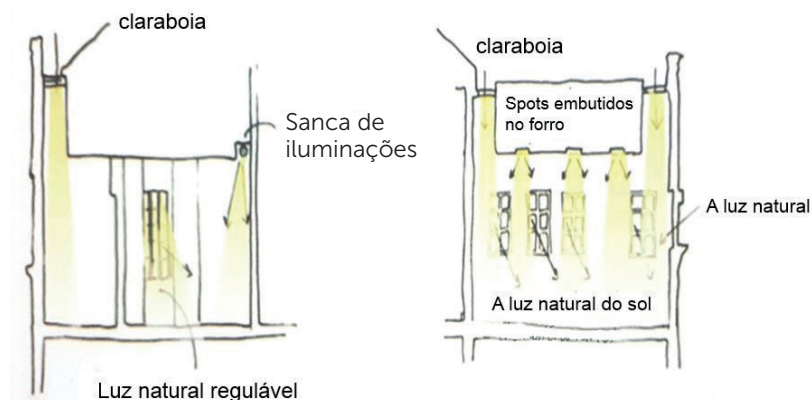
se representados em planta, corte ou perspectiva? Deve-se fazer um desenho em preto e branco ou o colorido acaba sendo mais elucidativo?

Resolução da situação-problema

Trata-se de um resultado individual, pois cada aluno possui um estilo próprio e uma preferência quanto à adoção de determinada técnica, além de se tratar de um projeto individual, com soluções próprias e estilo de representação próprio.

Verifica-se na Figura 4.21 alguns exemplos de croquis de detalhes em corte que ilustra como pode ser resolvido essa situação-problema.

Figura 4.21 | Exemplos de croquis de detalhes em corte



Sanca de iluminações, claraboia e controle de vistas e de iluminação natural por meio de uma janela.

Luz natural do norte através das janelas e da claraboia e spots embutidos no forro.

Fonte: adaptada de Innes (2014, p. 168).

Faça valer a pena

1. Várias são as formas de serem representados e analisados os projetos luminotécnicos. Algumas maneiras recorrem à métodos convencionais, à mão, outras se utilizam de tecnologias. Como forma de apresentação de um projeto luminotécnico pode ser utilizado o DIALux.

Assinale a alternativa correta:

- a) O DIALux é um programa de computador que simula a iluminação com base em dados técnicos.
- b) O DIALux é um programa de computador destinado à confecção de maquetes eletrônicas.
- c) Os métodos que se utilizam de tecnologias são os únicos que podem ser utilizados na apresentação final de um projeto.
- d) O DIALux é um programa de edição de imagem, como o Photoshop.
- e) O DIALux é um programa de computador que simula apenas a luz natural do dia.

2. No caso de representações esquemáticas para a luminotécnica, independentemente da técnica escolhida para a representação, existem as informações mais importantes que devem constar no desenho: é a localização das luminárias e as áreas ou superfícies que elas vão iluminar.

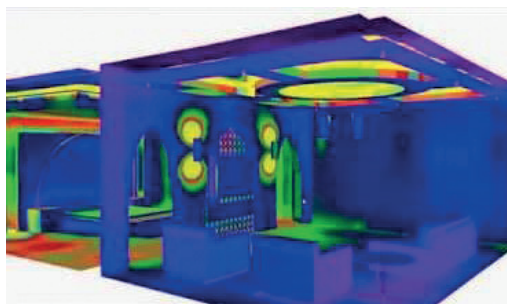
Assinale a alternativa que corresponde a uma forma de representação esquemática para a luminotécnica.

- a) Maquete eletrônica.
- b) Planta baixa técnica.
- c) Fotografia.
- d) Maquete convencional.
- e) Diagramas/croquis.

3. Os programas destinados à produção de imagens tridimensionais, ou seja, maquetes eletrônicas, podem até ter *plugins* que dão noção de luz e sombra, mas é importante saber que não se trata de uma luz resultante de cálculos de luminotécnica precisos.

A figura a seguir apresenta uma representação gráfica com codificação de cores (cores falsas) gerada pelo software DIALux.

Figura | Dialux



Fonte: adaptada de <<https://i.ytimg.com/vi/LqgCpObH1ys/hqdefault.jpg>>. Acesso em: 2 fev. 2018.

Assinale a alternativa que indica a qual grandeza fotométrica se refere as codificações de cores.

- a) Temperatura de cor.
- b) Luminância.
- c) Eficiência energética.
- d) Iluminância.
- e) Índice de reprodução de cor.

Seção 4.3

Detalhamento, orçamento e especificação técnica de projeto de iluminação

Diálogo aberto

Chegou o grande momento da apresentação final do projeto luminotécnico. Se você conseguiu ir resolvendo as situações-problemas de cada seção à medida que elas foram sendo propostas, certamente não terá dificuldades em finalizar esse trabalho e apresentar um bom projeto luminotécnico contando com uma boa apresentação e todas as partes que devem contemplar o projeto.

Voltamos ao cenário profissional em que uma empresa de vendas de material de acabamentos de construção (revestimentos, louças e metais) necessita de um projeto luminotécnico para o seu estabelecimento que contemple: ambiente comercial com expositor e vitrines, escritório, copa, sala de estar e banheiros. A planta desses ambientes consta na Seção 2.1 e foi lembrada na Seção 4.1. A empresa para a qual você foi contratado pode, neste momento, contar com a apresentação dos projetos de iluminação para seus ambientes interiores.

Ao final desta unidade, você deverá apresentar o projeto luminotécnico completo ao seu cliente. Quais são os resultados quantitativos que você obteve nos cálculos de iluminação? Qual é o resultado qualitativo do projeto luminotécnico que você irá apresentar ao seu cliente? Pense em uma forma criativa e organizada para apresentar esses resultados ao seu cliente.

Você deverá elaborar o memorial descritivo de projeto luminotécnico e a planilha de especificação de sistemas e equipamentos, e a de cálculo de custos e de rentabilidade do projeto luminotécnico. Qual resultado você obteve de custos e de rentabilidade do projeto luminotécnico? Qual dos sistemas escolhidos é mais vantajoso? Para resolver isso, você deve comparar, no mínimo, dois diferentes sistemas e apresentar qual deles é o mais eficiente e rentável (e em quanto tempo será dado o retorno dos custos iniciais).

Prepare a apresentação final do projeto luminotécnico. Ela deve contemplar todos os cálculos e representações de forma muito organizada e atraente. Pense na ordem em que você apresentará as partes, na melhor diagramação das pranchas e em quais programas de computador deverá fazer a representação das plantas, imagens e diagramação. Estas são algumas dicas que podem te ajudar na finalização do seu projeto luminotécnico.

Vamos trabalhar para finalmente ver o resultado final do projeto luminotécnico?

Não pode faltar

Análise de viabilidade técnica: cálculo de consumo de energia elétrica, orçamento dos sistemas de iluminação e cálculo dos custos e rentabilidade

No final da Seção 3.3 foi apresentado o Quadro 3.4, com o cálculo de iluminação interna – método das eficiências. Na última parte desse quadro, após o cálculo de controle, foram apresentadas três equações para o cálculo do consumo da instalação: a potência total instalada, a densidade da potência e a densidade da potência relativa.

A potência total instalada (P_t) é a somatória da potência de todos os equipamentos utilizados na iluminação, ou seja, de todas as lâmpadas, somada à potência consumida dos reatores, transformadores e/ou ignitores, sendo expressa em quilowatts (kW), conforme mostra a Equação 4.1.

Equação 4.1 | Potência Total Instalada (P_t)

$$P_t = n_i \cdot W * /1000$$

Sendo:

P_t : potência total instalada (em kW).

n_i : quantidade de unidades de lâmpadas.

W : potência consumida pelo conjunto lâmpada + acessórios (em W).

Fonte: Osram ([s.d.], p. 14).

Para saber, entretanto, qual é a potência consumida pela mesma instalação para cada metro quadrado de área, é necessário calcular a densidade de potência (D), conforme a Equação 4.2. Isto será

importante para futuros cálculos de dimensionamento de sistemas de ar condicionado e projetos elétricos de uma instalação.

Equação 4.2 | Densidade de potência (D)

$$D = P_t \cdot 1000 / A$$

Sendo:

D : densidade da potência (em W/m^2).

P_t : potência total instalada (em kW).

Fonte: Osram ([s.d.], p. 15).

Ainda assim, para ter uma comparação efetiva da eficiência entre diferentes sistemas, é necessário saber qual deles é o que consome menos watts por metro quadrado, apresentando o mesmo nível de iluminância que os demais. Dessa forma, deve-se calcular a densidade de potência relativa (D_r), conforme mostra a Equação 4.3.

Equação 4.3 | Densidade de potência relativa (D_r)

$$D_r = D \cdot 100 / E$$

Sendo:

D_r : densidade de potência relativa (em W/m^2 p/ 100 lx).

D : densidade da potência (em W/m^2).

E : iluminância (em lx).

Fonte: Osram ([s.d.], p. 15).



Exemplificando

Vamos analisar, por exemplo, dois diferentes sistemas de iluminação A e B:

Quadro 4.1 | Análise do consumo de instalação de dois diferentes sistemas de iluminação

Sistema A	Sistema B
$A = 40 \text{ m}^2$	$A = 60 \text{ m}^2$
$E = 800 \text{ lx}$	$E = 320 \text{ lx}$
$P_t = 1,6 \text{ kW}$	$P_t = 1,2 \text{ kW}$
$D = 40 \text{ W/m}^2$	$D = 20 \text{ W/m}^2$
$D_r = 5,00 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$	$D_r = 6,25 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando somente a densidade de potência (D), pressupõe-se que o Sistema B seja mais eficiente que o Sistema A. Entretanto, há que se observar que a iluminância do sistema A é de 800 lux, enquanto que a do Sistema B é de 320 lux, o que implica em uma densidade de potência relativa (D_r) do Sistema A menor que do Sistema B.

Em outras palavras, a instalação do Sistema B consome menos energia por metro quadrado, mas também fornece menos luz. A instalação do Sistema A acaba sendo a mais eficiente.

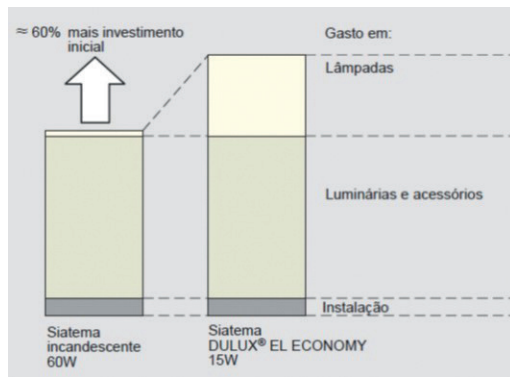
Além do cálculo de consumo de energia elétrica, um projeto luminotécnico completo necessita de um cálculo de custos e de rentabilidade.

Existem os custos de investimentos, que são a soma dos custos com a compra de todos os equipamentos que fazem parte do sistema de iluminação (lâmpadas, luminárias, reatores, transformadores, ignitores e a fiação), acrescidos dos custos com a mão de obra dos profissionais envolvidos. Há também que se considerar os custos operacionais, que são a soma de todos os custos após a instalação do sistema de iluminação, ou seja, os custos de manutenção das condições luminotécnicas do projeto e os custos de energia consumida. O custo de energia elétrica resulta da potência total instalada (P_t) multiplicada pelas horas de uso mensal e pelo preço do kWh (OSRAM, [s.d.]).



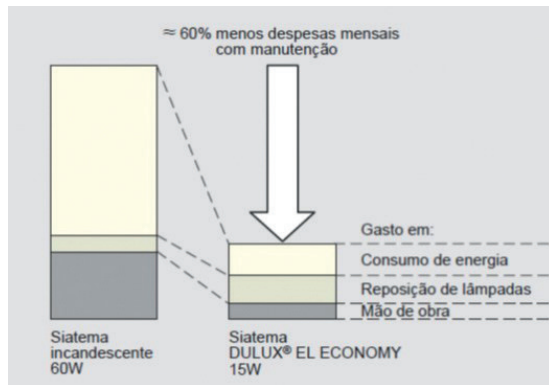
O Manual da Osram (OSRAM, [s.d.], p. 16) traz uma comparação entre custos de investimento e operacionais de um sistema incandescente de 60 W e um sistema DULUX EL ECONOMY 15 W, conforme pode ser visto nas Figuras 4.22 e 4.23.

Figura 4.22 | Comparação entre custos de investimento



Fonte: Osram ([s.d.], p. 16).

Figura 4.23 | Comparação entre custos operacionais



Fonte: Osram ([s.d.], p. 16).

Neste exemplo, apesar do custo de investimento do sistema DULUX EL ECONOMY 15 W ser maior que o sistema incandescente 60 W, o seu custo operacional é bem menor, concluímos que a longo prazo ele pode ser mais vantajoso.

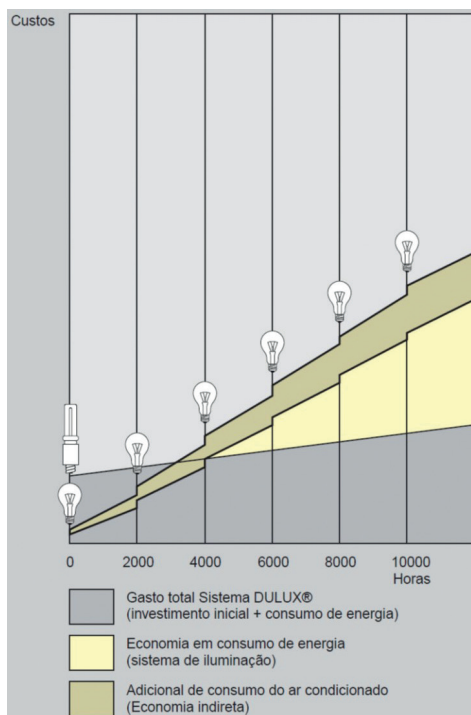
O cálculo de rentabilidade compara dois sistemas de iluminação com o objetivo de estabelecer qual deles é o mais rentável. De forma geral, os sistemas que utilizam lâmpadas mais eficientes energeticamente levam a um custo de investimento maior, mas um menor custo operacional. Dessa forma, há um retorno do investimento dentro de um dado período, o qual é mensurado em meses (verifique o item 30 do Quadro 4.2). Esse tempo de retorno é calculado dividindo a diferença no investimento pela diferença na manutenção.



Exemplificando

Os cálculos de rentabilidade podem gerar valores que, se colocados em um gráfico, podem demonstrar a evolução das despesas no tempo. A Figura 4.24 demonstra um exemplo deste tipo de gráfico.

Figura 4.24 | Ilustração da evolução das despesas entre sistemas de iluminação incandescente e DULUX



Fonte: Osram ([s.d.], p. 17).

Para facilitar os cálculos de custos e rentabilidade em projetos de iluminação, utilize como base o Quadro 4.2 a seguir.

Quadro 4.2 | Cálculo dos custos e rentabilidade em projetos de iluminação

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.		Sistema A	Sistema B
Características do sistema de iluminação e ambiente			
1. Modelo de lâmpada	-		
2. Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens		
3. Modelo do reator	-		
4. Tecnologia do reator	-		
5. Fator de fluxo luminoso do reator	-		
6. Fluxo luminoso obtido por lâmpada = 2 x 5			
7. Modelo da luminária	-		
8. Nível de iluminação obtido (iluminância)	lux		
9. Área do ambiente	m ²		
10. Vida útil da lâmpada	horas		
11. Quantidade total de lâmpadas	unidades		
12. Quantidade total de luminárias	unidades		
13. Potência instalada em cada luminária (lâmpadas + acessórios)	watts		
14. Potência total instalada = (12 x 13) : 1000	kW		
Características de uso			
15. Tempo de uso mensal	horas/mês		
16. Consumo mensal de kWh = 14 x 15	kWh/mês		
17. Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação = 10 : 15	meses		
Custos dos equipamentos envolvidos			
18. Preço de cada lâmpada	R\$		
19. Preço de cada luminária	R\$		
20. Preço de cada acessório por luminária	R\$		
21. Custo do projeto + instalação	R\$		
22. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	R\$		

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.		Sistema A	Sistema B
Custos dos investimentos			
23. Custos de equipamento para instalação = $11x18 + 12x(19+20+21)$	R\$		
24. Diferença entre os custos de investimentos = $23 B - 23 A$	R\$		
Custos operacionais			
25. Custo do consumo mensal de energia = 16×22	R\$		
26. Custo médio mensal de reposição das lâmpadas = $(11x15x18) : 10$	R\$		
27. Redução no consumo de energia do sistema de ar condicionado	R\$		
28. Somatório dos custos operacionais = $25 + 26 - 27$	R\$		
29. Diferença mensal entre custos operacionais = $28 A - 28 B$	R\$		
Avaliação de rentabilidade			
30. Retorno do investimento = $24 : 29$	meses		
Dados comparativos de consumo da instalação			
31. Densidade de potência relativa = $1000 * 14 : 100 * 9 : 8$	W/m ² p/ 100 lx		

Fonte: Osram ([s.d.], p. 27).

Elaboração de memorial descritivo

Neste momento, você possui todo o conhecimento necessário para a elaboração de um projeto luminotécnico de interiores. Da mesma maneira, você poderá também elaborar um memorial descritivo do projeto luminotécnico.



Assimile

Um memorial descritivo de um projeto luminotécnico pode contemplar os seguintes itens básicos:

- O projeto luminotécnico
 - Objetivos.
 - Critérios.

- Dados do ambiente
 - Planta.
 - Dimensionamento.
- Dados do projeto
 - Aspectos normativos.
 - Especificação do sistema.
 - Equipamentos utilizados: lâmpadas, luminárias e equipamentos auxiliares.
- Características da iluminação planejada
 - Nível de iluminância adequado.
 - Limitação do ofuscamento.
 - Proporção harmoniosa entre luminâncias.
 - Efeitos luz e sombra.
 - Temperatura de cor a luz aparente.
 - Reprodução de cores.
- Cálculo de iluminação
 - Planilha de cálculo de iluminação.
 - Planilha de cálculo de rentabilidade.
- Resultados

Esse esquema trata-se apenas de uma sugestão, podendo o projetista adequá-lo de acordo com o grau de complexidade do projeto.

Apresentação final do projeto de interiores luminotécnico

Chegou o momento de elaborar a apresentação final do projeto de interiores luminotécnico.



Refleta

Quais são os produtos do desenvolvimento do projeto luminotécnico que devo apresentar ao cliente e à equipe de profissionais que estão envolvidos na execução do projeto? Em qual ordem esses produtos devem ser apresentados? Como diagramar as pranchas de apresentação do projeto, com as plantas, imagens e tabelas de especificações? Como apresentar os resultados de cálculos de custos e de rentabilidade? Como devo elaborar o memorial descritivo do projeto luminotécnico?

Todas essas questões são inerentes a esta etapa final do projeto. Muitas delas já foram certamente sendo pensadas ao longo do desenvolvimento do projeto e algumas delas são questões que surgem neste momento. Com alguma prática, elas serão mais fáceis e rapidamente resolvidas.

A escolha dos produtos a serem apresentados devem ser pensados para QUEM eles serão propostos. Muitas vezes o cliente poderá não compreender representações mais técnicas, necessárias aos profissionais que serão responsáveis pela execução do projeto. Os clientes geralmente preferem representações mais diretas e elucidativas, como perspectivas, maquetes físicas ou eletrônicas e imagens de simulação de como os ambientes se comportarão diante da iluminação planejada. Também é importante apresentar ao cliente a vantagem econômica que o sistema escolhido por você apresenta em relação aos demais cogitados. Para o cliente importa o quanto será gasto com a instalação do sistema, o quanto ele compensará ao longo do tempo e o quanto o ambiente poderá se tornar confortável e atraente aos seus usuários.

Aos profissionais envolvidos é necessário que sejam apresentados todos os produtos de forma muito sistematizada e legível do projeto, para que ele seja executado exatamente como foi planejado. Desta forma, é importante que não se queira economizar tempo e energia na dedicação com o detalhamento do sistema em plantas, cortes, elevações, croquis e detalhes, tabelas de especificações, legendas, dimensionamento, etc. Quanto maior for sua dedicação em pesquisar formas e ferramentas que auxiliem nesse processo, maior será seu sucesso na apresentação do projeto e maior será a facilidade em se comunicar com todos os envolvidos em sua execução.



Pesquise mais

Leia o artigo a seguir:

REZENDE, Vanessa Belo. A importância da iluminação artificial em ambientes comerciais visando eficiência e sustentabilidade. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, 8. ed., n. 9, v. 1, p. 1-19, dez. 2014. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-importancia-da-iluminacao-artificial-em-ambientes-comerciais-visando-eficiencia-e-sustentabilidade-1511141412.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

Esse artigo analisa "a importância da aplicação da iluminação artificial eficiente nos ambientes comerciais, procurando conscientizar a sociedade a uma realidade mais racional, possibilitando o caminho para um 'desenvolvimento sustentável', visando uma melhoria na prática de aplicação desses conceitos nos dias atuais" (REZENDE, 2014, p. 1).

Sem medo de errar

Chega o momento da aplicação dos conhecimentos adquiridos e finalização do projeto luminotécnico. Qual é o resultado que você obteve de custos e de rentabilidade do projeto luminotécnico? Qual dos sistemas escolhidos se apresenta mais vantajoso?

A resolução desta situação-problema pode ser apresentada utilizando-se como modelo-base o Quadro 4.2, que vimos anteriormente. Temos a seguir, no Quadro 4.3, um exemplo de resolução possível. Perceba que esta resolução foi feita sobre o ambiente 'escritório' somente, que possui as dimensões 3,00 m x 3,75 m e área de 11,25 m². É esperado que esta resolução seja desenvolvida para cada um dos ambientes que integram o projeto luminotécnico total.

Quadro 4.3 | Exemplo de resolução da situação-problema U4S3

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.		Sistema A	Sistema B
Características do sistema de iluminação e ambiente			
1. Modelo de lâmpada	-	T5	T8 LED
2. Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens	1350,00	4700,00
3. Modelo do reator	-		
4. Tecnologia do reator	-		
5. Fator de fluxo luminoso do reator	-	0,88	1,00
6. Fluxo luminoso obtido por lâmpada = 2 x 5		1188,00	4700,00
7. Modelo da luminária*	-	T5	T8 LED

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.		Sistema A	Sistema B
8. Nível de iluminação obtido (luminância)	lux	989,87	1069,51
9. Área do ambiente	m ²	11,25	11,25
10. Vida útil da lâmpada	horas	25000,00	50000,00
11. Quantidade total de lâmpadas	unidades	12,00	8,00
12. Quantidade total de luminárias	unidades	6,00	4,00
13. Potência instalada em cada luminária (lâmpadas + acessórios)	watts	25,00	18,00
14. Potência total instalada = (12 x 13) : 1000	kW	0,15	0,07
Características de uso			
15. Tempo de uso mensal	horas/mês	225,00	225,00
16. Consumo mensal de kWh = 14 x 15	kWh/mês	33,75	16,20
17. Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação = 10 : 15	meses	111,11	222,22
Custos dos equipamentos envolvidos			
18. Preço de cada lâmpada	R\$	20,00	50,00
19. Preço de cada luminária	R\$	100,00	150,00
20. Preço de cada acessório por luminária	R\$	20,00	20,00
21. Custo do projeto + instalação	R\$	15,00	15,00
22. Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	R\$	0,56	0,56
Custos dos investimentos			
23. Custos de equipamento para instalação = 11x18 + 12x (19+20+21)	R\$	1050,00	1140,00
24. Diferença entre os custos de investimentos = 23 B – 23 A	R\$		90,00
Custos operacionais			
25. Custo do consumo mensal de energia = 16 x 22	R\$	18,90	9,07
26. Custo médio mensal de reposição das lâmpadas = (11x15x18) : 10	R\$	2,16	1,80
27. Redução no consumo de energia do sistema de ar condicionado	R\$		

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.		Sistema A	Sistema B
28. Somatório dos custos operacionais = 25 + 26 – 27	R\$	21,06	10,87
29. Diferença mensal entre custos operacionais = 28 A – 28 B	R\$	10,19	
Avaliação de rentabilidade			
30. Retorno do investimento = 24 : 29	meses		8,83
Dados comparativos de consumo da instalação			
31. Densidade de potência Relativa = $1000 * 14 : 100 * 9 : 8$	W/m ² p/ 100 lx	131,98	68,45

* Os modelos das luminárias foram simplificados para fins didáticos. Entretanto é importante que na execução da resolução do cálculo se forneça a descrição completa do modelo da luminária e da lâmpada (inclusive indicação do catálogo consultado) para que o professor possa avaliar corretamente.

Fonte: adaptado de Osram (s.d.), p. 27).

Como resultado dos custos e de rentabilidade do projeto luminotécnico, obteve-se neste exemplo que o Sistema B apresentou um custo maior de R\$ 90,00 em relação ao Sistema A. Entretanto, o Sistema A apresentou um custo operacional maior de R\$ 10,19 em relação ao Sistema B. Isso resultou em um retorno de investimento do Sistema B em 9 meses (arredondou-se o resultado 8,83).

Desta forma, o Sistema B se apresenta mais vantajoso para este exemplo, pois apesar de seu custo de investimento ser maior, o custo operacional é menor, levando a um retorno de investimento em 9 meses. Além disso, sua densidade de potência relativa é menor do que a do Sistema A, ou seja, enquanto ele consome 68,45 W/m² p/ 100 lx, o Sistema A consome 131,98 W/m² p/ 100 lx, o que prova que ele acaba sendo muito mais eficiente.

Os resultados quantitativos referem-se aos produtos obtidos pelos cálculos (de iluminação, de custos e de rentabilidade). Eles podem ser apresentados de forma simplificada, com os valores obtidos, e podem também levar anexadas as planilhas de cálculo.

Os resultados qualitativos referem-se ao que pode ser visto nos ambientes após a instalação dos equipamentos de iluminação planejados, podendo ser apresentados em forma de maquete

eletrônica ou simulação, por meio de programas de computador específicos para a simulação de iluminação com informações técnicas.

Para a elaboração do memorial descritivo, você poderá se basear no esquema que foi apresentado nesta seção no item Assimile. Acrescente os tópicos que achar necessário para o seu projeto.

Os resultados de custos e rentabilidade podem ser apresentados em forma de gráfico, pois torna mais elucidativa a justificativa da escolha de um sistema em relação a outro. As planilhas de cálculo podem ir junto ao memorial descritivo como anexo.

Pode ser interessante encadernar todos os produtos obtidos no desenvolvimento do projeto luminotécnico em formato A4, no caso do memorial descritivo, e em pranchas de formato A3 ou A2, para as representações técnicas e ilustrações digitais/manuais.

Com a finalização de todas essas partes, temos como resultado de fechamento da seção a análise de detalhamento e especificação técnica de projeto de iluminação.

Avançando na prática

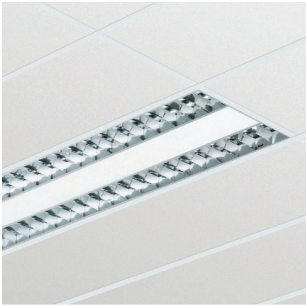
Comparando dois sistemas para a escolha do mais eficiente

Descrição da situação-problema

Imagine que você foi contratado para desenvolver um projeto luminotécnico de uma sala comercial e chegou ao cálculo de iluminância atendida (300 lux), com duas diferentes opções de luminárias para um ambiente de 4 m x 5 m (20 m²). Agora você precisa verificar qual delas atende ao projeto com maior eficiência, ou seja, com menor valor de densidade de potência relativa (Dr).


Segue a descrição das luminárias dos dois sistemas:

Quadro 4.4 | Descrição do Sistema A

Sistema A	
<p>Figura 4.25 Luminária TBS165 2XTL5-25W/840 EB C6</p> 	
<p>Fonte: <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp919106031921-pss-pt_br>. Acesso em: 4 abr. 2018.</p>	
Tipo	Luminária de embutir
Marca	Philips
Modelo*	TBS165 2XTL5-25W/840 EB C6
Potência da lâmpada	25 W
Número de fontes de luz	2
Número de luminárias no ambiente	4 (número estimado em situação hipotética para o exercício)

Fonte: adaptado de <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp919106031921-pss-pt_br>. Acesso em: 4 abr. 2018.

Quadro 4.5 | Descrição do Sistema B

Sistema B	
<p>Figura 4.26 Luminária TBS065 2XTL-D32W/840 EB C4</p> 	
<p>Fonte: <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp919106031841-pss-pt_br>. Acesso em: 4 abr. 2018.</p>	
Tipo	Luminária de embutir

Marca	Philips
Modelo	TBS065 2XTL-D32W/840 EB C4
Potência da lâmpada	32 W
Número de fontes de luz	2
Número de luminárias no ambiente	2 (número estimado em situação hipotética para o exercício)

Fonte: adaptado de <http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp919106031841-pss-pt_br>. Acesso em: 4 abr. 2018.

Obs.: lembre-se de que o 'n' do cálculo de potência total instalada é o número total de lâmpadas, ou seja, o número de luminárias no ambiente multiplicado pelo número de fontes de luz que cada luminária abriga.

Resolução da situação-problema

Realizando a sequência de cálculo da potência total instalada, da densidade de potência e da densidade de potência relativa, tem-se os resultados para os dois sistemas:

Quadro 4.6 | Comparação entre dois sistemas de iluminação diferentes

Sistema	A	B	
A	20	20	m ²
E	300	300	lx
W	25	32	W
n	8	4	-
Pt	0,2	0,128	kW
D	10	6,4	W/m ²
Dr	3,33	2,13	W/m ² p/ 100 lx

Fonte: elaborado pela autora.

Como resultado, tem-se que o Sistema B atende ao projeto com menor valor de densidade de potência relativa, ou seja, gera a mesma quantidade de luz com um menor gasto de energia.

Faça valer a pena

1. O cálculo de gastos com energia elétrica contempla três equações: a de potência total instalada, a de densidade de potência e a de densidade de potência relativa. Ter como base o valor dos gastos com energia elétrica é importante para obter o valor de custos operacionais que, por sua vez, entra no cálculo de rentabilidade dos sistemas de iluminação.

Assinale a alternativa correta.

- a) Para o cálculo de custos operacionais é considerada a densidade de potência relativa.
- b) Para o cálculo de custos operacionais é considerada a densidade de potência.
- c) Para o cálculo de custos operacionais é considerada a densidade de potência total.
- d) A densidade de potência avalia a potência total instalada para cada 100 lux.
- e) A densidade de potência relativa avalia a potência total instalada para cada metro quadrado.

2. Imagine que o salão de um restaurante possua as medidas 5 m x 10 m. O sistema de iluminação instalado conseguiu cumprir os 200 lux de iluminância solicitados pela NBR ISO/CIE 8995-1. A potência total instalada é de 1,2 kW.

Descrição do sistema:

$$A = 50 \text{ m}^2$$

$$E = 200 \text{ lx}$$

$$P_t = 1,2 \text{ kW}$$

$$D = \text{_____ W/m}^2$$

$$D_r = \text{_____ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$$

Quais são os valores da densidade de potência (D) e da densidade de potência relativa (D_r), respectivamente?

- a) $D = 12 \text{ W/m}^2$; e $D_r = 24 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$.
- b) $D = 240 \text{ W/m}^2$; e $D_r = 12 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$.
- c) $D = 2,4 \text{ W/m}^2$; e $D_r = 12 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$.
- d) $D = 24 \text{ W/m}^2$; e $D_r = 12 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$.
- e) $D = 6 \text{ W/m}^2$; e $D_r = 3 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lx}$.

3. Imagine três diferentes sistemas (Sistema A, B e C) que utilizam a mesma lâmpada, mas com quantidades diferentes (4, 6 e 8), pois esses foram planejados para áreas diferenciadas (20, 30 e 40 m²). Observe o quadro a seguir com os dados de área (A), iluminância alcançada (E), potência da lâmpada (W) e número de lâmpadas utilizadas (n) de cada sistema.

Quadro | Comparação entre três sistemas de iluminação diferentes

Sistema	A	B	C	Unidade
A	20	30	40	m ²
E	300	300	300	lx
W	25	25	25	W
n	4	6	8	-

Fonte: elaborado pela autora.

Assinale a alternativa correta.

- a) O sistema A é o mais eficiente.
- b) O sistema B é o mais eficiente.
- c) O sistema C é o mais eficiente.
- d) O sistema A e B são mais eficientes que o sistema C.
- e) A eficiência dos três sistemas é a mesma.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

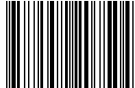
INNES, Malcolm. **Iluminação no design de interiores**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

MOURA, Mariangela de; GONÇALVES, Aldo Carlos de Moura; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. Iluminação de escritórios: apresentação de projeto de iluminação para o IBGE e discussão sobre o uso de LEDs. **PROARQ**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 118-135, jul. 2012. Disponível em: <http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18_IlluminacaoEscritorios_MouraGoncalvesMotta.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2018.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático**. Osasco, [s.d].

REZENDE, Vanessa Belo. A importância da iluminação artificial em ambientes comerciais visando eficiência e sustentabilidade. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, 8. ed., n. 9, v. 1, p. 1-19, dez. 2014. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-importancia-da-iluminacao-artificial-em-ambientes-comerciais-visando-eficiencia-e-sustentabilidade-1511141412.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

ISBN 978-85-522-0750-4



9 788552 207504 >