



## **Monografia**

### **"USO ENERGÉTICO RACIONAL EM EDIFICAÇÕES"**

Autor: Fernando Padilha dos Reis

Orientador: Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

Fevereiro/2010

Fernando Padilha dos Reis

**"USO ENERGÉTICO RACIONAL EM EDIFICAÇÕES"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Viabilidade do Uso Racional da Iluminação em uma Edificação Unifamiliar.  
Orientador: Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2010

Aos meus pais,  
pelo apoio e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por sempre me guiar nos caminhos da vida,

Aos meus pais que sempre me incentivaram na busca do conhecimento,

A toda equipe do curso de especialização que tornaram possível a realização deste trabalho.





## RESUMO

A demanda de consumo de energia é cada vez maior para suprir as necessidades do nosso progresso tecnológico. Para reduzir o impacto negativo deste progresso torna-se necessário a aplicação de técnicas alternativas que priorizem um desenvolvimento sustentável. Uma característica essencial dos potenciais energéticos é a possibilidade de uma forma energética ser convertida em outra de modo espontâneo ou intencional. Recursos energéticos podem ser definidos como as reservas ou fluxos de energia disponíveis na natureza. O setor de iluminação tem um papel já que é um grande consumidor de energia elétrica nas instalações de iluminação residencial, comercial, industrial e pública, além do grande consumo nas horas de ponta. A iluminação é responsável por uma parcela importante do gasto com energia em uma residência. A energia utilizada de maneira racional contribui para um desenvolvimento sustentável. A luz pode ser definida como a parte visível do espectro eletromagnético. A iluminação para a humanidade representa não apenas proteção e segurança, como também adaptação ao trabalho em recintos escuros. Para reduzir o consumo de energia elétrica torna-se necessário aproveitar ao máximo a iluminação natural, escolher lâmpadas mais eficientes e de vida útil maior e definir um sistema adequado para o comando da iluminação

## LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

MME = Ministério de Minas e Energia

PROCEL = O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Diodo Emissor de Luz

Figura 3.2 Lâmpada de Bulbo LED

Figura 3.3 Lâmpada Tubular LED

## 1. INTRODUÇÃO

Um edifício é projetado para o ser humano e deve ter como objetivo o bem estar dos usuários, no sentido de atingir o conforto amplo daqueles que utilizam o espaço a que ele propõe. Além do conforto, a edificação deve possuir aspectos funcionais, construtivos e estéticos.

Conforto é função da relação que o homem estabelece com o ambiente, que é dependente daquilo que o ambiente construído possibilita ao indivíduo ao atender as necessidades e aspirações próprias de cada pessoa.

A relação entre o homem e o ambiente construído, orienta o projetista com relação às necessidades de cada indivíduo e possibilita as intervenções mais adequadas no ambiente construído.

Um sistema completo de edificação pode ser dividido em três subsistemas principais:

- Mecanismos ativos: inclui as instalações que necessitam de energia para funcionamento;
- Espaço arquitetônico: engloba o espaço ocupado pela edificação e os sistemas de infra, meso e super estrutura;
- Locação: que engloba o terreno da edificação.

O gasto de energia para manutenção do ambiente construído (mecanismos ativos) demanda um consumo de energia cada vez maior para suprir as necessidades do nosso progresso tecnológico. Para reduzir o impacto negativo deste progresso torna-se necessário a aplicação de técnicas alternativas que priorizem um desenvolvimento sustentável.

A redução do impacto ambiental de um ambiente construído requer planejamento, racionalização de todos os processos, utilização de materiais

específicos e soluções que considerem o ambiente em todas as etapas de sua construção e utilização.

A busca de soluções tecnológicas e sustentáveis para o ambiente construído incentiva a inovação quanto à utilização da matéria prima e dos sistemas tecnológicos de geração e consumo de energia.

O uso racional da iluminação nas edificações tem o objetivo principal de reduzir o consumo de energia e contribuir de maneira positiva na preservação do meio ambiente.

## 2. OBJETIVO

Estudar a viabilidade da implantação de sistemas de iluminação eficientes que tornarão viáveis o uso racional da energia para iluminação.

## 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 3.1. Energia: Conceitos e Fundamentos

No século IV A.C., Aristóteles em sua obra *Metafísica*, identificava energia (do grego *energeia*) como uma realidade em movimento. A definição mais usual, e que é encontrada em muitos livros, afirma que “energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho.”

Entretanto esta definição aplica-se apenas a alguns tipos de energia como a mecânica e a elétrica, que a principio é totalmente conversível em outras formas de energia. Esta definição perde o sentido ao ser aplicada ao calor, pois esta forma de energia é apenas parcialmente conversível em trabalho.

Em 1872, Maxwell propôs uma definição que pode ser considerada mais correta do que a anterior: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a essa mudança”. Esta definição refere-se a mudanças de condições a alterações do estado de um sistema e inclui duas idéias importantes: as modificações de estado implicam em vencer resistências e é justamente a energia que permite obter estas modificações de estado. Assim, para elevar uma massa até uma determinada altura, aquecer ou esfriar um volume de gás, transformar uma semente em planta, converter minério em ferramentas, jogar futebol, ler este texto, sorrir, enfim, qualquer processo que associe alguma mudança, implica em se ter fluxos energéticos. Cabe observar que na terminologia da termodinâmica denomina-se sistema a região de interesse, delimitada por uma fronteira, que pode existir fisicamente ou ser uma superfície idealizada, que a separa do ambiente, que neste caso significa, portanto tudo aquilo que está fora da região de interesse. Desta forma, o universo, o todo, resulta da soma do sistema com o ambiente.

Por ser um conceito tão fundamental, definir energia é sem dúvida mais difícil e menos importante do que sentir e perceber sua existência, como causa e origem primeira de todas as mudanças. (Nogueira apud Maxwell, 1872, p. 02).

Grande parte das leis físicas que governam o mundo são variantes das leis básicas dos fluxos energéticos, ou seja, as leis de conservação e dissipação que estruturam todo o Universo, desde o micro ao macrocosmo.

Um conceito associado à energia é o da potência que corresponde ao fluxo de energia na unidade de tempo. Quando se trata de processos humanos e econômicos, o tempo é um elemento fundamental. A sociedade moderna busca atender suas demandas energéticas de forma rápida. Deste modo a taxa de utilização dos fluxos energéticos é tão importante quanto a sua disponibilidade.

O campo dos estudos energéticos é muito vasto. Engloba desde o uso de recursos naturais até os aspectos relacionados ao desempenho das modernas tecnologias, bem como permite uma abordagem que considere os aspectos de caráter técnico ou envolva seus componentes sócio-econômicos e ambientais, inclusive quanto a sua evolução histórica e suas perspectivas futuras.

### 3.1.1. As Formas de energia

A energia pode apresentar-se de diversas formas. Um potencial energético corresponde sempre ao produto entre uma variável extensiva e uma variável de desequilíbrio que tende a expressar uma disponibilidade de conversão entre formas energéticas. Apenas no processo de conversão se identifica a existência de energia que se apresenta na fronteira do sistema, como calor ou trabalho.

A caracterização dos tipos de energia que encontramos na natureza depende, em parte, do nível explicativo adotado. Serão considerados os seguintes tipos de energia, a saber:

- Energia mecânica

A energia mecânica pode ser dividida em potencial ou cinética. A energia potencial associa-se diretamente a uma força estática e pode ser potencial elástica, tal como se acumula em molas ou em gases comprimidos, ou gravitacional, dependendo da posição de uma massa em um campo gravitacional. A energia mecânica cinética é a energia que se associa à inércia das massas em movimento.

- Energia elétrica

Forma de energia baseada na geração de diferença de potencial elétrico entre dois pontos, que permite estabelecer uma corrente elétrica entre ambos. É associada à circulação de cargas elétricas através de um campo de potencial elétrico. Pode ser definida pelo produto entre a potência elétrica e o tempo durante o qual esta potência se desenvolve.

Os dois tipos básicos de corrente elétrica são a corrente contínua (CC) , quando seu valor é constante com o tempo ou corrente alternada (CA), que varia de modo senoidal com tempo.

Mediante a transformação adequada é possível obter que tal energia mostre-se em outras formas finais de uso direto, em forma de luz, movimento ou calor, segundo os elementos da conservação da energia.

- Energia química

É a energia resultante de reações químicas e da liberação de energia acumulada entre os átomos e moléculas. A energia dos combustíveis fósseis é na realidade energia química.

- Energia nuclear

É a energia produzida pelas reações nucleares: isto é, pela fusão de átomos leves, como o hidrogênio, em um processo físico onde ocorre uma diferença de massa, entre os reagentes e os produtos da reação que corresponde a significativas quantidades de energia liberada. Trata-se de um processo de grande geração de energia e de difícil controle. O Sol produz o seu calor e a sua luz por fusão nuclear de átomos de hidrogênio em hélio.

- Energia atômica

Relacionam-se com a fissão de átomos pesados, como urânio, tório e plutônio, em decorrência da instabilidade natural ou provocada por alguns isótopos destes materiais, que tendem a converter-se em outros materiais com

número atômico mais baixo, com liberação de energia devido à perda de massa observada.

- Energia Radiativa

Manifesta-se na natureza principalmente sob a forma de luz. É armazenada em pequenos corpúsculos denominados fótons que é a partícula elementar mediadora da força eletromagnética. O fóton também é o quantum da radiação eletromagnética.

- Energia térmica

A energia térmica pode apresentar-se sob duas formas: radiação térmica ou energia interna. A energia térmica resulta da conversão da energia química, mediante uma reação de combustão. A energia interna corresponde à capacidade de promover mudanças, associadas à agitação térmica de um material. É uma forma de energia que está diretamente associada à temperatura absoluta de um sistema, e corresponde à soma das energias cinéticas que suas partículas constituintes possuem em virtude de seus movimentos de translação, vibração ou rotação.

As formas de energias apresentadas não esgotam todas as possibilidades de se considerar a energia. Ela existirá sempre que houver possibilidade de promover alguma mudança de estado.

### 3.1.2. As leis de conversões energéticas

Uma característica essencial dos potenciais energéticos é a possibilidade de uma forma energética ser convertida em outra de modo espontâneo ou intencional, e adequar-se a alguma situação desejada. Todos os processos de conversão de energia são regidos por duas leis físicas fundamentais:

“A primeira lei básica é a Lei de Conservação da Energia. Segundo este postulado, energia não se cria nem se destrói, salvo nos casos em que ocorrem reações atômicas ou nucleares e então podem se observar transformações de massa em energia.” (Nogueira, 2001)

Na maioria dos casos a dualidade massa-energia não precisa ser considerada, deste modo em um dado período de tempo, a somatória dos fluxos energéticos em um sistema é constante, o que permite efetuar balanços energéticos, determinar perdas, e quantificar fluxos energéticos.

“A segunda lei é a Lei de Dissipação de Energia na qual relata que em todos os processos de conversão de energia sempre deve existir uma parcela de energia térmica como produto.” (Nogueira, 2001). Em todo processo de conversão energética existem perdas térmicas que se somam a outras perdas inevitáveis devido às limitações dos sistemas reais.

### 3.2. Recursos Energéticos

Recursos energéticos podem ser definidos como as reservas ou fluxos de energia disponíveis na natureza e que podem ser utilizados para atender às necessidades dos seres humanos. Podem ser classificados como recursos fósseis (não renováveis) ou renováveis.

Recursos fósseis referem-se aos estoques de materiais que armazenam energia química, acumulados a partir da radiação solar em épocas geológicas, como é o caso do carvão, petróleo, gás natural, turfa, xisto betuminoso, ou através do acúmulo de energia atômica na forma de material físsil, como o urânio e o tório.

As reservas de energia fóssil são reduzidas à medida que são consumidas. Além disso, estão distribuídas de uma maneira extremamente desigual entre os continentes e regiões do mundo. Isto constitui a causa de conflitos armados já que o controle de tais reservas é uma questão estratégica para o desenvolvimento de uma nação.

Os recursos renováveis são dados por fluxos naturais, como ocorre na energia solar, na energia hidráulica, eólica, na energia das ondas do mar e biomassa. A utilização de alguns recursos naturais de maneira inadequada pode levar a sua exaustão, como é o caso dos recursos de biomassa.

### 3.3. Terminologia energética

O estudo dos sistemas energéticos impõe o uso de uma linguagem e de parâmetros particulares, que convém apresentar para facilitar o tratamento das informações referentes à racionalização dos fluxos energéticos.

Denomina-se de energia direta aos fluxos físicos de energia consumidos como calor e energia elétrica em atividades humanas e energia indireta, embutida ou custo energético de bens e serviços, às demandas energéticas realizadas para atender aos fluxos de materiais e as demais atividades. Esta abordagem permite avaliar a crescente demanda de energia indireta, associada a produtos com elevado consumo em sua produção.

O consumo de energia no ciclo de vida refere-se à energia consumida por um sistema desde a sua concepção, construção, operação e descarte final, pois em todas as atividades demanda-se energia.

Nem sempre a energia esta disponível na forma como é necessária para utilização. Os sistemas energéticos constituem uma seqüência de processos que visam uma adequação em termos de tempo e disponibilidade para atender aos

diversos usos da sociedade. Conforme a posição nesta seqüência define-se alguns tipos de energia em energia primaria, energia secundaria e energia útil.

- Energia primaria: energia fornecida pela natureza como a energia hidráulica e o petróleo.
- Energia secundaria: resultante de processos de conversão com o objetivo de aumentar sua densidade energética, facilitar o transporte, armazenamento e adequação ao uso como o caso da energia elétrica.
- Energia útil: forma energética final demandada pelo usuário como a iluminação e potencia mecânica.

Em sistemas elétricos é comum referir-se a demanda de potencia em quilo watt (kW) e ao consumo em relação ao requerimento energético em quilo watt hora (kWh).

### 3.4. Consumo de Energia e Meio Ambiente

Define-se poluição como “degradação do ambiente, ou seja, mudanças nas características físico químicas ou biológicas do ar, água ou solo que afetam negativamente a saúde, a sobrevivência ou as atividades humanas e de outros organismos vivos”. (Lora, Teixeira, 2001)

São de vital importância para a sobrevivência dos seres humanos, conciliar as vantagens do padrão de vida conquistado com a evolução da tecnologia e a conservação do meio ambiente. Por um lado o desenvolvimento da ciência e tecnologia tem contribuído para a melhoria das condições de vida da população e simultaneamente provoca efeitos nocivos ao meio ambiente.

A demanda mundial de energia cresce continuamente. Em parte é devido ao aumento da população e de suas necessidades e outra parcela é devida ao desperdício.

O maior impacto causado pelo uso da energia é o efeito estufa que pode ser definido como o aumento da temperatura média da Terra devido ao acúmulo de alguns gases como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), os clorofluorcarbonos (CFC), metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Esses gases absorvem parte da radiação infravermelha impedindo que essa energia seja refletida para o espaço.

### 3.5. O Protocolo de Kyoto

Em dezembro de 1997 em Kyoto (Japão), 160 países alcançaram um acordo que limita legalmente as emissões de gases estufa nos países industrializados. Assim no período de 2008 a 2012, a redução será em média de 5%. Os Estados Unidos aceitaram uma redução de 7%, a União Européia de 8% e o Japão de 6%. (Lora, Teixeira, 2001).

Embora os países participantes tenham concordado com a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, os interesses econômicos envolvidos dificultaram as negociações.

### 3.6. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O PROCEL é o programa de governo, vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), que tem como objetivo promover o combate ao desperdício de energia elétrica no país. Foi criado em 1985 e desde então tem trabalhado na redução da demanda nas horas de ponta (consumo nas primeiras horas da noite) e na economia de energia elétrica.

O Programa tem como metas o desenvolvimento de um conjunto de projetos que visa:

- Investir em capacitação tecnológica e profissional, estimular a pesquisa e o desenvolvimento de soluções adaptadas à realidade brasileira, de forma a reduzir o consumo de energia elétrica nas edificações;
- Reunir um número cada vez maior de representantes dos diversos segmentos da construção civil, e com isso melhorar a qualidade e a eficiência das edificações brasileiras;
- Divulgar os conceitos e práticas do bioclimatismo (modo de projetar que integra clima e construção) através do tema conforto ambiental e eficiência energética nos cursos de Arquitetura e Engenharia, e formar uma nova geração de profissionais comprometidos com o desenvolvimento sustentável do País;
- Disseminar os conceitos e práticas de Eficiência Energética nas Edificações (EEE) e Conforto Ambiental (CA) entre os profissionais de arquitetura e engenharia, e aqueles envolvidos em planejamento urbano;
- Apoiar a implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) no que toca às Edificações Brasileiras, além de orientar tecnicamente os agentes envolvidos e técnicos de Prefeituras, para adequar seus Códigos de Obras e Planos Diretores.

O setor de iluminação tem um papel importante neste programa já que é um grande consumidor de energia elétrica nas instalações de iluminação residencial, comercial, industrial e pública, além do grande consumo nas horas de ponta.

### 3.7. Consumo de energia elétrica nas edificações

O consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, é bastante significativa. Estima-se que quase 50% da energia elétrica produzida no país sejam consumidas não só na operação e manutenção das edificações, como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

A economia no setor energético pode chegar a 30% para edificações já existentes, se estas passarem por uma intervenção tipo *retrofit* (reforma e/ou atualização). Nas novas edificações, ao se utilizar tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, a economia pode superar 50% do consumo, comparada com uma edificação concebida sem uso dessas tecnologias. (Fonte: Site Procel)

A iluminação é responsável por uma parcela importante do gasto com energia em uma residência. No Brasil, a fonte de energia mais usada para iluminação é a elétrica produzida a partir principalmente de usinas hidrelétricas. Reduzir o consumo com iluminação ajuda a preservar o meio ambiente porque a geração de energia elétrica tem um impacto ambiental.

### 3.8. Conservação de Energia na Iluminação

Conservação de energia refere-se a melhorar a sua utilização sem comprometer a segurança conforto e a qualidade de vida que ela proporciona através do combate ao desperdício. Significa diminuir consumo, custos e reduzir impactos ambientais. A energia utilizada de maneira racional contribui para um desenvolvimento sustentável.

#### 3.8.1. Conceito de luz

A luz pode ser definida como a parte visível do espectro eletromagnético compreendidas entre os comprimentos de onda de 380 a 760 nanômetros. A visão é a sensação provocada pela luz ao ser codificada em impulsos nervosos quando atinge a retina, sendo tais impulsos interpretados pelo cérebro.

### 3.8.2. Importância da iluminação para o ser humano.

A iluminação para a humanidade representa não apenas proteção e segurança, como também adaptação ao trabalho em recintos escuros. A necessidade de melhorar a iluminação criou um ramo de conhecimento denominado de Engenharia de Iluminação cujo objetivo é de proporcionar ao usuário um ambiente com um sistema de iluminação adequado a suas necessidades e orientado para uma conservação energética.

Em um sistema de iluminação temos dois ramos da ciência que se completam. O primeiro refere-se à produção da luz e o segundo com a utilização da luz. A produção da luz esta relacionada aos artefatos luminosos produzido pelo mercado e a utilização da luz envolve o homem e o ambiente que o cerca. A utilização da luz envolve o conhecimento multidisciplinar, onde ciências humanas e determinísticas se interagem para melhorar a utilização da aplicação da luz.

### 3.8.3. Objetivo do projeto de iluminação

Com um detalhado e criterioso projeto de iluminação pode-se economizar durante as fases de instalação, manutenção e consumo de energia elétrica nas edificações. Os profissionais da área de projetos devem ter atenção aos novos conceitos e técnicas que permitem maior precisão no desenvolvimento dos projetos.

Para reduzir o consumo de energia elétrica torna-se necessário aproveitar ao máximo a iluminação natural, escolher lâmpadas mais eficientes e de vida útil maior e definir um sistema adequado para o comando da iluminação

É muito importante treinar os usuários para uma utilização eficiente das instalações e a manutenção deve ser realizada com o cuidado de não prejudicar a produtividade e nem alterar as especificações do projeto.

Um sistema de iluminação artificial deve ser utilizado para complementar à iluminação natural planejada pelo projetista, para dar conforto visual aos ocupantes com o menor consumo de energia possível e conseqüente redução dos custos de ocupação.

#### 3.8.4. Uso da Iluminação natural ou artificial

Desde o início dos tempos a forma de luz utilizada pelo homem foi de origem solar que compreende todos os tons sucessivos da radiação, que varia de tons avermelhados na aurora, passa por tons laranja, amarelos e azuis, até atingir a luz branca durante o dia. Ao entardecer o processo se inverte até atingir a escuridão. À noite o fogo era utilizado como forma de iluminação artificial. Durante séculos o homem enxerga com base na iluminação incandescente seja de dia ou à noite. Reproduzir as cores tem o significado de procurar enxergar os objetos com base na variação cromática da radiação.

A busca de fontes artificiais mais econômicas desenvolveu pesquisas de outras fontes luminosas de origem não incandescente. Surgiram desta maneira as lâmpadas de descarga, baseadas na condução de corrente elétrica através dos gases, mistura de gases ou vapores.

##### 3.8.4.1. Principais Variáveis Utilizadas em Iluminação

- Fluxo luminoso

Quantidade de luz produzida por uma lâmpada, emitida pela radiação de acordo com a sua ação sobre um receptor seletivo, cuja sensibilidade espectral é definida pelas eficiências espectrais padrão. Unidade: lúmen - lm

- Eficiência luminosa

É o quociente entre o fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz em Lumens e a potência por ela consumida em Watts.

- Iluminância

A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda em um ponto de superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido.

A unidade de medida é o lux, definido como sendo a iluminância de uma superfície plana, de área igual a  $1\text{m}^2$ , que recebe na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído.

- Intensidade luminosa (IL)

A intensidade luminosa de uma fonte, numa dada direção, é o quociente do fluxo luminoso saindo da fonte, propagado num elemento de ângulo sólido, contendo a direção dada e o elemento de ângulo sólido. Unidade candela – cd.

- Vida útil das lâmpadas

É o número de horas de funcionamento das lâmpadas antes que certa percentagem delas deixe de funcionar. É dependente do número de vezes que se acendem e se apagam em um dia.

- Temperatura de cor

É a grandeza que expressa aparência de cor de uma luz. Sua unidade é o Kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A

temperatura de cor de aproximadamente 3.000 K corresponde a “luz quente” de aparência amarela. A “luz fria” (6.000 K ou mais) tem aparência branco violeta. A “luz branca natural” emitida pelo sol em céu aberto, ao meio dia, tem temperatura de cor de 5.800 K.

- Índice de reprodução de cores (IRC ou  $R_A$ )

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma fonte de luz. Corresponde a um número abstrato variando de 0 a 100, que indica aproximadamente como a iluminação artificial permite o olho humano perceber as cores com maior ou menor fidelidade. Lâmpadas com IRC próximos de 100 reproduzem as cores com fidelidade e precisão.

#### 3.8.4.2. Tipo de Lâmpadas mais Comuns

Há vários tipos de lâmpadas para uso doméstico, mas será descrito abaixo as mais comuns: incandescentes, fluorescentes tubulares, fluorescentes compactas e Lâmpadas LED.

##### 3.8.4.2.1. Lâmpadas Incandescentes Comuns

A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por uma corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado. Uma lâmpada incandescente é composta por filamento, meio interno, bulbo e base.

- Bulbo: tem a função de isolar o filamento do meio externo, proteger o conjunto interno, alterar a iluminância da fonte de luz.
- Filamento: fio metálico por onde passa a corrente elétrica. Para que o filamento possa emitir luz, eficientemente, deve possuir um elevado ponto

de fusão e baixa evaporação. Os filamentos são construídos de tungstênio trefilado, pois apresentam um ponto de fusão de 3.655 K além de possuírem uma boa resistência mecânica e ductibilidade.

- Meio interno: Tem o objetivo de diminuir a evaporação e a oxidação do filamento das lâmpadas incandescentes.
- Bases: tem como função fixar a lâmpada mecanicamente ao seu suporte e fazer a ligação elétrica desta com seu circuito de alimentação.

A vida útil de uma lâmpada é considerada com a mesma trabalhando em condições nominais, ou seja, na tensão nominal e temperatura ambiente. Assim, uma lâmpada incandescente para uso geral possui, de acordo com a ABNT, uma vida média de 1.000 horas e eficiência luminosa de aproximadamente 15 lm/W.

#### 3.8.4.2.2. Lâmpadas de Descarga Elétrica

##### 3.8.4.2.2.1. Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

São lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta de descarga. A lâmpada possui, normalmente, o formato de um bulbo tubular longo com filamento em cada extremidade, contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O bulbo é recoberto internamente com um pó fluorescente ou fósforo que, com compostos, determinam a quantidade e a cor da luz emitida.

As lâmpadas de descarga necessitam de equipamento auxiliar (reatores, transformadores, ignitores), seja para produzir os pulsos necessários à partida, para estabilizar a intensidade da corrente elétrica, seja para adaptar as características elétricas da lâmpada aos valores nominais da fonte de alimentação.

Uma lâmpada fluorescente para uso geral possui, de acordo com a ABNT, possuem uma vida média de 7.500 horas e eficiência luminosa de aproximadamente 50 lumens/Watt e fluxo luminoso 1.000 lumens

São muito usadas em escritórios, mas podem ser usadas em casa. Sua temperatura de cor é fria e sua luz branca cria ambientes limpos e frios. Podem ser usadas em áreas como cozinha, copa, garagem, banheiro, corredor, etc. Não devem ser quebradas e seu descarte exige coleta especial porque utilizam mercúrio em sua fabricação.

#### 3.8.4.2.2.2. Lâmpadas Fluorescentes Compactas

São lâmpadas fluorescentes de tamanho compacto, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em varias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos.

Suas vantagens em relação às incandescentes esta principalmente, no fato de apresentarem o mesmo fluxo luminoso com potência menor, o que gera uma economia de energia de ate 80%, uma vida útil maior, além de possuírem uma boa definição de cores.

A grande revolução das lâmpadas fluorescentes é devido ao seu diâmetro e do aperfeiçoamento dos sais fluorescentes. Além disso, o aumento da eficiência energética, que pode chegar a 100 lm/W, melhoria do índice de reprodução de cores e possibilidade do uso de reatores eletrônicos de alta freqüência.

É uma evolução das fluorescentes tubulares. Além da vida útil longa e do baixo consumo apresentam outras vantagens: podem ser rosqueadas nos mesmos bocais das lâmpadas incandescentes, por serem compactas, se adaptam a uma variedade maior de luminárias. Possui temperatura de cor fria, com luz branca, mas também são ofertados modelos com temperatura de cor mais quente. Apesar de possuírem um preço mais alto que as incandescentes o investimento inicial maior é compensado pela vida útil longa e pela economia de energia elétrica. Não devem ser

quebradas e exigem coleta de resíduos especial por causa do mercúrio presente nos tubos.

### 3.8.5. Semicondutores

Dispositivos optoeletrônicos associam a eletrônica à ótica ou que empregam a interação de fenômenos ópticos e eletrônicos.

Um material semicondutor necessariamente não é nem bom condutor nem um bom isolante. Para explicar o funcionamento de um LED, torna-se necessário uma breve introdução ao comportamento dos materiais utilizados em sua construção.

#### 3.8.5.1. Material Intrínseco

Um cristal de material semicondutor que contenha não intencionalmente não mais que apenas um (1) átomo de elemento químico estranho (qualquer que seja) para cada um bilhão (10<sup>9</sup>) de átomos do material em foco, é dito semicondutor intrínseco.

#### 3.8.5.2. Materiais Extrínsecos

A adição de certos átomos estranhos aos átomos de silício ou germânio, chamados de átomos de impurezas, pode alterar a estrutura de camadas (bandas) de energia de forma suficiente mudar as propriedades elétricas dos materiais intrínsecos.

Um material semicondutor que tenha sido submetido a um processo de dopagem por impurezas é chamado de material extrínseco. Há dois materiais

extrínsecos de muita importância para a fabricação de dispositivos semicondutores. Esses materiais são chamados de: tipo N e tipo P.

#### 3.8.5.3. Material Dopado Tipo N

Um método de dopagem consiste na utilização de elementos contendo cinco elétrons na camada de valência (penta-valente), como o antimônio, arsênio e fósforo. O elemento penta-valente é adicionado ao silício ou germânio, intrínseco.

Quatro ligações covalentes serão estabelecidas. O quinto elétron, porém, fica desassociado de qualquer ligação. Esse elétron pode tornar-se livre mais facilmente que qualquer outro, podendo nessas condições vagar pelo cristal. Como o quinto elétron foi doado ao material pelo átomo penta-valente esse é chamado de átomo doador. O nível de dopagem é da ordem de um átomo doador para 10 milhões de átomos do cristal de silício ou germânio. O material tipo N resultante, é eletricamente neutro.

#### 3.8.5.4. Material Dopado Tipo P

O material tipo P é formado pela dopagem do semicondutor intrínseco por átomos trivalentes como o boro, gálio e índio. Há agora um número insuficiente de elétrons para completar as ligações covalentes. A falta dessa ligação é chamada de lacuna (buraco). Na figura, temos a estrutura planificada de um material tipo P:

Como uma lacuna pode ser preenchida por um elétron, as impurezas trivalentes acrescentadas ao silício ou germânio intrínseco, são chamados de átomos aceitadores ou receptores. O material tipo P resultante é eletricamente neutro.

#### 3.8.5.5. Funcionamento de um Diodo Emissor de Luz (LED)

O funcionamento do LED baseia-se no fato de que um elétron se encontra na camada de condução, possui um alto nível energético adquirido pela absorção de energia externa. Quando o elétron volta para a camada de valência, devolve ao meio a energia cedida e fótons são liberados, pois o elétron recombina e volta a preencher uma lacuna. Os elétrons são introduzidos na camada N, por uma fonte de corrente. Para cruzar a barreira de potencial, são levados a camada de condução. Após a passagem pela junção, os elétrons recombinam, preenchendo lacunas da camada de valência e nesse processo liberam energia. A cor da luz emitida depende do material utilizado no cristal e também do nível de dopagem. Os LEDs são fontes frias de luz, possuem dimensões pequenas, alta emissão de luz, maior resistência a choques mecânicos, maior tempo de vida útil, redução de impactos ambientais. Além destas características, os leds operam em baixa tensão, o que significa um grande avanço ao considerar a possibilidade de funcionamento com baterias.



Figura 3.1: Diodo Emissor de Luz (site Cromatek)

### 3.8.5.6. Lâmpadas de Bulbo LED

As "lâmpadas de bulbo LED" foram projetadas para superar as lâmpadas convencionais, através de suas características de baixo consumo e alta durabilidade.

Possuem muitas vantagens em relação aos outros tipos de lâmpada como: obtenção de cores variadas de luz sem precisar usar filtros, permite o aumento da autonomia, menor numero de trocas e elevada redução no consumo, podem ser utilizadas em sistemas alternativos de energia solar ou eólico.

Em condições normais de uso e fonte de energia estabilizada, a vida útil ultrapassa de 50.000 horas. Não possui mercúrio ou substâncias agressivas. Mais de 98% de seu volume é reciclável e por sua durabilidade é um produto ecologicamente correto. Não emitem radiação ultravioleta ou infravermelha. Dessa forma, não aquece, ataca, altera ou envelhece os objetos expostos à sua luz. Também não atrai insetos. Pode ser controlada a intensidade da luz através de "dimmer" sem perda das características de cor e também permanecer piscando, sem comprometer a durabilidade.



Figura 3.2: Lâmpada de Bulbo LED (site Sunlab)

### 3.8.5.7. Lâmpadas Tubulares LED

As "lâmpadas tubulares LED" são projetadas para superar as lâmpadas fluorescentes convencionais. Através de potentes emissores de luz de estado sólido superam a iluminação convencional, principalmente nas características abaixo:

- Menor consumo elétrico: consome 50% a menos que uma lâmpada fluorescente convencional, sem perda de luminosidade e ainda dispensa o uso de reator e "starter". Devido ao baixo consumo de corrente, permite a redução de custos na instalação em geral.
- Vida útil de até 50.000 horas.
- O sistema de "lâmpadas tubulares LED" pode ser reparado em caso de alguma falha.
- Não irradia luz em frequências prejudiciais à vida e à matéria orgânica, assim como não aquece o ambiente.
- É mais eficiente que as lâmpadas convencionais, pois praticamente 93% da energia é transformada em luz.



Fig.3.3 lampada tubular LED

#### 4.0. METODOLOGIA

O presente trabalho tem por objetivo verificar os resultados da implantação de estratégias de racionalização do consumo de energia para iluminação em edificações existentes, através da análise comparativa entre as características das lâmpadas em estudo.

#### 5.0. RESULTADOS

Para analisar a viabilidade de substituição da iluminação convencional, vamos imaginar três cenários: o primeiro em que a residência possui apenas lâmpadas incandescentes, o segundo em que se usam apenas lâmpadas fluorescentes compactas e o terceiro que utiliza lâmpadas de bulbo LED. Supor que ambas as casas possuem 20 pontos de luz e uma utilização média de 10 lâmpadas acesas durante 6 horas diariamente. O tempo de análise será de cinco anos.

##### 5.1. Comparativo Lâmpadas Incandescentes X Fluorescentes compactas

Residência com lâmpadas incandescentes

Vida útil: 1.000 horas

Potência média das lâmpadas: 60 W

Consumo de energia: 6570 KWh

Lâmpadas substituídas no período: 110

Gasto com energia: R\$ 2.628,00

Gasto com lâmpadas: R\$ 220,00

TOTAL: R\$ 2.848,00

Residência com lâmpadas fluorescentes compactas

Vida útil: 8.000 horas

Potência média das lâmpadas: 15 W

Consumo de energia: 1.642 KWh

Lâmpadas substituídas no período: 14

Gasto com energia: R\$ 657,00

Gasto com lâmpadas: R\$ 306,00

TOTAL: R\$ 963,00

As lâmpadas fluorescentes compactas são mais caras, mas o investimento é pago com a economia de energia elétrica ao substituir as incandescentes. Além do alto consumo em um período de cinco anos, a casa com lâmpadas incandescentes irá produzir 96 lâmpadas queimadas a mais de resíduo.

## 5.2. Comparativo Lâmpadas Fluorescentes X Lâmpadas de bulbo LED

Residência com lâmpadas fluorescentes compactas

Vida útil: 8.000 horas

Potência média das lâmpadas: 15 W

Consumo de energia: 1.642 KWh

Lâmpadas substituídas no período: 14

Gasto com energia: R\$ 657,00

Gasto com lâmpadas: R\$ 306,00

TOTAL: R\$ 963,00

Residência com Lâmpadas de bulbo LED

Vida útil: 50.000 horas

Potência média das lâmpadas: 3,0 W

Consumo de energia: 328,50 KWh

Lâmpadas substituídas no período: 0

Gasto com energia: R\$ 131,40

Gasto com lâmpadas: R\$ 540,00

TOTAL: R\$ 671,40

Nas Lâmpadas de bulbo LED apesar do custo inicial de implantação maior, observou-se um consumo cinco vezes menor de energia. O resíduo gerado ao final de sua vida útil também será bem reduzido em relação às outras lâmpadas.

## 6.0. CONCLUSÃO

A utilização racional da energia luminosa através da substituição das lâmpadas incandescentes convencionais pelas fluorescentes compactas e pelas de bulbo LED representam uma redução considerável no consumo de energia.

Outros fatores importantes de mencionar são que a vida útil elevada que contribui para uma menor troca de lâmpadas e com isso, menor volume de resíduos gerados e a alta eficiência que contribui para redução do impacto ambiental gerado para gerar e transportar de energia elétrica.

## 7.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Costa, G. J. C. Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998.

Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. - Itajubá, MG: FUPAI, 2001.

Manual de energia solar Ministério da Indústria e Comércio Secretaria de Tecnologia Industrial, Brasília: DF, 1978.

Moreira, V. A. Iluminação Elétrica. 1. ed. Editora Edgard Blucher, 1999.

Sites da internet

Sunlab Power - [www.sunlab.com.br](http://www.sunlab.com.br)

INMETRO - <http://www.inmetro.gov.br/>

<http://www.dicionarioweb.com.br/>

<http://www.altatensao2001.hpg.ig.com.br/semi.htm>

<http://www.cromatek.com.br>

Notas de aula: Professora Maria Teresa Paulino Aguiar.