



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E  
NEGÓCIOS DE SERGIPE – FANESE**

**NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E  
EXTENSÃO – NPGE**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”**

**ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE  
PROJETOS ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA**

**FLAVIO AUGUSTO SANTOS DE GOES**

***EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A SISTEMA DE  
ILUMINAÇÃO, ACIONAMENTO DE MOTORES E  
SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.***

**Aracaju – SE  
Dezembro/2012**

**FLAVIO AUGUSTO SANTOS DE GOES**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A SISTEMA  
DE ILUMINAÇÃO, ACIONAMENTO DE MOTORES E  
SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.**

**Projeto de Pesquisa  
apresentado ao Núcleo de Pós-  
Graduação e Extensão da  
FANESE, como requisito para  
obtenção do título de  
Especialista em  
Gerenciamento de Projetos  
Elétricos na Indústria.**

***Avaliador: Milthon Serna Silva***

**Aracaju – SE  
Dezembro/2012**

**FLAVIO AUGUSTO SANTOS DE GOES**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A SISTEMA  
DE ILUMINAÇÃO, ACIONAMENTO DE MOTORES E  
SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Núcleo de Pós-Graduação e Extensão – NPGE da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito para a obtenção de título de Especialista em Gerenciamento de Projetos Elétricos na Indústria.

---

**Avaliador**

---

**Coordenador**

---

**Flavio Augusto Santos de Goes.**

**Aprovado com média:** \_\_\_\_\_

**Aracaju – SE  
Dezembro/2012**

## RESUMO

Neste relatório são apresentadas medidas de eficiência energética, ou seja, medidas que auxiliam na otimização do consumo de energia em sistemas de iluminação, em sistemas condicionadores de ar e acionamento de motores, sem afetar o conforto e a segurança proporcionados pela mesma, além de diminuir nos custos da produção. Algumas medidas simples como acompanhar itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias e basicamente motivar o uso racional dessa energia.

**Palavras chaves:** Eficiência energética, iluminação, condicionadores de ar, motores.

## **ABSTRACT**

Presented in this report are energy efficiency measures, measures that assist in the optimization of energy consumption in lighting systems, air conditioners systems and motor drives without affecting the comfort and security provided by the same level than in production costs. Simple measures like monitor control items, indicate corrections, propose changes, assist in hiring improvements and basically motivate the rational use of this energy.

**Keywords:** Energy efficiency, lighting, air conditioners, motors.

## LISTAS

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplos de componentes de controle de luz: a) refletor; b) refrator; c) difusor; d) louvre; e) aleta.. Fonte: IESNA, 2000. ....	3
Figura 2: Efeito da depreciação, limpeza e reposição de lâmpadas na iluminância ( $E$ ), de uma instalação de lâmpadas fluorescentes. ....	4
Figura 3: Difusor para luminária. ....	4
Figura 4: Eficiência luminosa de algumas lâmpadas. ....	5
Figura 5: Reator eletrônico. ....	7
Figura 6: Tipos de motores elétricos. ....	12
Figura 7: Partes de um motor trifásico de indução. ....	13
Figura 8: funções partidas-motores. ....	14
Figura 9: curva velocidade-tempo após desligamento do motor. ....	17
Figura 10: curva velocidade-tempo após desligamento do motor. ....	17
Figura 11: integral para cálculo do tempo de partida. ....	18
Figura 12: Relação entre as escalas Celsius, Fahrenheit, Kelvin e Rankine....	19
Figura 13: Funcionamento do aparelho de ar condicionado. ....	22
Figura 14: Sistema de refrigeração industrial. ....	24
Figura 15: Temperaturas de condensação típicas. ....	26
Figura 16: Determinação do sub-resfriamento através da medição da pressão e da temperatura do fluido frigorífico na entrada da válvula de expansão. ....	27
Figura 17: Determinação do superaquecimento através da medição da pressão e temperatura do fluido frigorífico na entrada do compressor. ....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Iluminância ( <i>lux</i> ) para cada grupo de tarefas visuais.....	6
Tabela 2: Fatores determinantes da iluminância adequada.....	6
Tabela 3: Fator de utilização ( <i>FU</i> ).....	7
Tabela 4: Fator de manutenção ( <i>FM</i> ).....	7
Tabela 5: relação entre o valor de <i>x</i> e o tipo de carga. ....	16
Tabela 6: ilustra os efeitos do aumento da temperatura de evaporação na potência de um determinado compressor alternativo semi-hermético utilizado em um equipamento frigorífico para o resfriamento de propileno glicol. Os dados são baseados numa temperatura de condensação de 40°C. O sistema utiliza como refrigerante o R22.....	25
Tabela 7: Classificação de luminárias. ....	31
Tabela 8: Características de lâmpadas. ....	32
Tabela 9: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo <i>split</i> piso – teto. ....	33
Tabela 10: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo <i>split hi-wall</i> . ....	33
Tabela 11: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo janela. ...	33

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CAMPOS COM APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO .....	2
2.1. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....	2
2.1.1. Termos e definições relacionadas com iluminação eficiente:.....	2
2.1.2. Etapas do cálculo de iluminação:.....	7
2.1.3. Eficiência na iluminação pública .....	8
2.1.4. Sistema de controle de iluminação .....	9
2.2. ACIONAMENTOS.....	10
2.2.1. Motores elétricos: princípios e funcionamento .....	11
2.3. SISTEMAS CONDICIONADORES DE AR .....	19
2.3.1. Conceitos Básicos .....	19
2.3.2. Funcionamento do Ar Condicionado.....	21
2.3.3. Funcionamento do sistema de refrigeração industrial.....	23
2.3.4. Melhorias relativas à instalação do sistema de condicionamento de ar .	24
3. CONCLUSÃO.....	29

## 1. INTRODUÇÃO

Durante um bom tempo, a eficiência energética não era prioridade e não havia preocupação com a racionalização de recursos, sejam eles energéticos ou materiais. Até que em 2001, o Brasil vivenciou uma crise de abastecimento no setor elétrico. Diante desse problema algumas questões foram levantadas, entre elas a necessidade de desenvolver uma forma de aproveitar melhor a energia que era fornecida. Daí se valorizou a eficiência energética no Brasil. Baseado nesse conceito foi desenvolvido produtos mais eficientes e programas que levem à mudança de hábitos de consumo.

A energia passou a ganhar cada vez mais importância nos custos de uma empresa, seja do setor industrial ou comercial, motivada pela redução de custos decorrentes do mercado competitivo, pelas incertezas da disponibilidade energética ou por restrições ambientais. Logo, programas de eficiência no uso na energia passaram a ser implantados através de gerenciamentos energéticos, o que requer pleno conhecimento dos sistemas energéticos existentes e deve ser acompanhado de um estudo de custo/benefício a ser executado sobre uma ótica global do sistema. Esses programas de gerenciamento energético visam aperfeiçoar a utilização de energia por meio de orientações e propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos.

A empresa, ou qualquer instituição, deve se adequar aos novos sistemas energéticos, desenvolvidos para maior eficiência, superar as dificuldades e resistências que aparecerem e demonstrar claramente sua intenção de atingir os objetivos de economia no consumo de energia. As ações propostas referem-se a dois tipos principais de medidas: as que impliquem ações de gestão nas instalações: treinamento de pessoal, criando um ambiente de conscientização nos funcionários da instituição; fixação de procedimentos operativos, de manutenção e de engenharia, dando consistência ao programa a ser desenvolvido; e as de atualização tecnológica, como a substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes.

## **2. CAMPOS COM APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO**

Entre tantos sistemas consumidores de energia os sistemas de iluminação, aparelhos de ar-condicionado, motores, bombas e equipamentos elétricos em geral, apresentam grande potencial de medidas de conservação. Alguns casos nem necessitam de gastos, apenas mudança de hábito.

### **2.1. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

A eficiência nos sistemas de iluminação não está relacionada apenas com a redução do consumo de energia, mas também com obtenção de um sistema eficiente do ponto de vista quantitativo e qualitativo, devendo incluir um bom projeto e equipamentos de qualidade empregados de uma maneira efetiva, ou seja, é possível otimizar estes sistemas com uma combinação de lâmpadas, reatores, sensores, luminárias e refletores eficientes, associados a hábitos saudáveis na sua utilização.

#### **2.1.1. Termos e definições relacionadas com iluminação eficiente:**

2.1.1.1. Luminária – são aparelhos que tem funções de distribuição, filtração ou transformação da luz emitida por uma ou mais lâmpadas, além de prover a instalação de componentes elétricos. Elas podem ser do tipo embutida, fechadas, abertas, spots ou projetores.

2.1.1.2. Lâmpadas – as lâmpadas podem ser divididas em dois grupos: as incandescentes e as de arco (que podem ser de baixa ou alta pressão). As lâmpadas incandescentes fazem uso do efeito Joule para produzir o aquecimento de filamentos (o mais comum é o tungstênio) até uma temperatura em que o máximo de emissão de energia nos comprimentos de onda da luz seja compatível com o mínimo de deterioração dos filamentos. Já as de arco, ou à descarga, utilizam parte da emissão de ondas eletromagnéticas produzidas pela criação de um arco voltaico para a produção de luz.

No caso das lâmpadas à baixa pressão, as ondas eletromagnéticas são produzidas, na sua maioria, na faixa do ultravioleta, sendo convertida posteriormente para radiação visível com o uso de materiais fluorescentes (as lâmpadas fluorescentes se encaixam nessa categoria). Nas de alta pressão, a elevação da pressão no tubo de descarga produz modificações no espectro de emissão de gases, produzindo um aumento das emissões de radiações visíveis. Representantes dessa categoria são: lâmpadas mistas, lâmpadas à vapor de mercúrio, lâmpadas à vapor de sódio à baixa pressão e à alta pressão, lâmpadas à vapor de sódio branca, lâmpadas a multivapores metálicos, lâmpadas de indução, lâmpadas à enxofre e LED's.

2.1.1.3. Controlador de luz – componente da luminária responsável pela modificação da direção do fluxo luminoso das lâmpadas, podendo ser do tipo: refletor, refrator, difusor, lente e colmeia (Figura 1);

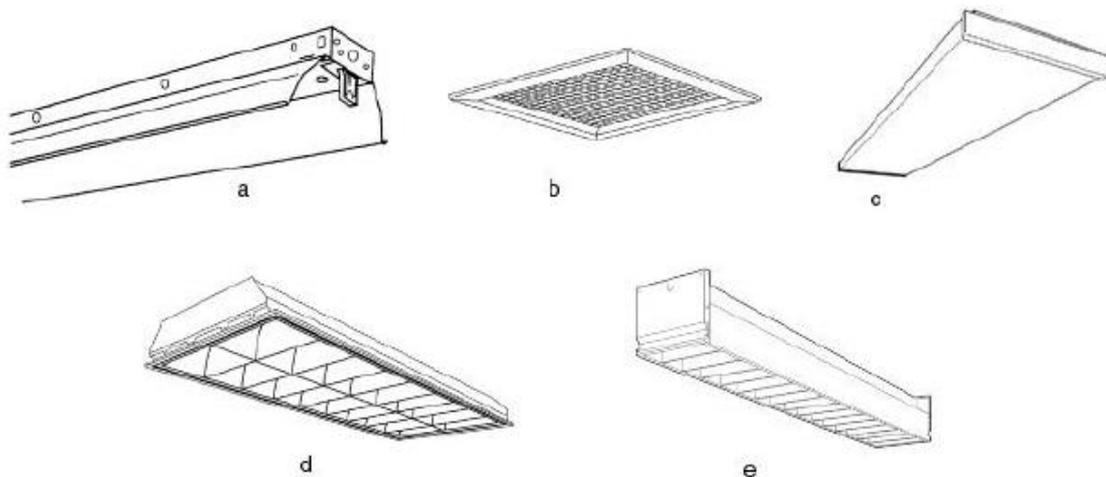


Figura 1: Exemplos de componentes de controle de luz: a) refletor; b) refrator; c) difusor; d) louvre; e) aleta.. Fonte: IESNA, 2000.

2.1.1.4. Depreciação do fluxo luminoso – Ao longo da vida útil da lâmpada é comum ocorrer uma diminuição do fluxo luminoso que sai da luminária em razão do decréscimo do fluxo da lâmpada bem como por causa do acúmulo de poeira sobre a

superfície da lâmpada e do refletor. O efeito da depreciação pode ser observado na Figura 2;

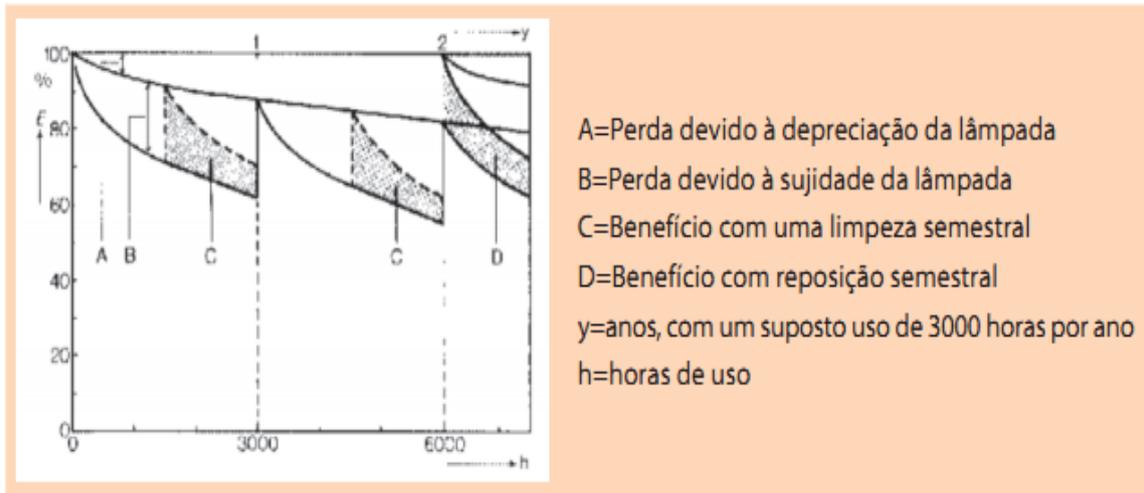


Figura 2: Efeito da depreciação, limpeza e reposição de lâmpadas na iluminância ( $E$ ), de uma instalação de lâmpadas fluorescentes.

2.1.1.5. Difusor –componente da luminária que permite difundir a luz, com a finalidade de diminuir sua luminância, reduzindo as possibilidades de ofuscamento (Figura 3);



Figura 3: Difusor para luminária.

2.1.1.6. Eficiência Luminosa ( $EL$ )– É a razão entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz (lúmens) e a potência por ela

consumida (watts). É mostrada na Figura 4 algumas lâmpadas e suas devidas eficiências luminosas;

### Máximo de eficiência energética possível para cada tipo de tecnologia (em lm/W)

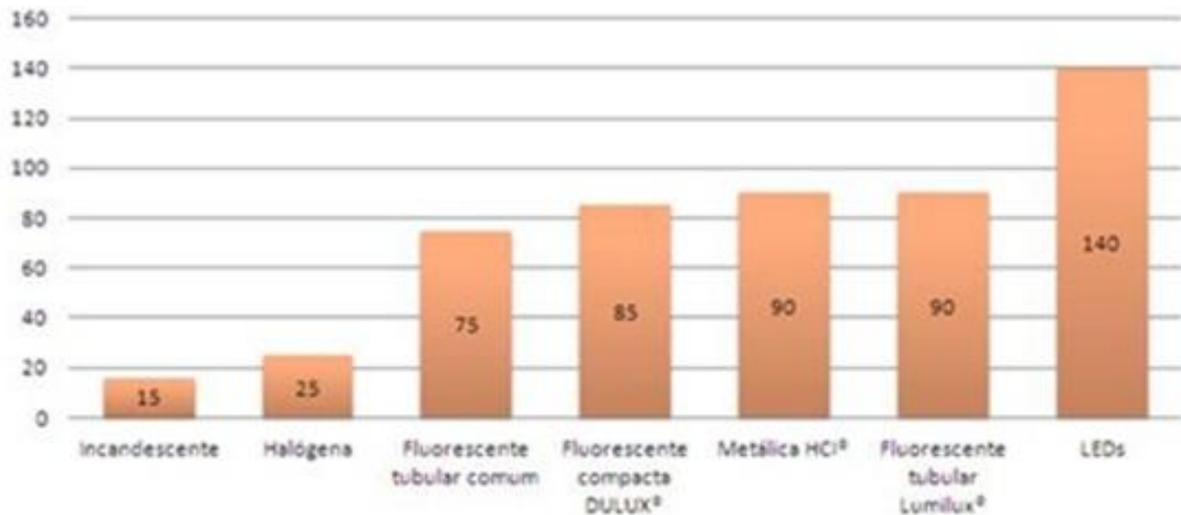


Figura 4: Eficiência luminosa de algumas lâmpadas.

2.1.1.7. Fator de manutenção (*FM*)– É a razão da iluminância média no plano de trabalho, após certo período de uso, pela iluminância média obtida sob condições das instalações nova;

2.1.1.8. Fator de utilização (*FU*)– É a razão entre o fluxo utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. Ele é importante no rendimento da luminária e é um índice desta;

2.1.1.9. Iluminância (*E*) – é uma grandeza de luminosidade, representada pela letra *E*, que faz a relação entre o fluxo luminoso que incide na direção perpendicular a uma superfície e a sua área. Sua unidade de medida é o *lux*. De acordo com as normas da ABNT (NBR 5413), cada ambiente requer um determinado nível de iluminância ideal, estabelecido de acordo com as atividades a serem ali desenvolvidas segundo as Tabelas 1 e 2:

Tabela 1: Iluminância (*lux*) para cada grupo de tarefas visuais.

	ILUMINÂNCIA ( <i>lux</i> )	TIPO DE AMBIENTE / ATIVIDADE
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 - 30 - 50	- ruas públicas e estacionamentos
	50 - 75 - 100	- ambientes de pouca permanência
	100 - 150 - 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 - 300 - 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 - 750 - 1.000	- trabalhos normais: escritórios e fábricas
	1.000 - 1.500 - 2.000	- trabalhos especiais: gravação, inspeção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 - 3.000 - 5.000	- trabalho contínuo e exato: eletrônica
	5.000 - 7.500 - 10.000	- trabalho que exige muita exatidão: placas eletro-eletrônicas
	10.000 - 15.000 - 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Tabela 2: Fatores determinantes da iluminância adequada.

CARACTERÍSTICAS DA TAREFA E DO OBSERVADOR	PESO		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	De 40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo de tarefa	Superior a 70%	De 30 a 70%	Inferior a 30%

2.1.1.10. Índice de Reprodução de Cor (*IRC*) – É uma classificação (de 0 a 100) da qualidade relativa de reprodução de cor de uma fonte, quando comparada com uma fonte padrão de referenciada mesma temperatura de cor;

2.1.1.11. Reator – São equipamentos auxiliares utilizados em conjunto com lâmpadas de descarga elétrica (Figura 5). Servem para dar partida estabilizada e firme à lâmpada de descarga, sem cintilação em qualquer situação. Sem reator, a lâmpada ligada diretamente à rede iria exigir mais e mais corrente até se queimar, ou seja, ele limita a corrente.



Figura 5: Reator eletrônico.

2.1.2. Etapas do cálculo de iluminação:

- i. Determinar a iluminância utilizando as Tabelas 1 e 2;
- ii. Calcular o índice do local ( $K$ ):

$$K = \frac{C \cdot L}{(C + L) \cdot A}$$

Onde:  $C$  – comprimento do local

$L$  – largura do local

$A$  – altura entre a luminária e o plano de trabalho

- iii. Escolher o tipo de lâmpada e luminária;
- iv. Em função do índice do local ( $K$ ), dos índices de reflexões do teto, parede e piso (Tabela 3), determina-se o fator de utilização ( $FU$ ), na tabela de luminária escolhida.

Tabela 3: Fator de utilização ( $FU$ ).

	Branco	Claro	Médio	Escuro
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

- v. Fator de manutenção:

Tabela 4: Fator de manutenção ( $FM$ ).

Ambiente	Limpo	Médio	Sujo
Fator de manutenção ( $FM$ )	0,9	0,8	0,6

- vi. Calcular a quantidade de luminárias:

$$N = \frac{E.S}{\varphi.FU.FM}$$

Onde:  $N$  – quantidade de luminárias

$E$  – iluminância desejada

$S$  – área do local

$\varphi$  – fluxo da luminária = fluxo luminoso da lâmpada x quantidade de lâmpadas por luminária

$FU$  – fator de utilização

$FM$  – fator de manutenção

- vii. O espaçamento das luminárias para se obter uma distribuição uniforme da iluminação deve ser; via de regra, entre 1 e 1,5 vezes a altura entre a luminária e o plano de trabalho ( $A$ ).

### 2.1.3. Eficiência na iluminação pública

Os projetos de eficiência energética em iluminação pública visam o aumento ou manutenção do fluxo luminoso existente, com a menor potência possível. Para isso, deve ser feito uma adequação à NBR 5101 – Iluminação Pública, correção de iluminação deficiente ou da melhoria dos benefícios, utilizando a lâmpada de menor potência permitida para obtenção de bons resultados. A seguir, uma análise de algumas substituições:

- Luminária - A substituição da luminária ineficiente por uma luminária eficiente pode dar um ganho em torno de 25% a 35%, somente pelo aumento do rendimento. Além disso, a melhoria da qualidade da iluminação conseguida pela distribuição fotométrica adequada de uma luminária eficiente deve ser levada em conta na substituição. A oportunidade da troca de uma luminária aberta por uma luminária fechada, que diminui o índice de manutenções, a utilização de equipamentos incorporados à luminária de alta durabilidade e a facilidade da manutenção dos equipamentos novos são outros benefícios que podem ser relacionados a esse tipo de intervenção.

- Lâmpadas - A alta eficiência das lâmpadas a vapor de sódio e a excelente reprodução das lâmpadas a vapor metálico são fundamentais para a modernização dos sistemas de IP. Ganhos energéticos de mais de 50% com aumento do fluxo luminoso são obtidos na substituição das lâmpadas ineficientes pelas de alta eficiência. A vida mediana superior das lâmpadas a vapor de sódio mais modernas também ajudam a reduzir o tempo médio de retorno dos projetos.
- Reatores - A substituição do reator não deve ser somente para o acendimento da lâmpada nova com diferente tecnologia da que estava anteriormente instalada. A substituição do reator é a oportunidade de melhorar ainda mais a eficiência com um equipamento de perdas elétricas reduzidas e alto fator de potência. A perda do reator deve ser especificada a menor possível, obtendo-se ganhos energéticos que pagam o valor do equipamento ao longo do tempo. Além disso, a durabilidade do novo reator é fator importante para a diminuição do índice de manutenções.
- Relés fotoelétricos - A substituição dos relés fotoelétricos por outros novos de melhor qualidade é um dos grandes benefícios dos programas de eficiência energética e, na maior parte das vezes, não é quantificado. Os relés fotoelétricos com tecnologia antiga, quando desgastados, tendem a manter a lâmpada acesa durante mais tempo que quando novos. Os relés fotoelétricos com novas tecnologias têm a preocupação de somente acionar a lâmpada quando há necessidade e desligá-la assim que o dia amanhecer. Outro fator importante é a tecnologia que, mesmo na falha do relé, tende a manter a lâmpada apagada e não acesa, evitando o desperdício de energia com lâmpadas acesas durante o dia. A concessionária de energia é a maior beneficiada nestes casos citados.

#### 2.1.4. Sistema de controle de iluminação

Para utilização da iluminação a níveis suficientes para a atividade desenvolvida, são implantados os sistemas de controle de iluminação: reguladores de fluxo luminoso e sensores de presença.

- Regulador de fluxo luminoso – É um equipamento que diminui o fluxo luminoso da iluminação automaticamente, o que diminui também o consumo com energia elétrica. Ele pode ser aplicado a toda iluminação que envolve lâmpadas de descarga como fluorescente, vapor de mercúrio, vapor de sódio e iodetos metálicos. Dentre as vantagens na instalação desse mecanismo, estão: diminuição dos custos associados à iluminação em até 70%; aumento da vida útil das lâmpadas, não produz flutuações na rede; e não produz harmônicos e diminui a amplitude dos harmônicos existentes na rede. A utilização de reguladores de fluxo permite um controle mais sofisticado. Tal é conseguido com recurso a um computador, dotado de software adequado e um modem com acesso à linha telefônica, que permite fazer o contato com a gestão centralizada de um conjunto de controladores a qualquer distância.
- Sensor de presença - É um equipamento eletrônico capaz de identificar a presença de pessoas dentro do seu raio de ação e acender a lâmpada do ambiente. O sistema consiste num sensor de movimento, numa unidade eletrônica de controle e num relé comutador. O sensor de movimento sente o movimento e envia o sinal apropriado para a unidade de controle. A unidade de controle processa o sinal de entrada, para então abrir ou fechar o relé que controla a alimentação do circuito de iluminação.

## **2.2. ACIONAMENTOS**

Responsáveis pela transformação de energia elétrica em mecânica, os motores elétricos tem uma participação importante nos gastos com energia dos processos industriais. Logo, um dimensionamento correto, um bom acoplamento entre o motor e a máquina e uma seleção adequada do motor são ações que resulta em melhores resultados, ou seja, redução das perdas de energia.

#### 2.2.1. Motores elétricos: princípios e funcionamento

O funcionamento dos motores elétricos está baseado nos princípios do eletromagnetismo, mediante os quais, condutores do induzido (rotor, parte móvel do) situados num campo magnético, criado pelo indutor (estator, parte fixa) e atravessados por corrente elétrica, sofrem a ação de uma força mecânica, chamada de torque.

Os motores elétricos são divididos em duas categorias: os de corrente contínua e os de corrente alternada (Figura6). Os de corrente contínua são mais caros, pois é necessário um dispositivo que converte a corrente alternada em corrente contínua. Já os motores de corrente alternada são mais baratos e os mais utilizados, pois a rede elétrica é distribuída em forma de corrente alternada.

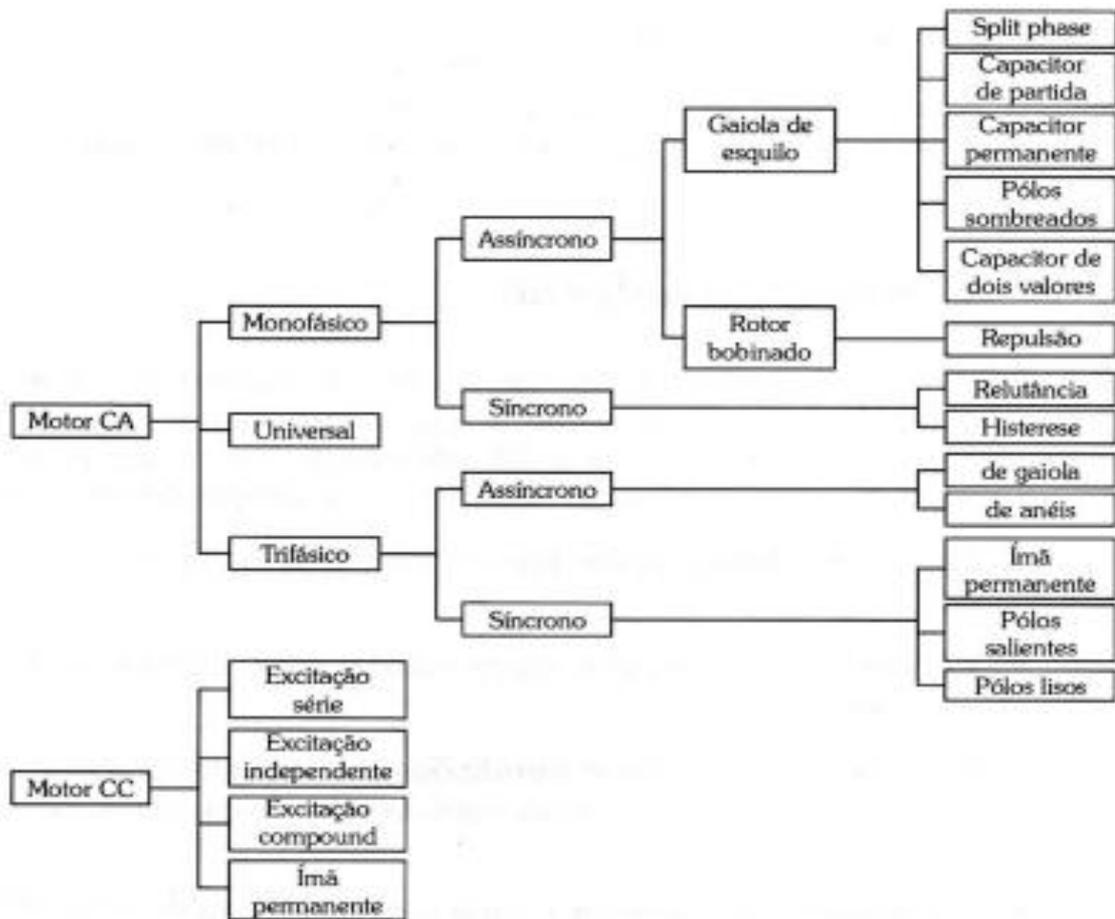


Figura 6: Tipos de motores elétricos.

A escolha do motor e de seus dispositivos de partida e parada, mesmo influenciada por aspectos ambientais, está diretamente relacionada à carga mecânica a ser acionada e ao impacto dela no sistema elétrico. A carga mecânica exige um dado conjugado mecânico numa dada velocidade que podem variar ao longo do tempo sem provocar "desconforto" mecânico. Da mesma forma o motor elétrico deve atender o comportamento da carga causando o menor "transtorno" possível ao sistema elétrico ao qual está conectado com uma preocupação de reduzir perdas para aumentar a eficiência do conjunto.

#### 2.2.1.1. Motor de indução trifásico

O motor de indução trifásico (Figura 7) é uma máquina com um princípio de funcionamento simples, construção robusta, pequena manutenção, e que devido à automação do seu processo de fabricação, ele tem um preço pouco elevado. O desenvolvimento de métodos de controle dessa máquina elétrica contribuiu e contribui para o uso racional da energia elétrica.

Apesar de toda eficiência dessa máquina, ela é um grande potencial de economia de energia, já que existem muitas unidades instaladas e boa porcentagem dessas tem problemas de mau dimensionamento, de acoplamento mecânico, com limpeza e lubrificação, o que contribuem com a redução do rendimento do sistema motriz (motor-carga).

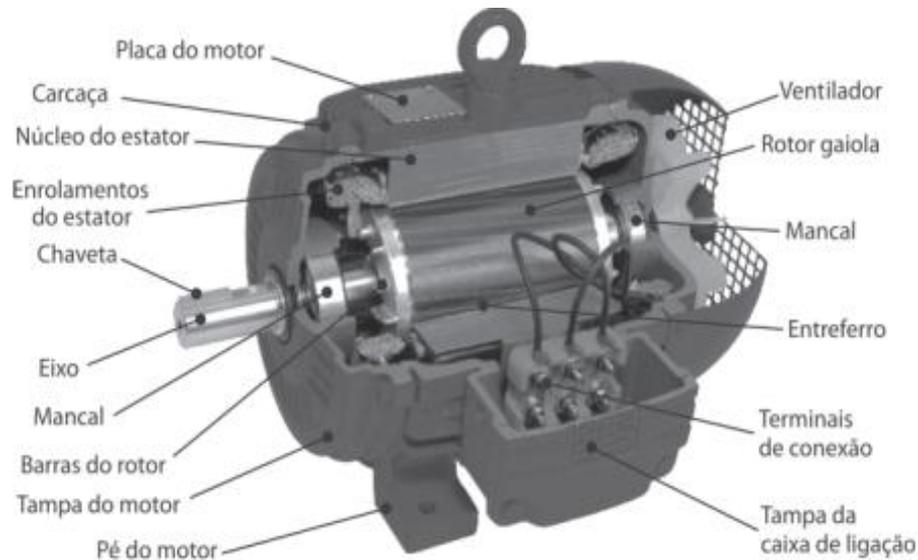


Figura 7: Partes de um motor trifásico de indução.

#### 2.2.1.2. Dimensionamento de um motor de indução trifásico

Para dimensionamento correto do motor, algumas informações a respeito do local de instalação e da carga precisam ser coletadas, tais como:

- Fonte de alimentação: tensão C.A, trifásica equilibrada;
- Frequência: 60 Hz no Brasil;
- Especificação de carga: aspecto da curva de conjugado resistente e respectivos valores de conjugados de partida e nominal, regime de funcionamento (contínuo ou intermitente), ciclo de aplicação da carga (constante ou variável) e o número de partidas, frenagens ou reversão por hora;
- Condições ambientais: umidade relativa, temperatura ambiente, altitude, presença de gases, pós ou elementos químicos que possam influir na confiabilidade de operação do motor.

Na definição da potência nominal  $P_N$ , alguns fatores devem ser levados em consideração: a capacidade de o conjugado motor desenvolvido superar o conjugado resistente, desde a condição de repouso até o regime; e a elevação da temperatura, proveniente das perdas nas condições de partida, regime e frenagens, ser limitada à classe de temperatura do motor. A potência nominal será potência constante no caso em que o motor está dimensionado e construído para operar continuamente, regime S-1 (carga constante) da norma da ABNT, nas condições ambientais especificadas, com tensão e frequência de alimentação da rede nos valores nominais. E será potência eficaz nos regimes de carga variável.

Uma vez definida a potência nominal que atende aos requisitos da carga, a escolha do método de partida deve ser feita de modo que não comprometa o sucesso do acionamento. Na Figura 8 são observadas as funções de partidas-motores.

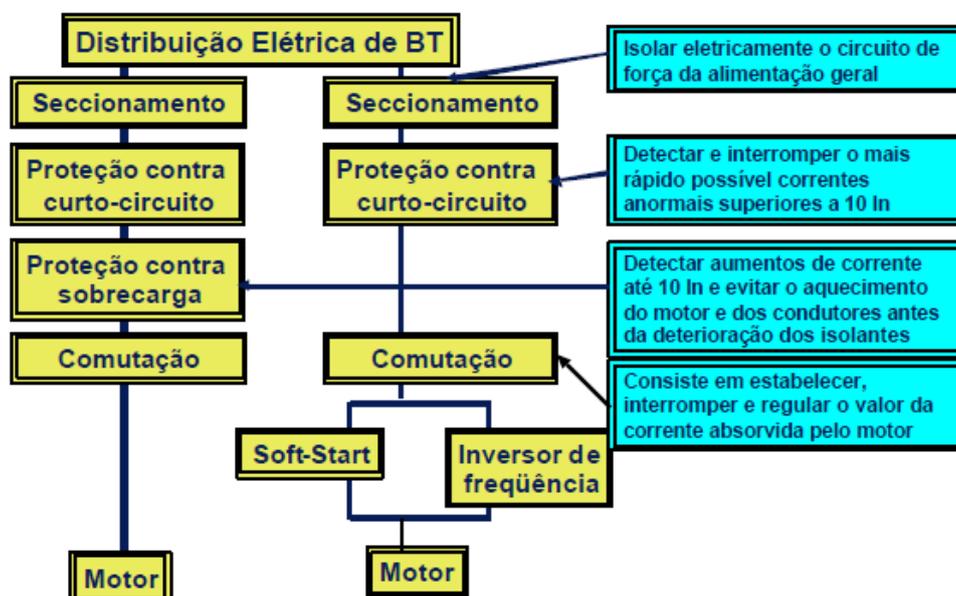


Figura 8: funções partidas-motores.

Um circuito que alimenta um motor deve estar em conformidade com as regras gerais estabelecidas no padrão IEC 947-4-1, além das regras relativas a contadores, acionamento de motores e suas proteções, tais como: coordenação dos componentes do circuito do motor, coordenação da isolação e categorias de utilização de contadores.

### 2.2.1.3. Metodologias aplicadas para avaliação do dimensionamento

- Verificação de carregamento -determinação do fator de carregamento do motor para a pior condição de operação, através de medições de campo usando as seguintes expressões:

$$F_C = \frac{n_t}{n_N} \cdot \frac{n_S - n_t}{n_S - n_N} = \frac{2 \cdot I_t - I_0}{2 \cdot I_N - I_0}$$

Onde, n – rotação (*rpm*)

I – corrente de linha (A)

t – trabalho

N – nominal

S – síncrona

0 – em vazio

Se o fator de carregamento for maior de 75% (valor baseado em alguns fatores, dentre os quais, por saber que o rendimento máximo de um motor não se encontra à plena carga, mas em algum ponto entre 80% e 90% do carregamento), o motor poderá ser considerado adequado para a carga que aciona. Caso contrário, ele tem chances de ser sobredimensionado, entretanto, só isso não garante, já que essa análise diz respeito apenas ao regime permanente.

Uma estimativa do rendimento de operação pode ser feita com a medida da potência elétrica  $P_E$ , requerida da rede, e da potência nominal  $P_N$  do motor.

$$\eta = \frac{F_C \cdot 0,735 \cdot P_N}{P_E} \cdot 100$$

- Análise do regime transitório de partida–determinação das características dinâmicas de carga, que são o torque em função da velocidade e o momento de inércia. A equação que governa o sistema dinâmico é a Segunda Lei de Newton para movimento retilíneo:

$$M_M - M_C = \frac{2\pi}{60} \cdot J \cdot \frac{dn}{dt}$$

Onde,  $M_M$  e  $M_C$  - conjugados do motor (Nm)

$J$  – momento de inércia ( $kgm^2$ )

$\frac{dn}{dt}$  - taxa de variação da rotação (rpm/s)

A curva de conjugado do motor é obtida através de dados dos fabricantes tais como conjugado de partida, conjugado máximo, conjugado máximo, conjugado nominal e conjugado numa à rotação síncrona.

A curva do conjugado de carga  $M_C$  pode ser encontrada pelas constantes  $K_1$  (Nm) e  $K_2$  ( $Nm \cdot rpm^{-x}$ ) e  $x$ , que representa a dependência do conjugado da carga com a velocidade:

$$M_C = K_1 + K_2 \cdot n^x$$

Para definição do valor de  $x$  deve-se saber o tipo de carga. Na Tabela 5 é mostrada essa relação.

Tabela 5: relação entre o valor de  $x$  e o tipo de carga.

<b>x</b>	<b>Carga</b>
0	Cargas constantes: guinchos, esteiras e bombas de deslocamento
1	Cargas lineares: compressor pistão
2	Cargas quadráticas: bombas, ventiladores e compressores centrífugos
-1	Cargas hiperbólicas: tornos, bobinadeiras e moendas

Os valores de  $K_1$  e  $K_2$  são determinados através da curva velocidade-tempo após o desligamento do motor (Figura 9). As equações que descreve o sistema dinâmico e do conjugado são relacionadas (para cada ponto da curva), onde o conjugado do motor é zero para ele desligado.

$$-(K_1 + K_2 \cdot n^x) = \frac{2\pi}{60} \cdot J \cdot \frac{dn}{dt}$$

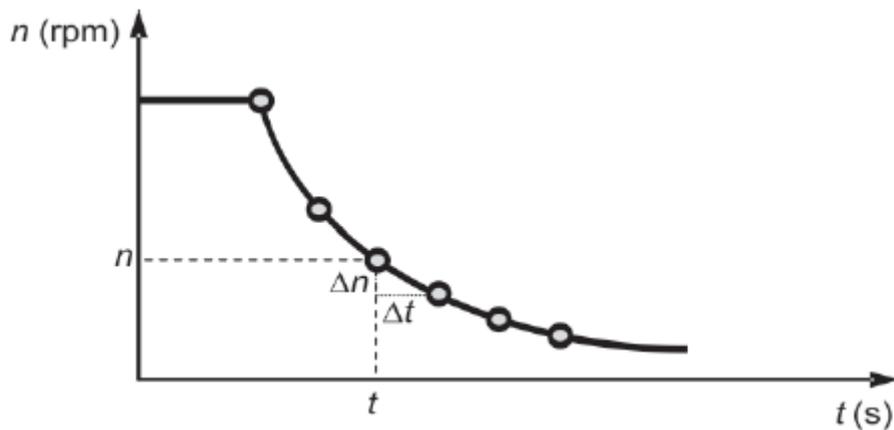


Figura 9: curva velocidade-tempo após desligamento do motor.

O próximo passo é calcular o momento de inércia  $J$ , e para isso, também será necessária a curva velocidade-tempo após desligamento do motor (Figura 10), para aplicação da seguinte expressão:

$$J = -\left(\frac{60}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{0,735 \cdot P_N}{n_N} \cdot \frac{n_S - n_t}{n_S - n_N} \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{dn}{dt}\right)^{-1}, \text{ para } t = t_0$$

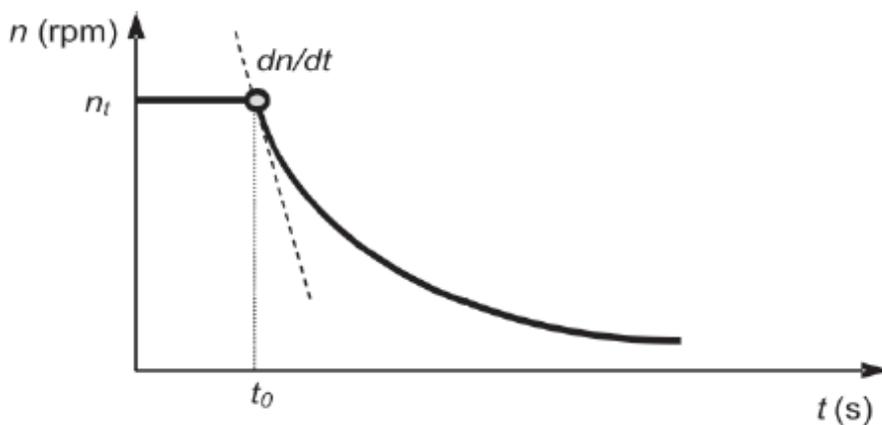


Figura 10: curva velocidade-tempo após desligamento do motor.

O cálculo do tempo de partida é importante para validar o modelo de carga obtido. Ele é dado por:

$$t_p = \frac{2\pi}{60} \cdot J \cdot \int_0^{n_t} \frac{1}{M_M - M_C} \cdot dt$$

A área sob a curva da função  $\frac{1}{M_M - M_C}$  (Figura 11) corresponde à integral da equação.

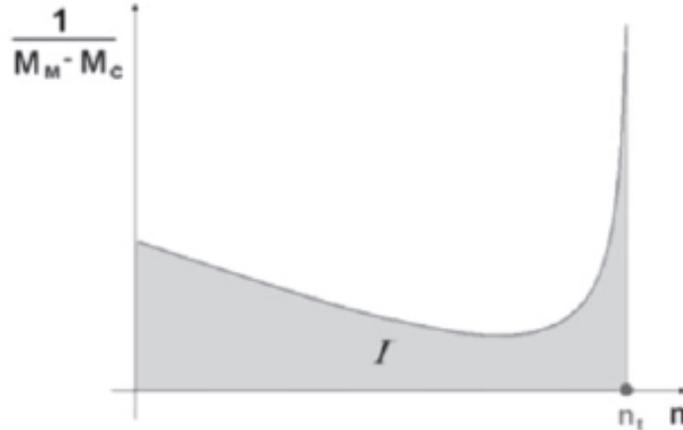


Figura 11: integral para cálculo do tempo de partida.

Se o tempo de partida do motor for maior do que seu tempo de rotor bloqueado, indica que o motor é incapaz de atender as necessidades do processo de partida, porém, um tempo de partida menor, não garante que o motor foi sobre-dimensionado já que existem regimes de operação. É necessário analisar o comportamento térmico.

- Verificação do comportamento térmico –determinação da elevação de temperatura sobre a temperatura ambiente  $\Delta\theta$  em um determinado período. Considerando o motor como um corpo homogêneo, essa elevação pode ser encontrada com o somatório da componente crescente devido ao carregamento do período em análise, e da componente decrescente da temperatura final do período anterior. A equação é dada por:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_F \cdot (1 - e^{-t/T_A}) + \Delta\theta_0 \cdot e^{-t/T_A}$$

Onde,  $\Delta\theta_F$  (*valor tabelado*)- elevação final da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), com motor em regime permanente

$\Delta\theta_0$  – elevação final de temperatura do período anterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t$  – duração do período (s)

$T_A$  (*valor tabelado*) - constante de aquecimento do motor (s)

São dois os possíveis resultados a serem obtidos depois da aplicação das metodologias apresentadas: motores sobre-dimensionado que podem ser substituídos por outros de menor potência e motores cujo dimensionamento

“excessivo” é uma real necessidade do processo devido ao ciclo de carga ou à requisitos de partida.

## 2.3. SISTEMAS CONDICIONADORES DE AR

Sistemas de condicionamento de ar são utilizados com a função de manter os níveis de temperatura e umidade de um ambiente, de forma a alcançar as condições de conforto ambiental (como no uso residencial, em escritórios, comércio, etc.) ou industrial, para controlar variáveis de processo. Devido ao custo de operação bastante significativo, esse sistema se torna um bom candidato a entrar num programa de eficiência energética.

### 2.3.1. Conceitos Básicos

2.3.1.1. Temperatura – É a medida do nível energético de um corpo. Uma alta temperatura é um indicativo de alto nível de energia do corpo. Diz – se, neste caso, que o corpo está quente. Na Figura 12 pode se observar a relação entre as escalas Celsius, Fahrenheit, Kelvin e Rankine.

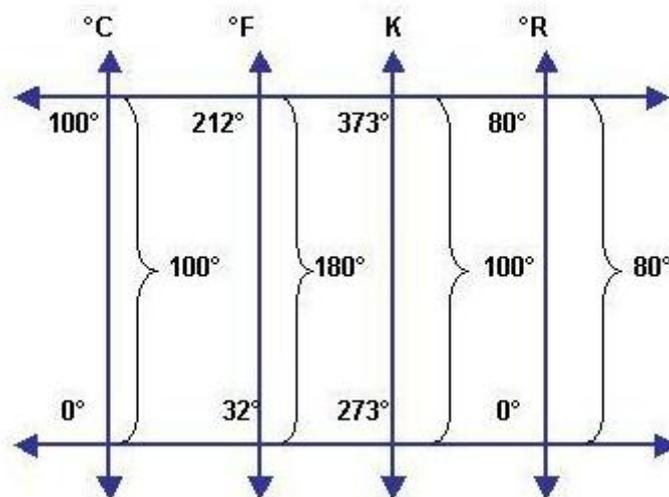


Figura 12: Relação entre as escalas Celsius, Fahrenheit, Kelvin e Rankine.

2.3.1.2. Carga Térmica - Quantidade total de calor que deve ser removida pelas serpentinas de refrigeração para manter as

condições desejadas e a temperatura dentro de um compartimento.

2.3.1.3. Calor Sensível–Calor envolvido numa troca de em que há variação de temperatura, porém não há mudança de estado.

2.3.1.4. Calor Latente–Calor envolvido numa troca em que há mudança de estado, sem ser acompanhado de mudança de temperatura.

2.3.1.5. Umidade Relativa do AR (*UR*)– Relação aproximada entre as massas do vapor d'água presente num volume e a massa do vapor que saturaria aquele volume, a mesma temperatura e pressão total.

$$UR = \frac{m_{vapH2O}}{m_{vapH2Omax}}$$

2.3.1.6. Capacidade frigorífica  $Q_o$  – É a quantidade de calor por unidade de tempo retirada do meio que se quer resfriar (produto) através do evaporador do sistema de refrigeração.

2.3.1.7. Coeficiente de Performance do Ciclo– Índice que avalia o rendimento de um equipamento de refrigeração. É a relação entre a capacidade de remoção de calor de um equipamento (energia útil ou efeito frigorífico) à potência requerida pelo compressor (energia consumida).

$$COP = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia consumida}}$$

2.3.1.8. EER – Energy Efficiency Rate (Razão de Eficiência Energética) – É outro índice que avalia o rendimento da máquina. Ele relaciona o Efeito Frigorífico (*EF*) produzido e o Trabalho de Compressão (*w*) gasto.

$$EER = \frac{ER}{w} = \frac{BTU/h}{Watts}$$

2.3.1.9. Eficiência em  $kW/TR$ –Outro índice de eficiência, em que *TR* (tonelada de refrigeração) é equivalente a 12000 *BTU/h*.

Relacionando o Trabalho de compressão ( $w$ ) com o Efeito Frigorífico ( $TR$ ).

$$\frac{kW}{TR} = \frac{w}{EF}$$

Uma correlação entre o índice  $EER$  e a eficiência expressa em  $kW/TR$

$$kW/TR = \frac{12}{EER}$$

Em ANEXO são apresentados os coeficientes de eficiência de alguns tipos de condicionadores de ar.

### **2.3.2. Funcionamento do Ar Condicionado**

O ar condicionado é composto de três partes: o evaporador, o compressor e o condensador. O fluido que é processado passa por todas elas, e precisa ser uma substância que entre em condensação (transformação do estado gasoso para o líquido) e evaporação (transformação de líquido para gasoso) com facilidade, já que ele irá ser utilizado para transferência de energia. A seguir, as etapas para a climatização de um ambiente, com o acompanhamento da Figura 13.

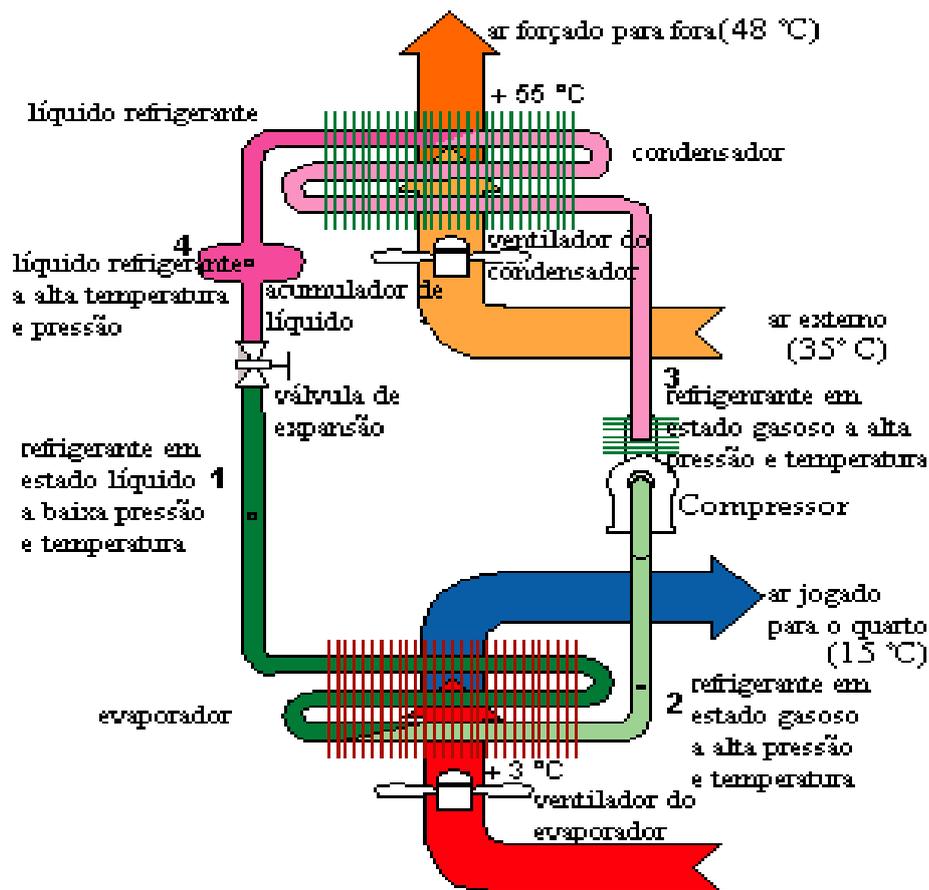


Figura 13: Funcionamento do aparelho de ar condicionado.

- Entrada do fluido no evaporador, que se encontra dentro do ambiente, sob condições de baixa pressão e praticamente mesma temperatura que a externa;
- Evaporação do fluido (em 1) e uso da energia térmica externa para maior expansão das moléculas e resfriamento destas, o que leva a uma troca de calor com o ambiente (sala, quarto, escritório, etc.). O fluido sai desta etapa com uma temperatura razoavelmente menor que a externa e com baixa pressão, e segue ao compressor;
- Compressão do fluido (em 2), ou seja, aumento da pressão e densidade, e aquecimento com a transferência de energia do trabalho feito pelo compressor. O fluido sai desta etapa agora com temperatura maior que a externa e com alta pressão, e segue para o condensador, que se encontra fora do ambiente;

- Troca de calor entre o fluido aquecido e o ar externo (em 3) e conseqüentemente a condensação. O fluido sai dessa parte com temperatura igual à externa e com alta pressão, e segue novamente para o evaporador (em 4) o reinício do ciclo. A eficiência da máquina é uma razão entre a temperatura do ambiente e o somatório da temperatura do ambiente e fora (aonde se encontra o condensador) dele.

### **2.3.3. Funcionamento do sistema de refrigeração industrial**

É mostrado na Figura 14 um sistema típico de industrial multipressão, com dois estágios de compressão de vapor, em que o refrigerante é a amônia. A parte (a) mostra o esquema do sistema frigorífico, que é composto de equipamentos (compressores, condensadores, evaporadores, válvulas de expansão, separadores de líquido, etc.) destinados à produção de fluido à baixa temperatura, o qual será utilizado para remover calor dos produtos e/ou processos aos quais está associado. Além do mais, mostra diferentes tubulações que distribuem o fluido refrigerante (no caso, a amônia) nas pressões e temperaturas exigidas pelos evaporadores, os quais estão instalados nos diferentes espaços refrigerados, que, ao atingir os evaporadores (ou serpentinas), o fluido será responsável pela retirada de calor do produto e/ou processo. A utilização final do frio (fluido à baixa temperatura) ocorrerá nos espaços refrigerados (câmaras frigoríficas), onde os produtos são mantidos a baixas temperaturas ou tomando parte de diversos processos de produção. A parte (b) mostra o corte de uma câmara frigorífica típica desta instalação.

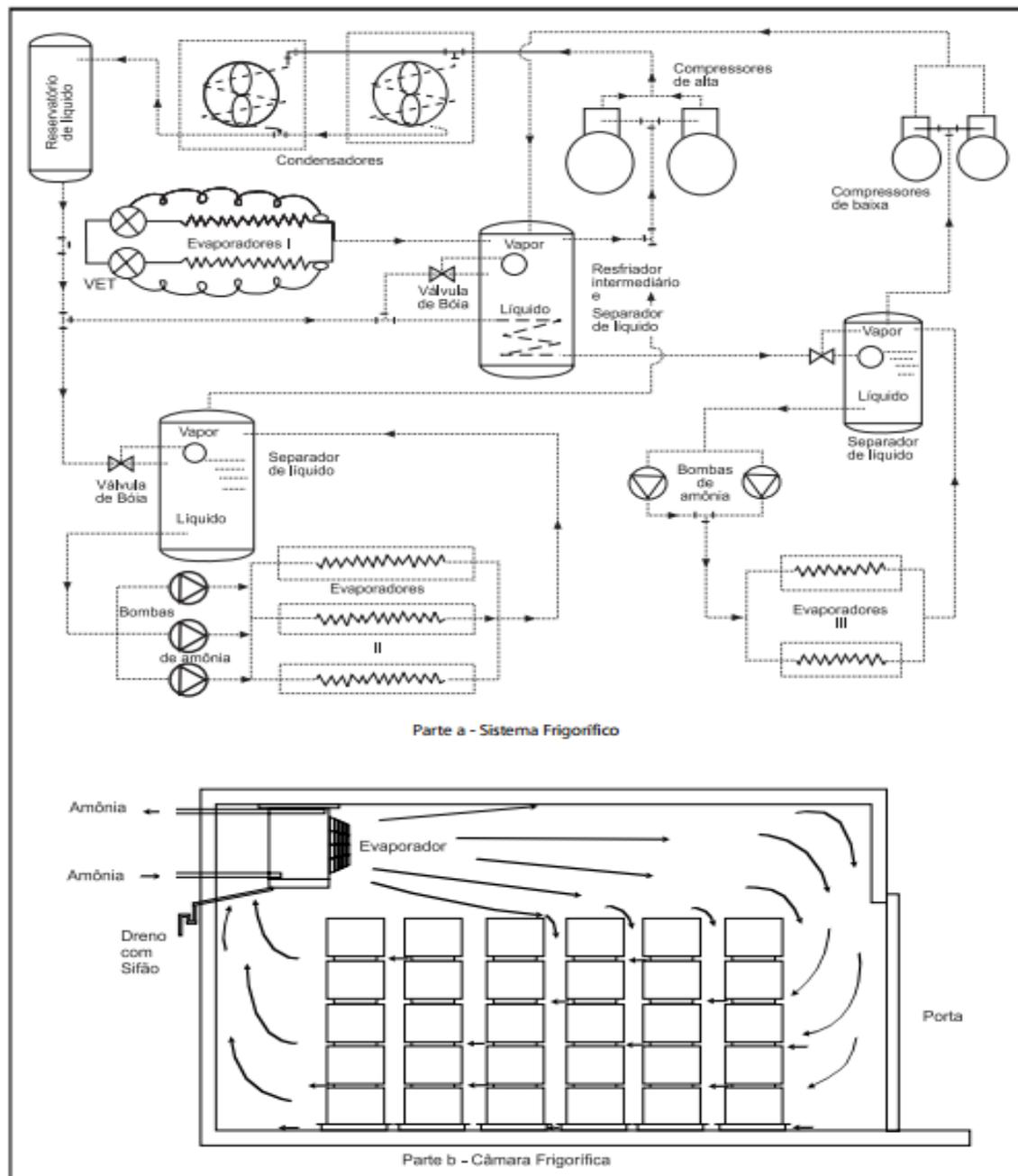


Figura 14: Sistema de refrigeração industrial

### 2.3.4. Melhorias relativas à instalação do sistema de condicionamento de ar

Algumas medidas podem ser tomadas para melhorar o desempenho do sistema de refrigeração, tais como:

- i) Aumento da temperatura de evaporação – O aumento da temperatura de evaporação leva a uma diminuição no consumo de

energia (Tabela 6). Procedimentos como: ajuste dos ciclos de degelo, limpeza das superfícies de transferências de calor, limpeza ou troca dos filtros de refrigerante e ajustes para valores mínimos dos reguladores de pressão, levam a um aumento da temperatura;

Tabela 6: ilustra os efeitos do aumento da temperatura de evaporação na potência de um determinado compressor alternativo semi-hermético utilizado em um equipamento frigorífico para o resfriamento de propileno glicol. Os dados são baseados numa temperatura de condensação de 40°C. O sistema utiliza como refrigerante o R22.

Temp. de Evaporação	Capacidade Frigorífica	Pot. do Compressor	Eficiência kW/TR
[°C]	[TR]	[kW]	[kW/TR]
- 5,0	45,95	49,8	1,08
0,0	50,07	52,3	0,94
+5,0	67,58	55,3	0,81

- ii) Diminuição da temperatura de condensação – Outra forma de diminuir o consumo de energia é a diminuição da temperatura de condensação (Figura 15), que pode ser alcançada: assegurando que o sistema opere com a menor pressão de condensação possível, fazendo a limpeza das superfícies de transferência de calor, evitando a instalação dos condensadores em locais próximos à fontes de calor e sujeitos a radiação solar direta, assegurando que os ventiladores trabalhem de forma correta e eficiente, entre outros. Outro aspecto relevante é a área do condensador, quanto maior a área do condensador, menor a temperatura de condensação e mais eficiente o sistema;

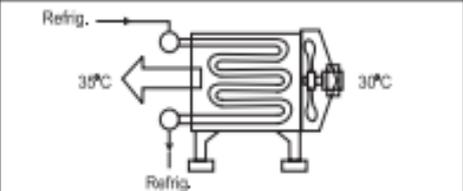
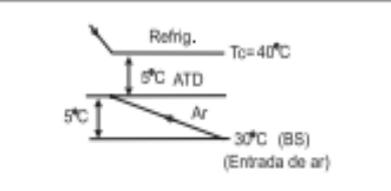
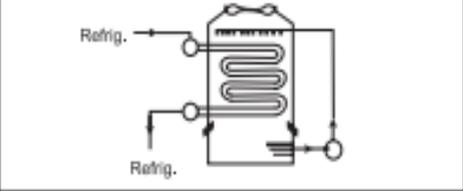
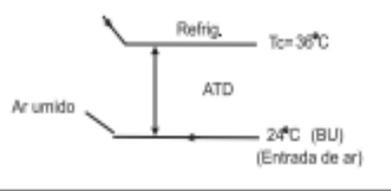
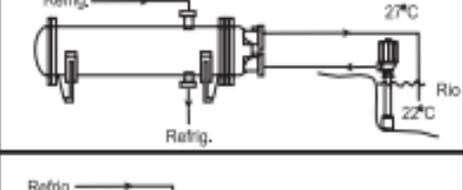
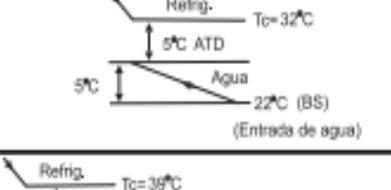
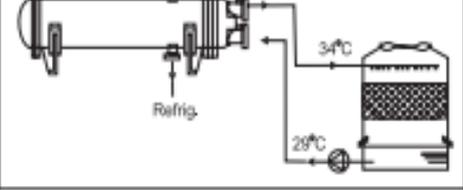
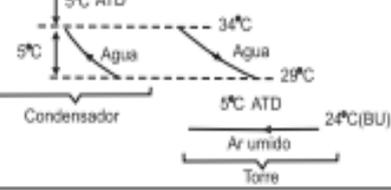
Tipo de condensador	Arranjo Esquemático	Temp. De Condensação Típica ( $T_c$ )
Resfriado a Ar		
Evaporativo		
Resfriado a Água (Sistema aberto)		
Resfriado a Água (Sistema fechado)		

Figura 15: Temperaturas de condensação típicas.

iii) Aumento do sub-resfriamento—O sub-resfriamento do líquido antes de sua entrada na válvula de expansão aumenta a capacidade do sistema sem aumentar a potência consumida. Pode-se aumentar essa variável da seguinte maneira (Figura 16): no condensador, adota-se uma superfície de transferência de calor adicional, na forma de uma seção de sub-resfriamento. O refrigerante, após deixar o reservatório de líquido, passa pela seção de sub-resfriamento (serpentina) antes de entrar na válvula de expansão. No reservatório de líquido, ocorre perda de calor do refrigerante para o ambiente se este se encontra com temperatura inferior à de condensação. Assim, deve-se evitar a instalação do reservatório em locais expostos ao sol ou sujeitos a temperaturas elevadas.

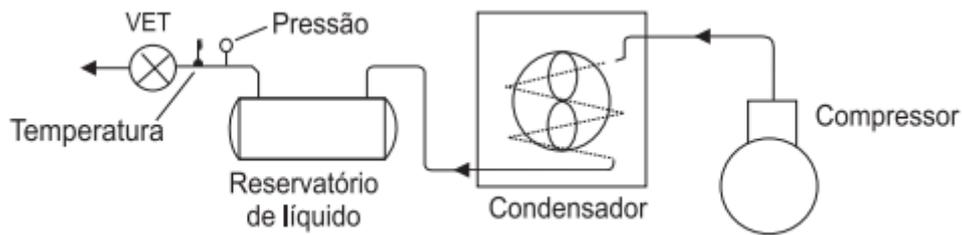


Figura 16: Determinação do sub-resfriamento através da medição da pressão e da temperatura do fluido refrigerante na entrada da válvula de expansão.

- iv) Diminuição do superaquecimento – O superaquecimento corresponde ao aumento de temperatura do refrigerante acima da temperatura de evaporação (Figura 17). Quanto maior o superaquecimento, maior o volume específico do fluido na aspiração do compressor. Conseqüentemente, menor será a vazão mássica deslocada. Isto reduz a capacidade do compressor sem reduzir o seu consumo de potência, o que aumenta os custos.

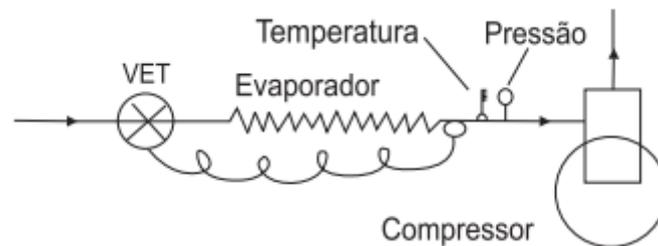


Figura 17: Determinação do superaquecimento através da medição da pressão e temperatura do fluido refrigerante na entrada do compressor.

- v) Seleção adequada de compressor – Condições de operação, capacidade frigorífica e curva de carga (variação e controle de capacidade), são fatores para se levar em conta na escolha de um compressor mais eficiente.
- vi) Operação de compressores em carga parcial – Compressores operando próximos das condições nominais são mais eficientes, logo, assegure-se de que sempre se tenha o menor número possível de compressores em operação e que estes estejam trabalhando com sua máxima eficiência (carga nominal). Apesar disso, a escolha da

quantidade e capacidade dos compressores que irão compor um sistema não é direta, e o perfil de carga é essencial na determinação da melhor configuração. As diferentes opções devem ser comparadas nas condições de operação e de projeto.

- vii) Isolamento das tubulações – A aplicação de um isolamento em tubulações é de fundamental importância para conservação de energia, para evitar condensação superficial e até formação de gelo sobre as mesmas.
- viii) Dissipação dos ventiladores do evaporador – A energia elétrica consumida pelos ventiladores do evaporador é, em grande parte, convertida em calor, que necessitará ser retirado pelo sistema de refrigeração. Além disso, eles respondem por até 15% da carga térmica de uma câmara frigorífica, porém eles contribuem duas vezes para o consumo de energia. Duas medidas a ser tomadas para redução da carga térmica e consumo de energia são: desligar os ventiladores quando não estiverem sendo utilizados e adotar ventiladores eficientes associados a motores de alto rendimento, já que esses consomem menos energia e dissipam menos calor no espaço refrigerado.
- ix) Lâmpadas adequadas – A troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes é outra ação que reduz a necessidade do ar refrigerado. Luminárias incandescentes disseminam mais calor do que as fluorescentes, além de consumirem mais energia elétrica e ter vida útil menor. A LED é a tecnologia ideal, porém tem um custo bem maior.
- x) Escolha do aparelho de ar-condicionado por tipo de construção – Para residências, os aparelhos conhecidos como *splits* são a melhor opção por serem mais econômicos e silenciosos. Quando o local a ser refrigerado é um prédio com vários ambientes, aí é o ar-condicionado central que se apresenta como escolha mais vantajosa, tanto do ponto de vista do consumo quanto da manutenção e da vida

útil. Embora ambas as opções, o *split* e o central, exijam um investimento inicial maior, acabam se pagando com a economia feita ao longo do tempo.

### **3. CONCLUSÃO**

Neste relatório foram apresentados os resultados de uma pesquisa sobre eficiência energética aplicada em três sistemas: iluminação, condicionadores de ar e acionamento de ar. Foi visto que a eficiência desses sistemas está associada, basicamente, às características técnicas, à eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos.

Foi observado que a otimização da iluminação de um ambiente trás por si o benefício da redução da conta de energia elétrica, além da redução do consumo do sistema de ar-condicionado, já que a dissipação térmica da iluminação é reduzida. E que a climatização de ambientes é indispensável para atender às exigências de conforto da sociedade e, como consequência, o uso da energia elétrica para acionamento dos motores e outros equipamentos associados a estes sistemas.

Pode-se concluir que a ideia da eficiência energética é aperfeiçoar a utilização de energia por meio de orientações e propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos.

## REFERÊNCIAS

SANTOS, Afonso Henriques Moreira; BORTONI, Edson da Costa; GUARDIA, Eduardo Crestana; NOGUEIRA, Fábio José Horta; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Luis Augusto Horta; PIRANI, Marcelo José; DIAS, Marcos Vinícius Xavier; VENTURINI, Osvaldo; CARVALHO, Ricardo Dias Martins de; Yamachita, Roberto Akira. Eficiência Energética Teoria e Prática. 1ª Edição. Itajubá, MG: FUPAI, 2007. 224 páginas.

PENA, Sérgio Meirelles. Sistema de Ar Condicionado e Refrigeração. 1ª Edição. PROCEL. Julho/2002. 96 páginas.

RODRIGUES, Pierre. Manual de Iluminação Eficiente. 1ª Edição. PROCEL. Julho/2002. 36 páginas.

GUEDES, Manuel Vaz. O Motor de Indução Trifásico: Seleção e Aplicação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 1994. Disponível em: <[http://www.estv.ipv.pt/paginaspessoais/vasco/textos/MI\\_sel&aplic.pdf](http://www.estv.ipv.pt/paginaspessoais/vasco/textos/MI_sel&aplic.pdf)>

COPEL Distribuição. Manual de Iluminação Pública. Fevereiro/2012. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL\\_IluminacaoPublica.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IluminacaoPublica.pdf)>

WORKSHOP Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Eficiência Energética e Acionamentos de Motores. Abril/2003. Disponível em: <[http://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/apostila\\_procobre\\_eficienc.pdf](http://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/apostila_procobre_eficienc.pdf)>

ROSITO, Luciano Haas. Projeto de Eficiência Energética em Iluminação Pública. O setor Energético. Julho/2009. Disponível em:  
 <[http://www.osetoelettrico.com.br/web/documentos/fasciculos/fasc\\_desenvolvimento\\_da\\_iluminacao\\_publica\\_no\\_brasil\\_cap7.pdf](http://www.osetoelettrico.com.br/web/documentos/fasciculos/fasc_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil_cap7.pdf)>

## ANEXO

### ➤ Luminárias e lâmpadas

Tabela 7: Classificação de luminárias.

Tipo	Características Gerais
Embutidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normalmente usadas com lâmpadas incandescentes comuns</li> <li>- Apresentam baixo rendimento</li> <li>- Normalmente apresentam problemas de superaquecimento</li> <li>- Difícil manutenção</li> </ul>
Fechadas (lâmpadas fluorescentes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- São encontradas com vários tipos de elementos de controle de luz (refletores espelhados com proteção visual, difusor prismático, etc.)</li> <li>- Rendimento moderado, dependendo do tipo de elemento de controle da luz</li> <li>- Difícil manutenção</li> <li>- Podem ser fixadas sobre a superfície do teto e, em alguns casos, podem ser embutidas</li> <li>- Os que dispõem de refletores sem elementos de controle de luz apresentam melhor rendimento.</li> </ul>
Abertas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Podem ser encontradas com ou sem elementos de controle de luz</li> <li>- Apresentam rendimentos superiores aos das luminárias fechadas</li> <li>- Fácil manutenção</li> <li>- Podem ser fixadas sobre a superfície do teto ou suspensas</li> </ul>
Spots	<ul style="list-style-type: none"> <li>- São utilizadas com vários tipos de lâmpadas incandescentes refletoras ou coloridas</li> <li>- Utilizados para iluminação direcional do fluxo luminoso</li> <li>- Fácil manutenção</li> <li>- Podem ser fixados sobre as superfícies ou embutidos</li> </ul>
Projetores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encontrados em vários tamanhos</li> <li>- Apresentam bom rendimento luminoso</li> <li>- São fixados sobre as superfícies ou suspensos</li> <li>- Podem ser usados com lâmpadas incandescentes comuns até lâmpadas a vapor de sódio</li> <li>- Fácil manutenção, dependendo das condições do local.</li> </ul>

Tabela 8: Características de lâmpadas.

<b>Tipo</b>	<b>Características gerais</b>
Incandescente Comum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente reprodução de cores</li> <li>- Baixa eficiência luminosa</li> <li>- Vida mediana: 1.000 horas</li> <li>- Não exige equipamentos auxiliares</li> <li>- Grande variedade de formas</li> </ul>
Incandescente halógena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente reprodução de cores</li> <li>- Vida mediana: 2.000 horas</li> <li>- Eficiência luminosa maior que a incandescente comum</li> <li>- Exige equipamentos auxiliares, dependendo da tensão</li> <li>- Vários tamanhos, inclusive com refletores</li> </ul>
Fluorescente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente a moderada reprodução de cores, dependendo do tipo</li> <li>- Boa eficiência luminosa</li> <li>- Vida mediana: 7.500 a 20.000 horas</li> <li>- Exige equipamentos auxiliares: reator e starter (partida convencional) ou só reator (partida rápida)</li> <li>- Forma tubular em vários tamanhos</li> </ul>
Fluorescente Compacta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa reprodução de cores</li> <li>- Boa eficiência luminosa</li> <li>- Vida mediana: 3.000 a 12.000 horas</li> <li>- Exige equipamentos auxiliares (reator)</li> <li>- Pequenas dimensões</li> </ul>
Mista	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderada reprodução de cores</li> <li>- Vida mediana: 8.000 horas</li> <li>- Eficiência luminosa moderada</li> <li>- Não exige o uso de equipamentos auxiliares</li> </ul>
Vapor de mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderada reprodução de cores</li> <li>- Vida mediana: 12.000 a 24.000 horas</li> <li>- Boa eficiência luminosa</li> <li>- Exige o uso de equipamentos auxiliares (reator)</li> </ul>
Vapor metálico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa reprodução de cores</li> <li>- Vida mediana: 3.000 a 20.000 horas</li> <li>- Boa eficiência luminosa</li> <li>- Exige o uso de equipamentos auxiliares (reator)</li> </ul>
Vapor de sódio alta pressão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pobre reprodução de cores</li> <li>- Alta eficiência luminosa</li> <li>- Vida mediana: 12.000 a 55.000 horas</li> <li>- Exige o uso de equipamentos auxiliares (reator e ignitor)</li> </ul>

➤ Coeficientes de eficiência de alguns tipos de condicionadores de ar

Tabela 9: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo *split* piso – teto.

**CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO-TETO** Data atualização: 2/3/2012

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Piso-Teto			
			Rotação Fixa		Rotação Variável	
<b>A</b>	3,20	<CEE	18	6,0%	4	50,0%
<b>B</b>	3,00	<CEE≤ 3,20	29	9,6%	4	50,0%
<b>C</b>	2,80	<CEE≤ 3,00	104	34,4%	0	0,0%
<b>D</b>	2,60	<CEE≤ 2,80	84	27,8%	0	0,0%
<b>E</b>	2,39	≤CEE≤ 2,60	67	22,2%	0	0,0%

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Tabela 10: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo *split* hi-wall.

**CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL** Data atualização: 4/5/2012

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Hi-Wall			
			Rotação Fixa		Rotação Variável	
<b>A</b>	3,20	<CEE	248	25,8%	151	85,3%
<b>B</b>	3,00	<CEE≤ 3,20	192	20,0%	17	9,6%
<b>C</b>	2,80	<CEE≤ 3,00	313	32,5%	9	5,1%
<b>D</b>	2,60	<CEE≤ 2,80	178	18,5%	0	0,0%
<b>E</b>	2,39	≤CEE≤ 2,60	31	3,2%	0	0,0%

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

Tabela 11: Coeficiente de eficiência para condicionadores de ar tipo janela.

**CONDICIONADOR DE AR JANELA** Data atualização: 04/06/2012

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W) <sup>(1)</sup>												Total de modelos por classe
	Categoria 1			Categoria 2			Categoria 3			Categoria 4			
	≤9.495 kJ/h			9.496 a 14.769			14.770 a 21.099			≥ 21.100			
	≤9.000 BTU/h			9.001 a 13.999			14.000 a 19.999			≥ 20.000			
<b>A</b>	≥ 2,91	52	64,2%	≥ 3,02	38	56,7%	≥ 2,87	8	40,0%	≥ 2,82	7	33,3%	105
<b>B</b>	≥ 2,68	18	22,2%	≥ 2,78	20	29,9%	≥ 2,70	5	25,0%	≥ 2,62	8	38,1%	51
<b>C</b>	≥ 2,47	11	13,6%	≥ 2,56	9	13,4%	≥ 2,54	2	10,0%	≥ 2,44	1	4,8%	23
<b>D</b>	≥ 2,27	0	0,0%	≥ 2,35	0	0,0%	≥ 2,39	4	20,0%	≥ 2,27	0	0,0%	4
<b>E</b>	≥ 2,08	0	0,0%	≥ 2,16	0	0,0%	≥ 2,24	1	5,0%	≥ 2,11	5	23,8%	6

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>