

MANUAL DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE

PROCEL

***PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA***

Eng^o Pierre Rodrigues

1ª Edição - JULHO/2002

Índice

ILUMINAÇÃO EFICIENTE	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. PRINCÍPIOS GERAIS DA LUZ	5
3. DEFINIÇÕES BÁSICAS	6
4. FOTOMETRIA	9
5. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL	9
6. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	10
6.1. Lâmpadas	11
6.2. Luminárias	16
6.3. Equipamentos Auxiliares	19
7. DESCRIÇÃO DE UM PROJETO EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO	21
8. REVITALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	22
9. APLICAÇÃO E ANÁLISE DA REVITALIZAÇÃO	24
10. APLICAÇÕES	26
11. MÉTODO DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO	28
12. ESTUDO DE CASO (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA)	33
13. CONCLUSÃO	35

ILUMINAÇÃO EFICIENTE

1. INTRODUÇÃO

A luz é um elemento importante e indispensável em nossas vidas. Por isto, é encarada de forma familiar e natural, fazendo com que ignoremos a real necessidade de conhecê-la e compreendê-la. Ao longo dos anos as tecnologias que envolvem os sistemas de iluminação têm se desenvolvido bastante, hoje em dia temos diversos tipos de equipamentos disponíveis para diversas aplicações.

Como consequência deste desenvolvimento, vemos hoje pessoas preocupadas com a escassez de energia, e a busca por alternativas mais econômicas tornou-se uma prioridade para muitas aplicações. No campo da iluminação sabemos que a qualidade da luz é decisiva, tanto no que diz respeito ao desempenho das atividades, como na influência que exerce no estado emocional e no bem-estar dos seres humanos. Conhecer a luz, as alternativas disponíveis e saber controlar quantidade e qualidade, são ferramentas preciosas para o sucesso de qualquer instalação.

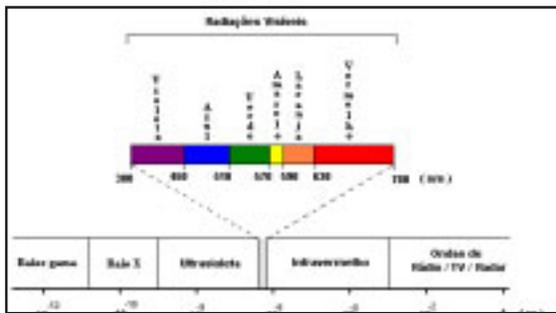
Vários trabalhos desenvolvidos no Brasil mostram alguns problemas freqüentes nas edificações existentes, seja pública ou privada, o sistema de iluminação geralmente se encontra fora dos padrões técnicos adequados. Os tipos mais comuns dessas ocorrências são:

- Iluminação em excesso;
- Falta de aproveitamento da iluminação artificial;
- Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- Falta de comandos (interruptores) das luminárias;
- Ausência de manutenção, depreciando o sistema;
- Hábitos de uso inadequados;

2. PRINCÍPIOS GERAIS DA LUZ

Espectro Eletromagnético

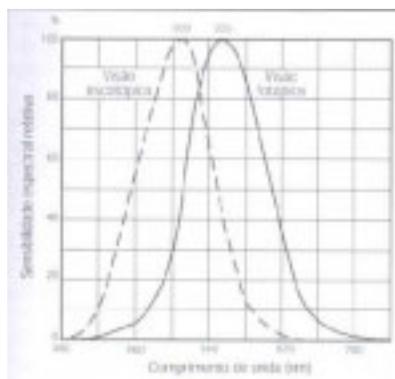
Para o estudo de iluminação é especialmente importante o grupo de radiações compreendidas entre os comprimentos de onda de 380 e 780 nm, pois eles têm a capacidade de estimular a retina do olho humano, produzindo sensação luminosa.



O espectro eletromagnético visível está, pois, limitado em um dos extremos pelas radiações infravermelhas (de maior comprimento de onda) e, no outro, pelas radiações ultravioletas (de menor comprimento de onda).

Espectro Visível

Examinando a radiação visível, verificamos que, além da impressão luminosa, obtemos também a impressão de cor. Essa sensação de cor está intimamente ligada aos comprimentos de onda das radiações. Verifica-se que os diferentes comprimentos de onda (as diferentes cores) produzem diversas sensações de luminosidade; isto é, o olho humano não é igualmente sensível a todas as cores do espectro visível.



Pela figura vemos que a máxima sensibilidade do olho humano passa do comprimento de onda de 555nm (visão fotópica) para 508nm, em baixos níveis de luminância (visão escotópica).

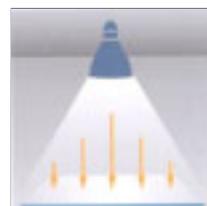
3. DEFINIÇÕES BÁSICAS

Antes de apresentar algumas medidas de redução do consumo de energia elétrica no sistema de iluminação, é necessário que o usuário esteja familiarizado com os termos técnicos básicos usados pela luminotécnica.

· **Fluxo Luminoso** – Esse conceito é de grande importância para os estudos de iluminação. Ele representa uma potência luminosa emitida por uma fonte luminosa, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm). Em uma analogia com a hidráulica, seria como um chafariz esférico, dotado de inúmeros furos na sua superfície. Os raios luminosos corresponderiam aos esguichos de água dirigidos a todas as direções e decorrentes destes furos.

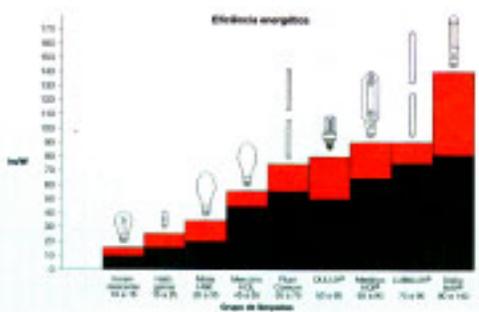


· **Iluminância** – Por definição, podemos dizer que iluminância é o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m²). Sua unidade é o lux. Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen. O melhor conceito sobre iluminância talvez seja uma densidade de luz necessária para



a realização de uma determinada tarefa visual. Isto permite supor que existe um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação. Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos a iluminância foram tabelados por tipo de atividade. No Brasil eles se encontram na NBR 5413 - Iluminância de interiores.

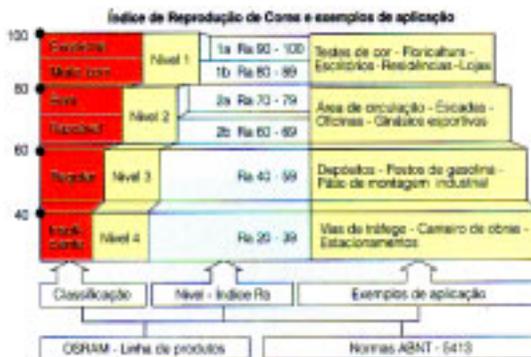
· **Eficiência Luminosa** – Podemos dizer que eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens, pela potência consumida em Watts. Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de "luz" que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica



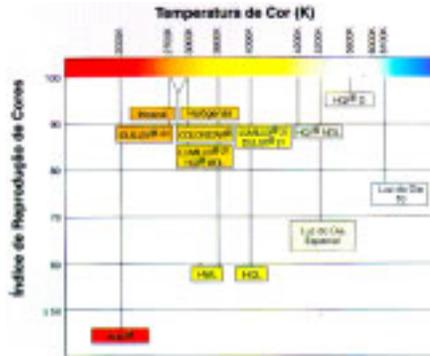
de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. Dentro das lâmpadas comercialmente disponíveis no mercado nacional, pode-se classificá-las de acordo com a sua eficiência luminosa.

- o **Incandescente** – 10 a 15 lm/W.
- o **Halógenas** – 15 a 25 lm/W.
- o **Mista** – 20 a 35 lm/W.
- o **Vapor de Mercúrio** – 45 a 55 lm/W.
- o **Florescente tubular** – 55 a 75 lm/W.
- o **Florescente compacta** – 50 a 80 lm/W.
- o **Vapor Metálico** – 65 a 90 lm/W.
- o **Vapor de Sódio** – 80 a 140 lm/W.

· **Índice de Reprodução de Cor (IRC)** – É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia (luz do sol). Lâmpadas com Índice de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores. Os índices variam conforme a natureza da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente. Por exemplo, em uma fábrica de tintas, não se deve usar uma lâmpada do tipo Vapor de Sódio, que apesar de consumir menos energia, possui um baixo IRC. De modo geral, os escritórios necessitam de uma boa reprodução de cor, não só para as tarefas visuais, mas também para a criação de uma atmosfera agradável.



· **Temperatura de Cor** - É a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A "luz quente" é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa: 3000 K ou menos. A "luz fria", ao contrário, tem aparência azul-violeta, com temperatura de cor elevada: 6000 K ou mais. A "luz branca natural" é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é 5800 K.



· **Curva de Distribuição Luminosa** – É a curva que representa, em coordenadas polares, as intensidades luminosas nos planos transversal e longitudinal.



· **Ofuscamento** – Efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano. Pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho das atividades realizadas no local.



· **Reflexão, Transmissão e Absorção de Luz** – Quando se ilumina uma superfície de vidro, uma parte do fluxo luminoso que incide sobre a mesma se reflete, outra atravessa a superfície transmitindo-se ao outro lado, e uma terceira parte do fluxo luminoso é absorvida pela própria superfície, transformando-se em calor. Portanto o fluxo luminoso incidente divide-se em três partes, em uma dada proporção, que depende das características da substância sobre a qual incide. Temos, pois, três fatores a definir: refletância, transmitância e fator de absorção.

o **Refletância** é a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela;

o **Transmitância** é a relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre ela;

o **Fator de absorção** é a relação entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma.

4. FOTOMETRIA

Consiste em uma série de métodos e processos de medida das grandezas luminosas. Os processos utilizados permitem a determinação do fluxo luminoso, intensidade luminosa, iluminâncias e curvas de desempenho dos aparelhos de iluminação.

Fotômetros - Luxímetros

Quando se deseja conhecer os níveis de iluminância de interiores, realiza-se à sua medição com o auxílio de um fotômetro calibrados em lux, chamado de luxímetro.



Em instalações recém-construídas, deve-se fazer as lâmpadas funcionarem por algum tempo (aproximadamente 100h), para que sejam devidamente sazoadas e estabilizadas em seus fluxos luminosos. Só depois se processam as medições.

Nas instalações com lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, vapor metálico), deve-se, ainda, deixá-las funcionar por 30 minutos antes de se proceder às medições. Com isso, as condições de funcionamento serão aproximadamente as ótimas, pois as temperaturas das fontes e as pressões internas dos gases estarão dentro de seus valores nominais.

5. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

A utilização da luz natural é, sob todos os aspectos, o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente.

Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra no Brasil razões ainda mais fortes para ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas bastante favoráveis.

Os problemas mais comuns para o correto aproveitamento da luz natural são:

- Em um edifício é necessário considerar tanto a iluminação natural quanto a artificial. A correta integração entre os dois sistemas pode solucionar o problema da

variação da intensidade da luz e contribuir para a redução do consumo de energia. Em muitos casos vemos que a contribuição da luz natural torna-se exagerada, ocasionando aumento da carga térmica do ambiente, fato que permite o desligamento da luz natural, mas aumenta a participação dos sistemas de climatização artificial;

- A iluminação dos edifícios modernos visa atender a um grande número de pessoas realizando várias atividades com exigências diferentes quanto ao nível de iluminância. Para melhor utilizar a luz natural, a localização das tarefas com maiores exigências visuais deve ser sempre próxima às janelas, fato que nem sempre é observado na prática;
- Da radiação proveniente do sol, aproximadamente 50% da energia recebida na Terra é composta pelo espectro visível (luz), e uma parcela de aproximadamente 45% é composta por radiações infravermelhas. Um sistema de iluminação natural eficiente deve possuir uma proteção adequada contra a incidência da radiação solar direta. Nestas condições, o uso da luz natural pode permitir uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar condicionado.

6. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação. A luz artificial permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade as suas atividades ou se divertir, indo a bares, shopping centers ou mesmo lendo um livro. É importante, no entanto, salientar que não é tão simples empregar a luz artificial de forma eficiente. Vale lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para a edificação, conceitos importantes como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento, devem ser levados em consideração.

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas, à eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais destacam-se:

- Lâmpadas;
- Luminárias;

- Reatores;
- Circuitos de distribuição e controle;
- Utilização de luz natural;
- Cores das superfícies internas;
- Mobiliário;

6.1. Lâmpadas

As lâmpadas modernas são fontes luminosas de origem elétrica. As com filamento convencional ou halógenas produzem luz pela incandescência, assim como o sol. As de descarga aproveitam a luminescência, assim como os relâmpagos e descargas atmosféricas. E os diodos utilizam a fotoluminescência, assim como os vaga-lumes.

Existem ainda as lâmpadas mistas, que combinam incandescência e luminescência, e as fluorescentes, cuja característica é o aproveitamento da luminescência e da fotoluminescência.

Os aspectos eficiência luminosa e vida útil são os que mais contribuem para a eficiência energética de um sistema de iluminação artificial e devem, portanto merecer grande atenção, seja na elaboração de projetos e reformas, seja na implantação de programas de conservação e uso eficiente de energia.

Lâmpadas Incandescentes

Lâmpada Incandescente Tradicional

A lâmpada funciona através da passagem da corrente elétrica pelo filamento de tungstênio que, com o aquecimento, gera luz. Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte ou vácuo dentro do bulbo que contém o filamento. Com a temperatura de cor agradável, na faixa de 2700 K (amarelada), e reprodução de cor de 100%, os diversos tipos de lâmpadas comuns, decorativas ou refletoras têm atualmente sua aplicação predominantemente residencial.



Componentes de uma lâmpada incandescente:

- Filamento – o fio de tungstênio é utilizado na produção do filamento das lâmpadas

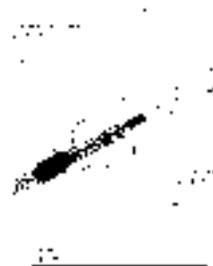
incandescentes devido a sua grande resistência física e ao alto ponto de fusão (3.380°C). Quanto maior a temperatura de um filamento, maior a eficiência da lâmpada;

- Projeto do filamento – o comprimento, o diâmetro e o formato do fio de tungstênio, são determinados conforme o uso a que se destina a lâmpada e a necessidade de potência e vida, objetivando produzir luz da maneira mais econômica e eficiente possível;
- Preenchimento das lâmpadas – as lâmpadas de potência inferior a 40W são geralmente do tipo à vácuo, o que evita que o filamento se combine com o oxigênio e evapore instantaneamente. Nas lâmpadas de maior potência o preenchimento é feito com uma mistura de gases argônio e nitrogênio. Estes gases são inertes e não se combinam quimicamente com o tungstênio, reduzindo a evaporação do filamento e aumentando a eficiência;
- Acabamento dos bulbos – podem ser claro, leitoso, refletor e colorido. O acabamento leitoso resulta em uma luz suave e difusa evitando o ofuscamento e o aparecimento de sombras da montagem do filamento, o que geralmente ocorre nas lâmpadas de acabamento claro. As lâmpadas coloridas podem ser revestidas internamente à base de sílica colorida ou externamente à base de um verniz especial. As refletores recebem um revestimento interno à base de alumínio que dirige toda a luz produzida para a parte da frente da lâmpada, formando um fecho de luz concentrada e controlada.

Lâmpada Incandescente Halógena

As lâmpadas halógenas são também consideradas incandescentes. Têm o mesmo princípio de funcionamento, porém foram incrementadas com a introdução de gases halógenos que, dentro do bulbo, se combinam com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Esta combinação, somada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim o ciclo regenerativo do halogênio. O resultado é uma lâmpada com vantagens adicionais, quando comparada às incandescentes tradicionais:

- Luz mais branca, brilhante e uniforme ao longo de toda a vida;



- Maior eficiência energética, ou seja, mais luz com potência menor ou igual;
- Vida útil mais longa, variando entre 2000 e 4000 horas;
- Dimensões menores.

Assim como a lâmpada incandescente comum, a iluminação halógena é dimerizável, pode ser dirigida e está disponível em versões de alta e baixa potência. Estas características fazem das lâmpadas halógenas a escolha ideal para projetistas e decoradores, para quem a luz é tão importante como as formas arquitetônicas, materiais e as cores.

Lâmpadas de Descarga Elétrica

Nessas lâmpadas o fluxo luminoso é gerado direta ou indiretamente pela passagem da corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores.

Fluorescentes compactas

São indicadas principalmente na substituição das lâmpadas incandescentes, e apresentam as seguintes vantagens:

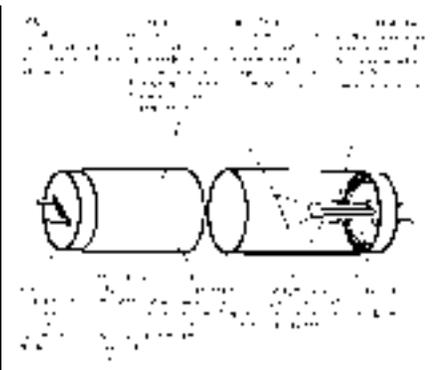
- Consumo de energia em média 80% menor, resultando daí uma grande redução na conta de luz;
- Durabilidade aproximadamente 10 vezes maior, implicando uma enorme redução nos custos de manutenção e reposição das lâmpadas;
- Design moderno, leve e compacto;
- Aquecem menos o ambiente, representando uma forte redução na carga térmica das grandes instalações, proporcionando conforto e sobrecarregando menos os sistemas de ar condicionado;
- Excelente reprodução de cores, com índice de 85%, o que garante seu uso em locais onde a fidelidade e valorização dos espaços e produtos são fundamentais;
- Tonalidade de cor adequada para cada ambiente, obtida graças à tecnologia do pó trifósforo.



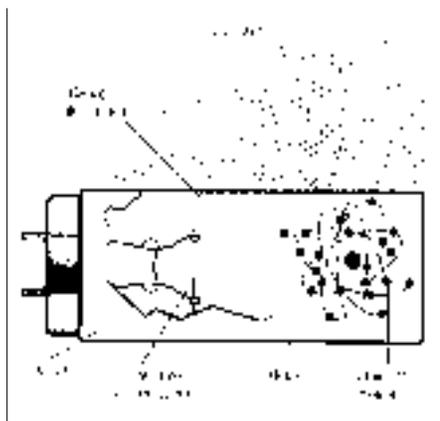
Fluorescentes tubulares

Estas lâmpadas são a clássica forma para uma iluminação econômica. Sua alta eficiência e longa durabilidade garantem sua aplicação nas mais diversas áreas comerciais e industriais. A descarga elétrica em seu interior emite quase que totalmente radiação ultravioleta (invisível ao olho humano), gerada pelo vapor de mercúrio, que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície

interna do bulbo. É da composição deste pó fluorescente que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação. É ele que determina a qualidade e a quantidade de luz, além da eficiência na reprodução de cor.



A figura ao lado mostra como é gerada a luz em uma típica lâmpada fluorescente tubular. Quando a lâmpada é ligada, a passagem de corrente elétrica através dos filamentos causa o seu aquecimento e a liberação de elétrons. Esses elétrons se movimentam de um cátodo para o outro em altíssima velocidade, estabelecendo uma descarga elétrica no vapor de mercúrio. A contínua colisão de elétrons com os átomos de mercúrio produz o ultravioleta, o qual é convertido em luz visível pelo fósforo.



Atualmente existem duas versões dessas lâmpadas:

- Fluorescente Standard - que apresenta eficiência luminosa de até 70 lm/W, temperatura de cor variando entre 4100K e 6100K e índice de reprodução de cor de 48 a 78%.

· Fluorescente trifósforo - eficiência luminosa de até 100 lm/W, temperatura de cor variando entre 3500K e 6000K e índice de reprodução de cor de 85%.

A grande revolução das fluorescentes ao longo dos anos tem ficado por conta da redução do diâmetro. Quanto menor ele for, maior é a possibilidade de desenvolvimento óptico dos refletores, permitindo melhor eficiência das luminárias. As versões tradicionais de lâmpadas são produzidas em T12(38mm) ou T10(33mm), e as versões mais modernas em T8(26mm). O passo mais recente para otimização global dos sistemas fluorescentes é a total miniaturização obtida com a versão T5(16mm) que, além do diâmetro de 16mm, teve uma redução de 50mm no comprimento total. Compactação, aumento na eficiência luminosa, design mais leve e criativo e operação direta em reatores eletrônicos.



Vapor de Mercúrio

Nas lâmpadas de vapor de mercúrio a luz é produzida pela combinação de excitação e fluorescência. A descarga de mercúrio no tubo de arco produz uma energia visível na região do azul e do ultravioleta. O fósforo, que reveste o bulbo, converte o ultravioleta em luz visível na região do vermelho. O resultado é uma luz de boa reprodução de cores com eficiência luminosa de até 60 lm/W. Para que uma lâmpada de vapor de mercúrio possa funcionar é necessário conectá-la a um reator específico, o qual serve para controlar a corrente e a tensão de operação. É importante salientar que devido à emissão de ultravioleta, caso a lâmpada tenha o seu bulbo quebrado ou esteja sem o revestimento de fósforo, deve-se desligá-la, pois o ultravioleta é prejudicial à saúde, principalmente em contacto com a pele ou os olhos.

Luz Mista

As lâmpadas de luz mista, como o próprio nome já diz, são uma combinação de uma lâmpada vapor de mercúrio com uma lâmpada incandescente, ou seja, um tubo de descarga de mercúrio ligado em série com um filamento incandescente. O filamento controla a corrente no tubo de arco e ao mesmo tempo contribui com a produção de 20% do total do fluxo luminoso produzido. A combinação da radiação do mercúrio com a radiação do fósforo e a radiação do filamento incandescente, produz uma agradável luz branca. As principais características da luz mista são:

- Substituem diretamente as lâmpadas incandescentes em 220V, não necessitando de equipamentos auxiliares (reator, ignitor e starter);
- Maior eficiência e vida média oito vezes maior que as incandescentes

Vapor de Sódio

A lâmpada vapor de sódio alta pressão é a mais eficiente do grupo de lâmpadas de alta intensidade de descarga. A luz é produzida pela excitação de átomos de sódio aliados a um complexo processo de absorção e reirradiação em diferentes comprimentos de onda. O resultado é uma luz branco-dourada com uma eficiência luminosa de 130 lm/W. As lâmpadas vapor de sódio são projetadas para funcionar nos mesmos reatores para lâmpadas vapor de mercúrio, sendo uma excelente opção de substituição para sistemas que já utilizam este tipo de lâmpada. A substituição de uma lâmpada vapor de mercúrio por um vapor de sódio resulta em uma redução média de 10% no consumo de energia elétrica e um acréscimo médio de 65% no fluxo luminoso. Este tipo de lâmpada se apresenta nas versões tubulares e elipsoidais, e é indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Amplamente utilizada na iluminação externa, em avenidas, auto-estradas, viadutos, complexos viários etc., tem seu uso ampliado para áreas industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos.

Vapor metálico

A lâmpada vapor metálico, além de ter uma excelente reprodução de cores, é atualmente a fonte de luz branca de maior eficiência disponível no mercado. A luz é produzida pela excitação de átomos de aditivos metálicos em um tubo de arco de quartzo. Para o seu funcionamento é necessário utilizar um reator para controlar a tensão e corrente de operação, e um ignitor para a partida. Devido à excelente qualidade de luz produzida pelas lâmpadas vapor metálico, novos modelos de baixa potência foram desenvolvidos para utilização em interiores. Atualmente as lâmpadas vapor metálico estão disponíveis nos formatos tubular, ovóide e tubular de duplo contacto.

6.2. Luminárias

As luminárias são equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma. Suas partes

principais são:

- O receptáculo para a fonte luminosa;
- Os dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso emitido (refletores, refratores, difusores, colméias, etc...);
- A carcaça, órgãos acessórios e de complementação.



Uma luminária eficiente otimiza o desempenho do sistema de iluminação artificial. Ao avaliar uma luminária, sua eficiência e suas características de emissão são de considerável importância. A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela relação entre a luz emitida pela mesma e a



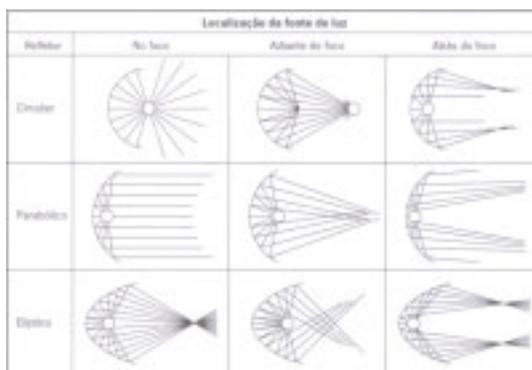
luz emitida pela lâmpada. Isto se explica pelo fato de uma parte da luz emitida pela lâmpada ser absorvida pela luminária, enquanto a restante é emitida ao espaço. O valor da fração de emissão da luz da luminária depende dos materiais empregados na sua construção, da refletância das suas superfícies, de sua forma, dos dispositivos usados para proteger as lâmpadas e do seu estado de conservação. Quando se avalia a distribuição da luz a partir da luminária, deve-se considerar como ela controla o brilho, assim como a proporção dos lumens da lâmpada que chegam ao plano de trabalho. A luminária pode modificar (controlar, distribuir e filtrar), o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas: desviá-lo para certas direções (defletores), ou reduzir a quantidade de luz em certas direções para diminuir o ofuscamento (difusores).

Receptáculo para fonte luminosa

Elemento de fixação funciona como contacto elétrico entre o circuito de alimentação externo e a lâmpada. Normalmente as partes isolantes são construídas de porcelana vitrificada, as partes condutoras deverão ser de latão, e as que possuem efeito de mola, de bronze fosforoso. Além da resistência à temperatura de funcionamento, deve-se verificar a estabilidade de fixação lâmpada/receptáculo quando a luminária estiver sujeita a intensas vibrações mecânicas, o que obrigará a utilização de soquetes tipo antivibratório.

Refletores

São dispositivos que servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de uma fonte. Os perfis de refletor mais utilizados são os circulares, os parabólicos, os elípticos e os de formas especiais normalmente assimétricos. Cada tipo de refletor possui sua aplicação específica. Podem ser



construídos de vidro ou plásticos espelhados, alumínio polido, chapa de aço esmaltada ou pintada de branco. O vidro espelhado, apesar da alta refletância, é pouco utilizado devido a sua fragilidade, peso elevado e custo. O alumínio polido é uma ótima opção, pois alia às vantagens de alta refletância, razoável resistência mecânica, peso reduzido e custo relativamente baixo.

Refratores

São dispositivos que modificam a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte utilizando o fenômeno da transmitância. Em muitas luminárias esses dispositivos tem como finalidade principal a vedação da luminária, protegendo a parte interna contra poeira, chuva, poluição e impactos.

Material	Transmitância média (%)	Resistência ao			Peso
		Envelhecimento	Impacto	Temperatura (°C)	
Vidro	88	Ótima	Fraca	230	Elevado
Acrílico	92	Muito Boa	Regular	70/100	Baixo
Policarbonato	87	Boa	Elevada	135	Baixo

Difusores e Colméias

Os difusores são elementos translúcidos, foscos ou leitosos, colocados em frente à fonte de luz com a finalidade de diminuir sua luminosidade, reduzindo as possibilidades de ofuscamento. É o caso das placas de vidro fosco ou bacias de plástico, acrílico ou policarbonato das luminárias fluorescentes. Podem também ser utilizados para conseguir-se um aumento da abertura de fecho de uma luminária.

Carcaça, Órgãos de fixação e de Complementação

As estruturas básicas das luminárias podem ser construídas de diversos materiais. Nas luminárias para lâmpadas fluorescentes, a carcaça é o próprio refletor, de chapa de aço, com acabamento geralmente em tinta esmaltada branca. A espessura da chapa deverá ser compatível com a rigidez mecânica do aparelho. A pintura deve ser de boa qualidade para melhor aderência e estabilidade.

Nas luminárias utilizadas no tempo ou em ambientes úmidos, dá-se preferência a carcaças de alumínio ou plásticos devidamente estabilizados contra radiações.

No caso das luminárias herméticas, à prova de água e vapores, especial cuidado deve ser tomado em relação às juntas e gaxetas de vedação, no que tange à resistência às intempéries, à temperatura e ao envelhecimento.

6.3. Equipamentos Auxiliares

Reatores

Tem por finalidade provocar um aumento de tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente, durante o funcionamento da lâmpada. Em termos construtivos podem se apresentar de duas formas: **reatores eletromagnéticos** ou **reatores eletrônicos**.

- Reatores eletromagnéticos – são os mais comuns nas instalações. Geralmente compostos de núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores para correção do fator de potência. Devido as suas perdas elétricas, emissão de ruído audível, efeito flicker e carga térmica elevada não são vistos com bons olhos por aqueles que pretendem fazer uso eficiente da energia elétrica;

- Reatores eletrônicos – são os mais procurados por profissionais voltados ao uso eficiente da energia. Trabalham em alta frequência (20 a 50 kHz), sendo mais eficientes que os eletromagnéticos na conversão de potência elétrica em potência luminosa. A qualidade do produto, no entanto, é um fator que deve ser levado em consideração para que se obtenha sucesso na execução do projeto.

Os aspectos básicos a serem considerados são o fator de potência (FP) e a distorção harmônica (THD), que são mostrados na tabela a seguir.

Tipo	Reator eletromagnético		Reator eletrônico	
	Fator de potência normal	Alto fator de potência	Fator de potência normal	Alto fator de potência
FP	0,4 - 0,7	0,8 - >0,9	0,4 - 0,7	>0,9
THD (%)	6 - 18	15 - 27	75 - 200	16 - 42

Fonte: NLIPIF CFL Specifier Report, Advanced Lighting Guidelines

Ignifores

Dispositivo de partida para lâmpadas vapor de sódio e vapores metálicos. Durante a ignição na lâmpada vapor de sódio, ele fornece um alto pico de tensão aos eletrodos da lâmpada que é sobreposto à tensão da rede. Por isto os disjuntores de proteção do circuito deverão ser do tipo retardado, suportando a corrente necessária para a partida da lâmpada. Após a partida o ignitor desliga-se automaticamente.

Sensor de Presença

A utilização destes equipamentos pode gerar economias significativas. Estes dispositivos asseguram que as luzes permaneçam apagadas quando as salas estão desocupadas, sendo suas aplicações mais apropriadas em locais com perfil de ocupação intermitente ou imprevisível.

O sistema é composto por um detector de movimento (que utiliza ondas ultra-sônicas ou radiação infravermelha), uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de presença sente o movimento e envia o sinal apropriado para a unidade de controle. A unidade de controle, então, processa o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz.

Sistema por Controle Fotoelétrico

Este sistema possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de dimmers controlados automaticamente. Quando maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa.

Minuterias

A pessoa que entra no prédio ativa a minuteria, que acende as lâmpadas por um período de tempo preestabelecido, suficiente para o usuário chegar ao seu local de destino. Após o tempo programado, o temporizador desativa as lâmpadas, evitando o desperdício de energia.

Dimmers

Controlam, através de um circuito eletrônico, a potência fornecida à lâmpada. Este aparelho é normalmente encontrado para lâmpadas incandescentes. Alguns modelos de reatores eletrônicos e mesmo eletromagnéticos incorporam a função do dimmer, permitindo o controle contínuo da luminosidade em lâmpadas fluorescentes. Existem também modelos de lâmpadas fluorescentes compactas que permitem a utilização de dimmers comuns, os mesmos empregados no controle de lâmpadas incandescentes.

7. DESCRIÇÃO DE UM PROJETO EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO

Iluminação de interiores

Nos projetos luminotécnicos eficientes, devemos sempre buscar:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

Objetivos a serem alcançados em um projeto de iluminação

- Definir o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente.

Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que orientarão o projetista. O nível recomendado varia, também, com a duração do trabalho sob iluminação artificial, devendo ser mais elevado para as longas jornadas.

- Obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados.
- Evitar o deslumbramento das pessoas que utilizam o local. O deslumbramento é a impressão de mal-estar que o olho humano experimenta quando recebe fluxo luminoso de uma fonte de grande intensidade luminosa. Sua consequência imediata é a perturbação da capacidade visual do indivíduo, sendo capaz de dificultar e mesmo impedir a função visual perfeita.

- Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados. A impressão da cor de um objeto depende da composição espectral da luz que o ilumina, de suas refletâncias espectrais e do sentido da visão humana. Portanto a cor não é exatamente uma propriedade fixa e permanente em um objeto, mas o que se enxerga como cor é o fluxo luminoso refletido pelo mesmo.
- Escolher com critério os aparelhos de iluminação e o tipo de lâmpada a ser empregada para que se verifiquem as condições anteriores de uma forma econômica, e que essas condições não se degradem sensivelmente com o tempo.
- Lembrar que a iluminação é parte de um projeto global, devendo se harmonizar com o mesmo. Ela define, em muitos casos, as características de um ambiente. Em resumo, ao se projetar a iluminação de um ambiente, não se deve levar em conta unicamente os aspectos quantitativos, mas também os qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos que o usuário exige do espaço iluminado.

8. REVITALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação é um fator determinante para a boa produtividade no ambiente de trabalho e para as vendas dos produtos expostos nos estabelecimentos comerciais. Em um local bem iluminado há menos fadiga, menor incidência de erros, redução de problemas com a visão, conforto visual, melhor desempenho visual das atividades e realce das texturas e cores através da reprodução com fidelidade.

Todo trabalho de revitalização de um sistema de iluminação deve começar com um levantamento criterioso da situação atual, abordando os seguintes itens:

- Características do ambiente
- Componentes do sistema e da instalação elétrica
- Forma e horário de funcionamento
- Nível de iluminamento nos planos de trabalho
- Faixa etária das pessoas que trabalham no local
- Tarifa de energia

Ao se fazer a visita no local que será estudado é necessário que se levante uma série de itens que serão de fundamental importância para o estudo. A seguir estão

relacionados os parâmetros que devem ser avaliados, sob forma de recomendações e procedimentos:

Características do ambiente:

- Refletâncias - Deve-se estimar a refletância das paredes, teto e piso, para subsidiar cálculos futuros. É importante a adoção de cores claras, que aumentam o rendimento do sistema, diminuindo a variância entre iluminâncias mínimas, médias e máximas;
- Contribuição da luz natural - Deve ser avaliada através de sua contribuição no plano de trabalho. Com a iluminação desligada, pode-se medir o nível de iluminamento no plano de trabalho devido à luz natural e assim avaliar sua contribuição.

Componentes do sistema e da instalação elétrica:

- Luminária - Principal item para aplicação da revitalização, podendo ser substituída ou reformada. É importante verificar seu estado de conservação, possibilidades de reforma e forma de fixação. Recomenda-se a retirada de uma luminária, de cada modelo, para subsidiar os estudos junto ao fabricante que irá fornecer as luminárias para a revitalização;
- Lâmpada - Deve ter seu tipo e fabricante anotados para a avaliação do rendimento atual no sistema. Grandezas tais como, temperatura de cor, índice de reprodução de cor, fluxo luminoso, potência e eficiência energética devem ser levantadas através de consultas a catálogos de fabricantes;
- Reator - Elemento responsável pela quase totalidade das perdas no sistema atual. Deverão ser verificados seus modelos, fabricante, tensão nominal, fator de potência e perdas nominais.

Forma e horário de funcionamento:

- Reduz-se o consumo de energia com o sistema funcionando apenas no horário de ocupação e também através de acionamentos automatizados (tais como sensores de presença).

Nível de iluminação nos planos de trabalho:

- Nível de iluminação atual deverá ser mapeado de forma simples, com o objetivo de se ter uma noção do nível médio. Este valor será o ponto de partida para os estudos de alternativas de revitalização. Recomenda-se medir o nível de iluminação sobre as mesas de trabalho, abrangendo todo o ambiente por amostragem.

Tarifa de energia:

- Deve-se verificar, junto ao usuário, qual a classe tarifária a que está submetida a instalação, para que os possíveis ganhos com a redução do consumo possam ser avaliados. É recomendável obter uma cópia das contas de energia do local nos últimos 12 meses e, se possível, avaliar a participação do sistema de iluminação no total.

9. APLICAÇÃO E ANÁLISE DA REVITALIZAÇÃO

Alguns aspectos técnicos devem ser considerados na aplicação da revitalização:

Nível de iluminação

A comparação entre os níveis atuais e futuro permite o direcionamento das soluções a serem estudadas, pois será possível avaliar se a distribuição de luminárias poderá ser mantida, se o número de lâmpadas das luminárias pode ser reduzido, se haverá necessidade de uso de reator com alto fator de potência; e, principalmente, avaliar as possibilidades de redução dos custos de energia.

Escolha dos componentes

- Na escolha da luminária deverão ser considerados os aspectos de facilidade de instalação, necessidade de adaptação no forro, utilização dos materiais de fixação existentes e, principalmente, suas características fotométricas, seu rendimento e custo para reforma ou substituição.
- A escolha da lâmpada está atrelada a luminária, porém deverão ser consideradas as lâmpadas com melhor relação lm/W, sua temperatura de cor e índice de reprodução de cor.

A escolha do reator sempre recai sobre o problema de utilização ou não de reatores eletrônicos, pois apesar destes diminuir significativamente as perdas, nem sempre

são viáveis economicamente. Desta forma, recomenda-se que sejam avaliadas alternativas de instalação com e sem reatores eletrônicos e comparadas suas viabilidades econômicas. Deve-se também considerar o acionamento de múltiplas lâmpadas por apenas um reator eletrônico, reduzindo o investimento.

Análise econômica

Todas as propostas listadas no projeto de revitalização dos sistemas devem ser analisadas sob a óptica da relação custo-benefício. A melhoria da eficiência do sistema deve acontecer em paralelo a investimentos coerentes com a realidade do cliente. Não é interessante que se proponham alternativas tecnicamente brilhantes com investimentos que não possam ser aplicados, ou que tenham um tempo de retorno do investimento demasiadamente alto.

Medição e verificação

A determinação e quantificação das economias obtidas são de fundamental importância para que um projeto de revitalização tenha os seus objetivos alcançados. Para isto existem várias opções de Medição e Verificação para avaliação das economias. As quatro abordagens gerais descritas a seguir variam em precisão e em custo de implementação.

As opções descritas foram criadas para satisfazer as necessidades de uma grande gama de contratos que usam as economias para determinar os pagamentos de financiamentos. O custo da medição e verificação varia de acordo com a abordagem de verificação. De uma forma geral deve-se procurar manter este custo em cerca de 3 a 6 % do custo total do projeto.

Resumo e Comparação entre as opções de MV

	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
Procedimento comum	Verificação do desempenho pela multiplicação das horas de funcionamento pela diferença de potência instalada	Verificação das economias pela utilização de medidores específicos para cada uso final	Medições com o medidor geral da Concessionária, identificando as economias obtidas por interação	Modelos matemáticos
Medição	Nenhuma ou de curto prazo	Contínua em nível de sub-sistema	Contínua em nível geral/sistema	-
Leitura	Eventual	Mensal, diária ou horária	Mensal, diária ou horária	Horária em modelo matemático
Estimativa de Economias	Cálculos de Engenharia + medição eventual	Cálculos de Engenharia + medição contínua	Medidor de faturamento da Concessionária + ajustes do baseline	Simulação
Custo	Baixo	Alto	Baixo *	Alto **
Precisão	~ 20%	~ 10%	~ 20%	~ 10%

10. APLICAÇÕES

Em termos de aplicações práticas, os sistemas de iluminação podem apresentar as condições mais variadas possíveis. Atualmente, no Brasil, ainda encontramos uma grande quantidade de instalações inadequadas, seja no sentido de conservação dos equipamentos ou sob a óptica de consumo de energia.

Em muitos casos as soluções são bastante simples, inclusive com pequenos investimentos iniciais. Certamente existem outras situações que demandam um maior investimento, porém com retorno interessante.

Enfim, as situações ilustradas a seguir objetivam esclarecer um pouco mais sobre as questões levantadas, possibilitando ao usuário formar opiniões sobre diversas aplicações da iluminação.

Luminárias com difusores que tornam o sistema pouco eficiente

As luminárias da foto possuem duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 20W, reator eletromagnético e difusor em acrílico cobrindo toda a lâmpada. O sistema torna-se bastante ineficiente, pois grande parte do fluxo luminoso é perdida ao passar pelo difusor. Os equipamentos utilizados (lâmpada+reator) também não são eficientes, prejudicando ainda mais a emissão do fluxo luminoso.



A opção adotada pela manutenção do local foi à modificação do difusor, através de cortes no acrílico, possibilitando facilitar a passagem do fluxo luminoso. A eficiência do conjunto aumentou bastante (cerca de duas vezes), para pontos de medição localizados exatamente abaixo da luminária. O investimento foi mínimo tornando a opção interessante. O fato é que a melhoria da

eficiência dos pontos de medição localizados exatamente abaixo da luminária não se repetiu para os localizados fora do eixo vertical. Áreas localizadas nestes pontos continuavam com níveis de iluminamento abaixo do esperado. Para que a situação fosse normalizada torna-se necessária a retirada do difusor, substituindo-o por outro que promova um melhor “espalhamento” do fluxo luminoso da luminária. Vale lembrar que a troca das lâmpadas e reatores em uso contribuirá para melhoria da eficiência do conjunto.

Baixa eficiência

A luminária da figura tem grande utilização em diversos ambientes comerciais e industriais, porém apresenta uma eficiência bastante baixa, pois boa parte do fluxo luminoso produzido pelas lâmpadas não chega aos pontos de trabalho. Estudos precisam ser feitos, levantando a possibilidade de melhoria do conjunto, seja pela instalação de superfície reflexiva na carcaça da luminária, ou pela troca completa do equipamento.



Problemas na Manutenção

Em ambientes com atmosfera agressiva, apresentando grandes níveis de poluição, as luminárias obrigatoriamente devem ser protegidas, evitando o desgaste precipitado das lâmpadas, reatores e contactos elétricos. Gastos desnecessários com manutenção são alcançados quando o tipo correto de luminária não é utilizado.



Desperdício

Em muitas aplicações encontram-se desperdícios como o da figura, apesar da boa iluminação natural, as lâmpadas encontram-se acesas. Geralmente acontece este fato pela falta de setorização dos circuitos, pela não existência de interruptores.



Outros problemas na manutenção

As fotos mostram problemas comuns na manutenção dos sistemas de iluminação, fatos que prejudicam os níveis de iluminamento e a vida útil dos equipamentos.



11. MÉTODO DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

De forma bastante simplificada o usuário pode desenvolver um cálculo para definir a quantidade de luminárias necessárias para sua aplicação. É importante ressaltar que cálculos mais precisos podem ser feitos com a ajuda de programas de computador, disponíveis em diversos modelos no mercado.

Dados necessários para o cálculo

- Dimensões do ambiente;
- Pé direito;

- Altura do plano de trabalho;
- Altura de suspensão da luminária;
- Refletâncias do teto, parede e piso;
- Tipo de luminária a ser utilizada;
- Iluminância necessária no ambiente segundo NBR5413.

Etapas de Cálculo

1 – Índice do local (K)

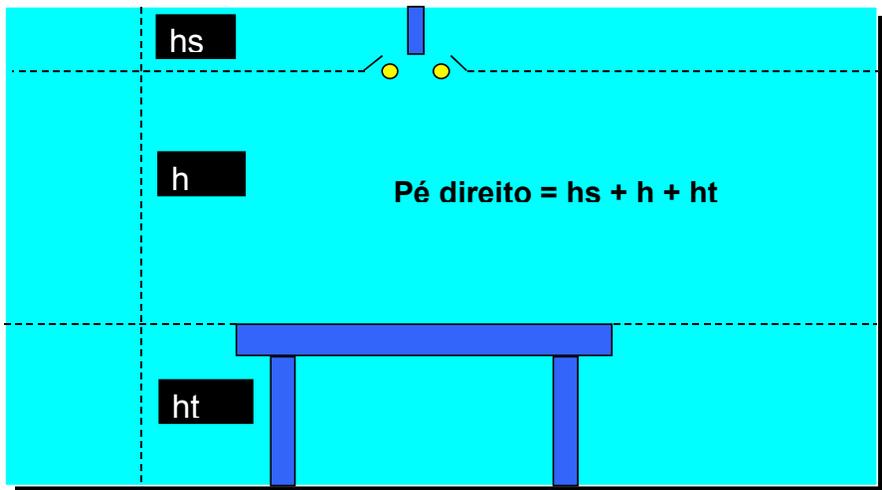
$$K = C \times L / h \times (C + L)$$

Onde:

C – Comprimento do ambiente

L – Largura do ambiente

h – Altura de montagem (pé direito - altura do plano de trabalho - altura de suspensão da luminária)



2 – Fator de Utilização (U)

Este fator é apresentado na forma de tabela para cada tipo de luminária existente. Daí a necessidade de se escolher a luminária para aplicação no projeto, antes do início dos cálculos.

Para escolher o fator de utilização mais adequado, faz-se necessário conhecer as refletâncias do teto, paredes e piso; além do índice do local (K), calculado no item 1.

Tabela de Refletâncias

Superfície	Refletância
Muito Clara	70%
Clara	50%
Media	30%
Escura	10%
Preta	0%

Teto(%)	70			50			30		0
Parede(%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
Piso(%)	10			10			10		0
K	Fator de Utilizacao – (x 0,01)								
0,60	40	35	32	40	35	32	35	32	30
0,80	48	43	39	47	42	39	42	39	37
1,00	53	49	45	52	48	45	48	45	43
1,25	58	54	51	57	53	50	53	50	48
1,50	62	58	55	61	57	54	56	54	52
2,00	67	64	61	66	63	61	62	60	58
2,50	70	68	65	69	66	64	65	64	62
3,00	72	70	68	71	69	67	68	66	64
4,00	75	73	71	73	72	70	70	69	67
5,00	76	74	73	75	73	72	72	71	69

3 – Fator de Perdas Luminosas

As perdas luminosas consideram o acúmulo de poeira nas luminárias e a depreciação das lâmpadas.

Limpo = 0,80

Médio = 0,70

Sujo = 0,60

4 – Níveis de Iluminância recomendados pela NBR5413

A tabela mostra alguns exemplos de iluminâncias recomendadas para diversas atividades.

Atividade	E (mínima)	E (média)	E (máxima)
Atividade não contínua como circulação, sanitário, depósito, saguão, sala de espera, etc.	100 lux	150 lux	200 lux
Atividade simplificada com requisitos visuais limitados como: sala de controle, sala de aula, arquivo, etc.	200 lux	300 lux	500 lux
Atividade realizada continuamente com requisitos visuais normais, tais como escritórios, bancos, lojas, etc.	300 lux	500 lux	750 lux
Situação onde se exige visualização de detalhes com em exposição em vitrine, desenho, etc.	750 lux	1.000 lux	1.500 lux

5 – Cálculo da Quantidade de Luminárias

$$N = (E.C.L) / (n.f.U.Fpl)$$

Onde:

E = Iluminância (item 4)

C = Comprimento do ambiente

L = Largura do ambiente

n = Quantidade de lâmpadas por luminária

f = Fluxo luminoso da lâmpada (ver tabela de fabricante)

U = Fator de utilização (item 2)

Fpl = Fator de perdas luminosas (item 3)

Obs: O valor de N pode não ser um número inteiro. Quando isto acontece, este valor deve ser arredondado de forma a obter uma distribuição a mais uniforme possível.

6 – Cálculo da Iluminância Média

Dependendo da distribuição definida no item anterior, a quantidade de luminárias pode ser alterada, sendo necessário calcular a iluminância média.

$$E = (N.n.f.U.Fpl) / C.L$$

7 – Distribuição das Luminárias

Recomenda-se que o espaçamento entre as luminárias seja o dobro do espaçamento entre elas e as paredes laterais

Exemplo simplificado de cálculo

Suponha que o ambiente em estudo tenha as seguintes dimensões:

- Comprimento = 8m;
- Largura = 5m;
- Pé direito = 2,8m;
- Altura de suspensão da luminária = 0;
- Plano de trabalho = 0,8m;
- A cor do teto e das paredes é branca.

Trate-se de um escritório e pretende-se utilizar no local luminária com duas lâmpadas de 32W e reator eletrônico. Com base nestes dados, calcule a quantidade de luminárias necessárias para atender os níveis de iluminância recomendados pela norma.

1 – Índice do local (K)

$$K = 8.5 / 2.(8+5) = \mathbf{1,54}$$

2 – Fator de Utilização (U)

Refletância do teto = 70%

Refletância parede = 50%

Refletância piso = 10%

De acordo com a tabela tem-se **U = 0,62**

3 - Fator de perdas luminosas (Fpl)

Ambiente limpo: $Fpl = 0,80$

4 – Iluminância recomendada (E)

$E = 500\text{lux}$

5 – Quantidade de luminárias (N)

$N = 500.8.5 / 2.2700.0,62.0,80 = 7,5$

Pela tabela do fabricante o fluxo luminoso da lâmpada fluorescente de 32W é 2.700lm

Após arredondamento define-se que serão utilizadas 8 luminárias.

6 – Iluminância Média

$E = 8.2.2700.0,62.0,80 / 5.8 = 535\text{lux}$

Conclusão

O ambiente em questão será iluminado por 8 (oito) luminárias com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W, fornecendo uma iluminância média de 535lux.

12. ESTUDO DE CASO (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA)

O texto abaixo faz uma descrição detalhada das instalações, em termos de Equipamentos e Arquitetura existentes na fábrica, visando fornecer condições para o levantamento de dados e análise das propostas que deverão ser feitas.

Setor administrativo

- Prédio com fachadas envidraçadas, com exposição ao Sol durante boa parte do dia. Não existe nenhum tipo de vegetação próxima à janela, a contribuição da luz natural para os ambientes é bastante grande;
- Complexo de salas separadas por divisórias à meia altura totalizando 105 luminárias comuns, com pintura eletrostática branca, contendo duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W com reator eletromagnético. As luminárias encontram-se com uma quantidade razoável de poeira acumulada, influenciando certamente no fluxo luminoso do conjunto. O nível de iluminância médio é de 520 lux e o tempo de utilização diária gira em torno de 10 horas. Considerar as perdas médias nos reatores de 25%;

- Existem seis (6) banheiros, com quatro lâmpadas incandescentes de 100W cada. O nível de iluminância médio é de 300 lux e permanecem acesos durante todo o horário de expediente (10 horas).
- Neste setor foram identificadas duas salas de reunião com luminárias comuns, seis em cada sala, contendo duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W com reator eletromagnético (perdas aproximadas de 25%). O detalhe é que mesmo vazia, as lâmpadas da sala continuavam acesas, apesar da boa iluminação natural. O nível de iluminância médio é de 650 lux. A utilização destas salas é eventual, em média duas reuniões por dia com duração de uma hora cada;
- Os corredores se apresentam com luminárias comuns contendo apenas uma lâmpada fluorescente tubular de 40W, totalizando 60 conjuntos com um nível médio de iluminância de 280 lux. O reator também é eletromagnético (perdas aproximadas de 25%) e o setor permanece com as lâmpadas acesas durante 18 horas por dia.

Setor industrial

- O galpão industrial tem um pé direito de aproximadamente cinco metros, com 86 luminárias comuns contendo duas lâmpadas fluorescentes tubulares do tipo HO de 110W. As atividades realizadas no local são de empacotamento e estocagem e o nível de iluminância médio é de 250 lux. O galpão tem atividades durante as 24 horas do dia. Os reatores que alimentam as lâmpadas são eletromagnéticos com perdas aproximadas de 20%;
- Os laboratórios se apresentam com 42 luminárias reflexivas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W cada. O nível de iluminância é alto, aproximadamente 1000 lux. O pé direito deste setor é de 3 metros e o funcionamento gira em torno de 16 horas por dia;
- Temos quatro banheiros no total com luminárias comuns de duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W e reator eletromagnético (perdas aproximadas de 25%). Cada banheiro tem seis luminárias e o nível de iluminação está em torno de 300 lux. As lâmpadas ficam acesas 24 horas por dia.

Setor de estacionamento

- Temos 30 postes de 8 metros de altura com 4 pétalas contendo cada uma lâmpada vapor mercúrio de 400W que ficam acesas 12 horas por dia.

- Existem 10 holofotes direcionados para a fachada da fábrica com lâmpada vapor mercúrio de 400W acessos 12 horas por dia.

Com base nos dados descritos acima faça um estudo de eficientização dos sistemas de iluminação existentes, gerando um relatório técnico que contenha os seguintes resultados:

- Planilha com detalhamento da situação atual das instalações, levando-se em conta a potência atual instalada e o consumo energético anual;
- Planilha com detalhamento da situação proposta, levando-se em conta a nova potência instalada e o novo consumo energético anual;
- Planilha contendo os custos relacionados com os investimentos necessários para a eficientização dos sistemas de iluminação;
- Quadro final mostrando a redução na potência instalada, a economia de energia alcançada, a economia em R\$ e o tempo de retorno do investimento (pay-back simples) para a situação proposta. Para isto considere como valor médio de tarifa R\$ 0,15/kWh.

13. CONCLUSÃO

É um fato real que as perdas de energia devidas à iluminação ineficiente, são gigantescas. Hoje, as lâmpadas incandescentes de baixa eficiência, são responsáveis por boa parte do consumo mundial de eletricidade em iluminação, principalmente no setor residencial. Relativamente ao total mundial de luz produzida por todas as lâmpadas, as incandescentes têm uma participação de apenas 20%. Muitas destas podem ser substituídas por fontes de luz mais rentáveis. Do mesmo modo, um grande número de instalações de iluminação com lâmpadas vapor de mercúrio podem ser substituídas por lâmpadas vapor de sódio de alta pressão.

Uma boa iluminação não é apenas uma diminuição da escuridão. Como se disse anteriormente, tornou-se uma necessidade da vida humana. Reduz os acidentes rodoviários noturnos e constitui-se uma barreira contra o crime. Aumenta a

produtividade e tem efeito positivo no bem estar das pessoas envolvidas nos processos de produção. Permite-nos o acesso a museus, livrarias, hospitais e locais de interesse histórico e orgulho comunitário. A iluminação nas residências promove o conforto e paz de espírito, o que atualmente é muito importante na vida moderna. Proporcionar meios para a diversão noturna, bem como para esportes, que são passatempos favoritos de milhões de pessoas em todo o mundo. Torna possível transmitir pela televisão os acontecimentos mundiais mais importantes. Garante segurança à navegação aérea e marítima, permitindo que se possam realizar depois do pôr do sol.

Em resumo, é a iluminação que nos torna independentes da luz natural, e mantém o mundo vivo depois do escurecer. Mesmo hoje, passado mais de um século desde o invento da primeira lâmpada incandescente, há muitas áreas do nosso planeta que ainda estão mal iluminadas. Este fato, aliado ao permanente desejo do homem de melhorar as suas condições de vida, constitui razão para afirmar que a última palavra em iluminação ainda não foi pronunciada.

Uma boa iluminação continua a ser uma das necessidades básicas mais importantes do homem. Sabemos que esta necessidade pode ser satisfeita, mesmo quando a conscientização sobre o custo da energia é uma exigência imperiosa. Para atingir simultaneamente estes objetivos, é necessária experiência profissional e saber executar projetos de iluminação com orientação energética, isto é, ter conhecimentos profundos de Engenharia Luminotécnica. Além disso, a gama de equipamentos de iluminação de hoje, por ser tão sofisticada, não pode ser manejada por pessoas inexperientes, sem se correr o risco de se perder permanentemente dinheiro e energia.