



MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA



MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA



2002

MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA
Copyright © IBAM - ELETROBRÁS / PROCEL 2002

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal
Área de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
Largo IBAM, 1 - Humaitá
22271-070 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2536-9797 - Fax.: (21) 2527-6974
E-mail: nma@ibam.org.br
www.ibam.org.br

ELETROBRÁS/PROCEL
Rua Marechal Floriano, 19 / 3^o andar - Centro
20080-003 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: 2514-5022
E-mail: procel@eletrobras.gov.br
www.eletrobras.gov.br/procel

Ficha Catalográfica

Catalogação na fonte pela Biblioteca do IBAM

Manual de prédios eficientes em energia elétrica / Cláudia Barroso Krause...[et al.]; José Luiz Pitanga Maia, coordenador. - Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.
230 p.; 28 cm

1. Energia Elétrica. I. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. II. ELETROBRÁS. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

338.39 (CDD 15.ed.)

Trabalho elaborado no âmbito do contrato realizado entre ELETROBRÁS / PROCEL e IBAM.

ELETROBRÁS/PROCEL

Presidente da ELETROBRÁS
Altino Ventura Filho
Diretor de Projetos Especiais da ELETROBRÁS,
Secretário-Executivo do PROCEL
Saulo José Nascimento Cisneiros
Chefe do Departamento de Desenvolvimento de
Projetos Especiais do PROCEL
Antônio Varejão de Godoy

EQUIPE TÉCNICA

ELETROBRÁS/PROCEL

Gerente de Projetos:
Márcia de Andrade Sena Souza
Maria Cristina Paschoal
Solange Nogueira Puentes Santos

IBAM

Superintendente Geral
Mara Biasi Ferrari Pinto
Superintendente de Desenvolvimento Urbano e
Meio Ambiente, Coordenadora do Escritório
Técnico da Rede Cidades Eficientes
Ana Lúcia Nadalutti La Rovere

IBAM

Coordenação do Projeto
José Luiz Pitanga Maia
Elaboração
Claudia Barroso Krause
Joaquim Augusto Pinto Rodrigues
José Luiz Pitanga Maia
Luiz Felipe Lacerda Pacheco
Marcio Américo
Pierre Teixeira
Apoio Técnico
Equipe da Rede Cidades Eficientes
Luciana Hamada
Orlando Zampiroli Martini
Rafael Marques Barbosa
Sabrina Monteiro
Apoio Administrativo
Denise Correia Pacheco
Ilustrações
Paula Garcia Wettstein
Coordenação Editorial
Sandra Mager
Revisão Técnica
Sérgio Rodrigues Bahia
Revisão Ortográfica
Cláudia Ajúz
Programação Visual
Paulo Felicio

É com satisfação que a ELETROBRÁS, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, em parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, apresenta o “Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica”, elaborado para auxiliar os administradores de prédios públicos na obtenção de resultados que tragam redução no consumo energético e de custos.

A missão do PROCEL, de promover a conservação e o uso eficiente de energia elétrica, diminuindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente, passa obrigatoriamente pela área de edificações, uma vez que esta engloba quase todos os usos finais e permeia os outros setores de consumo. Além disso, as edificações apresentam grande potencial de economia de energia, particularmente em consequência de importantes desenvolvimentos de novos materiais, equipamentos, conceitos arquitetônicos e tecnologia construtiva vinculados à otimização energética.

No que diz respeito às edificações públicas, as estatísticas mostram que estas representam aproximadamente 3,2% do consumo global de energia elétrica do país, o correspondente a 10.600.000 kWh no ano de 2000, considerando os níveis federal, estadual e municipal. Estima-se que o potencial de economia existente seja da ordem de 2.100.000 kWh por ano, equivalente à energia necessária para abastecer uma cidade de 3,5 milhões de habitantes.

Ciente da importância do setor de prédios públicos no contexto da conservação de energia, o PROCEL desenvolve, desde 1994, diversas ações para viabilizar sua eficientização. Em 1997, essas foram congregadas em um programa único de âmbito nacional, o PNEPP - Programa Nacional de Eficientização de Prédios Públicos. A estratégia do PNEPP baseia-se na implantação de projetos-piloto com potencial de replicação em larga escala, permitindo identificar previamente as barreiras financeiras e tecnológicas existentes e desenvolver meios adequados para capacitação dos agentes envolvidos.

Numa linha mais ampla de trabalho, o PROCEL também tem incentivado a implantação de projetos eficientes em prédios públicos no âmbito do seu Programa de Gestão Energética Municipal – GEM. A GEM consiste em dar caráter integrado às ações municipais em eficiência energética nos diversos setores e garantir a continuidade dos empreendimentos, incluindo ações relativas à gestão e ao controle dos dispêndios com energia nos centros de consumo municipais.

Entretanto, ainda há muito a ser feito para a difusão da idéia e o despertar da percepção dos Municípios brasileiros sobre os benefícios e o retorno financeiro da implantação de prédios eficientes em energia elétrica. Mesmo na Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica – RCE, um canal de comunicação permanente apoiado pela ELETROBRÁS/PROCEL e o IBAM por meio do qual Municípios trocam informações e experiências sobre eficiência energética, são tímidos os resultados obtidos em edificações. Um dos motivos verificados é a falta de materiais informativos sobre as técnicas de redução e gerenciamento do uso da energia elétrica em prédios públicos.

O “Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica” vem preencher essa lacuna e, ao mesmo tempo, incentivar os Municípios para a gestão da energia e o melhor conhecimento das suas instalações. Dessa forma, o PROCEL tem a certeza de estar contribuindo para ampliar a abordagem do tema e para melhorar a eficiência na administração municipal.

A Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica – RCE, Iniciativa da ELETROBRÁS/PROCEL e do IBAM, com o objetivo de conscientizar administradores e planejadores municipais sobre a importância da eficiência energética, vem orientando os Municípios sobre os impactos causados pela recente crise de energia elétrica. A experiência da RCE tem comprovado que é possível eliminar o desperdício no consumo de energia nas áreas de atuação e/ou pertencentes às Prefeituras Municipais.

Os administradores públicos municipais, ao adotarem medidas para enfrentar a situação, adquiriram novos hábitos de consumo de energia elétrica e, com isso, tornaram-se mais sensibilizados para o seu uso eficiente e mais conscientes sobre seu impacto na economia municipal.

Com a promulgação da Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, através do estabelecimento de níveis máximos de consumo ou mínimos de eficiência para o funcionamento de máquinas e aparelhos elétricos, de indicadores para os diversos tipos de edificações e de requisitos básicos para a arquitetura bioclimática, as Prefeituras Municipais terão que se adaptar e fiscalizar o cumprimento dos novos índices através da normalização dos procedimentos construtivos nos seus Códigos de Obras e Edificações e Cadernos de Encargos para Edificações.

Logo, com a intenção de fortalecer o conhecimento dos técnicos municipais no âmbito da Gestão Energética Municipal e complementando a coleção de manuais técnicos lançados no quadro da parceria ELETROBRÁS-PROCEL / IBAM, foi concebido este Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica, que traz as técnicas de conservação de energia aplicáveis em prédios públicos. Ele apresenta comentários sobre as características gerais de funcionamento, a teoria de cada tecnologia e os principais focos de desperdício de energia, bem como as medidas indicativas para a sua eliminação. Traz também um capítulo sobre conforto ambiental e arquitetura, em que são feitas recomendações projetuais, de dispositivos e componentes construtivos que devem ser adequados ao tipo de uso, à realidade climática e socioeconómica de cada Município.

O IBAM, que neste ano comemora os seus primeiros 50 anos, e a Rede Cidades Eficientes têm a satisfação de oferecer mais esta publicação com a finalidade de contribuir para o aperfeiçoamento da atuação das administrações municipais sob o ponto de vista do planejamento energético.

IBAM / DUMA

1. ASPECTOS DE CONFORTO AMBIENTAL EM PROJETOS DE ARQUITETURA DE PRÉDIOS PÚBLICOS	11
1.1 ARQUITETURA E CONFORTO AMBIENTAL	12
1.2 A IMPORTÂNCIA DA QUESTÃO CULTURAL E CLIMÁTICA: O FATOR DECISIVO	15
1.3 CONSIDERAÇÕES BIOCLIMÁTICAS: OS DOIS GRUPOS PRINCIPAIS DE EDIFICAÇÕES	16
1.3.1 As edificações com opção permanente pela climatização: refrigeração ou aquecimento	16
1.3.2 As edificações com opção pela climatização natural ou eventual	17
2. GERAÇÃO DE ENERGIA	29
2.1 CO-GERAÇÃO	30
2.1.1 Teoria básica	30
2.1.2 Tipos de co-geração	32
2.1.3 Utilização	33
2.1.4 Viabilidade econômica e benefícios	33
2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	34
3. DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	37
3.1 TRANSFORMADORES	38
3.1.1 Tipos de perdas associados aos transformadores	40
3.1.2 Localização dos transformadores	47
3.1.3 Óleos Isolantes	48
3.1.4 Transformador com núcleo de material amorf	48
3.2 EFEITO JOULE	50
3.2.1 Tipos de perdas associados ao Efeito Joule	51
3.3 CAPACITORES	55
3.3.1 Fator de potência	57
3.4 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO E PROTEÇÃO DE CIRCUITOS	66
3.4.1 Cabos elétricos	68
3.4.2 Equilíbrio de fases	69
3.4.3 Sistemas de proteção	69
3.5 QUALIDADE DA ENERGIA	70
3.5.1 Problemas de falta de qualidade da energia	70
3.5.2 Medição da qualidade da energia	76

4. USOS FINAIS	79
4.1 ILUMINAÇÃO	80
4.1.1 Sistemas de iluminação	84
4.1.2 Descrição de um projeto eficiente de iluminação	93
4.1.3 Revitalização de um sistema de iluminação	94
4.1.4 Aplicação e análise da revitalização	95
4.1.5 Método de cálculo luminotécnico	97
4.2 AR CONDICIONADO	102
4.2.1 Medidas de conservação de energia	103
4.2.2 Softwares relacionados a estimativa de carga térmica e simulação predial	117
4.3 MOTORES ELÉTRICOS E SISTEMAS DE BOMBEAMENTO	117
4.3.1 Motores eletricos	118
4.3.2 Sistemas de Bombeamento	129
4.4 TRANSPORTE VERTICAL	131
4.4.1 Princípio de funcionamento	131
4.4.2 Metodologia de cálculo	132
4.4.3 Recomendações de economia de energia	133
4.5 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS EM GERAL	134
4.5.1 Microcomputadores	134
4.5.2 Equipamentos de escritório: monitor, CPU, scanner e impressora	135
4.5.3 Copiadoras	135
4.5.4 Condicionador de ar	135
4.5.5 Refrigerador / Freezer	136
4.5.6 Televisor	137
4.5.7 Ferro de passar roupas	137
4.5.8 Bombas de água	138
4.5.9 Chuveiro elétrico	138
4.5.10 Boiler Elétrico	138
4.5.11 Máquina de Lavar (roupa e louça)	139
4.5.12 Máquina de Secar Roupa	139
4.6 ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS	141
4.6.1 Aquecedores solares	142
4.6.2 Energia Solar Fotovoltaica	144
4.7 BOMBA DE CALOR	148

5. MEDIDAS ADMINISTRATIVAS	151
5.1 GERENCIAMENTO DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA	152
5.1.1 Precauções com a instalação elétrica	153
5.1.2 Curva de carga	154
5.1.3 Diagnóstico energético	155
5.1.4 Estabelecimento de um programa de manutenção preventiva	156
5.2. ESTRUTURA TARIFÁRIA	156
5.2.1 Grupos "A" e "B"	156
5.2.2 Medição de energia elétrica	160
5.2.3 Fator de carga	163
5.3 TIPOS DE CONTRATO	171
5.3.1 Consumidores de Energia	171
5.4 MUDANÇAS DE HÁBITOS	187
5.4.1 Criação da CICE	187
5.4.2 Elaboração de curso/treinamento em uso eficiente de energia	190
5.4.3 Renovando as Atitudes	191
5.5 CONTROLADORES DE DEMANDA	192
5.6 MERCADO FUTURO DE ENERGIA	194
5.6.1 Entidades do novo mercado	194
5.6.2 Avanços do novo modelo	196
6. PRIORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA-FINANCEIRA DE PROJETOS	199
6.1 PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS	200
6.1.1 Critérios para seleção de projetos	200
6.1.2 Recomendações	204
6.2 ANÁLISE FINANCEIRA	204
6.2.1 Conceitos sobre Matemática Financeira	204
6.2.2 Principais métodos de Análise Econômica de Projetos	207
6.2.3 Análise Técnica-Orçamentária e a RCB	213

7. ORIENTAÇÕES DE PLANEJAMENTO E SEGURANÇA NAS FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO	217
7.1 Orientações para o planejamento das ações	218
7.2 Noções em segurança do trabalho	219
7.2.1 Aplicação dos princípios básicos da segurança nos levantamentos de campo	220
7.2.2 Ferramentas e equipamentos usados nos levantamentos de campo	221
7.2.3 Usos, riscos, inspeção e conservação de ferramentas e equipamentos	222
BIBLIOGRAFIA	228

Utilizar de maneira correta a energia elétrica, tratando-a com responsabilidade e sem desperdícios, constitui um novo parâmetro a ser considerado no exercício da cidadania. As ferramentas a serem utilizadas devem estar alicerçadas basicamente em dois pontos: no uso de equipamentos mais eficientes e na mudança de hábitos.

Pode-se dizer que a energia é um bem essencial utilizado em todos os setores ou áreas da sociedade. Em certos setores produtivos, a energia representa não somente um insumo essencial mas, também, se constitui como um dos elementos de maior peso na estrutura de custos.

Ha mais de duas décadas, quando ocorreu a primeira "crise" mundial do petróleo, várias nações se mobilizaram com o objetivo de combater o desperdício de energia elétrica. Desde então o Brasil praticamente dobrou sua população e muito pouco foi efetivamente realizado, visto que não foi consolidada uma nova política energética com bases duradouras, seja no aspecto dos insumos energéticos, seja no da conservação destes insumos.

Ao se discutir a questão do setor elétrico brasileiro, verifica-se um momento de característica interessante. Os processos de privatização do setor têm procurado criar uma solução imediata para a crise energética existente, porém milagres não existem quando se fala em tempo de execução de obras, por mais investimentos e recursos que estejam disponíveis. Em um envolvimento mais próximo com os técnicos do setor elétrico é fácil identificar o descompasso existente entre a oferta existente e a crescente demanda.

Não obstante, a energia está na origem de uma parte importante dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. A relação otimizada entre a energia e o meio ambiente se insere em uma das maiores preocupações mundiais sobre a evolução do planeta e das responsabilidades da nossa geração no uso correto desta relação como um legado de vida saudável e harmoniosa para as futuras gerações.

O aumento da eficiência energética e a consequente redução no ritmo de crescimento do consumo de energia permitirão ganhar tempo para poder decidir amanhã diante de uma gama mais ampla de tecnologias. Além disso, muito provavelmente, a redução da intensidade de consumo energético é hoje a maneira mais eficaz de lutar contra a poluição, de preservar o meio ambiente e de evitar a destruição do patrimônio natural.

A Conservação de Energia é um conceito abrangente adotado para caracterizar as ações que têm como objetivo a melhoria na eficiência da utilização da energia. A diversidade de formas de energia utilizadas numa instalação consumidora, a complexidade das diferentes transformações que podem intervir na sua utilização e os altos custos associados ao ciclo de sua produção/utilização, justificam a necessidade da implantação de programas de gerenciamento do uso da energia para se obter a pretendida economia.

Este manual trata especificamente de orientações e do uso de técnicas de conservação de energia mais comuns para serem aplicadas em prédios públicos. Serão comentadas as características gerais de funcionamento, a teoria envolvida em cada tecnologia, os principais focos de desperdício de energia, bem como as medidas para eliminação destes focos.

ASPECTOS DE CONFORTO AMBIENTAL EM PROJETOS DE ARQUITETURA DE PRÉDIOS PÚBLICOS



1.1 ARQUITETURA E CONFORTO AMBIENTAL

O presente capítulo vem complementar, com sugestões projetuais, o mesmo tema que já foi objeto de outros Manuais publicados pelo Convênio entre a ELETROBRAS-PROCEL e o IBAM, principalmente o Manual para Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica, Planejamento Urbano e o Uso Eficiente da Energia Elétrica e o Modelo para Elaboração de Código de Obras.

O conjunto destes guias auxilia na construção de um Município com qualidade ambiental e dentro dos preceitos de desenvolvimento sustentável¹. É imprescindível a leitura anterior das publicações citadas para que o tema esteja bem compreendido, pois, com frequência, serão feitas referências a elas.



Sombra projetada por edificações mais altas

Camada de cobertura urbana

Figura 1.1 - Exemplos de consequências do crescimento das cidades.

Fonte: guia técnico "Planejamento Urbano e o Uso Eficiente da Energia Elétrica", 1999.

Após a introdução do conceito de Conforto Ambiental em Arquitetura, serão apresentadas sugestões de ordem projetual, de dispositivos e componentes construtivos que devem ser adequados ao tipo de uso, à realidade climática e socioeconômica do Município em questão.

Conforto ambiental em projeto de arquitetura significa, em linhas básicas, o atendimento de algumas das necessidades orgânicas – basicamente acústicas, higrotérmicas², visuais e de qualidade do ar – dos usuários previstos pelo Programa de Arquitetura em suas horas de ocupação, através da compreensão do clima externo e de decisões arquitetônicas compatíveis. Recentemente vem se agregando a questão da sustentabilidade a seu conceito, o que se traduz em novas escolhas de procedimentos e materiais que resultem no menor impacto ambiental possível.

¹ Em termos simples, o termo "sustentável" significa satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações na satisfação de suas próprias necessidades.

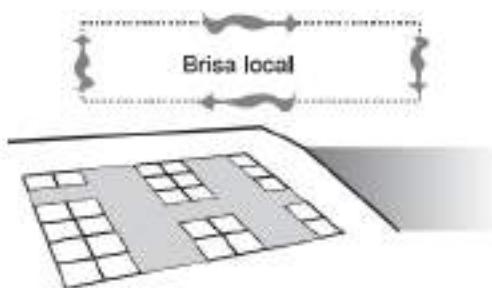
² O conforto higrotérmico é obtido sempre que se consegue manter, através das trocas higrotérmicas – através dos processos de radiação, condução, convecção e evaporação – o equilíbrio entre o corpo (em torno de 36,7°C) e o ambiente.

Conforto Ambiental, no âmbito da eficiência energética, incorpora um atributo a mais; quando obtido, gera um ambiente saudável ao uso e uma fatura de energia elétrica mínima necessária para complementar os momentos em que o microclima externo não oferece as condições necessárias de iluminação, temperatura, qualidade do ar, umidade ou silêncio.

O conforto ambiental em projeto de arquitetura deve ser pensado desde o traçado urbanístico inicial quando de sua evolução e, principalmente, quando da renovação urbana. É neste escopo – do planejamento do uso do solo – que são “otimizados” os instrumentos geoclimáticos locais que possibilitarão ao arquiteto, posteriormente em seu projeto, já limitado às divisas de seu lote, o pleno aproveitamento das vantagens de um clima particular ou a proteção nos momentos menos privilegiados para as atividades previstas.



Aproveitamento das massas de água existentes



Escolha de sitios favoráveis

Figura 1.2 - Exemplos de aproveitamento da topografia local e escolha do traçado urbanístico.

Fonte: guia técnico “Planejamento Urbano e Uso Eficiente da Energia Elétrica”, 1999.

De igual importância, e complementar, é a decisão a ser tomada pela Câmara de Vereadores sobre a legislação urbanística³. Suas diretrizes permitem definir alturas, taxas de ocupação, organização interna dos espaços projetáveis, gerindo o acesso à ventilação e à iluminação natural dentro das edificações, garantindo que a modelização do ambiente construído, por construir ou a modificar, integre-se de forma sustentada ao meio natural, gerando um todo global saudável ao pleno desenvolvimento das atividades humanas da comunidade.

³ Taxas de ocupação muito altas, excesso de pavimentação nas áreas de circulação ou mesmo a concentração de construções tornam o solo impermeável, provocando o aumento das temperaturas e facilitando as inundações na ocorrência de chuvas intensas. Edificações com gabarito ou altura muito elevado também podem interferir no Conforto Ambiental quando projetam sombra nas edificações vizinhas mais baixas. Na hora de definir gabaritos na Lei de Uso do Solo é imprescindível a lembrança de que volumes edificados constituem tanto “barreiras” para os ventos, reduzindo sua velocidade e dificultando a renovação do ar no interior das quadras, como, dependendo da configuração espacial, podem canalizar os ventos imprimindo-lhes outras direções.

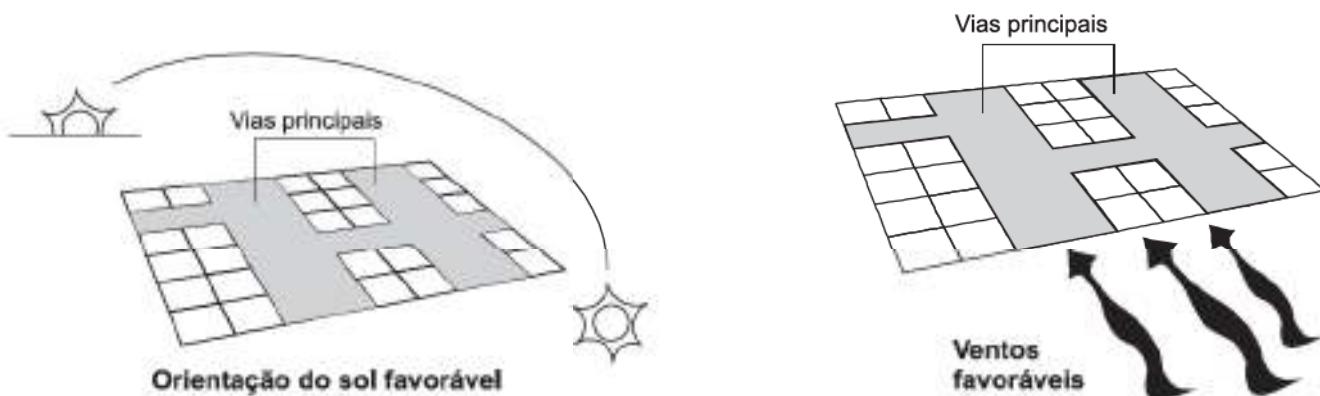


Figura 1.3 - Requisitos climáticos locais para loteamento.

Fonte: guia técnico "Planejamento Urbano e Uso Eficiente de Energia Elétrica", 1999.

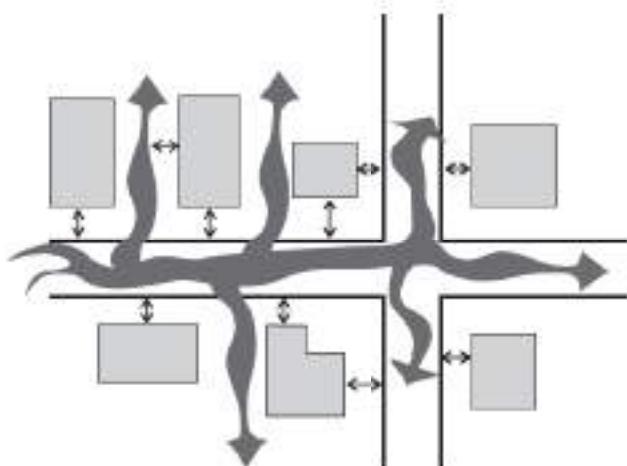


Figura 1.4 - Exemplo de afastamentos das divisas do lote.

Fonte: guia técnico "Planejamento Urbano e Uso Eficiente de Energia Elétrica", 1999.

Do ponto de vista estrito do apoio ao projeto, a pesquisa em Conforto Ambiental nas edificações tem procurado imprimir uma nova atitude frente à arquitetura. Compreendendo que o arquiteto gera atributos diferenciados e específicos⁴ na realização de um projeto de arquitetura, hoje se procura preservar a liberdade de escolha, mas associando-a a sua responsabilidade ambiental. E é neste sentido que são apresentadas, neste capítulo, as diretrizes básicas para as edificações geradas e geridas pelo Poder Público Municipal.

⁴ O projeto da edificação é a combinação otimizada de orçamento, legislação edilícia e urbana, desejos/sonhos do cliente, disponibilidades geoclimáticas, restrições das demais disciplinas envolvidas e tempo, pelo arquiteto.

Consideram-se prédios públicos municipais, conforme o Manual para Elaboração de Planos Municipais de Gestão de Energia Elétrica, todas as edificações com fatura de energia elétrica pagas pelo Poder Municipal, podendo ser permanentes ou temporárias, fruto de interesse objetivo específico. Por analogia, prédios públicos estaduais e federais serão aqueles cujas faturas de energia elétrica são pagas pelos Poderes Estadual e Federal, respectivamente.

Embora possam variar segundo o Município, as edificações municipais basicamente podem ser agregadas em função dos setores que representam, ou de acordo com as principais atribuições municipais:

- as projetadas para o ensino, como creches, escolas de ensino fundamental e médio;
- as dedicadas à cultura e ao lazer, como teatros e salas de música ou anfiteatros;
- as relativas à saúde, como postos de saúde e hospitais;
- as de cunho administrativo, onde se encontram a sede do Poder Público e eventualmente as secretarias ou autarquias específicas.

Dentre estas, dois grandes grupos se destacam: as edificações de pequeno porte, normalmente sem climatização ou com climatização mista, e as de grande porte, com climatização artificial permanente ou mista.

Todas, sem exceção, devem ter suas diretrizes projetuais adequadas aos princípios de Conforto Ambiental, cuja consequência, além da garantia de boa qualidade de atuação às atividades previstas, será a existência de uma fatura de energia elétrica compatível com as mesmas.

Entretanto, a forma de tratamento das primeiras difere em alguns pontos da do segundo grupo.

Vale lembrar que, a maior parte das edificações abrigando uma atividade "viva" e, portanto, dinâmica, a utilidade estas diretrizes se aplicará tanto à realização do projeto inicial, que atende à demanda daquele momento, quanto às futuras e, por vezes, necessárias modificações.

1.2 A IMPORTÂNCIA DA QUESTÃO CULTURAL E CLIMÁTICA: O FATOR DECISIVO

Um projeto de arquitetura é sempre único ou, ao menos, impossível de ser uniformizado e traduzido em formas ou plantas estanques, gerais e aplicáveis indiscriminadamente.

Sendo um invólucro que conjuga a atividade humana frente a um ambiente exterior, a forma como esta atividade se desenvolve é essencial para o desempenho da edificação, da mesma forma que a compreensão do clima particular de um local.

Considerando a variedade brasileira no tocante ao clima e à cultura, verificamos que serão produzidas tantas decisões arquitetônicas quantas forem as combinações possíveis no nosso cenário, o que é positivo e desejável, pois enriquece nosso patrimônio e permite a afirmação das identidades regionais.

Neste cenário sem receitas, a garantia de um bom projeto é sustentada pela seguinte regra: quanto maior for a compreensão da vivência futura de um determinado projeto e sua relação com a oferta

ou com a restrição vinda do entorno próximo (insolação, verão quente, inverno frio, chuvas esporádicas ou ventos frios sazonais, ruídos) tanto mais fáceis serão as boas decisões arquitetônicas a serem tomadas, tão mais afinada com o clima e o usuário ficará a edificação, havendo menor risco de impacto negativo no solo urbano.

Sob o aspecto de eficiência energética pode-se ainda acrescentar uma diretriz básica, comum a todos os projetos, qual seja, a definição preliminar, em função do estudo do clima e da ocupação, da forma de condicionamento de ar da edificação.

1.3 CONSIDERAÇÕES BIOCLIMÁTICAS: OS DOIS GRUPOS PRINCIPAIS DE EDIFICAÇÕES

Em função da opção de climatização, o projeto de edificações pode ser classificado como:

- condicionamento de ar natural;
- via sistema permanente de climatização artificial;
- misto (ora natural, ora artificial).

Em função desta opção existem diretrizes diferenciadas em relação ao projeto, bem como uma maior ou menor dependência das definições do projeto ao tipo de clima exterior.

1.3.1. AS EDIFICAÇÕES COM OPÇÃO PERMANENTE PELA CLIMATIZAÇÃO: REFRIGERAÇÃO OU AQUECIMENTO

Quando se pensa na edificação pública com opção global pela climatização permanente artificial desde o inicio – teatros, alguns edifícios administrativos, por exemplo – se assume que a fonte de conforto térmico está sendo gerada no interior da edificação por uma incompatibilidade das necessidades dos usuários com a disponibilidade climática.

Neste caso, a diretriz mais importante do projeto relaciona-se a proteção desta edificação contra o clima exterior. Caso contrário, a energia elétrica consumida para a geração do frio/calor será superior à necessária em função das perdas provocadas por infiltrações de vãos de janelas, esquadrias, pela porosidade das paredes externas e coberturas, ou mesmo, no verão, pelo enorme ganho, pela radiação solar, através das superfícies envidraçadas não sombreadas, que o sistema é incapaz de retirar.

As recomendações para ao uso de tecnologias e equipamentos eficientes estão mencionadas no Capítulo 4 – Usos Finais, nos itens sobre Iluminação e Ar-Condicionado.

¹ Trata-se de uma recomendação de projeto mais delicada, onde é necessário orientar e projetar as superfícies envidraçadas para que captem a radiação solar direta, fonte de calor, mas mantendo, por exemplo, vidros duplos ou postigos externos, de forma a reduzir as perdas pela diferença de temperatura existente.

Em termos de decisões projetuais a escolha deve recair sobre:

- O estudo da volumetria da edificação: quanto mais compacta a zona climatizada, tanto menos serão suas superfícies de troca com o exterior, tanto mais eficiente energeticamente será o condicionamento mecânico do ar.
- A proteção externa do envelope construtivo quanto à incidência dos raios solares no caso dos climas quentes, seu uso cuidadoso nos de clima frio⁵ e o isolamento constante de vidros e fachadas opacas quanto à perda de temperatura, pela troca com a temperatura exterior. Ou seja, sombreamento externo, isolamento das fachadas e coberturas, escolha cuidadosa da orientação das aberturas.
- Uma vez protegidas, e dependendo do uso específico, as fachadas devem ser projetadas como captadoras de luz natural em quantidade suficiente para uma boa penetração nos ambientes limítrofes.
- Esta decisão, associada a um projeto de interiores que preveja cores claras para o teto e as paredes, permitirá um maior aproveitamento interno da fonte natural de iluminação, permitindo que o sistema artificial de iluminação possa ser projetado em circuitos paralelos à fachada e proporcionando uma manipulação energeticamente eficiente por parte do usuário, conforme ilustrado na Figura 1.5.

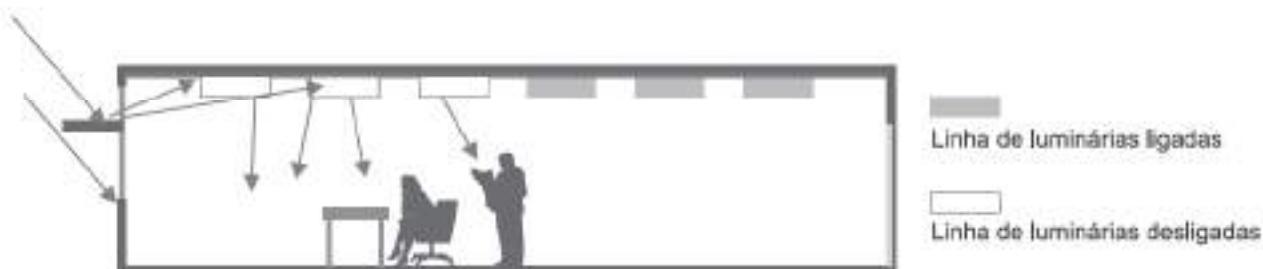


Figura 1.5 – Exemplo de integração de iluminação natural, sombreamento e integração com o projeto de iluminação artificial complementar.

1.3.2. AS EDIFICAÇÕES COM OPÇÃO PELA CLIMATIZAÇÃO NATURAL OU EVENTUAL

As edificações públicas municipais, em sua maioria, tendem a não ter um sistema de condicionamento mecânico permanente de ar.

Dependendo do tipo de clima envolvido, são edificações com climatização natural e alguns ambientes com climatização do tipo mista, onde o uso do ar-condicionado / calefação acontecerá setorial (sala de repouso de crianças, salas de informática) e esporadicamente, por decisão do usuário motivado por questões de conforto higrotérmico e, eventualmente, acústico.

⁵ Usando um programa computacional de simulação higrotérmica, um simples diagrama bioclimático como veremos a seguir, ou simplesmente através da experiência.

E quando se trabalha com edificação não climatizada, ou eventualmente climatizada, creches, postos de saúde, escolas, delegacias etc., a situação – a abordagem projetual – não é a mesma do caso anterior.

Aqui, a maior parte dos ambientes não necessitando de condicionamento de ar, a busca pela fonte de conforto ambiental deve ser prioritariamente conduzida para o exterior.

De fato, dependendo da situação geoclimática do Município, a fonte de conforto por vezes é encontrada fora, nos dias amenos, no vento que refresca no verão ou no sol que aquece no inverno. Entretanto, há momentos do dia ou do ano, em que o clima torna-se inóspito às atividades e é necessário ou corrigir seus efeitos construtivamente, ou compensá-los com o uso do condicionamento mecânico de ar ocasional.

Ou seja, o papel do projetista aqui é, mais do que nunca, determinar antecipadamente⁶ – quando e em que sentido – aquecimento ou refrigeração – a climatização pode ser necessária e, em seguida, trabalhar o envelope construtivo para que se obtenha o máximo de eficiência do clima e do eventual uso do sistema de climatização.

O grande desafio no âmbito da eficiência energética consiste, portanto, em garantir, via definição projetual, um ambiente interno o mais ameno possível durante o período de ocupação – em geral diurno – de forma a retardar, ou mesmo evitar, que o usuário inicie o processo de climatização artificial⁷ e que, se necessário, este processo seja o mais econômico possível⁸.

Neste panorama, o que este capítulo propõe é a aplicação de um conjunto de pequenas atitudes projetuais bioclimáticas conhecidas para o projeto de implantação da edificação, visando otimizar o envelope construtivo em função do uso e da disponibilidade climática, reduzir o consumo de aparelhos de iluminação e ventilação e, especificamente, evitar/ retardar a entrada do sistema de climatização artificial de uma construção quando não preparada para o uso de climatização artificial.

Em termos de projeto, deve-se sempre permitir a entrada gerenciada do clima através do aproveitamento da insolação, iluminação e ventilação naturalmente disponíveis. Esta entrada deverá, no entanto, ser feita com o cuidado de garantir uma redução das cargas térmicas supérfluas incidentes sobre o envelope construtivo, por meio do estudo adequado da orientação, sombreamento, escolha de materiais, e da redução das cargas térmicas internas (sobretudo com um bom projeto de iluminação).

PONDERAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA EDIFICAÇÕES COM CLIMATIZAÇÃO NATURAL

O conjunto de sugestões visa à otimização de aspectos do envelope construtivo, como implantação, volumetria, sombreamento e layout interno, diante das condições climáticas locais mais preocupantes para o conforto ambiental do usuário. Cada tipo de uso específico pode requerer um detalhamento especial das condições esperadas de conforto ambiental e uma solução específica de projeto.

⁷ Uma vez iniciado o processo, o tempo de uso do equipamento de refrigeração termina por se dissociar da situação climática externa, normalmente variando de acordo com a duração da atividade no ambiente.

⁸ Podem existir algumas agravantes à plena realização deste processo em Municípios muito densamente construídos. No caso de alguns tecidos urbanos muito densos ou de crescimento desordenado, devido à ineficiência de ordem urbanística e projetual, observa-se uma real demanda induzida por opções inadequadas ao clima e ao uso no que toca à implantação, ao projeto espacial e às especificações.

Etapa 1: Diagnóstico preliminar do projeto em função do clima e da ocupação

Para esta etapa é necessário o conhecimento do clima da região, ou seja, minimamente, os dados sazonais – verão e inverno – para temperatura, umidade, ventos (direção e intensidade) e insolação.

Os dados podem sempre ser obtidos na Prefeitura e no site do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (www.inmet.gov.br).

A partir daí, o estudo pode ser realizado, por exemplo, através da plotagem de seus dados no diagrama bioclimático de Givoni, representado na Figura 1.6, que sugere estratégias bioclimáticas em função do clima predominante em um Município. O diagrama elenca estratégias básicas de projeto em função da situação de temperatura e umidade de um dado local.

O diagrama bioclimático de Givoni pode ser obtido através do programa Analysis 2.0, no site da Universidade Federal de Santa Catarina, www.labeee.ufsc.br.

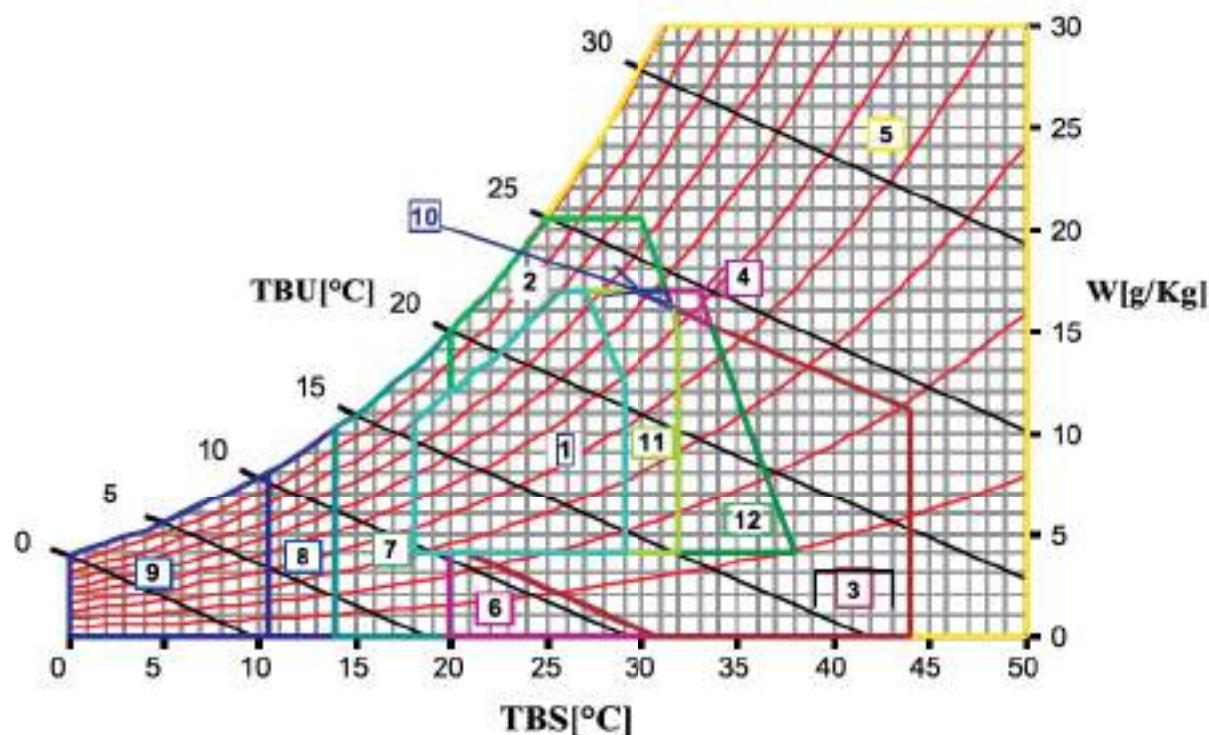


Figura 1.6 - Diagrama bioclimático de Givoni

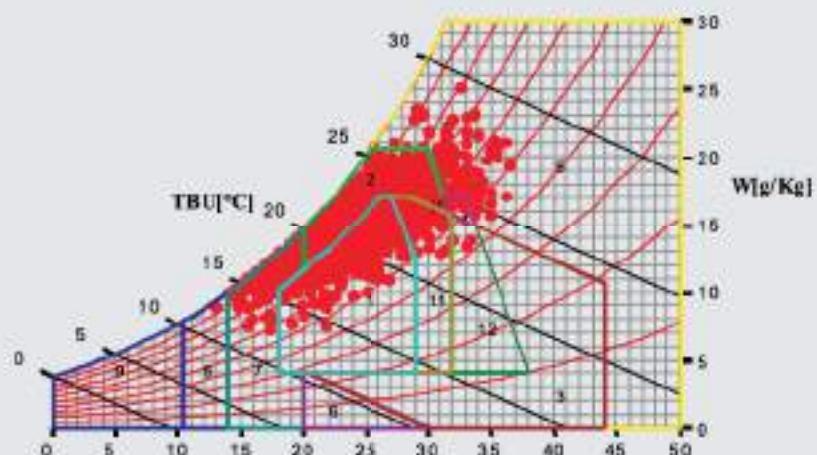
Fonte: Programa Analysis 2.0 Bio - UFSC - ECV - LabEEE - NPC

Zona	Estratégias mais eficientes
1	Conforto higrotérmico
2	Ventilação
3	Resfriamento evaporativo
4	Massa térmica para resfriamento
5	Ar -condicionado
6	Umidificação
7	Massa térmica e aquecimento solar
8	Aquecimento solar passivo
9	Aquecimento artificial
10	Ventilação + massa térmica para resfriamento
11	Ventilação + massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo
12	Massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo

O diagrama bioclimático de Givoni é construído sobre o diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, o arquiteto poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar exterior podem ser plotados diretamente sobre a carta, onde são identificadas 12 zonas de atuação.

Exemplo 1.1

O resultado para uma creche ou um posto de saúde com horário de atendimento de 7h as 13h, em um clima semelhante ao do Município do Rio de Janeiro, seria um estudo do tipo demonstrado a seguir:



Clima Rio de Janeiro, horários selecionados: ano inteiro de 7h às 13h. Programa: Analysis 2.0

Zona	Estratégias mais eficientes
1	Conforto higrotérmico
2	Ventilação
3	Resfriamento evaporativo
4	Massa térmica para resfriamento
5	Ar-condicionado
6	Umidificação
7	Massa térmica e aquecimento solar
8	Aquecimento solar passivo
9	Aquecimento artificial
10	Ventilação + massa térmica para resfriamento
11	Ventilação + massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo
12	Massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo

Em seguida devem ser verificadas as necessidades esperadas das atividades desenvolvidas em termos de acústica, iluminação, higrotermia e segurança. O resultado deve levar a uma lista de especificações ou cuidados especiais.

Neste exemplo, a análise do diagrama conduz às seguintes soluções:

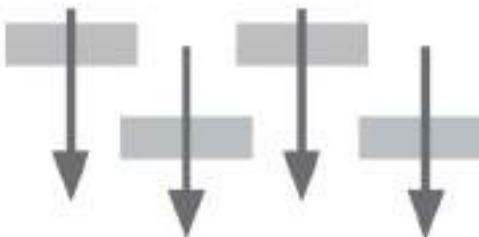
- Incrementar a ventilação (Zona 2), ou seja, uma implantação a barlavento, facilitando o acesso dos ventos, com pouca profundidade, o que facilita a permeabilidade e a utilização de esquadrias que garantam a ventilação mesmo em condições de chuva, na direção ou não do usuário.
- Contemplar o uso do ar-condicionado (Zona 5), porém nos meses mais críticos (neste caso fevereiro), e de uma forma pontual, não para todos os cômodos e nem para todas as horas (por exemplo: secretaria).
- A Zona 7 (Massa Térmica e Aquecimento Solar) indica que nos meses de inverno a incidência de raios solares pode ser conveniente para aquecer ambientes entre 7 e 8 horas da manhã. As esquadrias deverão permitir uma renovação mais higiênica nesta ocasião.

A partir deste estágio, as diretrizes do ponto de vista térmico e o perfil ambiental principal do projeto estando estabelecidos, as grandes decisões de projeto podem se iniciar sempre no sentido de privilegiar ou proteger a troca com o ambiente externo.

Etapa 2: A Implantação e o tratamento do entorno próximo

Trata-se da escolha do lote, do aproveitamento do terreno e da definição de ocupação do entorno da edificação.

A partir do que se estabeleceu como diretriz na etapa anterior – por exemplo, proteger ou aproveitar os raios do sol, o vento de determinada estação ou a fonte de ruído externa existente –, esta etapa trabalha a questão do loteamento ou da escolha do lote, da ocupação do terreno e do estudo do revestimento do piso do entorno, de forma a privilegiar a orientação solar adequada, os ventos incidentes etc. Exemplos do melhor aproveitamento dos ventos estão representados nas Figuras 1.7 e 1.8.



Lotes desalinhados favorecem a ventilação das quadras e edificações internas

Figura 1.7 – Lotes desalinhados favorecem a ventilação das quadras e edificações internas.



Figura 1.8 – Exemplo de implantação da edificação, com inclinação de no máximo a 45° da direção principal do vento.

Embora pouco utilizado, o paisagismo é, na questão energética, um elemento importante, pois a utilização de árvores (trabalhando com a diversidade de troncos e copas) permite o sombreamento seletivo, e o revestimento do solo pode reduzir a temperatura do ar próximo às aberturas, melhorando o microclima interno das edificações.

Finalmente, um cuidado especial na delimitação do terreno. O muro é o primeiro obstáculo à chegada dos ventos em casa. Estes podem ser necessários só para marcar o lote ou realmente proporcionarem uma privacidade e segurança. Para cada caso e em cada clima uma solução se habilita. Havendo necessidade de um muro opaco, é interessante o afastamento da edificação do mesmo para permitir o acesso das aberturas aos ventos porventura existentes ou um estudo da volumetria da edificação, elevando-a, por exemplo. A seguir estão ilustrados alguns exemplos na Figura 1.9.



Figura 1.9 – Exemplos de muros

RECOMENDAÇÕES

- O uso de hera em fachadas excessivamente ensolaradas e sem chance de proteção por beirais e *brises* é uma solução eficiente, pois a cobertura vegetal, além de constituir um excelente isolante térmico, serve para melhorar o microclima interno.
- Em climas quente/seco procure colocar um espelho d'água (piscina, lago, chafariz) na "chegada" dos ventos. Isto fará com que o ar de dentro do ambiente se umidifique e abaixe de temperatura gerando um microclima mais saudável e evitando, por vezes, o uso de ar-condicionado. O exemplo está ilustrado na Figura 1.10.



Figura 1.10 – Exemplo de umidificação do conforto térmico da edificação.

- O tratamento do entorno próximo é essencial para qualificar o clima interno. Pisos em cimento e pedra tanto retêm o calor do sol e o transmitem à edificação através do aquecimento do ar no entorno, como podem refletir os raios solares diretamente para a fachada e as janelas da mesma conforme ilustrado na Figura 1.11.

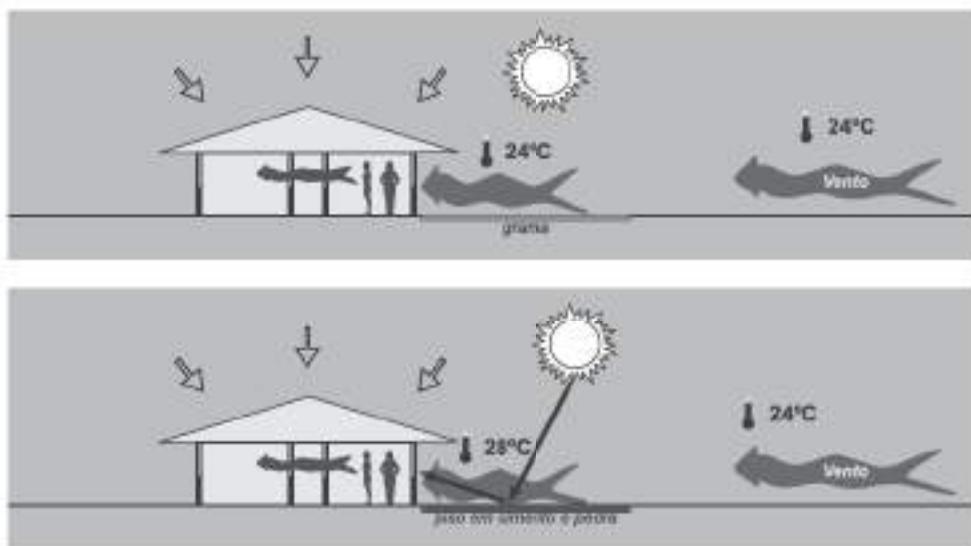


Figura 1.11 – Exemplos de transmissão de calor à edificação ocasionada pelo tipo de tratamento do entorno.

- O paisagismo é um recurso essencial do bioclimatismo, além de gerenciar os ventos indesejáveis pode administrar a insolação.
- Procure compreender e tirar melhor proveito do entorno próximo durante a definição dos ambientes internos. Por exemplo, identificando as fontes de ruídos do entorno define-se a melhor implantação de ambientes mais sensíveis ao som. Com o uso do diagrama solar é possível observar o entorno e tirar partido das orientações naturalmente sombreadas no projeto (fachadas em zonas de sombra externa provocadas pela presença de montanhas ou edificações de grande altura).

Etapa 3: A distribuição da volumetria em função do entorno

O estudo da volumetria de uma edificação, como foi visto no item sobre edificações climatizadas, é o instrumento maior para gerenciar o volume interno e, sobretudo, a área de superfície externa de troca térmica e lumínica com o exterior.

São resultados deste estudo, e implicam diferentes consequências em termos de eficiência energética, o tamanho e a orientação de cada fachada, o afastamento ou não da edificação do chão ou, ainda, a definição dos planos de telhado.

Aqui se definem os bons planos de captação solar para a colocação de superfícies envidraçadas⁹ em Municípios muito frios, por exemplo, ou para sistemas de aquecimento solar de água em todos os climas, ou, ainda, em climas quentes, a gerência do aproveitamento da iluminação natural com o sombreamento da radiação solar direta.

Uma vez determinada a função de cada fachada – captação de ventos para redução do calor interno, proteção da insolação, do ruído – fica fácil a escolha da melhor orientação para colocar janelas, protegidas ou não, a opção pelo material e cor do revestimento da mesma.

As esquadrias, por sua vez, devem atender ao princípio de deixar à disposição do usuário a escolha de posições diante das seguintes situações: ventilação natural com e sem luz, com e sem chuva, iluminação natural com ventilação reduzida para os momentos frios.

RECOMENDAÇÕES

- Procure manter uma ventilação mínima permeando a edificação. Isto significa fazer uso de pé-direito de altura variada e de forro ao longo da edificação, além de prever entradas e saídas nas fachadas externas.
- O detalhamento das esquadrias (forma e local) só poderá ser realizado após a compreensão do entorno e da atividade a ser exercida na edificação.

⁹ Sempre com a preocupação de não gerar sobreaquecimento no verão ou em horas indevidas.

Etapa 4: A Cobertura

A cobertura, sobretudo em edificações terreas, pode ser a responsável pela maior parte do sobreaquecimento. Em geral delegada a um segundo plano na hora do projeto, ocupa uma função importante tanto na obtenção do conforto ambiental interno quanto na possibilidade de aproveitamento para aquecimento solar por estar exposta à radiação solar o dia todo.

Em geral, a pior cobertura para todos os climas é aquela constituída de laje horizontal de concreto com betume (ou piche) por cima, sem forro.

Como não tem sombra nenhuma para protegê-la ao longo do dia, ela recebe e acumula calor o dia todo e em seguida irradia para fora e para dentro. A telha de fibrocimento não fica atrás, pois, sobretudo em função de sua cor e sua espessura, tampouco constitui uma proteção à radiação solar direta para a edificação.

O melhor telhado talvez seja o tradicional de várias águas, pois quando um lado está recebendo sol, outro não está, e o melhor material a telha de barro colonial, pois cada telha de cima (capa) faz sombra para a de baixo (calha) e de quebra deixa sair o ar quente de baixo, conforme ilustrado na Figura 1.12.

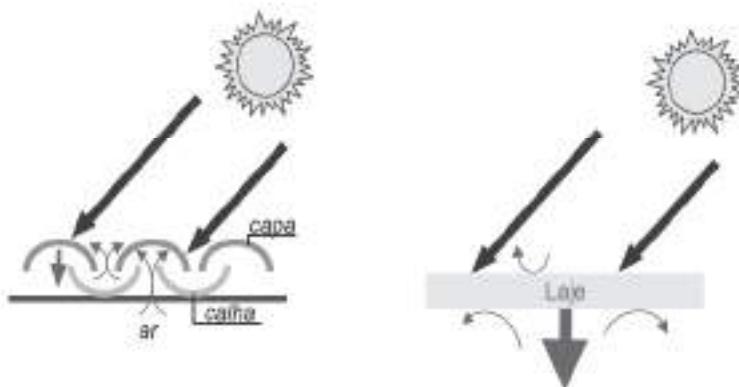


Figura 1.12 – Comparação entre a telha de barro colonial e a laje, quanto à radiação solar.

Nos climas quentes, a idéia do forro ventilado sempre oferece uma forma de arrefecimento deste calor vindo da cobertura.

RECOMENDAÇÕES

- O uso de telhas de vidro associado a uma abertura do forro pode propiciar um nível de iluminação em ambientes de passagem ou banheiros bastante interessante e, ao mesmo tempo, criar um ambiente confortável e eficiente do ponto de vista energético.
- Procure orientar a área de telhado para o norte, inclinada na latitude de seu Município, a fim de possibilitar a coleta da radiação solar para aquecimento de água. Não se esqueça de deixar sobre a cumeeira um espaço de altura suficiente para que o *boiler* seja alimentado por um termossifão. O sistema citado está representado na Figura 1.13.

CIRCULAÇÃO NATURAL POR TERMOSSIFÃO

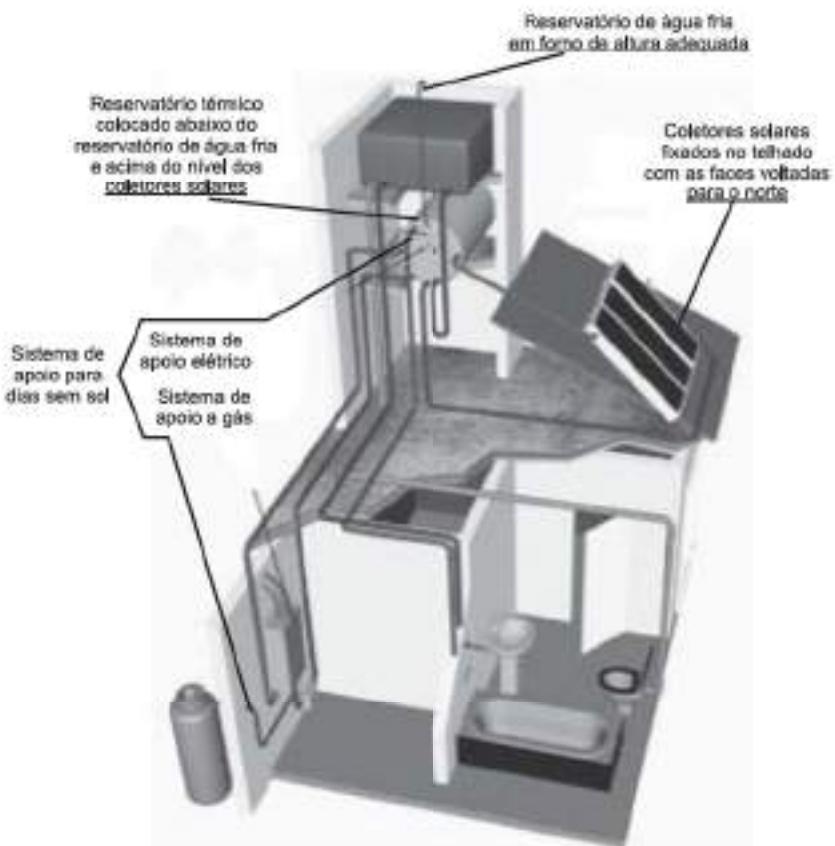


Figura 1.13 – Sistema de coletor solar para aquecimento de água utilizando o termossifão.

Etapa 5: A distribuição dos ambientes internos, a inclusão das necessidades visuais, acústicas e de segurança

Finalmente, a última etapa, porém não menos importante, diz respeito à organização e à disposição dos ambientes internos em função do diagnóstico externo do entorno climático e da ocupação descrito na Etapa 1.

Quais ambientes serão passíveis de ser colocados nas piores orientações? Como trata-los? Como permitir a distribuição de ventilação dentro da casa? São questões a serem verificadas à medida que o projeto se define.

Nesta etapa deve-se considerar toda a literatura exposta no manual sobre otimização da iluminação artificial, incluindo a localização e altura dos pontos de luz e lâmpadas, a utilidade da luminária, número de pontos, tipo de lâmpadas segundo o uso.

Recomendações

- Em climas quentes e úmidos, procure colocar as salas de aula e os consultórios voltados para a direção do vento (no máximo a 45° de sua direção principal) e para leste, o que garante um acesso justo e higiênico ao sol, evitando também o sobreaquecimento conforme a Figura 1.14.

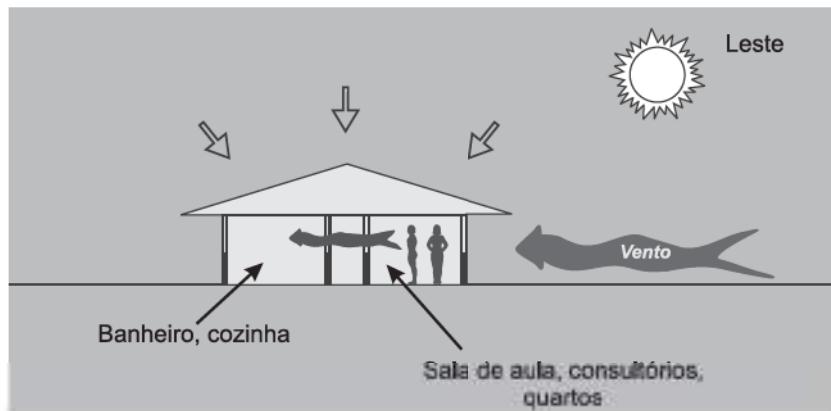


Figura 1.14 – Exemplo de distribuição dos ambientes internos, voltada para o Leste.

- Da mesma forma projete o local da caixa de areia e o recreio de crianças usando o diagrama solar, de forma a evitar sombras sobre os mesmos, sobretudo no inverno, conforme ilustrado na Figura 1.15.

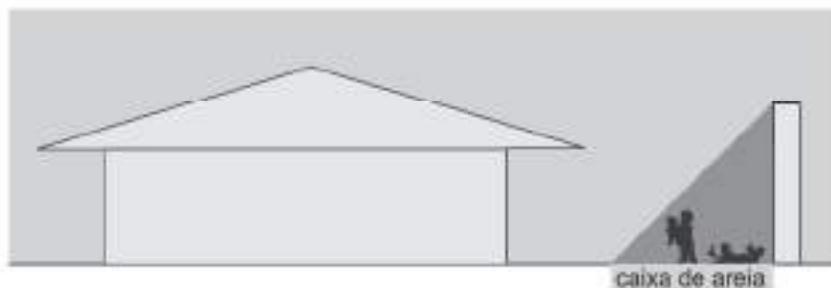


Figura 1.15 – Projeção de sombras em locais indevidos.

GERAÇÃO DE ENERGIA



A geração de energia é tema que extrapola os limites de abordagem da eficiência energética em prédios públicos. Nos sistemas de energia elétrica comumente encontrados no país, a fase da geração de energia está quase sempre associada a usinas hidrelétricas. Contudo, a escala na qual se desenvolvem as análises do presente Manual permite que este tema venha ser tratado sob dois enfoques específicos, quais sejam:

- Co-geração.
- Geração distribuída.

2.1 CO-GERAÇÃO

Pode-se definir co-geração como sendo a geração simultânea e de forma sequenciada de energia mecânica e térmica a partir de uma única fonte obtida pela queima de um combustível ou mistura de combustíveis.

Até meados do século XX a co-geração chegou a ser muito usada nas indústrias, perdendo depois a competitividade para a eletricidade produzida pelas concessionárias nas grandes centrais geradoras com ganhos de escala. Assim, a co-geração ficou limitada a sistemas isolados (plataformas submarinas) e indústrias com lixos combustíveis (canavieira e de papel e celulose, por exemplo).

Nos últimos 15 anos, porém, um novo modelo do setor elétrico voltou a estimular a produção elétrica local que fosse mais eficiente e de baixo custo, levando ao aperfeiçoamento da tecnologia da co-geração, inclusive para pequeno porte.

A necessidade de reduzir emissões de CO₂ também incentivou a adoção deste processo eficiente. Hoje, na Holanda e Finlândia, a co-geração já representa mais de 40% da potência instalada.

2.1.1. TEORIA BÁSICA

Por mais eficiente que seja um gerador termelétrico, a maior parte da energia contida no combustível usado para seu acionamento é transformada em calor e perdida para o meio ambiente.

Trata-se de uma limitação física que independe do tipo de combustível (diesel, gás natural, carvão etc.) ou do motor (a explosão, turbina, a gás ou a vapor etc.). Por esta razão, no máximo 40% da energia do combustível do diesel usado em um gerador podem ser transformados em energia elétrica.

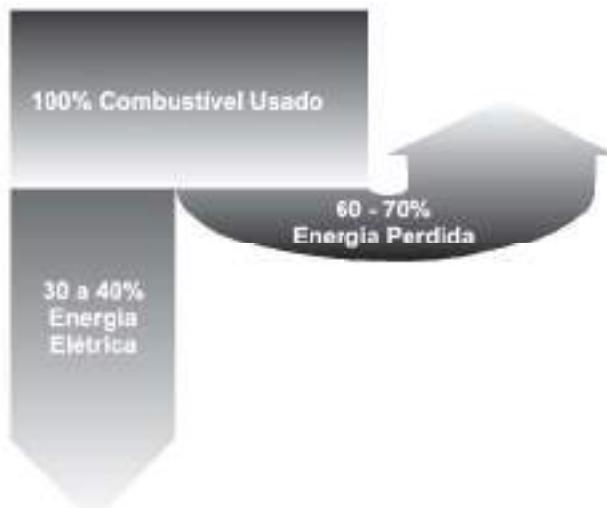


Figura 2.1 – Eficiência do combustível na geração de energia.

Como muitas indústrias e prédios comerciais necessitam de calor (vapor ou água quente), foi desenvolvida uma tecnologia denominada co-geração na qual o calor produzido na geração elétrica é usado no processo produtivo sob a forma de vapor.

A vantagem desta solução é que o consumidor economiza o combustível que necessitaria para produzir o calor do processo. A eficiência energética é, desta forma, bem mais elevada por tornar útil até 85% da energia do combustível.



Figura 2.2 – Aproveitamento do combustível na co-geração.

O inconveniente da co-geração é que o calor só pode ser usado perto do equipamento, o que limita estas instalações a unidades relativamente pequenas se comparadas com os geradores das concessionárias.

2.1.2. TIPOS DE CO-GERAÇÃO

Os tipos de co-geração aplicados são conhecidos como:

- *Topping Cycle.*
 - *Bottoming Cycle.*
 - Ciclo Combinado.

No tipo *Topping Cycle* o energético é utilizado direto para produção de energia mecânica em turbinas ou motores.

No tipo *Bottoming Cycle* o energético utilizado produz primeiro vapor para que este produza energia mecânica em turbinas ou motores.

Ciclo Combinado é o ciclo termodinâmico formado pelo acoplamento de um ciclo de turbina a gás e um ciclo de turbina a vapor convencionais. Isto é possível devido às distintas faixas de temperatura em que os dois ciclos operam.

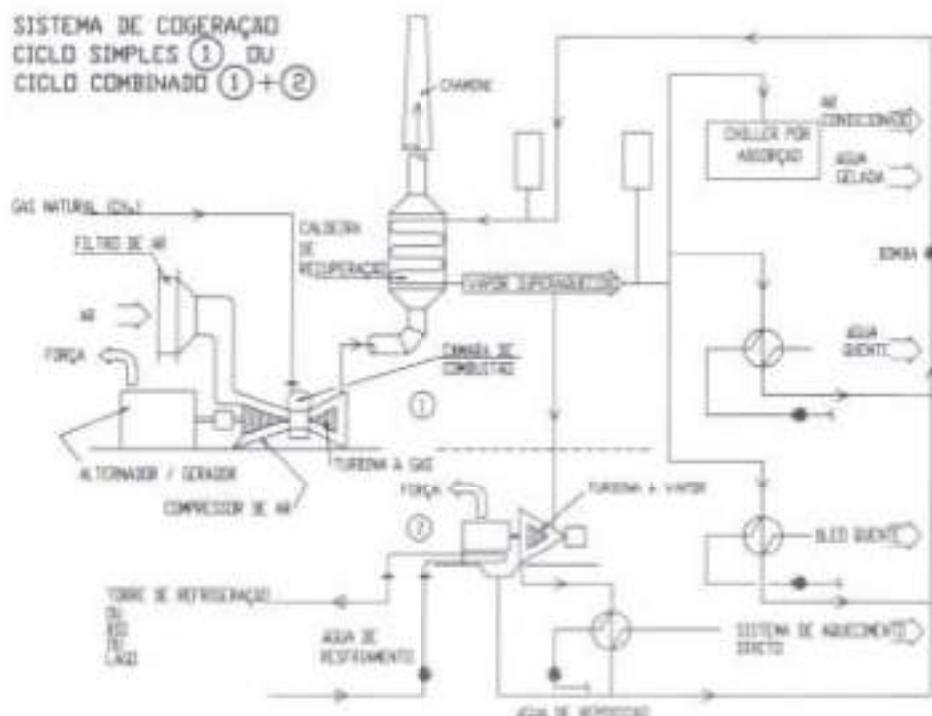


Figura 2.3 – Co-geração por ciclo combinado

2.1.3. UTILIZAÇÃO

Na maioria das instalações a energia mecânica derivada de turbinas a vapor, turbinas a gás ou motores alternativos de combustão interna é utilizada para acionar geradores elétricos. Em determinadas instalações é comum o acionamento de grandes compressores de processo e outros equipamentos.

No setor industrial os sistemas de co-geração mais antigos geram energia elétrica ou mecânica com turbinas a vapor, utilizando o vapor de escape (contrapressão) em processos industriais e sistemas de aquecimento. O vapor é gerado em caldeiras projetadas para o combustível disponível. Atualmente, com a disponibilidade de gás natural, as turbinas a gás e motores alternativos de combustão interna cobrem grande parte das aplicações em sistemas de co-geração. A energia residual contida nos gases de escape dessas máquinas é transformada em vapor em caldeiras de recuperação de calor, podendo também ser utilizada diretamente em processos de secagem e aquecimento. A queima suplementar, com queimadores de dutos aproveitando o oxigênio dos gases de escape, permite o aumento da geração de vapor, adequando-se a um maior número de processos.

Conferindo maior abrangência à aplicação da co-geração, destaca-se a geração de água gelada obtida através da solução de brometo de litio por sistemas de refrigeração por absorção, que podem ter vapor, água quente ou queima direta de GLP como fluido motriz.

2.1.4. VIABILIDADE ECONÔMICA E BENEFÍCIOS

Em princípio, a viabilidade econômica de um projeto de co-geração depende, em adição às características da própria unidade, da tarifa de energia elétrica e do custo do gás natural (GN) para o consumidor. Especificamente, a viabilidade de cada instalação é determinada no projeto conceitual onde se realizam estudos de fluxo de caixa considerando os fatores.

O Governo Federal tem atuado no sentido de incrementar a participação do GN na matriz energética brasileira (gestão 1999-2002). O gasoduto Brasil-Bolívia (ano 2000) já é uma realidade. Como o gás natural é um combustível de alta qualidade e, portanto, deve ser usado em aplicações com o máximo aproveitamento, o seu uso em co-geração tem sido amplamente abordado e receberá incentivos do Governo e das distribuidoras.

Os benefícios da co-geração são alcançados quando se computam a redução dos custos operacionais, o ganho em confiabilidade e o aumento da oferta de energia elétrica na rede. A energia pode ser gerada e consumida em local e hora diferentes, proporcionando benefícios diretos a empresas localizadas próximas a diversos pontos da rede de distribuição.

2.2. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Geração Distribuída (GD) é o termo que se usa para a geração elétrica junto ou próxima do(s) consumidor(es), com potências normalmente iguais ou inferiores a 30MW. O conceito envolve, ainda, equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas (ligamento/desligamento) para que estas se adaptem a oferta de energia.

A Geração Distribuída inclui:

- co-geradores;
- geradores de emergência;
- geradores para operação no horário de ponta;
- painéis fotovoltaicos;
- pequenas centrais hidrelétricas - PCH's.

A Geração Distribuída tem vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.

A geração elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente.

A partir da década de 1940, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela GD e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou.

As crises do petróleo introduziram fatores perturbadores que mudaram irreversivelmente este panorama, revelando a importância, por exemplo, da economia de escopo obtida na geração. A partir da década de 1990, a reforma do setor elétrico brasileiro permitiu a competição no serviço de energia, criando a concorrência e estimulando todos os potenciais elétricos com custos competitivos.

Com o fim do monopólio da geração elétrica, em meados dos anos de 1980, o desenvolvimento de tecnologias voltou a ser incentivado com visíveis resultados na redução de custos.

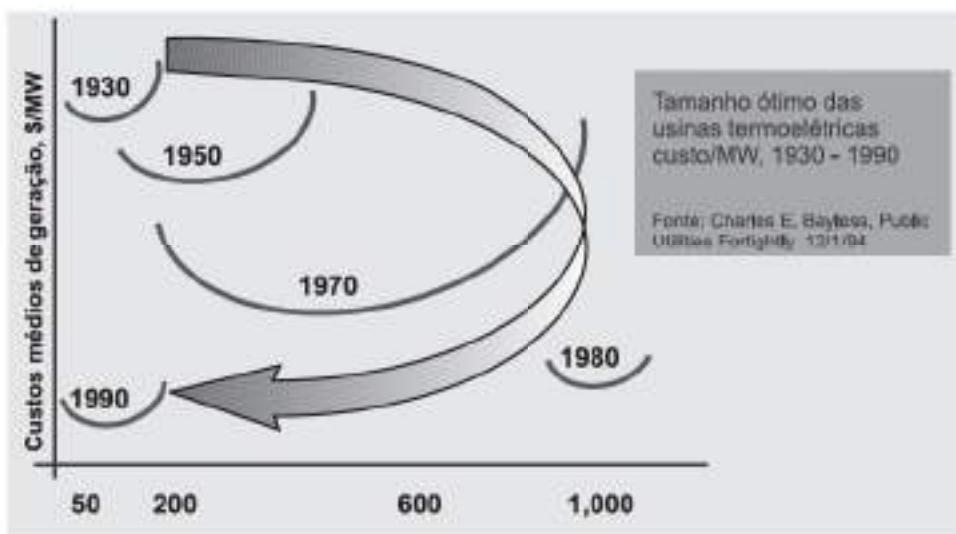


Figura 2.4 – Tamanho e custo médio de geração das termelétricas

O crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável e alguns autores fazem uma analogia com o crescimento do microcomputador em relação aos grandes computadores centrais ("main frames").

Com a GD torna-se possível obter maior eficiência energética. Há uma tendência em se trabalhar para derrubar eventuais imperfeições do mercado que dificultam o desenvolvimento desta forma de geração elétrica.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA



3.1 TRANSFORMADORES

O transformador é um equipamento que transfere energia elétrica do seu circuito primário para o secundário mantendo a mesma frequência e normalmente variando os valores de corrente e de tensão. Nesta transferência ocorrem perdas que são decorrentes da construção do transformador (Figura 3.1) e da forma e regime de operação.



Figura 3.1 -Transformador

Um transformador possui dois enrolamentos com as seguintes atribuições: o enrolamento do primário recebe a energia fornecida pela rede e o enrolamento do secundário, que repassa esta energia para o sistema de distribuição subtraindo as perdas. A Figura 3.2 a seguir apresenta um circuito magnético com esta representação.

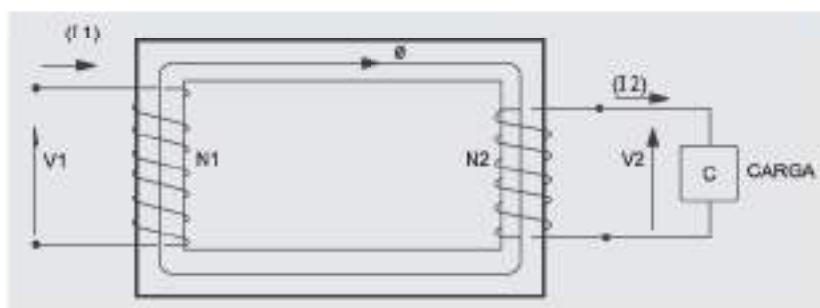


Figura 3.2 - Representação de circuito magnético simples de um transformador.

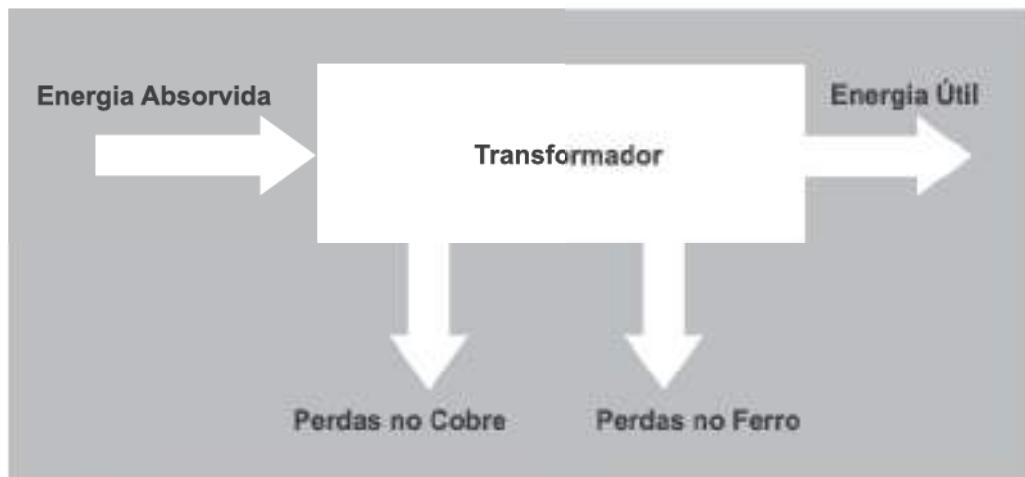


Figura 3.3 – Diagrama de energia e perdas em um transformador.

Os transformadores possuem uma placa de identificação contendo suas características e os principais valores nominais. A Figura 3.4 a seguir apresenta um exemplo de placa.



Figura 3.4 - Dados de placa de transformador.

3.1.1. TIPOS DE PERDAS ASSOCIADOS AOS TRANSFORMADORES

Os três tipos de perdas associados aos transformadores são:

- Perdas no ferro.
- Perdas no cobre.
- Perdas em transformadores ligados em paralelo.

PERDAS NO FERRO

As perdas relacionadas à construção dos transformadores são conhecidas como perdas no ferro. Elas são estabelecidas pelo fluxo magnético no circuito do transformador.

As perdas no ferro (perdas no núcleo) independem da carga que está sendo demandada ao transformador e ocorrem sempre que o equipamento é ligado. São perdas no circuito magnético do equipamento. Estas perdas são constantes e cada transformador tem a sua em função das características construtivas do equipamento.

Nos dados de placa está indicado o valor percentual da impedância do transformador que representa a perda total relativa à sua potência nominal em kVA (ver tabela 3.1).

O desligamento do transformador nos períodos em que ele não esteja sendo solicitado seria uma forma de eliminar estas perdas, já que elas estão presentes a partir do momento em que ele é ligado. Em muitos casos, é possível tomar esta providência. Caso a unidade consumidora possua mais de um transformador em suas instalações, pode-se concentrar as cargas de iluminação e outras que necessitam permanecer ligadas no período da noite e com isso desligar um transformador neste período.

Como forma de avaliar o potencial de economia de energia com a eliminação desta perda, torna-se necessário que se verifique o valor da potência nominal dos transformadores existentes na instalação. Esta informação está contida na placa do equipamento. A Tabela 3.1 a seguir apresenta os valores referenciais de perdas no ferro para diferentes potências de transformador.

Potência (kVA)	Perdas no ferro (kW)	Perdas totais (kW)
15	0,12	0,46
30	0,20	0,77
45	0,26	1,04
75	0,39	1,53
112,5	0,52	2,07
150	0,64	2,55
225	0,90	3,60
300	1,12	4,48
500	1,35	6,70
750	1,50	13,5
1.000	1,90	16,5

Tabela 3.1 – Perdas em transformadores.

Uma vez que a instalação possua dois transformadores, podendo concentrar as cargas que necessitam ficar ligadas à noite em apenas um deles, ou a instalação não possua nenhuma carga que opere à noite, é possível programar o desligamento do transformador neste período. E caso a instalação funcione apenas nos dias de semana, esta medida pode ser estendida nos fins de semana.

As perdas no ferro são provocadas por:

- Correntes parasitas conhecidas como correntes de Foucault: uma massa metálica, quando submetida a uma variação de fluxo magnético gera uma força eletromotriz (E) que resulta em correntes elétricas no seu interior provocando perdas de potência. Estas perdas são transformadas em calor gerado no interior do núcleo de ferro do transformador.

RECOMENDAÇÃO

Para se diminuir estas perdas com a corrente de Foucault, utilizam-se núcleos laminados formados por chapas de ferro-silício de pequena espessura separadas com uma fina camada de material isolante.

- Perdas por histerese magnética: os materiais ferromagnéticos possuem uma estrutura molecular que se parece com minúsculos imãs que têm um polo norte N e um polo sul S. Ao submeter estes materiais a um campo magnético, os minúsculos imãs procuram alinhar-se com o campo magnético resultando num campo magnético maior que o produzido pela bobina. A Figura 3.5 a seguir apresenta este fenômeno.

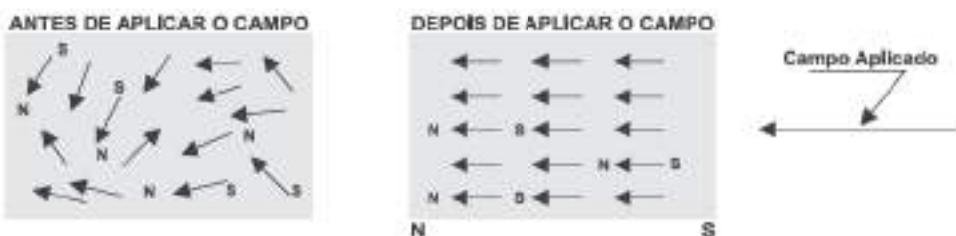


Figura 3.5 - Fenômeno da Histerese

Os materiais ferromagnéticos são passíveis de magnetização em função do realinhamento dos imãs moleculares após a aplicação de um campo magnético (como o gerado por um indutor ou o primário do transformador). Este processo consome energia, e, ao se aplicar um campo variável, o material tenta acompanhá-lo, sofrendo sucessivas imantações num sentido e no outro causando o aquecimento. Este fenômeno é conhecido por histerese.

Exemplo 3.1

A instalação (A) possui dois transformadores de 300 kVA cada que permanecem ligados durante 24 horas por dia. Durante um levantamento realizado, verificou-se que as cargas que necessitam de um funcionamento contínuo, inclusive nos fins de semana, estão ligadas no transformador 1, estando o transformador 2 operando com cargas que funcionam apenas durante os dias úteis no período compreendido de 7:00h às 19:00h. Desta forma, é possível desligá-lo durante 12 h/dia nos dias de semana e por 24 h/dia nos fins de semana.

Portanto, o número total de horas que o transformador 2 poderá ser desligado durante o mês será:

$$\rightarrow 12 \text{ horas} \times 22 \text{ dias úteis} + 24 \text{ horas} \times 8 \text{ dias de semana} = 456 \text{ horas}$$

Verificando-se na tabela 3.1, percebe-se que as perdas no ferro para um transformador de 300 kVA de potência são de 1,12 kW.

Assim sendo, a economia de energia obtida pelo desligamento do transformador 2 será de:

$$\rightarrow 1,12 \text{ kW} \times 456 \text{ h} = 510,7 \text{ kWh/mês}$$

PERDAS NO COBRE

As perdas referentes ao regime de operação dos transformadores são as perdas no cobre. Essas perdas são correspondentes à dissipação de energia por efeito Joule, que é estabelecida pelas correntes elétricas que circulam nos enrolamentos do transformador (primário e secundário) e dependem da solicitação de carga elétrica que está sendo demandada ao transformador. As perdas no cobre são proporcionais ao quadrado das correntes elétricas que circulam pelos enrolamentos.

$$P = R \times I^2$$

onde:

P = potência (W);

R = resistência elétrica dos enrolamentos;

I = corrente circulante.

RECOMENDAÇÕES

- Para se reduzir as perdas no cobre produzidas por um transformador deve-se procurar diminuir o consumo de energia causado pelo efeito Joule. Transformadores operando com sobrecargas estarão com perdas elevadas, uma vez que estas perdas são proporcionais ao quadrado das correntes elétricas que circulam no transformador. O carregamento ideal para um transformador está na faixa de 30 a 70% de sua capacidade nominal. Desta forma, existe mais de um transformador se em uma instalação, deve-se dividir as cargas instaladas de forma uniforme entre eles, a fim de se estabelecer níveis de carregamento adequados para ambos. Da mesma forma, se uma instalação está operando com um transformador com carregamento acima de sua capacidade nominal ou perto dela é aconselhável a substituição por um de maior capacidade.
- Outra ação para se reduzir as perdas nos enrolamentos de um transformador é através do aumento do fator de potência do conjunto de cargas que o mesmo alimenta. A elevação do fator de potência reduz a componente indutiva da corrente, reduzindo o valor da corrente da carga.

A redução das perdas no núcleo do transformador através do aumento do fator de potência pode ser obtida através da expressão:

$$E(\%) = 1 - \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right)^2 \times 100$$

onde $\cos \varphi_1$ é o fator de potência antes da correção e $\cos \varphi_2$ é o fator de potência depois da correção.

Exemplo 3.2

É apresentada a situação da mesma empresa (A), que possui dois transformadores 1 e 2, ambos de 300kVA. O transformador 1 está com um carregamento de 90% de sua capacidade nominal, enquanto que o transformador 2 está com 50% de sua capacidade nominal.

Desta forma, uma medida para diminuir as perdas no cobre do transformador 1 é através do remanejamento de parte destas cargas para o transformador 2. Lembrando que o transformador 2 é desligado durante a noite nos dias úteis e nos fins de semana, as cargas a serem remanejadas para ele devem as que não ficam ligadas nestes períodos.

A economia de energia obtida pela aplicação desta medida será calculada da seguinte forma:

Transformador 1 :

Potência Nominal:	300kVA
Tensão no secundário:	220V
Perdas no ferro:	1,12kW
Perdas totais:	4,48kW
Perdas no cobre:	3,36kW

Cálculo da corrente nominal do transformador 1:

$$I_n = \frac{P_n \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$$

Onde,

V - tensão no secundário: 220 V

Pn - potência nominal: 300 kVA

$$\text{Desta forma tem-se: } I_n = \frac{300 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 787,3 \text{ A}$$

Em seguida efetua-se medição com um alicate amperímetro para verificar a corrente no secundário do transformador na atual situação em que ele se encontra: foram feitas várias medições ao longo do dia para obter uma corrente média 1.

Através da medição realizada chegou-se a corrente medida média de: $I_m1 = 710\text{A}$

Após realizar o remanejamento de algumas cargas para o transformador 2, o carregamento do transformador 1 baixou para 70% de sua capacidade nominal.

Realizando novas medições no secundário do transformador 1, obtém-se a nova corrente média medida que será chamada de I_m2 .

Através da medição realizada chegou-se a corrente medida média de: $I_m2 = 550\text{A}$

A redução das perdas (R) obtidas no transformador é dada pela seguinte expressão:

$$R = P_c \times \left(\frac{I_{m1}^2 - I_{m2}^2}{I_n^2} \right)$$

Onde,

I_{m1} = corrente média medida no secundário do transformador antes do remanejamento de cargas

I_{m2} = corrente média medida no secundário do transformador após o remanejamento de cargas

I_n = corrente nominal do transformador

P_c = perdas no cobre

$$R = 3,36 \times \frac{(710^2 - 550^2)}{787,3^2} = 1,09 \text{ kW}$$

A energia economizada no transformador 1 será:

$$E = 1,09 \text{ kW} \times 730 \text{ h} = 795,7 \text{ kWh/mes}$$

Onde,

730 é o número médio de horas em que este transformador permanece ligado durante o mês.

Com a implantação desta medida, foi obtida uma redução das perdas no cobre do transformador 1, reduzindo o seu consumo de energia em 795,7kWh/mês.

Porém para se quantificar a real economia de energia obtida com esta medida, deve-se calcular o valor das perdas no transformador 2 que recebeu as cargas remanejadas, a fim de avaliar o valor real da economia.

Transformador 2 :

Potência nominal: 300kVA

Tensão no secundário: 220V

Perdas no ferro: 1,12kW

Perdas totais: 4,48kW

Perdas no cobre: 3,36kW

Cálculo da corrente nominal do transformador 2:

$$I_n = \frac{P_n \times 1000}{\sqrt{3} \times V} \quad \text{onde,}$$

V - tensão no secundário = 220V

Pn = potência nominal = 300kVA

$$\text{Desta forma tem-se: } I_n = \frac{300 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 787,3 \text{ A}$$

Em seguida, efetuou-se medição com um alicate amperímetro da corrente no secundário do transformador na situação atual da mesma forma que foi feita no transformador anterior.

Através da medição realizada chegou-se à corrente medida média de: Im1 = 394A.

Após este transformador receber parte das cargas remanejadas, o carregamento do transformador 2 aumentou para 70% de sua capacidade nominal.

Através de nova medição realizada no transformador 2 chegou-se à corrente medida média de: $I_{m2} = 580 \text{ A}$

Agora, calculando a redução das perdas obtidas:

$$R = 3,36 \times \frac{(394^2 - 580^2)}{787,3^2} = -0,98 \text{ kW}$$

A energia economizada no transformador 2 será:

$$E = -0,98 \text{ kW} \times 264 \text{ h} = -258,72 \text{ kWh/mês}$$

* O valor negativo indica que houve um aumento nas perdas do transformador 2.

Onde,

264 é o número médio de horas em que este transformador permanece ligado no mês. Lembre-se que ele é desligado nos períodos da noite e nos fins de semana.

Agora é possível estabelecer a real economia de energia obtida com a aplicação desta medida, pois se deve abater da redução de consumo obtida no transformador 1 o acréscimo de consumo ocorrido no transformador 2.

Assim, a real economia de energia foi de:

$$795,7 - 258,72 = 536,98 \text{ kWh/mês}$$

PERDAS EM TRANSFORMADORES LIGADOS EM PARALELO

Em uma instalação com transformadores operando em paralelo pode ocorrer outro tipo de perda que é ocasionada pela diferença de transformação dos equipamentos. Neste tipo de ligação, quando a diferença na relação de transformação dos equipamentos for significativa, ocorre uma circulação de corrente entre os transformadores causando perdas.

A utilização de transformadores ligados em paralelo é uma medida muito adotada em instalações. Os transformadores são ligados por um barramento no secundário. A fim de se evitar o surgimento de perdas por circulação de corrente entre os transformadores, deve-se tomar as precauções a seguir:

RECOMENDAÇÕES

- Utilizar transformadores com potências próximas, preferencialmente iguais para melhor aproveitamento das mesmas.
- Utilizar transformadores com impedâncias internas iguais ou próximas.
- Ajustar no mesmo valor a relação de transformação dos transformadores.

3.1.2. LOCALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

As correntes elevadas possuem um transporte muito oneroso, quer seja pela necessidade da utilização de condutores com seções maiores, quer seja pelas perdas por efeito Joule. Desta forma, é recomendável a instalação dos transformadores próximos aos centros de carga das instalações. Esta medida visa proporcionar uma redução no custo dos condutores e a redução das perdas de energia pela dissipação de calor nos mesmos.

A Tabela 3.2 mostra a capacidade de condução de corrente dos condutores mais comumente utilizados e uma indicação do comprimento máximo de um circuito de distribuição de energia para evitar quedas de tensão superiores a 5%.

Distâncias em metros para 220 V, sistema trifásico cos $\phi = 0,8$

I	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	160	180	200		
1,0	74	38																											
1,5	116	55	37																										
2,0	182	92	61	46																									
4	293	147	98	78	59																								
6	431	216	144	106	86	72	63																						
10	733	367	248	183	147	122	106	92	81	70																			
16	1.122	561	376	281	224	187	166	140	122	112	102	94	86																
25	1.718	888	573	430	344	296	246	215	194	172	158	143	132	123	115	107	101	95											
36	2.282	1.146	764	573	458	392	327	296	255	229	208	191	178	164	153	143	135	127	121	116									
50	3.814	1.567	1.000	763	688	592	431	377	335	301	274	251	238	216	201	188	177	167	158	151	128								
70	4.298	2.027	1.368	1.013	818	679	582	506	453	407	379	348	313	281	277	255	240	226	214	204	170	146	127						
95	6.220	2.819	1.928	1.310	1.248	873	748	688	602	524	476	437	403	374	340	307	284	258	236	213	187	164	148	131					
120	8.286	3.543	2.086	1.371	1.297	1.048	956	788	699	625	571	524	486	448	416	382	370	348	321	314	282	224	196	175	157				

Para 127 V, dividir por 1,732

Para 380 V, multiplicar por 1,727

Para 440 V, multiplicar por 1,7

Para 480 V, multiplicar por 2,193

I = Corrente no circuito (A)

d = Básica do condutor (mm²)

Tabela 3.2 – Distâncias máximas para queda de tensão de 5% em metros.

3.1.3. ÓLEOS ISOLANTES

A maioria dos transformadores possui um líquido isolante destinados à refrigeração. Este líquido é caracterizado pela elevada rigidez dielétrica. Os líquidos mais atualmente utilizados nos transformadores são os óleos mineral e os de silicone.

A realização de um tratamento no óleo do transformador torna-se necessária quando o seu poder dielettrico ou o índice de acidez, atingirem seus valores limite (rigidez dielettrica abaixo de 30kV, ou índice de acidez acima de 0,5).

A realização periódica desta verificação, com a realização do tratamento adequado do óleo isolante antes de atingir os índices críticos de rigidez dielétrica e acidez apresenta as seguintes vantagens:

- Evita a ocorrência e o acúmulo de lama dentro do equipamento, sendo benéfica para a boa realização das trocas térmicas diminuindo a temperatura de operação do transformador.
- Diminui a degradação do óleo eliminando a presença de produtos que causem a oxidação do equipamento e a redução da rigidez dielétrica do óleo.
- Aumenta a vida útil do equipamento, pois o bom estado do óleo isolante é primordial para a preservação da vida útil do transformador.

O Quadro 3.1 a seguir apresenta uma sugestão de rotina de controle do óleo isolante dos transformadores:

ROTINA DE CONTROLE DO ÓLEO DOS TRANSFORMADORES		
Antes da colocação sob Carga	Cada 3 meses de utilização	Cada 2 anos de utilização
Tensão de Ruptura	X	
Teor de Água	X	
Resistividade	X	
Fator de Dissipação		X
Índice de Neutralização		X
Ponto de Fulgor		X
Tensão Interfacial		X

Quadro 3.1 - Sugestão de rotina de controle de óleos isolantes.

3.1.4. TRANSFORMADOR COM NÚCLEO DE MATERIAL AMORFO

Segundo dados do PROCEL cerca de 15% da energia produzida no país são perdidos da geração até o consumidor final. A transmissão é responsável por 30% desse total e a distribuição pelos 70% restantes, dos quais os núcleos dos transformadores caracterizam 2% desse valor. Frente à necessidade de conservar energia e preservar o meio ambiente, transformadores com núcleo de material amorfo vêm substituindo os transformadores tradicionais, pois se caracterizam por apresentar menores perdas que os atuais.

O material amorfó utilizado na fabricação do núcleo dos transformadores é obtido pela combinação de Fe (ferro), B (boro) e Si (silício), submetidos a um processo de fundição em que a liga formada é resfriada rapidamente. Os aspectos que caracterizam as baixas perdas magnéticas apresentadas pelo material amorfó à frequência industrial (50/60Hz), são as seguintes:

- homogeneidade microestrutural, o que reduz as perdas por histerese;
- composição química, por apresentar aumento da resistividade em função do alto teor de metalóides e da desordem estrutural;
- o fato de ser produzido em espessuras muito reduzidas, cerca de 1/10 da espessura das chapas de silício empregadas nos transformadores atuais.

A Tabela 3.3 a seguir apresenta uma comparação entre transformadores monofásicos de 15kVA com núcleo de material amorfó e outros com núcleo de ferro-silício de mesmos valores nominais.

Perdas	Transformador de Núcleo Amorfó	Transformador de Ferro-silício
Perdas no cobre	286,5 W	266W
Perdas no ferro	14,7W	84W
Perda total	301,2W	350W

Tabela 3.3 – Comparação entre perdas de um transformador com núcleo amorfó e ferro-silício.

Os valores apresentados mostram que o desempenho destes tipos de transformadores é superior aos transformadores convencionais no que diz respeito à potência de excitação e às perdas em vazio.

A substituição de transformadores com núcleos de materiais ferromagnéticos pode significar um potencial considerável de conservação de energia. É claro que aspectos econômicos devem ser levados em consideração antes de qualquer tentativa de substituição desses equipamentos.

A fim de reduzir as perdas associadas aos transformadores, é necessário estar atento para as seguintes recomendações:

- Anotar os dados de placa dos transformadores existentes na instalação e criar uma planilha contendo a relação das cargas existentes, visando concentrar as cargas de tal forma que os transformadores selecionados tenham rendimento em cerca de 85% da sua capacidade nominal.
- Nos casos de existência de mais de um transformador, criar uma planilha que contenha a relação das cargas que estão ligadas nos transformadores separadamente. Esta medida irá possibilitar uma análise de remanejamento de cargas entre eles.
- Efetuar medição de corrente nas fases do transformador para verificação do carregamento

com que ele está trabalhando. O equilíbrio no carregamento das fases do transformador reduz a corrente que flui pelo neutro, o que representa redução das perdas.

- Caso seja possível, efetuar o monitoramento da instalação com a utilização de um analisador de energia por um período de 24 horas a fim de verificar as variações dos parâmetros elétricos tais como: tensão (V), corrente (A), potência (kW) e fator de potência, destes equipamentos para possibilitar avaliações de desempenho e possibilidades de redução de custos e melhorias no funcionamento do equipamento.
- Realizar uma avaliação periódica das condições do óleo isolante do transformador, com o objetivo de evitar desgastes e preservar a vida útil do equipamento, evitando gastos futuros com reparação ou substituição do mesmo.
- Avaliar os valores do fator de potência em cada transformador e efetuar a correção dos mesmos quando necessário. Esta medida estará aliviando o carregamento do transformador, além de diminuir as perdas.

3.2. EFEITO JOULE

O efeito Joule é um fenômeno que ocorre em razão do aquecimento causado em um condutor durante a passagem de uma corrente elétrica. O surgimento deste efeito se dá no momento em que os elétrons livres se chocam contra os íons que compõem a estrutura dos metais do condutor, aumentando a temperatura do mesmo.

3.2.1. TIPOS DE PERDAS ASSOCIADOS AO EFEITO JOULE

As perdas associadas ao efeito Joule são:

- Perdas ôhmicas inerentes
- Perdas ôhmicas em conexões

PERDAS ÔHMICAS INERENTES

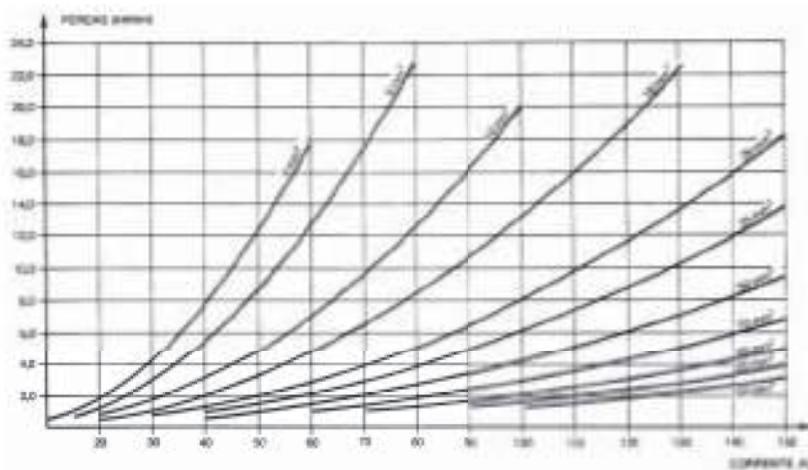
São as perdas de potência elétrica na forma de calor devido à resistência elétrica inerente de todos os componentes e ocorre, em maior ou menor grau, sendo tanto maior quanto mais elevada for a corrente solicitada pelas cargas. São geralmente desprezíveis em componentes como chaves, disjuntores e fusíveis, quando corretamente dimensionados. Passam a ser significativas quando seu estado de conservação é precário. Em condutores estas perdas são sempre mais importantes.

PERDAS OHMÍCAS EM CONEXÕES

Assim como nas perdas ohmicas inerentes, as perdas ohmicas em conexões são perdas na forma de calor, mas, desta vez, devidas à resistência elétrica no contato entre as partes energizadas. Neste caso, não apenas fatores como aperto precário, oxidação, impurezas etc. são causadores, mas também o efeito do chamado ciclo térmico sobre a conexão. Este efeito consiste em pequenas movimentações relativas entre as partes conectadas provocadas pela dilatação e contração do material, em função da maior ou menor temperatura, de acordo com a variação da carga. Este deslocamento micrométrico dos pontos de contato os expõe à oxidação. Quando volta a posição inicial, o filme de óxido aumenta a resistência de contato, as perdas e o aquecimento e daí decorrem maiores dilatações, e assim sucessivamente, num processo interativo e crescente, resultando nos chamados "pontos quentes", que podem ser observados quando, não obstante determinada conexão estar firme e bem dimensionada, apresentam superaquecimento e sinais de deterioração do isolamento da ponta do cabo ou da proteção do conector.

RECOMENDAÇÕES

Para se reduzir as perdas provocadas pelo efeito Joule é necessário reduzir a corrente nos condutores e uma medida passível de ser utilizada é a elevação do nível de tensão, pois a corrente e a tensão são inversamente proporcionais. Desta forma, quanto maior for a tensão menor será a corrente que irá circular nos condutores. Os gráficos da Figura 3.6 a seguir representam a variação das perdas nos condutores em função da corrente:



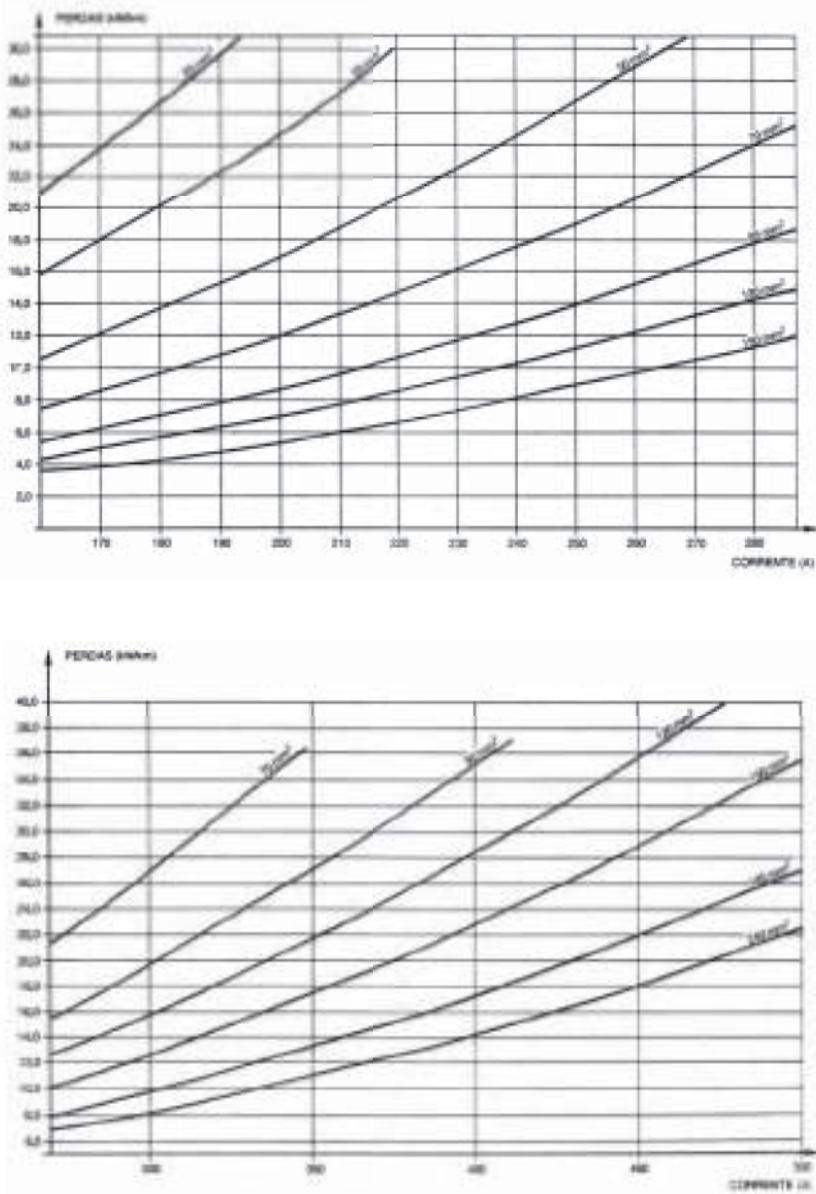


Figura 3.6 – Graficos com as perdas em condutores por efeito Joule (kW/km).

A potência é transmitida em alta tensão para diminuir as perdas provocadas pelo efeito Joule que ocorrem nos condutores usados para transportar a corrente elétrica a longas distâncias. Esta perda é calculada pela expressão $p = r \times i^2$ e para reduzi-la existem duas possibilidades. Uma diminuindo-se o valor de r , o que só é conseguido através do aumento da área de seção dos condutores, isto é utilizando-se condutores mais grossos. Entretanto, para a adoção deste procedimento existem limites, pois cabos muito grossos, além de possuírem um custo

mais elevado, implicariam o aumento de peso da rede de transmissão. Assim sendo, escolhe-se por reduzir o valor da corrente i , através da elevação da tensão. Graças aos transformadores de potência, este procedimento pode ser utilizado elevando-se a tensão para diminuir a corrente nas linhas de transmissão, abaixando-se novamente através de transformadores para as tensões utilizadas nas redes de distribuição e nas unidades consumidoras.

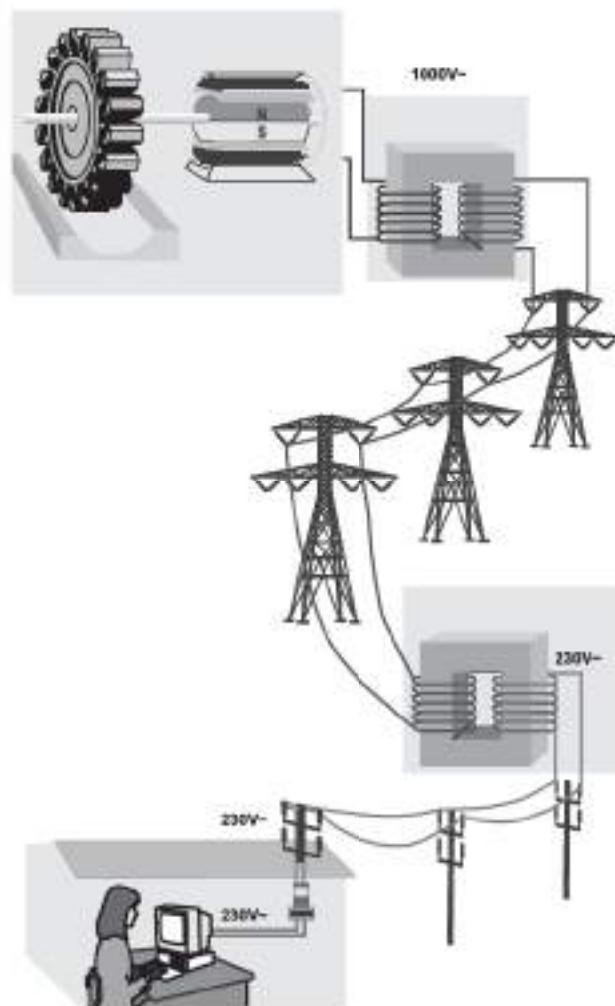


Figura 3.7 - Demonstrativo de geração e distribuição de energia (www.saladefisica.cjb.net).

Por analogia, nas instalações de unidades consumidoras que possuem seu fornecimento de energia realizado em alta tensão e mais de um transformador, é possível elevar-se o nível de tensão para determinado grupo de cargas que possam operar em tensões mais elevadas.

Exemplo 3.3

Uma unidade consumidora que possua seu fornecimento de energia realizado em alta tensão (13,8 kV), operando com tensão secundária de 220 V fase-fase e 127 V fase-neutro. Caso em sua carga instalada existam equipamentos que possam operar com tensões mais elevadas como 380 V e 440 V, e seja possível formalizar um arranjo com a redistribuição de cargas entre os transformadores, fazendo-se com que estas cargas de tensão mais elevadas possam ficar sendo atendidas por um transformador específico. Altera-se o tap do transformador para a tensão secundária mais elevada e este passa a fornecer a energia para estas cargas.

A adoção desta medida irá fazer com que as perdas nos condutores que alimentam estes equipamentos sejam reduzidas, uma vez que, a corrente que irá circular por eles será menor em função do aumento da tensão de trabalho. Outra medida muito utilizada é a ligação dos sistemas de iluminação em 220 V ao invés de 127 V. Esta medida também faz com que a corrente nos alimentadores destes sistemas seja menor e, consequentemente, estes gerem menos perdas por efeito Joule.

Exemplo 3.4

Como exemplo de quantificação da redução das perdas, tem-se o funcionamento de um motor de 150 CV, que é alimentado em 220 V. A mudança da alimentação deste motor para 380 V possibilitaria a seguinte economia:

- Potência do motor:

$$P = 150 \text{ CV, onde } 1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kW}$$

$$\text{Logo } P = 150 \times 0,736 = 110,4 \text{ kW}$$

- Tensão de alimentação atual: $V_1 = 220 \text{ V}$

- Tensão a ser utilizada: $V_2 = 380 \text{ V}$

- Corrente medida na situação atual: $I_1 = 280 \text{ A}$

- Corrente após a mudança de tensão:

$$I_2 = \frac{220 \times 220}{380} = 162 \text{ A}$$

- A seção dos cabos alimentadores é $2 \times 95 \text{ mm}^2$

- A distância da fonte de alimentação é de $5 \text{ m} = 0,05 \text{ km}$

As perdas são encontradas ao se entrar com os valores das correntes nos gráficos da figura 3.6. Os gráficos apresentam as perdas nos condutores causadas por efeito Joule para 1 condutor carregado. Para se obter as perdas em 2 cabos carregados, deve-se dividir a corrente por 2 e em seguida entrar com o valor no gráfico para a obtenção da perda.

- Perdas (em 220 V) em kW/km (280 A : 2 cabos /fase) = 4,3 kW/km

- Perdas (em 380 V) em kW/km (162 A : 2 cabos /fase) = 1,7 kW/km

- A redução das perdas poderá ser obtida segundo a expressão:

$$R = (P_1 - P_2) \times d \times n \text{ (kW)}$$

Onde,

R = redução das perdas

P_1 = perdas nos condutores, em kW/km, na situação atual

P_2 = perdas nos condutores, em kW/km, após o aumento do nível de tensão

d = comprimento do circuito em km

n = número de condutores do circuito

- Redução das perdas = $(4,3 - 1,7) \times 0,05 \times 3 \times 2 \text{ cabos/fase} = 0,78 \text{ kW}$

- Considerando-se 160 horas de operação mensal, tem-se :

$$0,78 \text{ kW} \times 160 = 125 \text{ kWh/mês}$$

3.3. CAPACITORES

O capacitor foi introduzido por Brantley em 1890 que o denominou "Olho elétrico". Compõe-se de um pequeno cilindro fechado nos extremos, dentro do qual existem duas placas metálicas distanciadas cerca de 1mm. Este espaço entre as placas está cheio de limalhas de níquel e prata. O capacitor tem a função de armazenar energia elétrica.

Os capacitores possuem duas placas condutoras colocadas frontalmente e separadas por um meio isolante que pode ser ar, plástico, papel etc. Nas faces externas das placas, é ligada uma fonte de tensão que irá gerar um campo eletrostático no espaço existente entre as duas placas. A geração do campo eletrostático poderá ser realizada através de um gerador de corrente contínua ou alternada. As placas existentes em um capacitor são denominadas de eletrodos e as linhas de fluxo imaginárias existentes entre as placas paralelas formam o campo elétrico, sendo o material colocado como isolante entre as placas, chamado de dielétrico. A Figura 3.8 mostra os dados de placa existentes e um capacitor com seus componentes.

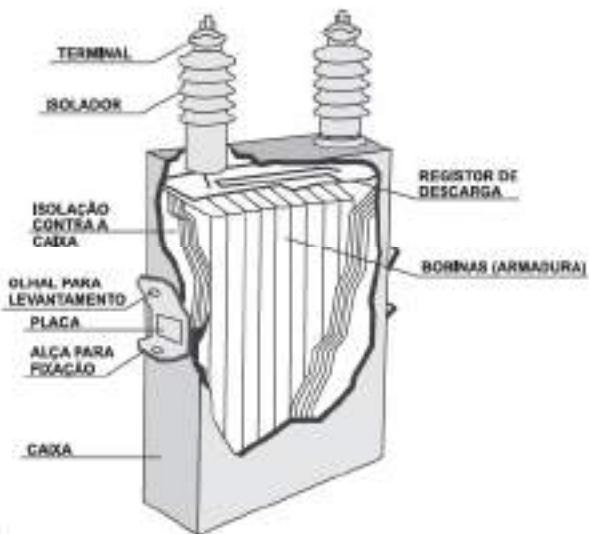


Figura 3.8 - Dados de placa e figura esquemática de um capacitor.

Os capacitores são designados pela sua potência nominal reativa expressa em kVAr. Esta potência é absorvida pelo sistema, quando ele está submetido à tensão e à frequência nominal. Os capacitores com tensão de isolamento até 660V, comercialmente possuem potências nominais até 50kVAr, em unidades trifásicas e até 30kVAr em unidades monofásicas. Já os capacitores de alta tensão, até 15kV são geralmente monofásicos com potências padronizadas de 50, 100 e 200kVAr.

Os capacitores de baixa tensão possuem uma maior utilização nas pequenas e médias instalações e são fabricados para 220, 380, 440 e 480V em unidades monofásicas e trifásicas.



Figura 3.9 - Capacitores

A aplicação dos capacitores em instalações elétricas de pequeno e médio porte tem sido um fator importante para cumprimento do limite mínimo de fator de potência estabelecido pela legislação em vigor que é de 0,92. Sua instalação representa uma fonte geradora de energia reativa localizada, suprindo parte da demanda de potência reativa requerida pelos equipamentos que possuem bobinas, tais como motores de indução, reatores, transformadores etc. Este tipo de carga apresenta um fator de potência reativo indutivo.

3.3.1. FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência indica qual porcentagem da potência total fornecida (kVA) é efetivamente utilizada como potência ativa (kW).

Dessa forma, o fator de potência é a razão entre a potência ativa (kW) e a potência aparente (kVA), sendo obtido pela seguinte expressão:

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos(\alpha) = \cos(\arctg \frac{kVAr}{kW})$$

O fator de potência mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos. Valores altos de fator de potência (próximos de 1,0) indicam uso eficiente da energia elétrica, enquanto valores baixos evidenciam seu mau aproveitamento, além de representarem sobrecarga em todo sistema elétrico tanto do consumidor como da concessionária.

Os sistemas elétricos que operam com excesso de reativos (potência reativa) comprometem desnecessariamente a componente ativa, que representa a potência ativa do sistema, ou seja, aquela necessária à realização de trabalho. Nesta situação, torna-se necessário tomar medidas para a diminuição da potência reativa, para melhorar o sistema elétrico, possibilitando um aumento de potência ativa, sem a ampliação da capacidade dos equipamentos e circuitos elétricos.

Equipamentos elétricos como os motores, além de consumirem energia ativa, solicitam também, energia reativa, necessária para criar o fluxo magnético que o seu funcionamento exige. Com a relação entre estes dois valores, determina-se o fator de potência médio indutivo (FP) num determinado período.

A cobrança do reativo excedente é um adicional praticado pela concessionária aos consumidores que excedem os limites por ela estabelecidos justificada pelo fato de que esta necessita manter o seu sistema elétrico com um dimensionamento maior do que o realmente necessário e investir em equipamentos corretivos, apenas para suprir o excesso de energia reativa (baixo fator de potência) proveniente das instalações dos consumidores.

A potência ativa medida em kW é a que realiza o trabalho efetivamente, gerando calor, luz, movimento etc. A potência reativa medida em kVAr é necessária para criar e manter o campo eletromagnético necessário para o funcionamento das cargas indutivas (que possuem bobinas).

A potência ativa é aquela que realmente realiza o trabalho e a potência reativa é a que é necessária para a geração do campo magnético. Além de não produzir trabalho, ocupa lugar nos cabos de distribuição, pois circula entre a carga e a fonte de alimentação do sistema elétrico, que poderia estar sendo utilizado para transporte de mais potência ativa.

A potência ativa e a potência reativa juntas constituem a potência aparente, medida em kVA, que é a potência total gerada e transmitida.

A seguir é apresentado o triângulo das potências, usado para representar graficamente a relação entre as potências ativa, reativa e aparente.

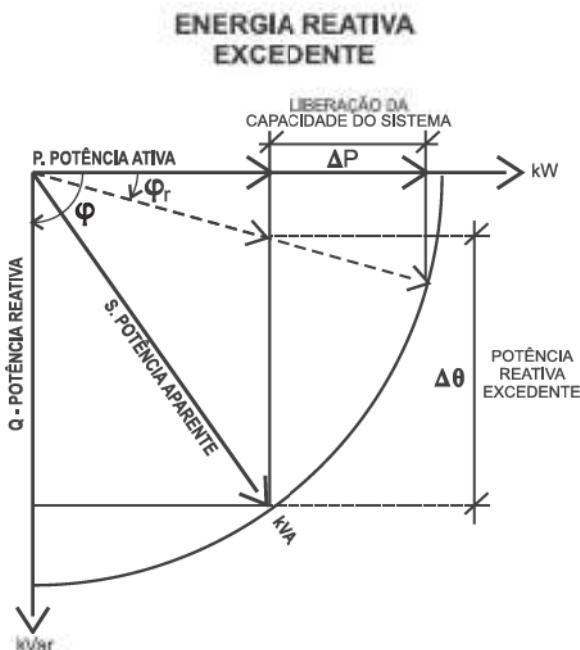


Figura 3.10 - Triângulo de potências.

Exemplo 3.5

Utilizando a fórmula $FP = \frac{kW}{kVA} = \cos(\alpha) = \cos(\arctg \frac{kVAr}{kW})$

para se alimentar uma carga de 140kW com fator de potência de 0,80 será necessária uma potência aparente de 175kVA. Para a mesma carga com um fator de potência no valor do mínimo exigido pela concessionária (0,92), será necessária uma potência aparente de 152kVA.

Este exemplo revela que o excesso de energia reativa sobrecarrega a instalação e diminui a capacidade instalada, uma vez que está potência reativa que não gera trabalho e também ocupa espaço. Como exemplo, pode-se citar uma unidade consumidora que possui uma subestação de 300 kVA. Se ela está operando com um fator de potência de 0,87, a energia útil a ser utilizada é de 261kW. Caso o fator de potência seja melhorado e elevado ao valor de 0,92, a energia útil disponível passará a ser de 275kW, representando um ganho na capacidade de 14kW.

As principais causas do baixo fator de potência são:

- Motores operando em vazio ou superdimensionados.
 - Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas.

- Nível de tensão acima da nominal.
- Reatores de lâmpadas de descarga com FP baixo.
- Grande quantidade de motores de pequena potência.

Os baixos valores de fator de potência provocam um aumento na corrente total que circula nos circuitos da unidade consumidora e nas redes de distribuição das concessionárias, sobrecarregando as linhas de distribuição, transmissão e subestações, prejudicando a estabilidade e ocupando espaço nos sistemas elétricos.

Com o aumento da corrente circulante, crescem as perdas na forma de calor, uma vez que elas são proporcionais ao quadrado da corrente total circulante. Desta forma, como o baixo fator de potência provoca o aumento da corrente, estabelece-se uma relação com aumento das perdas provocado pela elevação da temperatura nos condutores e equipamentos. Este aumento da corrente provoca uma queda na tensão, podendo provocar sobrecargas em elementos da rede de distribuição, levando até em alguns casos a interrupções no fornecimento da energia. Nas instalações consumidoras, as quedas de tensão podem provocar diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e um aumento nas correntes dos motores.

Para a correção do fator de potência são instalados grupos de capacitores, que como já foi dito, são fontes de potência reativa, que, por sua vez, são necessárias para a geração do fluxo magnético necessário para o funcionamento de cargas como bobinas.

MEDIÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

De acordo com o art.34 da resolução 456/2000 da ANEEL o fator de potência das instalações da unidade consumidora, para efeito de faturamento, deverá ser verificado pela concessionária por meio de medição apropriada, observados os seguintes critérios:

- Unidade consumidora do Grupo A, de forma obrigatória e permanente.
- Unidade consumidora do Grupo B, de forma facultativa, sendo admitida a medição transitória, desde que por um período mínimo de sete dias consecutivos.

O art. 64 da resolução 456/2000 da ANEEL estabelece que o fator de potência de referência "fr", indutivo ou capacitivo, terá como limite mínimo permitido para as instalações elétricas consumidoras o valor de 0,92.

O art.65 da resolução da ANEEL estabelece para as unidades consumidoras faturadas na estrutura tarifária horo-sazonal ou na estrutura tarifária convencional com medição apropriada, o faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência reativa excedente será calculado de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned} FER(p) &= \sum_{i=1}^n [CA_i \times \left(\frac{fr}{ft} - 1 \right)] \times TCA(p) \\ FDR(p) &= [\max_{i=1}^n (DA_i \times \frac{fr}{ft}) - DF(p)] \times TDA(p) \end{aligned}$$

Onde,

FER(p) = valor do faturamento por posto horário "p", correspondente ao consumo de energia

reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "fr", no período de faturamento

CAt = consumo de energia ativa medida em cada intervalo de 1 (uma) hora "t", durante o período de faturamento

fr = fator de potência de referência igual a 0,92

ft = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo "t" de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, observadas as definições dispostas a seguir:

a) durante o período de 6 (seis) horas consecutivas, compreendido, a critério da concessionária, entre 23:00h e 30minutos e 6:00h e 30minutos, apenas os fatores de potência "ft" inferiores a 0,92 capacitivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora "t".

b) durante o período diário complementar ao definido anteriormente em (a), apenas os fatores de potência "ft" inferiores a 0,92 indutivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora "t".

TCA(p) = tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento de cada posto horário "p"

FDR(p) = valor do faturamento, por posto horário "p", correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "fr" no período de faturamento

DAt = demanda medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora "t", durante o período de faturamento

DF(p) = demanda faturável em cada posto horário "p" no período de faturamento

TDA(p) = tarifa de demanda de potência ativa aplicável ao fornecimento em cada posto horário "p"

MAX = função que identifica o valor máximo da fórmula, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto horário "p"

t = indica intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento

p = indica posto horário, ponta ou fora de ponta, para as tarifas horo-sazonais ou período de faturamento para a tarifa convencional

n = número de intervalos de integralização "t", por posto horário "p", no período de faturamento.

O período de seis horas definido em (a) anteriormente deverá ser informado pela concessionária aos respectivos consumidores com antecedência mínima de 1 (um) ciclo completo de faturamento.

Havendo montantes de energia elétrica estabelecidos em contrato, o faturamento correspondente ao consumo de energia reativa, verificado por medição apropriada, que exceder as quantidades permitidas pelo fator de potência de referência "fr", será calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$FER(p) = \left[\left(\sum_{t=1}^n \frac{CAt \times fr}{ft} \right) - CF(p) \right] \times TCA(p)$$

Onde,

FER(p) = valor do faturamento, por posto horário "p", correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "fr", no período de faturamento

CAt = consumo de energia ativa medida em cada intervalo de 1 (uma) hora "t", durante o período de faturamento

fr = fator de potência de referência igual a 0,92

ft = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo "t" de 1 (uma) hora,

durante o período de faturamento, observadas as definições dispostas em (a) e (b)

CF(p) = consumo de energia elétrica ativa faturável em cada posto horário "p", no período de faturamento

TCA(p) = tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento em cada posto horário "p"

O art. 66 da resolução 456/2000 da ANEEL estabelece para as unidades consumidoras faturadas na estrutura tarifária convencional, enquanto não forem instalados equipamentos de medição que permitam a aplicação das formulas fixadas no art. 65, que a concessionária poderá realizar o faturamento de energia e demanda de potência reativas excedentes, utilizando as seguintes fórmulas:

$$FER = CA \times \left(\frac{fr}{fm} - 1 \right) \times TCA$$

$$FDR = (DM \times \frac{fr}{fm} - DF) \times TDA$$

Onde,

FER = valor do faturamento total correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade, permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento

CA = consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento

fr = fator de potência de referência igual a 0,92

fm = fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento

TCA = tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento

FDR = valor do faturamento total correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento

DM = demanda medida durante o período de faturamento

DF = demanda faturável no período de faturamento

TDA = tarifa de demanda de potência ativa aplicável ao fornecimento

Havendo montantes de energia elétrica estabelecidos em contrato, o faturamento correspondente ao consumo de energia reativa, verificado por medição apropriada, que exceder às quantidades permitidas pelo fator de potência de referência "fr" será calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$FER = \left(CA \times \frac{fr}{fm} - CF \right) \times TCA$$

Onde,

FER = valor do faturamento total correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento

CA = consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento

fr = fator de potência de referência igual a 0,92

fm = fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento

CF = consumo de energia elétrica ativa faturável no período de faturamento

TCA = tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento

O art. 68 da resolução 456/2000 da ANEEL estabelece que para as unidades consumidoras do Grupo B, o faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica reativa indutiva excedente, cujo fator de potência tenha sido verificado por meio de medição transitória, só poderá ser realizado de acordo com os seguintes procedimentos:

- a concessionária deverá informar ao consumidor, via correspondência específica, o valor do fator de potência encontrado, o prazo para respectiva correção, a possibilidade de faturamento relativo ao consumo excedente, bem como outras orientações julgadas convenientes;
- a partir do recebimento da correspondência, o consumidor disporá do prazo mínimo de 90 (noventa) dias para providenciar a correção do fator de potência e comunicar à concessionária;
- findo o prazo e não adotadas as providências, o fator de potência verificado poderá ser utilizado nos faturamentos posteriores, até que o consumidor comunique a correção do mesmo;
- a partir do recebimento da comunicação do consumidor, a concessionária terá o prazo de 15 (quinze) dias para constatar a correção e suspender o faturamento relativo ao consumo excedente.

CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Existem várias formas de se corrigir o fator de potência, quais sejam:

- Instalação de banco de capacitores;
- Compensação por motores síncronos.

Instalação de banco de capacitores junto às cargas indutivas

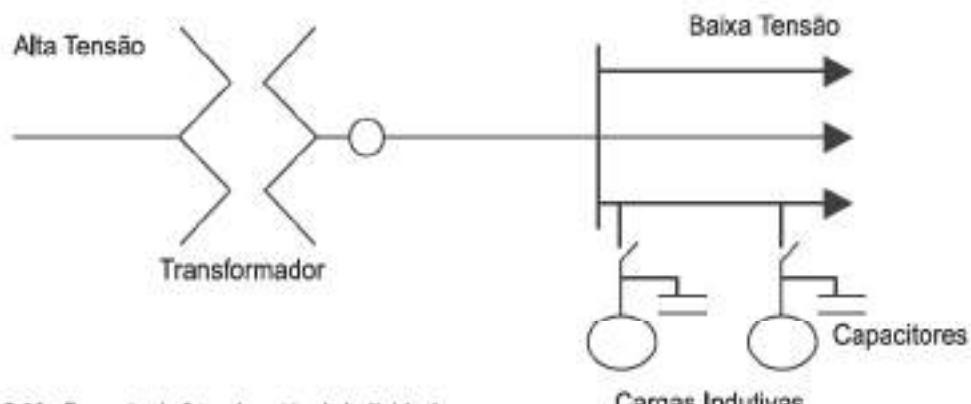


Figura 3.11 - Correção do fator de potência individual.

Neste tipo de instalação a circulação da energia reativa fica restrita a estes equipamentos. Desta forma, o capacitor passa a fornecer a energia reativa necessária ao seu funcionamento e eles deixam de solicitá-la da rede. Assim, os reativos são gerados somente onde são necessários, melhorando o nível de tensão na instalação, diminuindo a carga nos circuitos de alimentação

dos equipamentos e reduzindo as perdas por aumento de corrente da instalação. Convém lembrar que a compra de muitos capacitores de pequena potência implica um custo mais elevado do que a compra de um capacitor de potência maior.

Instalação de bancos de capacitores junto a grupos de cargas indutivas

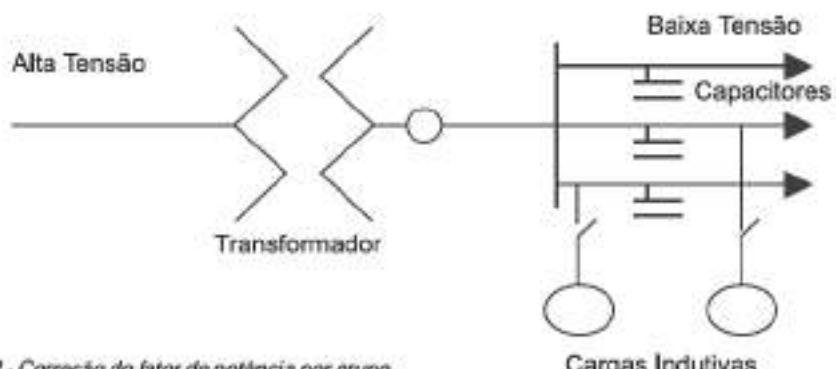


Figura 3.12 - Correção do fator de potência por grupo.

O banco de capacitores é instalado de forma a suprir a necessidade de energia reativa de um grupo de equipamentos pertencentes a determinado setor. A potência necessária será menor que no caso da compensação individual, além de o custo do capacitor de maior potência também ser mais baixo.

Instalação de bancos de capacitores junto a quadro geral

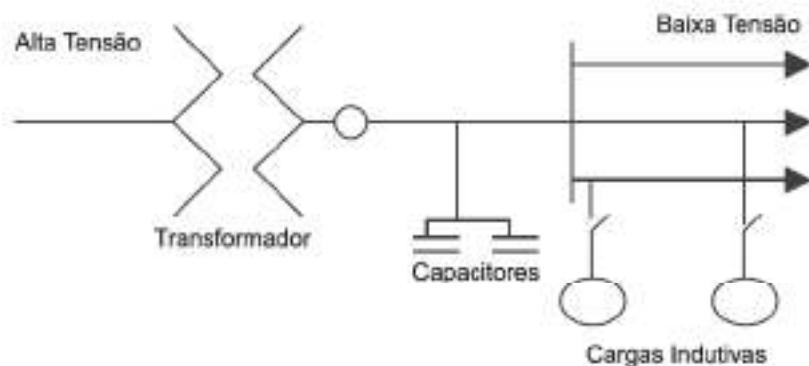


Figura 3.13 - Correção do fator de potência geral.

Os capacitores são colocados no circuito geral da instalação na saída do transformador, ou no quadro geral se esta for de baixa tensão. Neste tipo de instalação, os capacitores são mais utilizados, pois estão atendendo ao seu total. A supervisão/manutenção torna-se mais prática,

uma vez que estão concentrados em um único ponto, facilitando a colocação de um sistema de controle automático, melhorando o nível de tensão geral da instalação e permitindo o acréscimo de capacitores adicionais de forma simples. O principal ponto crítico deste tipo de solução é que a rede de distribuição interna de alimentação dos equipamentos não será aliviada no transporte dos reativos.

Instalação de bancos de capacitores na entrada da energia em alta tensão

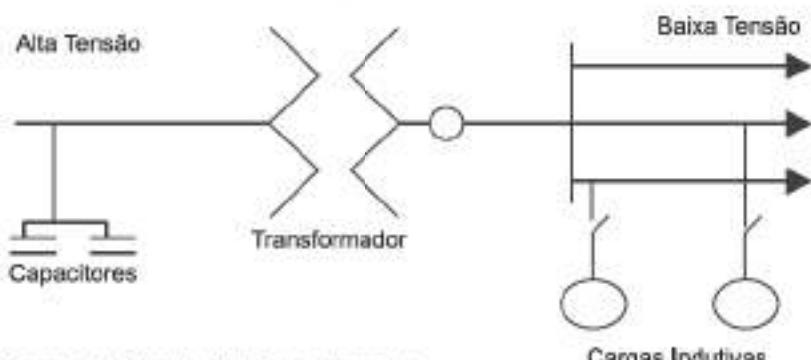


Figura 3.14 - Correção do fator de potência em alta tensão.

Este tipo de solução é o mais utilizado por instalações que possuam uma subestação principal e outras secundárias, uma vez que ao corrigir o fator de potência pelo lado de alta tensão os transformadores e toda linha de distribuição dentro da unidade consumidora ainda permanecem sobrecarregados pela utilização da energia reativa.

É usual o controle do fator de potência por grupo de equipamentos e geral através de bancos automáticos de capacitores. O sistema automático, ao contrário dos que utilizam banco de capacitores fixos, permite um controle instantâneo dos reativos da instalação, acompanhando as variações e efetuando a correção automaticamente. Um relé varimétrico, sensível às variações de energia reativa, comanda automaticamente a operação dos capacitores necessários à obtenção do fator de potência mínimo recomendado (0,92).

Compensação por Motores Síncronos

A compensação de reativos também pode ser efetuada através da utilização de motores síncronos, os quais são capazes de gerar energia reativa como os geradores convencionais. A potência reativa entregue ao sistema por um motor síncrono é função da corrente de excitação e da carga que é aplicada ao seu eixo.

Contudo, os motores síncronos são equipamentos caros e, portanto, sua aplicação se justifica do ponto de vista econômico para potências superiores a 200CV e funcionamento por períodos longos de tempo.

Exemplo 3.6

Uma instalação possui uma demanda de potência de 80kW, e em sua conta de fornecimento de energia ela está sendo onerada pelo pagamento de demanda e consumo de reativos excedentes. O valor do fator de potência expresso na conta é de 0,84.

Como visto anteriormente, o valor mínimo exigido pela legislação vigente é de 0,92. Desta forma, calcula-se a quantidade de potência reativa necessária que o capacitor a ser instalado deve ter para corrigir o fator de potência para 0,92.

fator de potência atual = 0,84

fator de potência pretendido = 0,92

demandas de potência = 80kW

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos(\alpha) = \cos(\arctg \frac{kVAr}{kW})$$

$$\arccos(0,84) = \arctg(0,65) = 32,85^\circ$$

$$\arccos(0,92) = \arctg(0,43) = 23,07^\circ$$

$$Q_{capacitor} = kW \times [(\tg(32,85^\circ) - \tg(23,07^\circ))]$$

$$Q_{capacitor} = 80 \times (0,65 - 0,43)$$

$$Q_{capacitor} = 17,6 \text{ kVAr}$$

O capacitor a ser instalado para elevar o valor do fator de potência para 0,92 neste exemplo terá que ter a potência reativa de 17,6kVAr.

A correção do fator de potência possibilita um melhor aproveitamento do sistema elétrico como um todo, ou seja, a capacidade dos transformadores e dos cabos aumenta em função de um fator de potência mais alto. Em muitos casos os investimentos em ampliação dos sistemas tornam-se desnecessário quando da instalação de novas cargas, bastando para isso que se eleve o valor do fator de potência da instalação.

Quando se aumenta o fator de potência de um circuito, o valor da corrente circulante diminui e consequentemente as perdas por efeito Joule nos condutores também, como pode ser visto no exemplo a seguir.

Exemplo 3.7

Um levantamento realizado em uma unidade consumidora apontou um consumo anual de energia de 110.000kWh/ano. O fator de potência médio registrado nas contas de energia é de 0,82. Este valor será corrigido para 0,95 através de um estudo realizado para melhoria do fator de potência com a instalação de bancos de capacitores. Esta medida além de eliminar os custos com o pagamento de demanda e consumo de reativos excedentes, conforme será visto no Capítulo 5, no item referente aos Tipos de Contrato, irá proporcionar uma economia de energia através da redução das perdas por efeito Joule. Esta economia considerando-se que as perdas por efeito Joule representam 4% será de:

- fator de potência médio registrado = $\cos(\varphi_1) = 0,82$
- após a correção efetuada com bancos de capacitores o novo fator de potência será = $\cos(\varphi_2) = 0,95$
- as perdas por efeito Joule são: $110.000 \times 0,04 = 4.400 \text{ kWh/ano}$

$$E = \left[1 - \left(\frac{\cos(\varphi_1)}{\cos(\varphi_2)} \right)^2 \right] \times 100 \Rightarrow \left[1 - \left(\frac{0,82}{0,95} \right)^2 \right] \times 100 = 25,5\%$$

Onde,

E = energia

Desta forma tem-se uma redução de 25,5 % das perdas representando uma economia de: $0,255 \times 4.400 = 1.122 \text{ kWh/ano}$

3.4. QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO E PROTEÇÃO DE CIRCUITOS

Dentro do universo de perdas de energia em uma instalação elétrica, as perdas nos elementos de distribuição ocorrem, na maioria das vezes, por mau dimensionamento dos componentes, por acréscimo desordenado de cargas, por falhas no projeto, pelo estado precário das conexões e pela falta de um programa de manutenção preventiva.

O correto dimensionamento dos cabos de energia deve considerar os critérios da queda de tensão e da capacidade de corrente. O primeiro verifica a distância em que os cabos energizados estarão dos centros de carga e o segundo avalia a capacidade de passagem de corrente pelo condutor. Cabe ressaltar que o correto dimensionamento leva em consideração a distribuição das cargas em vários circuitos de forma uniforme entre as fases.

Torna-se necessário o estabelecimento de uma rotina de manutenção a fim de eliminar os problemas usualmente encontrados nas instalações elétricas. A existência de quadros抗igos com sistemas de proteção inadequados e ultrapassados, com cabos com emendas mal feitas, falta de elementos de proteção e conexões frouxas, proporciona a ocorrência de perdas pela formação de pontos quentes. Estas perdas se dão na forma de efeito Joule e muitas das vezes podem causar acidentes, apresentando riscos de segurança ao patrimônio e às pessoas.

Uma instalação elétrica é composta por um sistema constituído de transformadores, cabos elétricos, disjuntores, chaves seccionadoras, chaves fusíveis, contactoras, barramentos e conectores. Todos estes componentes que formam a rede de distribuição possuem resistências elétricas, fazendo com que a corrente que circula por eles cause perdas de energia na forma de calor.

Estas perdas são causadas pelo aquecimento dos componentes e são calculadas pela expressão:

$$P = R \times I^2$$

Onde,

R = resistência elétrica do componente

I = corrente circulante pelo componente

Somando-se as resistências pertencentes aos componentes que formam o sistema de distribuição de energia, existem as perdas ocorridas nas conexões elétricas que as unem. É como ocorre nas resistências elétricas quando da circulação de uma corrente, parte da potência é dissipada em forma de calor.

De uma forma generalizada, pode-se afirmar que em um sistema de distribuição de energia existem dois tipos de perdas ôhmicas: um em função das resistências inerentes aos componentes do sistema e outro devido à resistência causada pelas conexões entre os componentes.

Como foi dito, todos os componentes de um sistema de distribuição de energia elétrica apresentam perdas por suas próprias resistências à passagem da corrente elétrica, porém em chaves seccionadoras, chaves fusíveis e disjuntores, estas perdas podem ser desprezíveis, desde que estejam corretamente dimensionados e em bom estado de conservação. Nos cabos e conexões elétricas essas perdas são representativas. Dessa forma, deve-se atentar para as seguintes situações:

- Cabos elétricos;
- Equilíbrio das fases;
- Sistemas de proteção.

3.4.1. CABOS ELÉTRICOS

Os cabos elétricos são constituídos em sua maioria de cobre ou alumínio. O mais utilizado em instalações de baixa tensão e com a existência de isolamento é o de cobre. Para calcular-se a resistência elétrica de um cabo é utilizada a seguinte expressão:

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

Onde,

ρ – resistividade do material utilizado na fabricação do cabo que varia em função da temperatura

l – comprimento do cabo

S – área de seção transversal do condutor que usualmente é chamada de bitola

Exemplo 3.8

Uma unidade consumidora possui em sua instalação um motor de 100CV operando com tensão de 220V, 90% de rendimento e com fator de potência de 0,8 indutivo à plena carga. Este motor está ligado a 80 metros do transformador, através de condutores de 120mm² de seção transversal. Este motor funciona durante 500h/mês à plena carga. Para se calcular o valor das perdas de energia elétrica nos condutores ao longo de um mês de operação deste motor:

A corrente solicitada pelo motor é obtida através da divisão da potência nominal do motor pela tensão de operação e pelo fator de potência.

$$I = \frac{P}{220\sqrt{3} \cdot \cos(\varphi) \cdot \eta} \Rightarrow I = \frac{100 \times 0,736}{220\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 0,9} \Rightarrow = 268A$$

Onde,

1CV = 0,736kW

A potência solicitada da rede é obtida pela divisão da potência nominal do motor pelo rendimento.

$$P = \frac{P_n}{\eta} \Rightarrow P = \frac{100 \times 0,736k}{0,9} = 83kW$$

O consumo mensal de energia no motor é obtido pela multiplicação da potência solicitada da rede pelo número de horas de operação do motor no mês.

Consumo = Potência x horas

Consumo = 83 x 500 = 41.500kWh/mês

Um condutor de cobre com seção transversal de 120mm² apresenta uma resistência elétrica (R) de 0,164W/km. Desta forma, as perdas ôhmicas nos três condutores que alimentam o motor são:

Perdas = 3 x R x I²

Perdas = 3 x (0,08 x 0,164) x 268²

Perdas = 2,8kW

O valor das perdas de energia mensais nos condutores é obtido pela multiplicação do valor das perdas pelo número de horas de funcionamento mensal do motor.

$$\text{Perdas mensais} = 2,8 \times 500$$

$$\text{Perdas mensais} = 1.400 \text{ kWh}$$

Neste exemplo pode ser observado que as perdas neste motor são correspondentes a 4,2% da energia consumida por ele. Assim sendo, no âmbito da implementação de um programa de conservação de energia, estas perdas devem ser criteriosamente analisadas.

A utilização dos cabos condutores de energia em uma instalação elétrica deve obedecer ao correto dimensionamento dos mesmos. Isso é fundamental para um bom funcionamento e dos equipamentos e para manter a segurança. Uma instalação com cabos subdimensionados apresentará aquecimento nos circuitos, acarretando um desperdício de energia, além do risco de acidentes por incêndios. Assim, ao se adicionar novos equipamentos, torna-se necessária uma revisão na instalação a fim de verificar a capacidade de condução de corrente dos cabos e se os sistemas de proteção dos circuitos irão suportar esse acréscimo.

3.4.2. EQUILÍBRIO DE FASES

A correta divisão dos circuitos de uma instalação elétrica permite que se eliminem as perdas por aquecimento em condutores sobrecarregados. Desta forma, recomenda-se que a divisão seja feita da forma que as fases possuam cargas compatíveis com a capacidade dos condutores e sistemas de proteção e que a carga seja distribuída de forma a manter as fases equilibradas.

Ao realizar emendas nos condutores, deve-se fazê-las de forma bem feita, evitando que as mesmas se soltem e causem acidentes. Deve-se sempre envolver as emendas com fita isolante específica para esta finalidade, não utilizando outros, tais como durex, esparadrapos ou outras fitas colantes.

Evitar a utilização de cabos condutores de origem duvidosa, pois muitas das vezes esta economia pode resultar em prejuízos futuros. Utilize cabos de marcas conhecidas em cuja qualidade se possa confiar. A utilização de materiais de baixa qualidade pode provocar o envelhecimento acelerado da isolação, dando origem a fugas de corrente e curtos-circuitos, causando desperdício de energia e riscos de acidentes.

3.4.3. SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, que são provocados por curto circuito ou sobrecargas na instalação elétrica, devem ser dimensionados de forma correta a fim de que possam

permitir o bom funcionamento dos sistemas elétricos. Desta forma, quando um equipamento de proteção atuar, quer seja um fusível, um disjuntor ou uma chave, antes de tornar a ligar, deve-se verificar onde ocorreu o problema para tentar solucioná-lo. Nunca se deve substituir o fusível por elementos estranhos tais como arames, moedas ou pedaços de condutores, que irão permitir a passagem da corrente, pondo em risco a sua instalação. Quando um equipamento de proteção se queima, ele deve ser substituído por outro de igual capacidade, nunca menor, pois poderá comprometer o bom funcionamento da instalação com interrupções intempestivas e nunca com a capacidade maior que a de projeto, pois ele irá perder toda a sua função de proteger a instalação e os equipamentos contra os riscos de acidentes.

3.5. QUALIDADE DA ENERGIA

A energia elétrica deve ser fornecida pelas concessionárias para as unidades consumidoras sem interrupções e com níveis de tensão e freqüência constantes. A tensão fornecida deve ser perfeitamente senoidal e nos sistemas trifásicos as formas de ondas devem estar equilibradas.

A cada dia que passa o conceito "qualidade" ganha mais força. Com a energia elétrica não poderia ser diferente. Muito desta exigência se deve ao fato das mudanças que estão ocorrendo, com as cargas elétricas hoje utilizadas, serem cargas eletroeletrônicas e sensíveis a variações provocadas pela má qualidade no fornecimento. Este novo perfil de carga está promovendo melhorias nos equipamentos de produção e na vida moderna, porém, problemas existentes no sistema elétrico, que anteriormente não afetavam muito, hoje exigem grandes cuidados.

3.5.1. PROBLEMAS DE FALTA DE QUALIDADE DA ENERGIA

A ocorrência de falha ou mau funcionamento de equipamentos pode ter sua origem por um problema de má qualidade da energia elétrica que o está alimentando, podendo ser uma alteração na tensão, corrente ou freqüência. Dentre os problemas gerados pela falta de qualidade da energia, destacam-se:

- Harmônicos;
- Flutuação de tensão;
- Oscilação de tensão;
- Sistemas desbalanceados.

HARMÔNICOS

Toda onda, inclusive a sonora, pode ser decomposta em diversas ondas simples, chamadas harmônicos. O primeiro harmônico é chamado de fundamental e os subsequentes possuem freqüências múltiplas do harmônico fundamental.

Uma forma de onda periódica pode ser decomposta em uma soma de senos e co-senos. Essa soma possui uma componente na freqüência da onda periódica e outras componentes em freqüências harmônicas (múltipla da freqüência periódica). Quando a forma de onda é uma senóide perfeita, todos os harmônicos são nulos. O gráfico a seguir apresenta uma forma de onda distorcida.

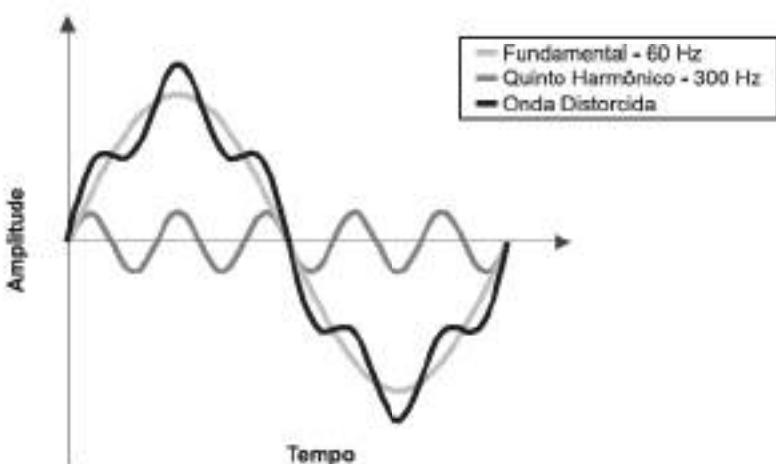


Figura 3.15 - Forma de onda distorcida.

Como se pode observar no gráfico, além da onda senoidal fundamental que é a desejada, aparece uma outra forma de onda, com uma freqüência cinco vezes superior. A soma destas ondas resulta numa onda distorcida. Os inter-harmônicos aparecem quando as tensões ou correntes indesejáveis possuem freqüências que não são múltiplos inteiros da freqüência fundamental. Os harmônicos e os inter-harmônicos são, normalmente, causados por equipamentos com tensão ou correntes com características não lineares. Estes equipamentos provocam correntes harmônicas que causam tensões distorcidas em função das quedas de tensão nas impedâncias da rede elétrica. Entre os principais problemas ocasionados pela presença de harmônicos nos sistemas elétricos tem-se:

- Perdas adicionais e aquecimento em máquinas elétricas e capacitores.
- Interferência nos sistemas de telefonia.
- Aumento da corrente de neutro.
- Aumento das perdas em condutores.
- Erros em instrumentos convencionais por efeitos harmônicos.
- Redução da vida útil de lâmpadas incandescentes.
- Necessidade de sobredimensionamento de transformadores e suas perdas.
- A operação inadequada dos sistemas de controle.
- Ruídos adicionais em motores e outros dispositivos.
- Sobretensões causadas pelas ressonâncias na rede.

As origens dos harmônicos são divididas em três categorias, de acordo com tamanho e previsibilidade. Fontes pequenas e previsíveis são provenientes das residências, fontes grandes e aleatórias são geradas pelos fornos a arco e as fontes grandes e previsíveis são oriundas dos conversores estáticos.

No caso das pequenas fontes geradoras de harmônicos estão as instalações residenciais e comerciais, que possuem uma grande quantidade de fontes conversoras existentes nos aparelhos de televisão, microcomputadores etc. A produção de harmônicos em cada uma destas fontes é pequena, porém levando-se em consideração o conjunto existente, o efeito combinado produz uma considerável distorção.

As lâmpadas de descarga também são fontes de componentes harmônicas. O gráfico a seguir apresenta uma forma de onda típica de corrente de uma lâmpada de alta eficiência e o seu espectro harmônico. A distorção harmônica total (THD) de lâmpadas desse tipo se encontra entre 50 e 150%.

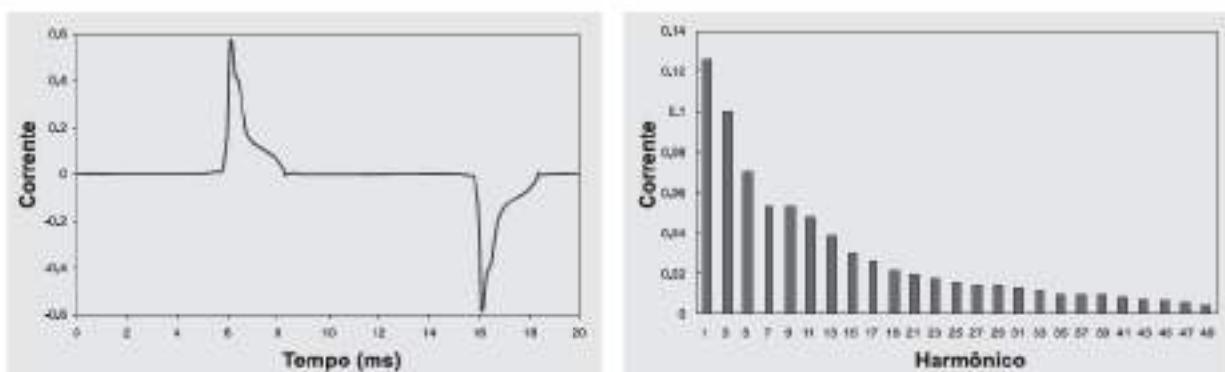


Figura 3.16 - Gráficos de corrente e espectro harmônico de uma lâmpada de alta eficiência.

A mais comum e prejudicial carga neste nível é a dos fornos a arco. Tais equipamentos produzem conteúdos aleatórios de harmônicos e inter-harmônicos. A eliminação de harmônicos gerados por cargas deste tipo através de filtros convencionais é economicamente inviável.

Este último tipo de carga produz, além dos harmônicos, flutuação de tensão e efeito *flicker*. Sua conexão em altos níveis de tensão e o uso de reatâncias em série ajudam a reduzir o impacto na qualidade de energia. A utilização de compensadores estáticos que trabalham com dispositivos auto-omutados (IGBT's) também já começa a ser empregada.

Medidas para Mitigação das Harmônicas

RECOMENDAÇÕES

- Utilização de *no-breaks* nos sistemas ou nos equipamentos. Este tipo de medida possibilita a resolução do problema nos equipamentos, mas é uma ação que não resolve a causa do problema.
- Instalação de Filtros Harmônicos. Os Filtros Harmônicos possibilitam a redução das harmônicas e/ou o aumento do fator de potência do sistema. Em muitos casos os filtros permitem também outros efeitos, além dos dois mencionados como: a redução da corrente trifásica

para sistemas trifásicos; redução das perdas nos transformadores; isolação para outras fontes de harmônicas; supressão de ressonância nos sistemas utilizados para correção do fator de potência; redução de interferência nos sistemas de comunicação; melhoria da eficiência dos motores e liberação da capacidade de distribuição para a concessionária.

- Uso de Condicionadores de Potência. Este tipo de equipamento é capaz de fornecer altas potências em pequenos intervalos de tempo no caso de distúrbios, como depressão de tensão.
- Alteração no Sistema de Distribuição. Através da alteração na ligação dos transformadores é possível isolar algumas freqüências harmônicas do resto do sistema.
- Utilização de equipamentos não causadores de distúrbios. Quando possível a substituição por equipamentos não causadores de distorções.

FLUTUAÇÃO DE TENSÃO (FLIKER)

As flutuações de tensão que apresentem uma variação de até $\pm 10\%$, geralmente não causam danos à maioria dos equipamentos elétricos. Porém, causam o efeito *flicker* ou flutuação da luminosidade das lâmpadas incandescentes. O desconforto associado a esse fenômeno depende da amplitude da flutuação, freqüência, da duração do distúrbio etc.

O *flicker* está associado, principalmente no funcionamento de fornos a arco usados nas usinas siderúrgicas, já que estes drenam correntes variáveis a cada ciclo, como mostra o exemplo do gráfico a seguir.

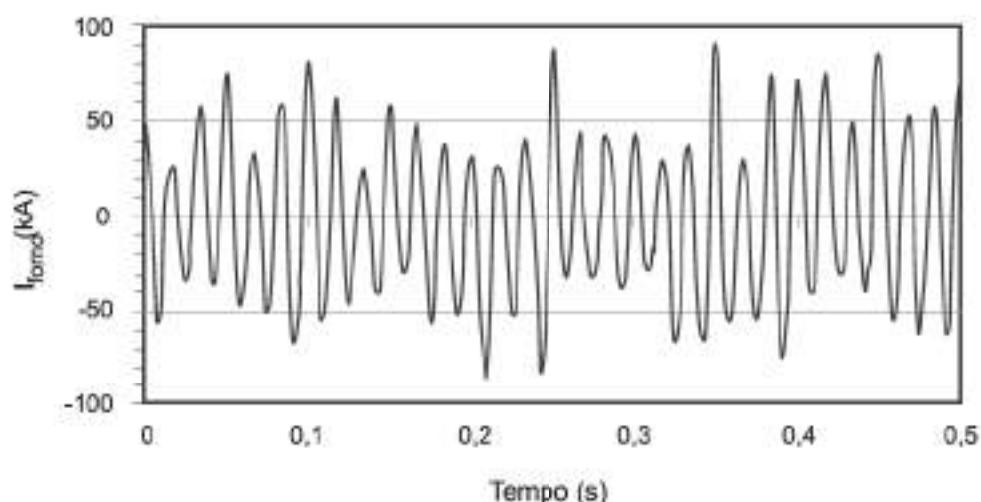


Figura 3.17 - Gráfico de corrente drenada por um forno a arco.

Medidas para Redução de Flutuações de Tensão (*flickers*)

O efeito *flicker*, também conhecido por cintilação, está relacionado a flutuações de tensão na faixa de $\pm 10\%$. Normalmente este fenômeno não causa danos a maioria dos equipamentos elétricos, entretanto causa oscilações nos sistemas de iluminação provocando desconforto.

Uma forma de mitigar o efeito *flicker* nos sistemas elétricos pode ser obtido através da aplicação de alguns dispositivos:

RECOMENDAÇÕES

- Utilização de componentes estáticos;
- Instalação de capacitores série, por se tratar de um componente que apresenta inércia de tensão, ou seja, que tem a tendência de manter o nível de tensão constante;
- Aplicação de compensadores estáticos.

OSCILAÇÕES DE TENSÃO

Um problema decorrente da existência de curtos-circuitos e outras manobras do sistema elétrico é a oscilação de tensão. São problemas aleatórios e de curta duração e podem estar sendo originados pela rede da concessionária ou nas unidades consumidoras.

A queda de tensão é decorrente de uma repentina redução que pode variar de 10 a 90% da tensão em algum ponto do sistema elétrico. Esta queda pode durar de 0,5 ciclo até 1 (um) minuto. As causas destas quedas podem ser devidas a curtos-circuitos na rede ou a existência de correntes elevadas que estariam associadas ao momento de partida de grandes motores. O gráfico a seguir ilustra a ocorrência de uma queda de tensão de 50%.

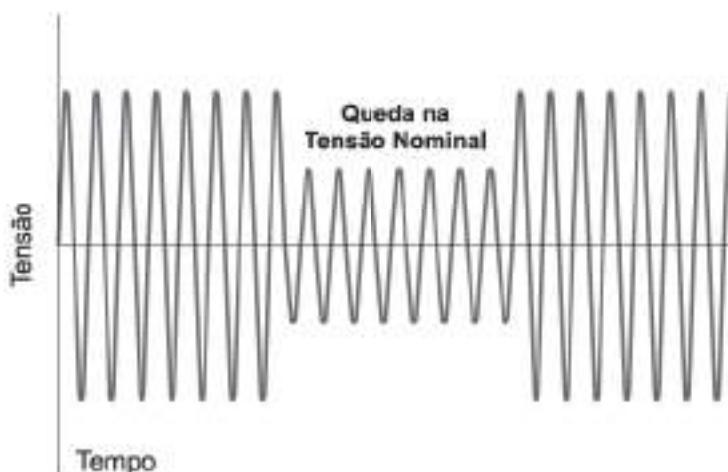


Figura 3.18 - Gráfico com ocorrência de queda de tensão.

Os problemas causados nos equipamentos pela queda de tensão variam em função do valor da queda, do seu tempo de duração e da sensibilidade do equipamento frente a este problema. Como exemplo, lâmpadas de descarga podem queimar, dispositivos eletrônicos de controle podem operar de maneira incorreta e nos motores acionados eletronicamente pode ocorrer variação em sua velocidade e até mesmo paradas. Também são provocados erros nas medidas realizadas por equipamentos que possuam sistemas eletrônicos, falhas na comutação em conversores, desligamento de computadores, abertura de contactores etc.

De forma análoga, a ocorrência de sobretensões também causa danos ao bom funcionamento dos equipamentos. Elas são breves aumentos no valor "rms" da tensão com duração de 0,5 a 1 (um) minuto. As sobretensões afetam os controles elétricos e os sistemas de acionamento de motores, além de envelhecer os componentes semicondutores delicados, reduzindo sua vida útil. O gráfico a seguir apresenta uma ocorrência de uma sobretensão de 150 %.



Figura 3.19 - Gráfico com ocorrência de sobretensão.

Medidas para Redução das Oscilações de Tensão

RECOMENDAÇÕES

- Utilização de regulador/estabilizador de tensão;
- Aplicação de transformador de tensão constante.

SISTEMAS DESBALANCEADOS

A ocorrência de defasagem entre fases com ângulos diferentes de 120° ou o estabelecimento de pelo menos uma das fases diferentes do valor nominal acarreta tensões desbalanceadas. Os equipamentos são projetados para receberem tensões perfeitamente balanceadas e, quando ocorrem desequilíbrios, seus desempenhos são prejudicados. O gráfico a seguir apresenta um sistema com desequilíbrio de fases.

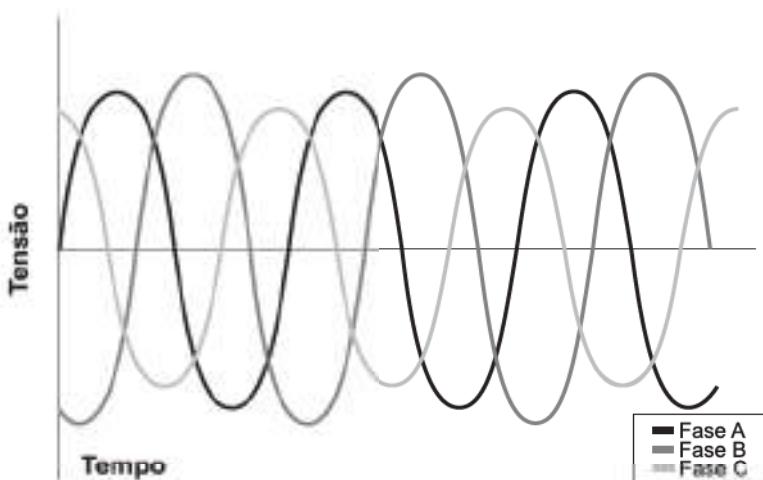


Figura 3.20 - Gráfico com ocorrência de desequilíbrio.

Medida para Reduzir o Desbalanceamento entre Fases

RECOMENDAÇÃO

O desequilíbrio de tensão nas fases de um sistema elétrico causa o aparecimento de altas correntes provocando o aquecimento das máquinas elétricas girantes. Para reduzir esse desequilíbrio deve-se utilizar compensadores eletromagnéticos ou eletrônicos.

3.5.2. MEDIÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA

Com a utilização de modernos equipamentos de medição digitais é possível realizar o monitoramento de um sistema de energia através da captura de dados remotos de uma determinada região, via modem acoplado em linhas telefônicas. O esquema básico para a realização destas medições de análise da qualidade da energia é mostrado a seguir:

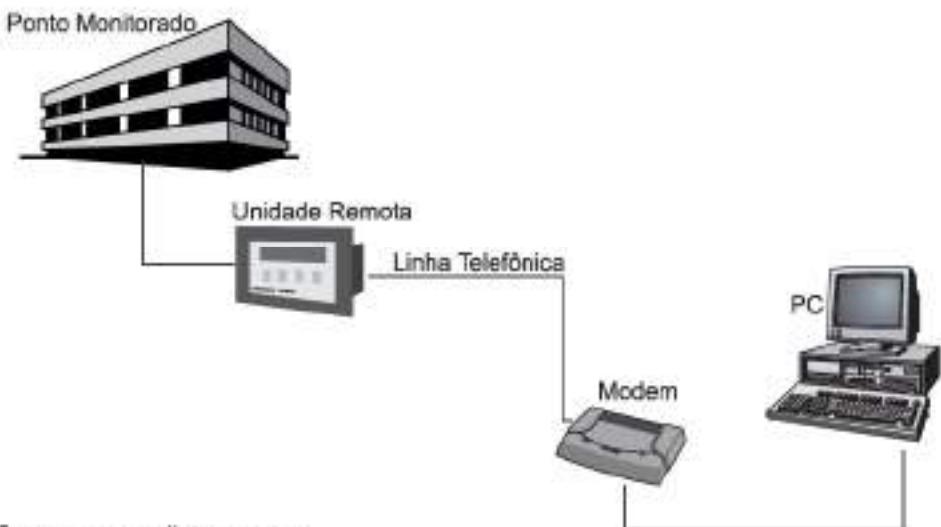


Figura 3.21 - Esquema para medições remotas.

Com os resultados obtidos na medição forma-se uma massa de dados contendo as formas de onda transitórias, obtidas durante a ocorrência de um扰动 qualquer e os dados de medições programadas dos parâmetros elétricos, tais como tensão, corrente, potência e harmônicos, que ao serem analisados e processados possibilitam a elaboração de um diagnóstico sobre a qualidade da energia.

A partir do resultado do diagnóstico são verificadas as particularidades que as medições revelaram a fim de verificar os problemas ocorridos e buscar identificar suas origens, objetivando estabelecer as medidas para eliminação dos problemas. Além disso, com os dados contidos no banco é possível estabelecer-se um índice estatístico do nível de harmônicos, efeito flicker etc.

A ANEEL prevê para o ano de 2005 a instalação de sensores para monitoramento dos serviços prestados pelas concessionárias, de forma gratuita em residências escolhidas de forma aleatória com o objetivo de coletar dados de oscilação de tensão e interrupções no sistema de fornecimento. Estes dados serão transmitidos para a uma central da ANEEL, por meio de ligação telefônica. Caso as medições realizadas apontem para a ocorrência de falhas superiores às estabelecidas pela ANEEL, a concessionária de energia estará sujeita a punições através do pagamento de multas. Os principais indicadores de qualidade são o DEC (duração da interrupção no abastecimento de energia) e o FEC (número de vezes em que houve interrupção no fornecimento de energia). As contas de energia apresentam o número máximo de DEC e FEC permitidos à distribuidora. A partir de 2005, está previsto que os consumidores poderão acompanhar em suas contas de energia os indicadores personalizados da energia que chega em sua instalação. O DIC (mede o tempo em que o cliente ficou sem energia) e o FIC (registra o número de vezes em que o cliente ficou sem energia). O consumidor que não for sorteado para a instalação gratuita deste sensor, poderá adquiri-lo e solicitar a sua conexão a ANEEL.

Com este tipo de monitoramento, o cliente poderá solicitar resarcimento em danos provocados em seus equipamentos, uma vez que esteja registrada a ocorrência de falhas no fornecimento de sua energia e seja comprovado que isso originou o dano no equipamento.

USOS FINAIS



4.1. ILUMINAÇÃO

Numa edificação existente, seja pública ou privada, o sistema de iluminação geralmente se encontra fora dos padrões técnicos adequados. Os tipos mais comuns dessas ocorrências são:

- Iluminação fora dos níveis normalizados
- Falta de aproveitamento da iluminação natural
- Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa
- Falta de comandos (interruptores) das luminárias
- Ausência de manutenção, deprecando o sistema
- Hábitos de uso inadequados

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

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



Figura 4.1 – Fluxo luminoso.

Iluminância – Por definição iluminância é o fluxo luminoso (lumen) incidente numa superfície por unidade de área (m^2). Sua unidade é o lux. Um lux corresponde a iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lumen. O melhor conceito sobre iluminância talvez seja uma densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Isto permite supor que existe um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação. Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à iluminância foram tabelados por tipo de atividade. No Brasil eles se encontram na NBR 5413 - Iluminância de Interiores.



Figura 4.2 - Iluminância.

Luminância (L) – É a relação entre a intensidade de uma fonte de luz numa direção, e a superfície da fonte projetada segundo essa direção.

$$L = \frac{I}{S \cos\beta}$$

Onde,

L – Luminância em candela por m^2 (cd/m^2);

β – Ângulo de direção;

I – Intensidade da fonte de luz (lumens);

S – Área da superfície.



Figura 4.3 - Propriedades luminíscas.

Eficiência Luminosa – Eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens, pela potência consumida em watts. Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de "luz" que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo. Dentro das lâmpadas comercialmente disponíveis no mercado nacional, pode-se classificá-las de acordo com a sua eficiência luminosa.

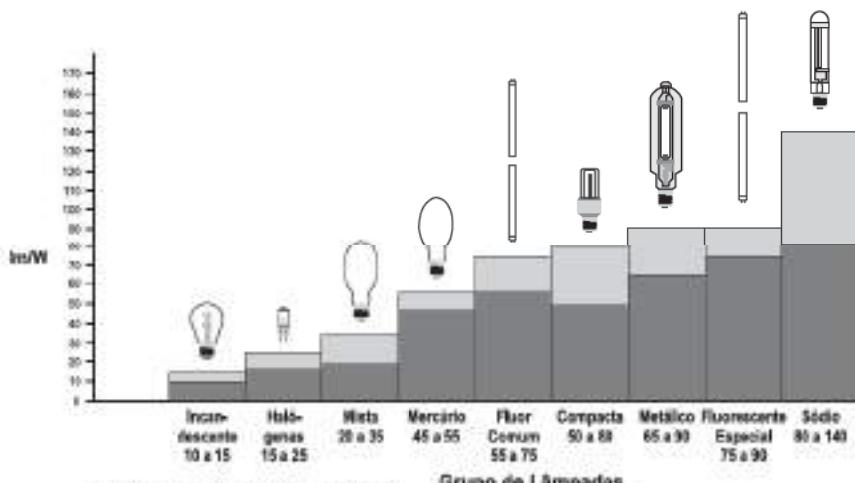


Figura 4.4 – Eficiência energética.

Incandescente – 10 a 15 Im/W;

Halógenas – 15 a 25 Im/W;

Mista – 20 a 35 Im/W;

Vapor de mercúrio – 45 a 55 Im/W;

Fluorescente tubular – 55 a 75 Im/W;

Fluorescente compacta – 50 a 80 Im/W;

Vapor metálico – 65 a 90 Im/W;

Vapor de sódio – 80 a 140 Im/W.

Índice de Reprodução de Cor (IRC) – O índice de reprodução de cor representa a capacidade de reprodução da cor de um objeto diante de uma fonte de luz. O IRC faz uma correspondência entre a cor real de um objeto e a que ele está apresentando diante da fonte de luz. Convencionalmente, o IRC varia entre 0 e 100 e de acordo com a natureza da fonte luminosa e do ambiente a que se destina. Quanto mais alto o IRC melhor é a fidelidade das cores. Por exemplo, em uma fábrica de tintas, não se deve usar uma lâmpada do tipo Vapor de Sódio, que, apesar de consumir menos energia, possui um baixo IRC. De modo geral, os escritórios necessitam de uma boa reprodução de cor, não só para as tarefas visuais, mas também para a criação de uma atmosfera agradável.

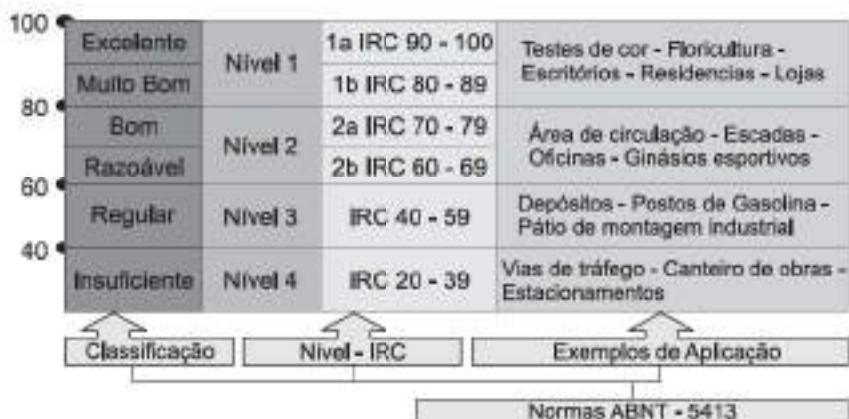


Figura 4.5 – Índice de reprodução de cor e exemplos de aplicação.

Temperatura de Cor Correlata – É uma grandeza que representa a aparência de cor da luz. A maioria dos corpos aquecidos até uma temperatura suficientemente alta emite uma luz avermelhada e, à medida que a temperatura aumenta, a luz emitida vai se tornando mais azulada. Este fenômeno, que é válido para emissões de luz por termorradiação, estabelece uma relação entre a temperatura da fonte de luz e a sua aparência de cor, sendo sua unidade o Kelvin. Portanto, quanto mais alta a temperatura de cor, mais azulada é a cor da luz. A cor amarelada caracteriza a "luz quente" e apresenta uma temperatura de cor em torno de 3000 K ou inferior. Ao contrário da "luz quente" a "luz fria" apresenta uma coloração azulada e tem temperatura de cor na faixa dos 6000 K ou superior. A luz emitida pelo sol ao meio-dia em céu aberto é a "luz branca" e apresenta temperatura de cor de 5800 K.

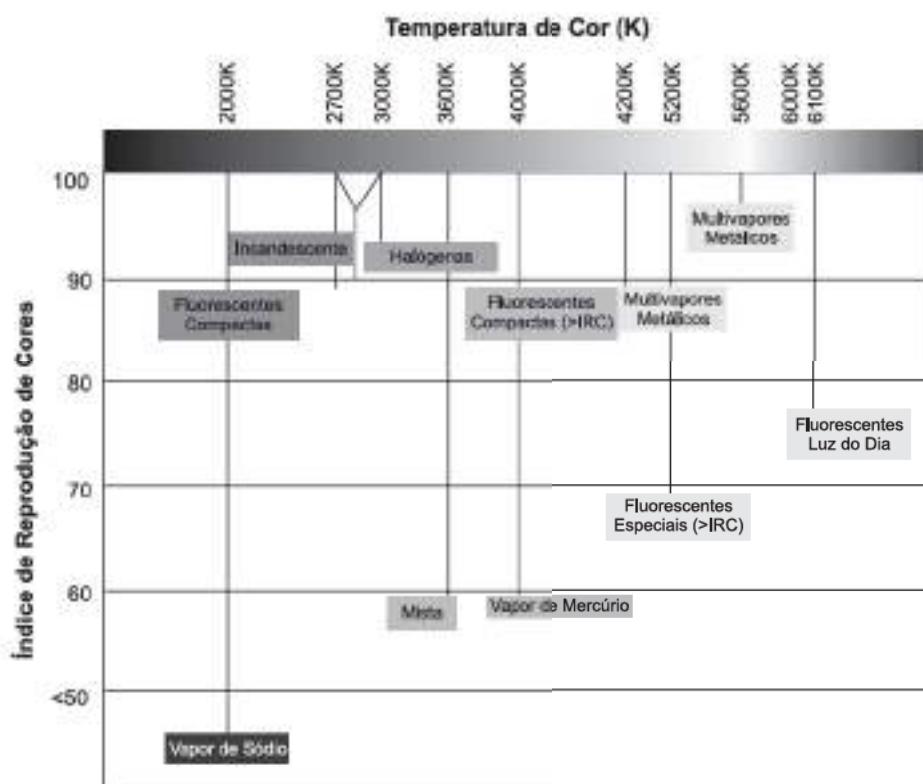


Figura 4.6 – Temperatura de cor correlata.

Medição de Iluminâncias – Quando se deseja conhecer os níveis de iluminância de interiores, realiza-se à sua medição com o auxílio de um fotômetro calibrado em lux, chamado de luxímetro. Em instalações recém-construídas, deve-se fazer as lâmpadas funcionar por algum tempo (aproximadamente 100h), para que sejam devidamente sazonadas e estabilizadas em seus fluxos luminosos. Só depois se processam as medições. Nas instalações com lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, vapor metálico), deve-se, ainda, deixá-las funcionar por 30 minutos antes de se proceder às medições. Com isso, as condições de funcionamento serão aproximadamente as ótimas, pois as temperaturas das fontes e as pressões internas dos gases estarão dentro de seus valores nominais.

4.1.1. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação podem ser classificados como:

- Sistemas de iluminação natural
- Sistemas de iluminação artificial

SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

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

Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra no Brasil razões ainda mais fortes para ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas. O Brasil possui uma das abóbadas celestes mais claras do mundo e, em grande parte do território, a presença de nebulosidade é reduzida quando comparada a outros países, evidenciando o enorme potencial de racionalização energética que a utilização da luz natural representa.

O sol, que é a fonte primária de iluminação, tem sua radiação filtrada na atmosfera pelas moléculas gasosas e partículas de poeira suspensas no ar, porém para efeito de iluminação natural, a fonte de luz considerada é a da abóbada celeste (fonte secundária). A luz solar direta não é considerada como fonte primária de iluminação em sistemas naturais, devido à sua enorme carga térmica, por ser uma fonte pontual de grande intensidade luminosa e também devido à sua movimentação.

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

- A variação da iluminância da abóbada celeste durante o dia – em um edifício é necessário considerar tanto a iluminação natural quanto a artificial. A correta integração entre os dois sistemas pode solucionar o problema da variação da intensidade da luz proveniente da abóbada e contribuir para a redução do consumo de energia.

- Realização de tarefas com diferentes exigências visuais no mesmo recinto – a iluminação dos edifícios modernos visa atender a um grande número de pessoas realizando várias atividades com exigências diferentes quanto ao nível de iluminância. Para melhor utilizar a luz natural a localização das tarefas com maiores exigências visuais deve ser sempre próxima às janelas.

- Carga térmica que entra nas edificações – da radiação proveniente do sol, aproximadamente 50% da energia recebida na Terra são compostos pelo espectro visível (luz), e uma parcela de aproximadamente 45% é composta por radiações infravermelhas. Um sistema de iluminação natural eficiente deve possuir uma proteção adequada contra a incidência da radiação solar direta. Nestas condições, o uso da luz natural pode permitir uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar-condicionado.

SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais

inseparável da edificação. A luz artificial também permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade as suas atividades ou se divertir, indo a bares, *shopping centres* ou mesmo lendo um livro. É importante, no entanto, salientar que não é tão simples empregar a luz artificial de forma eficiente.

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

- Lâmpadas
- Luminárias
- Reatores
- Circuitos de distribuição e controle
- Utilização de luz natural
- Cores das superfícies internas
- Mobiliário
- Necessidades de iluminação do ambiente

Lâmpadas

As lâmpadas que contêm filamento emitem luz pela incandescência como a luz gerada pelo sol. As de descarga são as que emitem luz em temperaturas relativamente baixas, como nos relâmpagos. A luz emitida por alguns tipos de peixes, pelo nosso conhecido vaga-lume e pelos diodos utiliza o fenômeno da fotoluminescência.

As lâmpadas mistas são outro tipo existente e são chamadas assim por combinarem a incandescência e a luminescência enquanto as lâmpadas fluorescentes combinam os fenômenos de luminescência e fotoluminescência.

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

Fontes Naturais		
Emissão Térmica	Emissão Luminescente	Fotoluminescência
Sol	Raios	Vagalume

Figura 4.7a – Fontes luminosas naturais.



Figura 4.7b – Fontes luminosas artificiais.

Lâmpadas Incandescentes

Lâmpada Incandescente Tradicional

A lâmpada incandescente gera luz como consequência do aquecimento provocado pela passagem de corrente elétrica através do filamento de tungstênio. Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte ou vácuo dentro do bulbo que contém o filamento. Apresenta uma temperatura de cor na faixa de 2700 K (amarela), e reprodução de cor de 100%, tendo atualmente sua aplicação predominantemente residencial.

Lâmpada Incandescente Halógena

São lâmpadas incandescentes com um aditivo de gases halógenos. A função dos gases halógenos é combinar-se com o tungstênio vaporizado do filamento. A combinação em questão faz com que as partículas vaporizadas de tungstênio se depositem de volta no filamento, regenerando-o. Este processo garante algumas vantagens adicionais a este tipo de lâmpada em relação as incandescentes comuns:

- Luz mais branca, brilhante e uniforme durante sua vida útil
- Maior eficiência energética, ou seja, mais luz com potência menor ou igual
- Maior vida útil, variando entre 2000 e 4000 horas
- Dimensões menores



Figura 4.8 – Lâmpada incandescente.



Figura 4.9 – Lâmpada halógena.

Lâmpadas de Descarga Elétrica

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

Fluorescentes tubulares

Essas lampadas apresentam alta eficiencia e longa durabilidade e tem sua aplicabilidade em varias áreas como nos comércios, indústrias e residências. As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior vapor de mercúrio e gases inertes. Com a passagem de corrente elétrica pelo seu interior os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio, fornecendo energia aos seus elétrons, fazendo com que mudem de órbita, passando para uma camada mais externa. Quando esses elétrons regressam para sua órbita original liberam energia na forma de radiação ultravioleta, que é convertida em luz visível pela pintura fluorescente que reveste a parte interna do bulbo da lâmpada.

Atualmente existem duas versões dessas lâmpadas:

- Fluorescente convencional – apresenta eficiência luminosa de até 70 lm/W, temperatura de cor entre 4100K e 6100K e índice de reprodução de cor de 48 a 78%.
- Fluorescente trifósforo – eficiência luminosa de até 100 lm/W, temperatura de cor variando entre 3500K e 6000K e índice de reprodução de cor de 85%.

A evolução das lâmpadas fluorescentes se verifica na redução do diâmetro que, associada ao desenvolvimento óptico das luminárias, garante maior aproveitamento do fluxo luminoso.



Figura 4.10 – Lâmpadas fluorescentes tubulares.

Fluorescentes compactas

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

- Consumo de energia em média 80% menor
- Durabilidade aproximadamente dez vezes maior, apresentando como consequência uma enorme redução nos custos de manutenção e reposição das lâmpadas
- Apresentam um design moderno, leve e compacto
- Geram menor aquecimento no ambiente, reduzindo a carga térmica das grandes instalações e proporcionando conforto e sobrecarregando menos os sistemas de ar-condicionado
- Excelente índice de reprodução de cores, em torno de 85%, o que garante seu uso em locais onde a fidelidade e a valorização dos espaços e produtos são fundamentais
- Devido à tecnologia do pó trifósforo, apresenta tonalidade de cor adequada para cada ambiente



Figura 4.11 – Lâmpadas fluorescentes compactas.

Vapor de Mercúrio

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

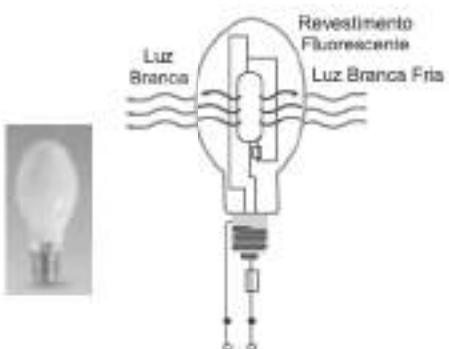


Figura 4.12 – Lâmpadas de vapor de mercúrio.

Luz Mista

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

radiação do mercúrio com a radiação do fósforo e a radiação do filamento incandescente, produz uma agradável luz branca. As principais características da luz mista são:

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



Figura 4.13 – Lâmpadas mistas.

Vapor de Sódio

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

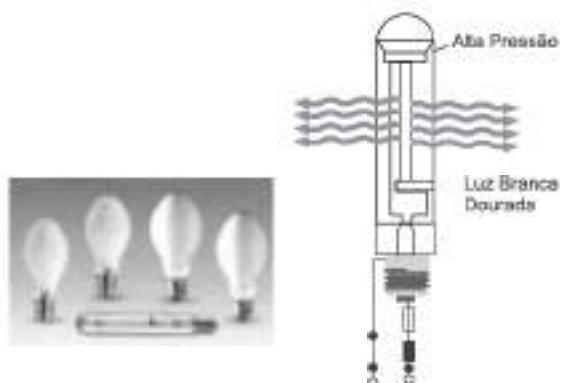


Figura 4.14 – Lâmpadas de vapor de sódio.

Vapor Metálico

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

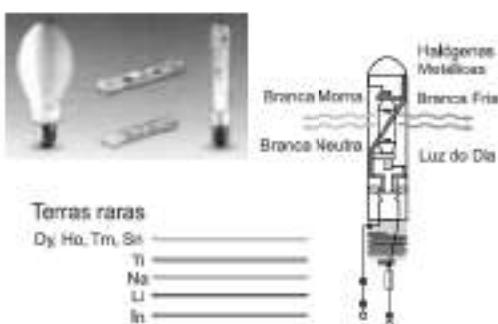


Figura 4.15 – Lâmpadas de vapor metálico.

Luminárias

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

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



Figura 4.16 – Modelos de luminárias.

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

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

Reatores

Reator é um equipamento auxiliar às lâmpadas de descarga, constituído por uma bobina de campo magnético, responsável pela indução, uma bobina para a elevação da tensão e outras para aquecimento dos filamentos das lâmpadas.

São comuns no mercado dois tipos de reatores: os eletromagnéticos e os eletrônicos.

Reatores eletromagnéticos são constituídos basicamente por uma bobina de fio de cobre enrolada sobre um núcleo de ferro silício, operando na frequência da rede elétrica (60Hz). Neste tipo de reator ocorrem grandes perdas de potência pela qualidade do ferro empregado e pela elevada resistência do fio relativamente fino do enrolamento. Essa potência elétrica se dispersa em forma de calor, resultando em temperaturas elevadas (podendo atingir 100°C, ou seja, a temperatura de ebulição da água) durante o funcionamento normal. Os reatores eletromagnéticos podem ser classificados em três subtipos – partida convencional série, partida convencional e partida rápida.

Reatores eletrônicos são circuitos eletrônicos que proporcionam uma corrente elétrica em alta frequência (acima de 20kHz) para as lâmpadas fluorescentes, a partir da rede elétrica de baixa frequência. Nesta frequência, o comportamento eletrônico da lâmpada muda resultando em maior eficiência e economia de energia (Não é necessária reigrição constante).

Reatores eletrônicos	Reatores eletromagnéticos
Consumem menos energia, pelas pequenas perdas do circuito eletrônico	Alto consumo de energia devido às perdas em forma de calor
Não apresentam efeito estroboscópico, por trabalhar em alta frequência	Efeito estroboscópico, atribuído à baixa frequência
Maior durabilidade das lâmpadas	Durabilidade das lâmpadas menor, devido à maior solicitação (ignição constante)
Menor peso e volume, devido ao circuito eletrônico compacto e leve	Pesado e volumoso devido ao núcleo de ferro, fio de cobre e resina
Aquecem menos o ambiente	Contribuem para aquecimento do ambiente
Baixa temperatura de trabalho (Baixas perdas)	Perdas significativas devido ao núcleo do transformador e resistência elétrica do fio. Temperatura de trabalho pode atingir 100°

Quadro 4.1 – Características dos reatores eletrônicos e eletromagnéticos.

Circuitos de Distribuição e Controle

Circuitos de distribuição e controle são praticamente o caminho elétrico que transporta informação e potência para um equipamento para que este desempenhe sua tarefa específica.

Utilização de Luz Natural

Proveniente do sol, direta ou difusa pelas nuvens, deveria ser utilizada ao máximo, visando à eficiência dos sistemas de iluminação no período diurno. Entre os problemas que podem surgir na utilização desta fonte de luz, destacam-se:

- Uma certa imprevisibilidade em quanto ao caráter da luz solar. O céu com nuvens produz uma luz difusa e dispersa enquanto que o sol ao meio-dia produzirá uma luz dura e com fortes contrastes.
- Mudança rápida na temperatura de cor ao longo do dia, o que origina reproduções cromáticas incorretas.
- A constante mudança da direção da luz que acaba por afetar a situação das sombras nos objetos imóveis.
- A diferença da duração da luz diurna no inverno e no verão.
- A distinta angulação do sol em relação à terra segundo as estações do ano.
- A necessidade de recorrer à utilização de superfícies pouco refletoras que ajudem a diminuir o contraste entre luzes e sombras.
- Ter de recorrer a fontes de iluminação artificial para corrigir os efeitos da luz natural ou para criar efeitos, provocando algumas incompatibilidades que obrigam a utilização de filtros nos projetores de iluminação.

Cores das Superfícies Internas

As cores das superfícies internas são fundamentais para um projeto de iluminação e, consequentemente, para o bem-estar das pessoas que irão freqüentar ou trabalhar em tal espaço. As cores são o resultado da soma dos comprimentos de ondas da luz incidente, refletidos e absorvidos pelas superfícies, podendo estas ser de maior poder de reflexão (cores claras) ou maior poder de absorção (cores escuras). Num projeto de iluminação deve-se sempre levar em consideração os fatores cor e intensidade luminosa para que haja um conforto no ambiente iluminado.

Mobiliário

O mobiliário também pode influir na iluminação de forma positiva ou negativa. Levando-se em consideração superfícies polidas, muito escuras ou muito claras, é possível reproduzir ofuscamentos por efeitos reflexivos, ter que aumentar a potência dos equipamentos de iluminação, ou, até mesmo, ter de desenvolver projetos específicos para a valorização de certos objetos.

Necessidades de Iluminação do Ambiente

O ser humano é um animal diurno, logo necessita intensamente de luz e claridade para exercer a maioria de suas funções. Assim, sempre devem ser elaborados estudos para uma iluminação próxima à perfeita, para que as pessoas possam realizar suas funções com níveis altos de produtividade.

4.1.2. DESCRIÇÃO DE UM PROJETO EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO

No âmbito da iluminação de interiores, os projetos luminotécnicos eficientes devem sempre buscar:

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

São objetivos a serem alcançados em um projeto de iluminação:

- Definir o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente. Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que orientarão o projetista. O nível recomendado varia, também, com a duração do trabalho sob iluminação artificial, devendo ser mais elevado para as longas jornadas.
- Obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados.
- Evitar o deslumbramento das pessoas que utilizam o local. O deslumbramento é a impressão de mal-estar que o olho humano experimenta quando recebe fluxo luminoso de uma fonte de grande intensidade luminosa. Sua consequência imediata é a perturbação da capacidade visual do indivíduo, sendo capaz de dificultar e mesmo impedir a função visual perfeita.
- Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados. A impressão da cor de um objeto depende da composição espectral da luz que o ilumina, de suas refletâncias espectrais e do sentido da visão humana. Portanto a cor não é exatamente uma propriedade fixa e permanente em um objeto, mas o que se enxerga como cor é o fluxo luminoso refletido pelo mesmo.
- Escolher com critério os aparelhos de iluminação e o tipo de lâmpada a ser empregada para que se verifiquem as condições anteriores de uma forma econômica, e que essas condições não se degradem sensivelmente com o tempo.
- Lembrar que a iluminação é parte de um projeto global, devendo se harmonizar com o mesmo. Ela define, em muitos casos, as características de um ambiente. Em resumo, ao se projetar a iluminação de um ambiente, não se deve levar em conta unicamente os aspectos quantitativos, mas também os qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos que o usuário exige do espaço iluminado.

4.1.3. REVITALIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

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

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

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

Ao se fazer a visita no local que será estudado é necessário que se levante uma série de itens que serão de fundamental importância para o estudo. A seguir estão relacionados os parâmetros que devem ser avaliados, sob forma de recomendações e procedimentos:

CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE

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

COMPONENTES DO SISTEMA E DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

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

FORMA E HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO

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

NÍVEL DE ILUMINAMENTO NOS PLANOS DE TRABALHO

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

FAIXA ETÁRIA DAS PESSOAS QUE TRABALHAM NO LOCAL

Quanto mais idosa a pessoa fica, maiores níveis de iluminação tornam-se necessários para enxergar as mesmas coisas com o mesmo esforço de quando eram mais jovens. Num ambiente normal de trabalho, encontram-se pessoas de faixas etárias distintas, trabalhando no mesmo ambiente iluminado, onde o certo seria a aplicação de iluminação suplementar em seus espaços pessoais, como, por exemplo, um *spot* para sua mesa de trabalho.

TARIFA DE ENERGIA

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

4.1.4. APLICAÇÃO E ANÁLISE DA REVITALIZAÇÃO

Alguns aspectos técnicos devem ser considerados na aplicação da revitalização, quais sejam:

- Nível de iluminamento
- Escolha dos componentes
- Análise econômica
- Medição e verificação

NÍVEL DE ILUMINAMENTO

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

ESCOLHA DOS COMPONENTES

- Na escolha da luminária deverão ser considerados os aspectos de facilidade de instalação, necessidade de adaptação no forro, utilização dos materiais de fixação existentes e, principalmente, suas características fotométricas, seu rendimento e custo para reforma ou substituição.
- A escolha da lâmpada está atrelada à luminária, porém deverão ser consideradas as lâmpadas com melhor relação lm/W, sua temperatura de cor e índice de reprodução de cor.
- A escolha do reator sempre recai sobre o problema de utilização ou não de reatores eletrônicos, pois apesar destes diminuírem significativamente as perdas, nem sempre são viáveis economicamente. Desta forma, recomenda-se que sejam avaliadas alternativas de instalação com e sem reatores eletrônicos e comparadas suas viabilidades econômicas. Deve-se também considerar o acionamento de múltiplas lâmpadas por apenas um reator eletrônico, reduzindo o investimento.

ANÁLISE ECONÔMICA

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

MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

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

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

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

Quadro 4.2 - Resumo e comparação entre as opções de MV.

4.1.5. MÉTODO DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

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

DADOS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO

- Dimensões do ambiente
- Pé-direito
- Altura do plano de trabalho
- Altura de suspensão da luminária
- Refletâncias do teto, parede e piso
- Tipo de luminária a ser utilizada
- Iluminância necessária no ambiente segundo a NBR 5413

ETAPAS DE CÁLCULO

As etapas de cálculo são as seguintes:

- Índice do local
- Fator de utilização
- Fator de perdas luminososas
- Níveis de iluminância recomendados pela NBR 5413
- Cálculo da quantidade de luminárias
- Cálculo da iluminância média
- Distribuição das luminárias

Índice do local (K)

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

Onde,

pd = Pé-direito

hs = Altura de suspensão da luminária

ht = Altura do plano de trabalho

C – Comprimento do ambiente

L – Largura do ambiente

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

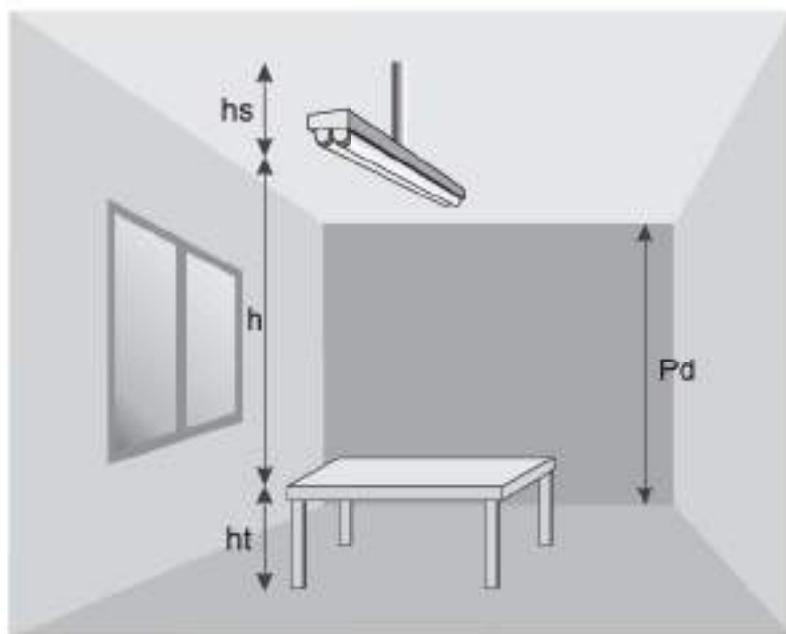


Figura 4.17 – Parâmetros para cálculo.

Fator de Utilização (U)

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

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

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

Quadro 4.3 – Refletâncias.

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

Tabela 4.1 – Fator de utilização.

Fator de Perdas Luminosas

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

Limpo = 0,80

Médio = 0,70

Sujo = 0,60

Níveis de Iluminância recomendados pela NBR 5413

O Quadro 4.4 a seguir mostra alguns exemplos de iluminâncias recomendadas para diversas atividades.

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

Quadro 4.4 - Classificação das atividades em função da utilização.

Cálculo da Quantidade de Luminárias

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

Onde,

E = Iluminância

C = Comprimento do ambiente

L = Largura do ambiente

n = Quantidade de lâmpadas por luminária

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

U = Fator de utilização

Fpl = Fator de perdas luminosas

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

Cálculo da Iluminância Média

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

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

Distribuição das Luminárias

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

Exemplo 4.1

Suponha que o ambiente em estudo tenha as seguintes dimensões:

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

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

A - Índice do local (K)

$$K = 8.5 / 2.(8+5) = 1,54$$

B - Fator de Utilização (U)

Refletância do teto = 70%

Refletância parede = 50%

Refletância piso = 10%

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

C - Fator de perdas luminosas (Fpl)

Ambiente limpo: $Fpl = 0,80$

D - Iluminância recomendada (E)

$$E = 500\text{lux}$$

E - Quantidade de luminárias (N)

$$N = 500 \times 8 \times 5 / 2 \times 2700 \times 0,62 \times 0,80 = 7,5$$

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

Após arredondamento define-se que serão utilizadas 8 luminárias.

F - Iluminância Média

$$E = 8 \cdot 2.700 \cdot 0,62 \cdot 0,80 / 5,8 = 535\text{lux}$$

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

Uma boa iluminação não é apenas uma diminuição da escuridão. Como se disse anteriormente, tornou-se uma necessidade da vida humana. Reduz os acidentes rodoviários noturnos e constitui-se numa barreira contra o crime. Aumenta a produtividade e tem efeito positivo no bem-estar das pessoas envolvidas nos processos de produção.

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

Uma boa iluminação continua a ser uma das necessidades básicas mais importantes do homem. É sabido que esta necessidade pode ser satisfeita, mesmo quando a conscientização sobre o custo da energia é uma exigência imperiosa. Para atingir simultaneamente estes objetivos, é necessário experiência profissional e saber executar projetos de iluminação com orientação energética, isto é, ter conhecimentos profundos de engenharia luminotécnica. Além disso, a gama de equipamentos de iluminação de hoje, por ser tão sofisticada, não pode ser manejada por pessoas inexperientes, pois assim estar-se-ia correndo o risco da perda permanente de dinheiro e energia.

4.2. AR-CONDICIONADO

Esse tipo de sistema geralmente apresenta uma grande participação no consumo de energia elétrica de um prédio.

O gerenciamento do consumo em sistema de ar-condicionado e refrigeração, no sentido mais amplo, deve começar na fase de projeto do sistema, onde devem ser elaboradas especificações técnicas muito claras, bem detalhadas, incluindo a documentação a ser fornecida e características fundamentais dos equipamentos, tais como eficiências.

Nesta fase, além de atender às condições de conforto ambiental, o estudo deve ser feito no sentido de obter:

- Equipamentos mais eficientes, com bases em estudos técnico-económicos.
- Solução que preveja a facilidade de execução da manutenção.
- Previsão, nas especificações de fornecimento, de testes na fase de inspeção no fabricante e após a montagem, que permitam certificar que o produto especificado foi efetivamente o fornecido, e instalado corretamente.
- Elaboração de Manual de Manutenção, de forma a não atuar só em emergências, mas estabe-

lencendo regras claras, prazos para fazer ajustes de forma que os equipamentos operem nos seus *set points* originais.

Já um diagnóstico energético é uma ferramenta utilizada para levantar e estimar como e em que quantidades as diversas formas de energia estão sendo gastos numa edificação, em seus sistemas (ar-condicionado, iluminação, motorização, bombeamento, refrigeração etc.) ou em aplicações industriais, nos seus processos (ar comprimido, vapor, bombeamento etc.). Após o levantamento, é feito estudo que permite avaliar perdas (traduzidas em consumo de kWh, demanda etc.), seus custos e indicar medidas corretivas, avaliar custos de investimentos nas modificações (projetos, aquisição de equipamentos novos) e calcular tempo de retorno dos investimentos, visando orientar os gerentes do empreendimento na tomada de decisões.

4.2.1. MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

São assim chamadas todas aquelas ações, que tenham por objetivo introduzir modificações na fase de projeto ou de operação (em sistemas já operacionais), com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica, sem contudo burlar leis, normas de projeto ou outros dispositivos que regulamentem questões ocupacionais, operacionais etc.

Estas medidas podem ser divididas em três níveis, por critérios de custos de implantação:

- Medidas com "custo zero"
- Medidas com "baixos custos"
- Medidas com "custos moderados e altos"

Medidas com "Custo Zero"

São medidas com "custo zero":

- Ajustes de registros de tomada de ar exterior
- Desligamento de luzes
- Vazamento de dutos
- Desligamento dos sistemas de exaustão
- Limpeza de filtros
- Programação de computadores para baixo consumo
- Ajustes de acionamentos
- Limpeza de superfícies de trocadores de calor
- Ajustes de termostatos
- Ajustes de vazão de ar
- Manutenção programada
- Seminário de conservação de energia

Ajustes de registros (*dampers*) de tomada de ar exterior

Cargas excessivas de ar exterior levam a consumos acima do normal, já que é gasta uma quantidade extra de energia para resfriar aquela quantidade de ar. Existem técnicas que calculam as quantidades de renovação de ar requerida por critério de ventilação. O que ultrapassa o especificado É EXCESSO e deve ser ajustado. A medição do ar efetivamente tomado deve ser feita com um anemômetro.

Uma vez calculadas a vazão necessária e a respectiva carga térmica do ambiente (BTU/h), pode-se chegar aos valores de consumo de kWh e de economia em R\$.

Exemplo 4.2

Num determinado escritório, calculou-se o ar de ventilação para 100 pessoas e a carga térmica respectiva para o ar de renovação ($1.470 \text{ ft}^3/\text{min}$ e 99.225 BTU/h). Considerando-se que o gerente de manutenção mediou na tomada de ar exterior uma vazão de $1.800 \text{ ft}^3/\text{min}$ (cfm), calcular o consumo em excesso.

O ar em excesso corresponde a:

$$(1800 - 1470) \text{ cfm} = 330 \text{ cfm}$$

Proporcionalmente a 99.225 BTU/h , estes 330 cfm correspondem a uma carga térmica de:
 $(330/1.470) \times 99.225 = 22.275 \text{ BTU/h}$

Agora, calculando o consumo em kWh e R\$.

Admitindo-se:

- O escritório opera 22 dias/mês, 10 horas/dia, 12 meses/ano
- A eficiência do equipamento (*chiller* antigo) é de $1,3 \text{ kW/TR}$, ou $1,3 \text{ kWh/TRh}$
- A tarifa média de energia é de R\$ 0,07/kWh
- $22.275 \text{ BTU/h} \times 12 \text{ meses/ano} \times 22 \text{ dias/mês} \times 10 \text{ horas/dia} = 58.806.000 \text{ BTU/h}$

Sendo $1 \text{ TR} = 12.000 \text{ BTU/h}$, vem $1 \text{ TRh} = 12.000 \text{ BTU}$

$$58.806.000 \text{ BTU/h} / 12.000 \text{ BTU/h} = 4.900 \text{ TRh}$$

Assim, a despesa em excesso será:

$$4900 \text{ TRh} \times 1,3 \text{ kWh/TRh} \times \text{R\$ } 0,07/\text{kWh} = \text{R\$ } 445,94 / \text{ano}$$

Sobre o cálculo apresentado, algumas considerações devem ser feitas.

- A carga térmica foi "estimada" em cima de condições extremas, sendo que para cálculo mais exato, deveria ter sido feito um que considerasse as variações de temperatura ao longo dos meses e horas do dia.
- A eficiência do *chiller* foi de uma máquina já obsoleta, devendo-se observar a máquina de cada caso, tarifas etc.

Desligamento de Luzes

A iluminação tem dois impactos na conta de luz:

- O consumo de luz propriamente dito
- A carga térmica (a energia dissipada) sobre o equipamento de remoção de calor, seja um *self, split ou chiller*

Neste segundo caso, observa-se que luzes acesas desnecessariamente ou iluminação superdimensionada (não eficiente) acarretarão um excesso de carga sobre os equipamentos de ar-condicionado.

Exemplo 4.3

Um prédio com cinco andares e 600m²/andar, tem uma taxa média de iluminação de 20 W/m². Estimou-se que cerca de 70% da iluminação poderiam ser desligados no período pós-expediente, de 18 às 22h. Pergunta-se qual o ganho que se estima com o desligamento da iluminação, sobre a operação do sistema de ar-condicionado.

A área iluminada é de:

$$600 \text{ m}^2 \times 5 = 3.000 \text{ m}^2$$

A carga térmica, devido à iluminação, por conseguinte seria de:

$$20 \text{ W/m}^2 \times 3.000 \text{ m}^2 \times 0,7 = 42.000 \text{ W} = 142.800 \text{ BTU/h} = 11,9 \text{ TR}$$

Com os parâmetros a seguir:

Eficiência do *chiller*: 0,8 kW/TR (= 0,8 kWh/TRh)

Horas em operação: 12 meses/ano x 22 dias/mês x 4 horas/dia = 1.056 horas

Tarifa: R\$ 0,07 /kWh

O custo do consumo evitado considerando somente a redução da carga de iluminação seria:

- $11,9 \text{ TR} \times 1.056 \text{ horas} = 12.566 \text{ TRh}$
- $12.566 \text{ TRh} \times 0,8 \text{ kWh/TRh} \times \text{R\$ 0,07/kWh} = \text{R\$ 703,00}$

O desligamento do sistema seria conseguido através dos controles (termostatos) que atingiriam as temperaturas de conforto mais rapidamente.

Vazamento em Dutos

A utilização de mão-de-obra inadequada na fabricação de dutos de sistemas de ar-condicionado, com juntas e acabamentos de baixa qualidade, ou a existência de aberturas indesejáveis em dutos, vai permitir a perda de quantidades expressivas de ar tratado (resfriado e desumidificado), obrigando

os equipamentos a funcionarem em sobrecarga. O resultado direto é que uma quantidade extra de energia elétrica será despendida na proporção da vazão de ar perdido. A estimativa destas perdas é difícil, em geral, podendo ser às vezes levantada (aproximadamente) pela diferença entre o ar insuflado e o ar retornado (a menos do ar exfiltrado). Recomenda-se, portanto, a utilização de duteiros experientes seja na execução de obras novas ou de reformas.

Desligamento de Sistemas de Exaustão

Sistemas de exaustão que exaurem ar tratado devem ser desligados quando sua função for dispensável. Por exemplo, sistemas que operam fazendo exaustão de cozinhas, lanchonetes, condicionadas ou interligadas a restaurantes condicionados.

Limpeza de Filtros

Filtros obstruídos acarretam aumento no consumo de energia elétrica, já que o motor do ventilador é obrigado a trabalhar contra um acréscimo de pressão. Recomenda-se que a perda de pressão nos filtros seja controlada por manômetros, tipo coluna d'água, procedendo-se a limpeza ou troca dos filtros (descartáveis), quando atingida a perda máxima recomendada pelo fabricante. Estas perdas, em geral, são expressas em mm CA (milímetros de coluna d'água) ou polegada de CA, ou Pa (Pascal), ou outras unidades de pressão.

As perdas de energia podem ser estimadas conforme se demonstra a seguir.

$$W = \frac{m \cdot PD}{750}$$

Onde,

W = potência em kW

m = vazão em massa (l/s)

PD = pressão diferencial = kPA (quilo Pascal)

Exemplo 4.4

Verificou-se que uma instalação de ar-condicionado tem seus Fan&Coil's (FACS) operando com 230.000 m³/h, com filtros sujos durante três períodos de um mês por ano. Estimar as perdas em energia elétrica.

$$W = \frac{m \cdot PD}{750}$$

- $PD = 10 \text{ mmCA} = 0,1 \text{ kPa}$
- $m = 230.000 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.000 \text{ l/m}^3 / 3.600 \text{ s/h} = 63.888 \text{ l/s}$
- $W = 63.888 \times 0,1/750 = 8,51 \text{ kW}$

Consumo anual:

3 meses x 22 dias x 10 horas/dia x 8,51 kW = 5.622 kWh/ano

Despesa:

- $1 \text{ kWh} = \text{R\$ } 0,10$
- $5.622 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,10 = \text{R\$ } 562,20 / \text{ano}$

Programação de Computadores para Baixo Consumo

Computadores pessoais antigos (PC's), incluindo monitor e a CPU, podem dissipar até 350 watts. Os mais modernos possuem a capacidade de ser programados para desligar seus monitores (e até o disco rígido), se permanecerem inoperantes após um período de tempo pré-ajustado. Nesta configuração, passam a consumir apenas poucos watts (cerca de 10 W, ou menos).

É fácil calcular a economia alcançável com uma simples medida de programar um PC, já que raramente estes são operados em tempo integral.

Ajustes de acionamentos

Freqüentemente encontram-se motores de ventiladores com suas correias "patinando". Este deslizamento produz uma perda de energia considerável. Recomenda-se nestes casos seu ajuste (tensionamento).

Outra alternativa é a troca de correias tipo "V" por correias "síncronas" (denteadas). Correias tipo "V" possuem eficiência típica de 90 a 95% quando novas e bem tensionadas, enquanto as correias denteadas nessas mesmas condições oferecem eficiências na faixa de 97 a 99%. A diferença na eficiência e no preço retorna na forma de economia de energia.

Limpeza de Superfícies de Trocadores de Calor

Serpentinas com seus tubos (parte interna) e aletamento obstruído ou trocadores do tipo casco e tubo, com seus tubos sujos, acarretam perdas de "bombeamento", já que ventiladores ou bombas terão que trabalhar mais para fornecer a mesma vazão. Como no caso de filtros sujos, a perda de energia será proporcional às perdas de carga adicionais (sujo - limpo).

No caso de trocadores tipo casco e tubo, e outros, o uso de manômetros permite o controle das perdas de carga dentro do especificado pelo fabricante do equipamento.

Ajustes de Termostatos

Os termostatos são equipamentos destinados a controlar temperaturas, sejam dos ambientes, da água gelada do *chiller* etc. Se a temperatura ajustada for diferente da requerida por projeto, podemos estar gastando mais energia que o requerido.

Por exemplo, uma instalação que tenha sido projetada para ter 24°C em seus recintos, mas opera a 22°C, estará gastando quase 10% a mais, já que estará resfriando "em excesso". Para o caso, a medida é simples: ajustar o termostato para 24°C. A temperatura de conforto segundo a norma brasileira ABNT 6401 é de 23°C a 26°C.

No caso de medidas destinadas a economizar energia, sempre se pode recorrer a uma "subida" no *set point*, mantendo-o dentro do permitido por Norma.

A conservação dos instrumentos também é fundamental, já que instrumentos em mau estado de conservação darão leituras erradas.

Ajustes de Vazão de Ar

Freqüentemente, após um longo tempo de operação de uma instalação, ela se encontra funcionando fora de seus parâmetros de projeto.

Uma avaliação da carga térmica, em função da redução de pessoal, modificações da finalidade do uso de ambientes (que funcionavam com altas cargas e agora foram reduzidas) traz surpresas, podendo em alguns casos permitir um rebalanceamento das vazões, com redução no consumo de energia de FACS, *chillers* e bombeamento.

As reduções alcançáveis somente podem ser avaliadas caso a caso e após um levantamento criterioso.

Manutenção Programada

A elaboração de programas de manutenção, baseado em um manual, em que são previstos todos os serviços em cada equipamento, freqüências, *set points*, contribui não só para reduzir o consumo (filtros sujos, serpentinas obstruídas, correias frouxas etc.), como para reduzir ou impedir paradas não desejadas de equipamentos.

Estes manuais devem compreender, pelo menos:

- Plantas e fluxogramas dos sistemas
- Desenhos dos principais equipamentos
- Desenhos das instalações elétricas
- Lista de componentes reserva, com suas especificações
- *Set points* para controles (*chillers*, de ambiente etc.)
- Freqüências de ajustes ou trocas de componentes

Seminário de Conservação de Energia

Será de grande valia um "seminário", com todos os funcionários da empresa, desde o pessoal executivo e de apoio até o pessoal de manutenção, baseado no que está sendo exposto neste manual, e adequando a área de alcance, responsabilidade, atuação e linguagem.

MEDIDAS COM "BAIXO CUSTO"

São medidas com "baixo custo":

- Redução de infiltração de ar externo
- Recálculo de ocupação de pessoal – ar exterior
- Isolamento térmico em dutos
- Isolamento de tubos
- Desligamento de sistemas x instalações de seminários dedicados
- Desligamento de bombas de circulação (BAG e BAC) e torres de resfriamento
- Segregação para área de fumantes
- Recalibragem de controles
- Instalação de barreiras ou isolamento de equipamentos
- Redução de perdas em circuitos de água
- Proteção de vidros – cortinas, filmes, *brises* e telas

Redução de Infiltração de Ar Externo

A infiltração de ar externo traz uma carga térmica indesejável para o sistema, onerando a conta de energia elétrica do usuário.

As fontes de infiltração podem ser:

- Janelas (esquadrias) mal ajustadas
 - Portas abertas continuamente ou não (comunicando com a rua ou ambientes não condicionados)
- Quanto às janelas, devem ser mantidas fechadas e ter seus ajustes às esquadrias verificados.

Portas que dão acesso a ambientes não condicionados (garagens internas, por exemplo) devem ser mantidas fechadas, por molas ou outros sistemas.

Portas com acesso à rua, devem possuir sistema de fechamento automático (mola ou eletrônico) ou quando isto não for possível, o uso de cortinas de ar pode ser vantajoso.

Recálculo de Ocupação de Pessoal – Ar Exterior – Rebalanceamento

Uma instalação antiga, com um projeto baseado numa ocupação do prédio diferente da atual, deverá ser avaliada quanto às novas destinações das áreas, cargas de equipamentos originais (equipamentos de escritórios) e número de pessoas.

Por exemplo, uma área originalmente destinada a pessoal e que virou um depósito terá suas taxas

de ar de ventilação reduzidas. Uma área que originalmente era um laboratório com exaustores e se tornou uma área de escritório, poderá igualmente ter sua carga de equipamentos e ventilação reduzida.

Esta avaliação poderá indicar uma redução na vazão de ar exterior (ventilação), ou a necessidade de rebalancear o sistema de distribuição de ar (dutos), remanejando vazões de regiões com superávit para regiões com déficit, melhorando assim as condições de conforto e reduzindo as reclamações dos ocupantes.

A redução de ar exterior, através de medição e atuação no *damper* da tomada de ar, trará uma redução significativa no consumo de energia.

Isolamento Térmico em Dutos

Dutos mal isolados, passando sobre áreas não condicionadas, acarretam perdas consideráveis, onerando a carga térmica do sistema e, por conseguinte, aumentando a conta de energia. Em geral, os custos para isolar dutos são bem inferiores às perdas ocasionadas pela ausência do isolamento.

Via de regra, para condições de conforto em ar-condicionado, mantas ou placas de 25mm de espessura de isolamento a base de lã de vidro (Dutover, ou similar), isopor incombustível, ou outros materiais, são suficientes.

Isolamento de Tubos

Pelos mesmos motivos citados anteriormente tubulações devem estar devidamente isoladas, evitando perdas energéticas e danos provocados por condensação (tubo pingando) sobre equipamentos, mobiliário etc.

Desligamento de Sistemas x Instalações de Sistemas Dedicados.

Sistemas que operam 24 horas por dia devem ter sistemas dedicados. Exemplos são centrais telefônicas ou de computadores, que via de regra operam continuamente, porém poderão obrigar grandes sistemas (grandes Centrais de Água Gelada - CAG's) a trabalharem em baixa carga e consequentemente em faixas de baixo rendimento, exclusivamente para atendê-los. Assim, os equipamentos de maior porte seriam desligados, ficando em operação apenas aqueles dedicados (de menor capacidade).

Desligamento de Bombas de Circulação (BAG e BAC) e Torres de Resfriamento

Equipamentos que operem desnecessariamente deverão ser desligados. Tipicamente, quando em baixa carga térmica (inverno ou à noite), as bombas de água gelada (BAG) ou de água de condensação (BAC) e respectivas torres podem ser desligadas. Isto pode ser feito manualmente, mas preferencialmente por sistema de controle capaz de sentir a carga reduzida.

É conveniente lembrar que o consumo de bombas e torres na instalação é expressivo. Para um cálculo expedito, pode-se usar a potência de placa dos motores e o tempo que poderão permanecer desligadas.

Segregação para Área de Fumantes

Pelas taxas de ar de renovação estabelecidas por norma, percebe-se a sobrecarga que o projeto requer para área em que sejam admitidos fumantes.

No caso de escritórios, os valores estabelecidos podem ser 20% superiores. Como estas sobrecargas se refletem no consumo de energia, sugere-se que sejam criadas áreas específicas para fumantes. Desta forma, e dotando-se de exaustão o local, conseguem-se reduções expressivas nas vazões de ar de renovação, consequentemente reduzindo o consumo de energia.

Recalibragem de Controles

Uma vez pronta a instalação de ar-condicionado de um prédio, após decorridos alguns anos, dificilmente o responsável pelo sistema de ar-condicionado irá se lembrar da calibração dos instrumentos de controle.

Controles descalibrados (termostatos, umidostatos), além de complicarem a tarefa do pessoal de manutenção (as temperaturas, umidades, ajustadas nos instrumentos não coincidem com as efetivamente medidas), tendem a produzir aumento no consumo (refriamento ou umidade abaixo do set point desnecessário). *Chillers* com desajustes de sub-refriamento ou superaquecimento são bons exemplos de efeito nocivo sobre o consumo energético.

Instalação de Barreiras ou Isolar Equipamentos

Equipamentos que são geradores de grande dissipação térmica, mas que não necessitam trabalhar em temperaturas controladas (baixas), devem ser removidos do ambiente condicionado, providenciando ventilação adequada para o mesmo.

Equipamentos de copas (geladeiras, fornos), transformadores, motores, em ambientes condicionados são exemplos típicos.

Com as dissipações calculadas, será fácil avaliar o consumo em kWh (e R\$) despendido no equipamento de condicionamento.

Redução de Perdas em Circuitos de Água (Fase de Projeto ou *Retrofit*)

Algumas possíveis medidas são:

- Filtros com crivos de *mesh* (furação) maior
- Tubulação com traçado mais suave (menor quantidade de curvas)

- Troca de cotovelos de 90° de raio curto por raio longo
 - Diâmetros das tubulações para as velocidades adequadas
 - Uso de válvulas adequadas (globo para regulagem de vazão e gaveta para bloqueio)
- Por isso o traçado de uma tubulação deve ser produto de um estudo criterioso, não devendo ser feito por pessoa inexperiente.

E bom lembrar que as perdas de energia são diretamente proporcionais às perdas de carga nas tubulações, isto é, acrescidas as perdas de carga na tubulação em 20%, necessariamente, as perdas no consumo serão também aumentadas em 20%.

Proteção de Vidros – Cortinas, Filmes, *Brises*, Telas

O uso de vidros especiais; películas especiais aplicadas sobre os vidros comuns; de cortinas internas com cores claras; de *brises* reduz consideravelmente a radiação solar direta sobre os recintos condicionados, diminuindo consequentemente o impacto sobre os sistemas de ar-condicionado.

Entre um projeto sem veneziana e com veneziana externa há uma redução superior a seis vezes na carga térmica do recinto. Daí recomendar-se sempre que possível o uso destes elementos de proteção na arquitetura do prédio. As venezianas devem ser de cores claras, preferencialmente.

MEDIDAS COM "CUSTOS MODERADOS E ALTOS"

São medidas com "custos moderados e altos":

- Impacto da "eficientização" da iluminação sobre o sistema de ar-condicionado.
- Controle do ar exterior pelo uso de sensores de CO₂
- Isolamento térmico em coberturas

Impacto da "Eficientização" da Iluminação sobre o Sistema de Ar-Condicionado

A eficientização da iluminação de um prédio traz por si o benefício da redução da conta de energia elétrica. Como bônus, reduz o consumo do sistema de ar-condicionado, já que a dissipação térmica da iluminação foi reduzida. Adicionalmente, caso se pretenda trocar os *chillers*, tem-se ainda uma redução no tamanho deste equipamento e consequentemente no custo inicial.

Exemplo 4.5

Suponha-se que um prédio com 9.300m² (100.000 ft²) possua um sistema de iluminação que vai ser eficientizado, passando de uma taxa média de 33 W/m² (3 W/ft²) para 21 W/m² (2 W/ft²). Calcular as economias obtidas.

Tempo de operação:

$$10 \text{ horas/dia} \times 22 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano} = 2.640 \text{ horas}$$

Redução no consumo de iluminação:

$$(33 - 21) \text{ W/m}^2 \times 9.300 \text{ m}^2 \times 2.640 \text{ horas/ano} = 294.624.000 \text{ Wh} = 294.624 \text{ kWh/ano}$$

Equivalente em TRh (carga térmica acumulada):

- 1 W = 3,4 BTU/h

- 1 TR = 12.000 BTU/h

Então:

$$294.624 \text{ kWh} = 84.704 \text{ TRh}$$

Considerando que a eficiência de um *chiller* novo é de 0,6 kWh/TRh:

$$84.704 \text{ TRh} \times 0,6 \text{ kWh/TRh} = 50.822 \text{ kWh de redução de consumo no chiller}$$

A uma tarifa média de R\$ 0,10 /kWh, tem-se uma economia anual de:

$$50.822 \text{ kWh} \times \text{R\$ 0,10} = \text{R\$ 5.082,00 /ano}$$

Adicionalmente, a redução na capacidade do *chiller*, no caso de substituição, será de:

$$(33 - 21) \text{ W/m}^2 \times 9.300 \text{ m}^2 = 111.600 \text{ W} = 32 \text{ TR}$$

A um custo médio de U\$ 450,00/TR, tem-se uma redução de U\$ 14.438,00 no custo de investimento (R\$ 36.095,00).

Controle do Ar Exterior (Ventilação) pelo uso de Sensores de CO₂

A concentração de CO₂ é um bom indicador da população de uma área. Quanto maior o número de pessoas respirando, maior será a concentração de CO₂. Controlando a taxa de ar exterior baseado num set point de concentração de CO₂ (expresso em ppm), estaremos suprindo o ar de renovação baseado na "demanda", e, com isso, reduzindo a carga térmica do sistema. A atuação do detector é feita sobre os *dampers* de ar exterior.

Em prédios com diversas áreas e condicionadores (casas de máquinas), a localização do sensor deverá dar um indicativo da área exata onde a demanda se faz maior ou menor.

Outro fator que não deve ser esquecido é que, além do CO₂, existem outros contaminantes internos aos prédios, os quais poderão exigir maiores taxas de ventilação (fumos, gases e vapores emanados de materiais de limpeza, detergentes, tintas etc.). Desta forma, o uso deste sistema de controle, deverá ser feito de forma bastante criteriosa.

Isolamento Térmico em Coberturas

Uma carga térmica significativa sobre um prédio é aquela proveniente do calor introduzido através de seu telhado. A maneira mais efetiva de reduzir estes ganhos é pela introdução de materiais isolantes térmicos com alta resistência térmica (baixo "U").

Em prédios novos ou em reforma, adicionar placas (tipicamente com 50mm de espessura) de isopor incombustível e adicionar vermiculita à argamassa da laje são boas práticas. Onde existir um entreforro, outras opções podem ser adotadas, tais como, aplicação de mantas de fibra de vidro ou jato de espumas a base de uretano ou fibra de vidro, sobre a laje.

Exemplo 4.6

Uma laje de 10cm de espessura (4pol) de concreto, sem ou com revestimento de 5cm (2 pol) de isopor :

Calculando as resistências (R) destes conjuntos:

R da laje sem isopor:

$$R = [(1/12) \times 4 \text{ pol}] + 0,25 + 0,92 = 1,5 \text{ dai , "U" = 0,66}$$

R da laje com isopor:

$$R = [(1/12) \times 4 \text{ pol}] + [(1/0,25) \times 2 \text{ pol}] + 0,25 + 0,92 = 9,5 \text{ , dai , "U" = 0,10}$$

Observa-se que a condução (o ganho) de calor para uma mesma área de laje tem uma relação de quase 7 vezes entre lajes sem isolamento e com isolamento.

Outras técnicas construtivas, como a provisão de espaços de ar (entreforros) na cobertura também contribuem para reduções consideráveis na carga térmica, com consequentes reduções no consumo de energia.

Uso de Motores Eficientes

O sistema de ar-condicionado utiliza uma quantidade de motores apreciáveis: bombas, torres de resfriamento, unidades ventiladoras (Fan&Coil's) etc.

Dependendo da potência (e idade), os rendimentos típicos dos motores podem variar na faixa de 75 a 95%, sendo os 5 a 25% restantes perdidos internamente no motor.

Motores mais eficientes são projetados para converter uma quantia de energia elétrica maior em trabalho. Instalando motores bem dimensionados e mais eficientes, consome-se menos energia.

Em ocasiões de troca de motores, principalmente aqueles de grandes potências e que operam continuamente, deve-se considerar a possibilidade de adquirir motores de alto rendimento.

Uso de Inversores de Freqüência (ASD's)

Os Inversores de freqüência são dispositivos eletrônicos que atuam sobre a freqüência e a amplitude da tensão e da corrente dos motores, variando sua rotação.

Considerando que ventiladores, bombas e outras máquinas rotativas nem sempre operam à plena carga (sua vazão varia), e que as formas de variar as vazões via de regra são obtidas através de estrangulamento (fechamento de válvulas e *dampers*), isto introduzia perdas consideráveis de energia.

Considerando ainda que as vazões são linearmente relacionadas com a rotação (da bomba ou ventilador), a utilização de ASD's introduz a possibilidade de ajustar a vazão sem ocasionar perdas, alterando a rotação do equipamento.

$$\frac{cfma}{cfmb} \propto \frac{RPMa}{RPMb}$$

É oportuno lembrar que a relação de potências varia com o cubo da variação da rotação. Isto significa que reduzindo a vazão (atuando na rotação), o consumo cairá em relação cúbica.

$$\frac{Hpa}{Hpb} \propto \left(\frac{RPMa}{RPMb} \right)^3$$

Onde,

$cfma$ = vazão anterior

$cfmb$ = vazão posterior

Hpa = potência anterior

HPb = potência posterior

$RPMa$ = rotação por minuto anterior

$RPMb$ = rotação por minuto posterior

Estudos têm mostrado que o uso destes dispositivos pode economizar até 52% de energia.

Em ar-condicionado, os sistemas VAV (volume variável) e de bombeamento já aplicam largamente estes dispositivos.

Trocas de Centrais de Água Gelada (CAG)

A troca dos resfriadores (*chillers*) é um momento que deve ser motivo de estudos detalhados.

Em geral, equipamentos com mais de 20 anos merecem ser considerados como candidatos à

troca, uma vez que já apresentam grau de obsolescência razoável e, em geral, um nível de desgaste apreciável (controles, compressores, tubos de trocadores etc.).

Necessariamente, não se deve fazer a troca por um de mesma capacidade. Em geral, os *chillers* encontram-se superdimensionados. Recomenda-se fazer um estudo minucioso, visando verificar as possibilidades de redução de carga térmica, considerando todas as oportunidades aqui estudadas. É bom lembrar que só o *chiller*, terá um custo inicial de cerca de U\$ 450,00/TR, sem falar nos outros equipamentos. Uma redução de 50 TR, numa grande instalação representaria, por baixo, U\$ 22.500,00 de economia.

Depois de recalcular a carga térmica da instalação, com todas as reduções possíveis, é provável que de saída se obtenha uma redução no tamanho da nova máquina. Deve-se então, levantar informações dos custos operacionais dos equipamentos existentes, isto é, seu histórico de manutenção (custos anuais com trocas de componentes), prever trocas futuras previsíveis (compressores, condensadores etc.) e medir sua "performance" (kW/TR). Em seguida, mediante consulta aos fabricantes e de posse de uma especificação técnica, obtém-se dados técnicos (performance) e custos de novos equipamentos.

Então, têm-se em mãos os elementos necessários para fazer uma análise técnico-econômica criteriosa para balizar a virtual substituição.

Outros aspectos a considerar são os refrigerantes utilizados nas máquinas. Considerando as restrições que vêm sendo impostas pelo Protocolo de Montreal e pelo CONAMA, os refrigerantes R-11 e R-12 deverão ser substituídos em curto prazo pelos HCFC-123 e HFC-134, respectivamente. Estes refrigerantes são largamente usados em equipamentos de grande porte.

A Resolução CONAMA 267 de 14/09/2000, em função do Protocolo de Montreal, faz restrições sérias ao uso do R-11 e R-12, tendo ficado suas importações restritas a partir de janeiro de 2001.

É bom lembrar que estes novos refrigerantes possuem eficiência termodinâmica inferior aos antigos, porém a modificação se faz em função dos problemas verificados na camada de Ozônio.

"Phase Out"	REFRIGERANTE	AÇÃO
1996	R11, R12, R500	Extingue a produção. Equipamentos não mais fabricados
2010	HCFC 22 *	Para a fabricação de equipamentos.
2020	HCFC 22	Para a fabricação do refrigerante
2020	HCFC 123	Para a fabricação de equipamentos.
2030	HCFC 123	Para a fabricação do refrigerante

Quadro 4.5 - Datas previstas para proibição dos CFC's

* Usado em equipamentos unitários.

Em função das restrições impostas para uso de R-11 e R-12, e no caso de equipamentos mais novos (cerca de 10 anos), poderá ser mais vantajoso executar o *retrofit* do equipamento em vez de adquirir novos equipamentos. O *retrofit* pode envolver a troca de rotores, gaxetas ou mesmo do compressor. Cabe lembrar, que um estudo de redução de cargas térmicas seria aconselhável, também neste caso, já que uma redução de capacidade do equipamento (*retrofit*) poderá ocorrer. Desta forma, pode-se garantir que, ao final de reduções de cargas da instalação e do *retrofit*, o equipamento continuará a atender plenamente.

4.2.2. SOFTWARES RELACIONADOS À ESTIMATIVA DE CARGA TÉRMICA E SIMULAÇÃO PREDIAL

Para desenvolver os estudos explanados aqui, num nível de precisão acima de uma mera estimativa, seria desejável que o administrador se apoiasse em pessoal técnico especializado, dotado de ferramentas que possam dar um grau de confiança aos cálculos (tanto maior quanto maior for a magnitude do investimento).

Existem programas para calcular cargas térmicas de edificações, com graus de complexidade maiores ou menores. Dentre outros, pode-se mencionar o "Load Express" da Trane, para cálculos mais expeditos. O "E-20" da Carrier, com nível bastante detalhado.

Em termos de simulação predial, existe o "Visual DOE", originalmente desenvolvido pelo governo norte-americano e hoje disponível em versão PC, que simula os diversos sistemas de um prédio – iluminação, ar-condicionado, arquitetura etc.

4.3. MOTORES ELÉTRICOS E SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

O motor elétrico de indução trifásico com rotor do tipo gaiola de esquilo é o mais importante uso final de energia elétrica no país. No Brasil, a quantidade de energia por ele processada é superior a 30% da energia elétrica total gerada. Na realidade, o motor elétrico não consome toda essa energia. O motor funciona basicamente como um "transdutor de energia", pois tem a função de converter a energia elétrica de entrada em energia mecânica no seu eixo. O consumo real de um motor é relativo apenas às suas perdas internas. O percentual realmente consumido pelo motor varia entre 20% a 5% da energia solicitada à rede elétrica. O restante é transformado em energia mecânica. Esse percentual de perdas pode ser aumentado significativamente se o motor não estiver operando em condições favoráveis. Nesses casos, o percentual de perdas pode chegar a 40%.

As quatro principais causas do uso ineficiente de um motor elétrico são:

- Superdimensionamento
- Reparo inadequado do motor
- Uso de motores de baixo rendimento
- Acoplamento motor-carga de baixa eficiência

Em relação aos sistemas de bombeamento, o potencial de economia de energia pode atingir níveis elevados, principalmente onde existe a necessidade de controle preciso de vazão ou pressão, e esse controle é realizado através de técnicas ultrapassadas, como, por exemplo, o uso de válvulas de estrangulamento na tubulação. Atualmente, com o avanço da eletrônica e dos microprocessadores, existem equipamentos capazes de realizar a tarefa de controle de um sistema de bombeamento, possibilitando, na maioria dos casos, grandes economias de energia.

4.3.1. MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos podem ser divididos em diversas categorias, dependendo da técnica de classificação. Os tipos mais importantes encontrados em edificações são os motores de indução trifásicos. Essa importância se deve, na maioria dos casos, por serem os maiores responsáveis pelo consumo de energia.

Alguns motores menores, apesar de numerosos, não serão discutidos neste item. Trata-se dos motores encontrados em pequenos ventiladores, eletrodomésticos, refrigeradores, entre outros.

Pela sua maior representatividade, quando for mencionado o motor elétrico neste manual, estará sendo feita referência ao motor de indução trifásico, salvo quando mencionado o seu tipo.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

As principais características técnicas do motor de indução, sob o enfoque do uso racional desse equipamento, são:

- Velocidade de sincronismo
- Escorregamento

Velocidade de Sincronismo

A velocidade de sincronismo de um motor é nada mais do que a velocidade de giro que o campo magnético gerado pelos enrolamentos de campo do motor é capaz de atingir. Isto não significa que necessariamente o equipamento desenvolverá esta velocidade ao seu eixo, estando o mesmo sob carga ou a vazio. Alguns motores são capazes de desenvolver a velocidade síncrona de rotação, ou seja, seu eixo acompanha a velocidade de giro do campo do estator. Esses motores são os chamados motores síncronos, mas a grande maioria dos motores, mais comumente utilizados no mercado, é a de motores assíncronos que se caracterizam por apresentar velocidade de rotação inferior à desenvolvida pelo campo do estator.

A velocidade de sincronismo de um motor de indução é representada pela seguinte expressão:

$$V = \frac{f \times 120}{p}$$

Onde,

V = velocidade de sincronismo, em RPM (rotações por minuto)

f = freqüência da rede de alimentação, em hertz

p = nº de pólos do motor

Escorregamento

Nos motores assíncronos a velocidade do rotor é sempre inferior à sua velocidade de sincronismo. A diferença entre a velocidade de sincronismo e a velocidade de rotação do rotor é conhecida como escorregamento ou deslizamento e pode ser representada pela fórmula:

$$S (\%) = \frac{\text{velocidade síncrona} - \text{velocidade de rotação do motor}}{\text{velocidade síncrona}} \times 100$$

Onde,

S = Deslizamento ou escorregamento

O escorregamento dos motores de indução comumente encontrados no mercado, à plena carga, varia de 1% a 10%.

ASPECTOS IMPORTANTES

Quando se fala em motores elétricos, deve-se ressaltar um aspecto importante que muitas vezes passa despercebido, que são os seus custos associados.

Surge então a pergunta: Quanto custa um motor elétrico?

Antes de responder, convém lembrar que existem basicamente dois tipos de custos que devem ser considerados.

- Custo de Aquisição – refere-se ao preço de compra do motor no mercado. Esse valor pode variar devido principalmente ao tipo de motor (padrão ou alto rendimento).
- Custo Operacional – este custo leva em consideração o valor pago pelo proprietário durante todo o seu tempo de funcionamento. Engloba principalmente o custo da energia elétrica consumida durante a sua jornada.

Muitas pessoas acreditam que o principal custo do motor diz respeito somente à sua aquisição. Existem muitos casos em que o motor a ser comprado é selecionado apenas pelo custo de aquisição.

É bom ressaltar que, na maioria dos casos, o custo operacional do motor pode chegar a 100 vezes o seu custo de aquisição. Esse cenário revela que deve existir uma preocupação no ato da compra de um novo motor, não só com o custo de aquisição, mas também com o custo operacional.

Além disso, o custo operacional pode ser reduzido, desde que se atente para alguns aspectos importantes, tais como:

- Superdimensionamento
- Reparo inadequado do motor
- Motores de alto rendimento
- Acoplamento motor-carga

Superdimensionamento

Uma das causas mais comuns de operação ineficiente dos motores elétricos é o superdimensionamento. Isso significa que a potência nominal do motor é bem superior à potência solicitada pela carga a ser acionada. Nessas condições, o motor não apresenta problemas para acionar a carga. Contudo, o consumo de energia é maior do que se o motor tivesse uma potência adequada à carga acionada.

Na prática, o superdimensionamento pode ser comparado ao uso de um enorme caminhão para transportar uma pequena quantidade de carga. Se fosse usado um pequeno utilitário, o transporte seria realizado da mesma maneira, porém com um menor consumo de combustível. O mesmo acontece com um motor elétrico.

Ao contrário do subdimensionamento (sobrecarga), onde ocorre um sobreaquecimento rapidamente percebido e corrigido, o superdimensionamento não traz nenhum incômodo direto ao usuário, o que faz com que ele se perpetue nas suas instalações.

Várias consequências desfavoráveis decorrem do superdimensionamento dos motores de indução, dentre as quais destacam-se:

- Maior custo, volume e peso do motor.
- Redução do fator de potência, provocando a necessidade de instalação de maiores equipamentos para a sua correção.
- Redução do rendimento do motor, embora muitos motores apresentem seu rendimento máximo a aproximadamente 75% da sua carga nominal.
- Maior corrente de partida, acarretando maior custo da instalação e proteção.

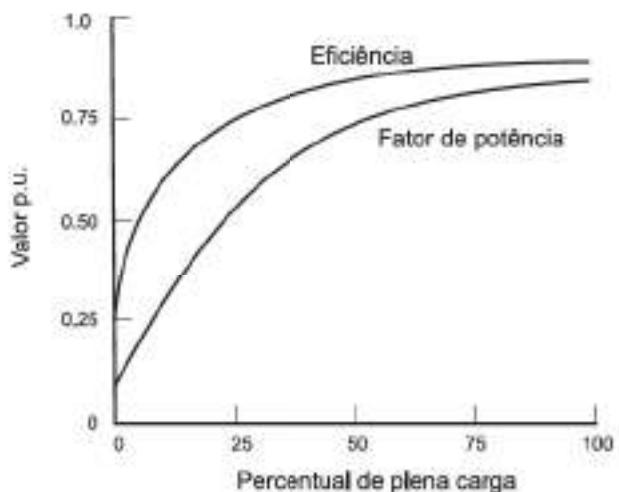


Figura 4.18 – Curva de rendimento e fator de potência.

Deve-se ressaltar que embora o superdimensionamento geralmente corresponda a uma redução do rendimento, cada situação deve ser analisada cuidadosamente. Em alguns casos, pode parecer que exista um superdimensionamento. Em geral, para cargas entre 75 e 100% da nominal, o motor pode ser considerado bem dimensionado.

O gráfico da Figura 4.18 mostra o comportamento do rendimento e do fator de potência de um motor de indução em função do seu carregamento.

Como pode ser visto, quanto menor o carregamento do motor, menor o seu rendimento e, consequentemente, maior será o consumo de energia.

Nos motores de menor potência, o rendimento cai drasticamente com a redução de sua carga.

De uma maneira geral, motores operando a 50% de carga ou menos apresentam um péssimo valor de rendimento

As mesmas observações se aplicam para o fator de potência, o qual, para carregamentos inferiores a 75% da carga nominal, assume valores reduzidos. Este problema é mais sério ainda nos motores de menores velocidades, pois o fator de potência na potência nominal diminui com o aumento do número de pólos do motor.

Para ser eliminado, o superdimensionado precisa, primeiro, ser detectado. Essa rotina pode parecer complicada num primeiro momento, mas com a experiência dos primeiros casos, a sua detecção e eliminação passam a fazer parte da rotina do pessoal dedicado à manutenção.

Os motores usuais são projetados de forma que o seu rendimento máximo se verifique a cerca de 75% de sua plena carga.

Para tanto, é necessário pelo menos uns desses instrumentos de medição:

- Alicate amperímetro – para a medição da corrente elétrica do motor
- Wattímetro – para a medição da potência elétrica consumida pelo motor
- Tacômetro – para a medição da velocidade de rotação do motor

O instrumento mais comum disponível para a equipe de manutenção é o alicate amperímetro. Este deve ser de boa qualidade e precisa ser periodicamente calibrado por empresas especializadas. Entretanto, o instrumento mais indicado para essa análise é o wattímetro, que, apesar de mais caro e complexo, leva a resultados finais do superdimensionamento mais precisos e confiáveis.

No caso, com o alicate amperímetro deve ser seguida a seguinte rotina:

- O motor deve estar operando numa situação de maior carga.
- Devem ser medidas as correntes das três fases.
- Toma-se, para efeito de análise, a média aritmética simples dos três valores como o valor da corrente média.

- Caso as três correntes apresentem valores muito diferentes, isto pode indicar um outro tipo de problema no motor, como, por exemplo, um curto-círcuito numa das fases.
- O valor médio encontrado deve então ser marcado no gráfico com as curvas características do motor em análise. Essas curvas são disponibilizadas pelos fabricantes dos motores.
- Determina-se graficamente o nível de carregamento do motor. Se o valor estiver abaixo de 75%, provavelmente o motor apresenta sinais de superdimensionamento. Nos casos em que o carregamento estiver abaixo de 50%, o motor deverá ser imediatamente substituído por outro de capacidade compatível com a carga acionada.

Exemplo 4.7

Considere um motor em funcionamento com as seguintes características:

- Motor de indução trifásico, tipo padrão
- 10 cv – Carcaça 132S
- 4 pólos – 1760 rpm
- 220/380 V
- $I_n = 27 \text{ A}$
- Funcionamento durante 6.000 horas/ano

O objetivo é determinar se este motor está operando em condições favoráveis de funcionamento. Caso não esteja, indicar qual seria o motor mais adequado para substituí-lo.

1º Passo – O motor foi colocado em funcionamento num regime de maior carregamento possível.

2º Passo – Foram medidas as correntes nas três fases.

$$I_a = 14,7 \text{ A}$$

$$I_b = 15,9 \text{ A}$$

$$I_c = 16,2 \text{ A}$$

3º Passo – A média das correntes foi calculada.

$$I_m = (I_a + I_b + I_c)/3 = 15,6 \text{ A.}$$

4º Passo – Este valor de corrente média foi introduzido no gráfico do motor, determinando-se então o seu carregamento. Estes gráficos podem ser facilmente obtidos junto aos fabricantes.

5º Passo – Marcar a corrente média no eixo vertical Corrente (Ponto I) e traçar uma horizontal até interceptar a curva da corrente (Ponto II). A partir deste ponto, descer uma vertical até o eixo do carregamento (Ponto III). Este valor encontrado de 40% é o carregamento atual do motor.

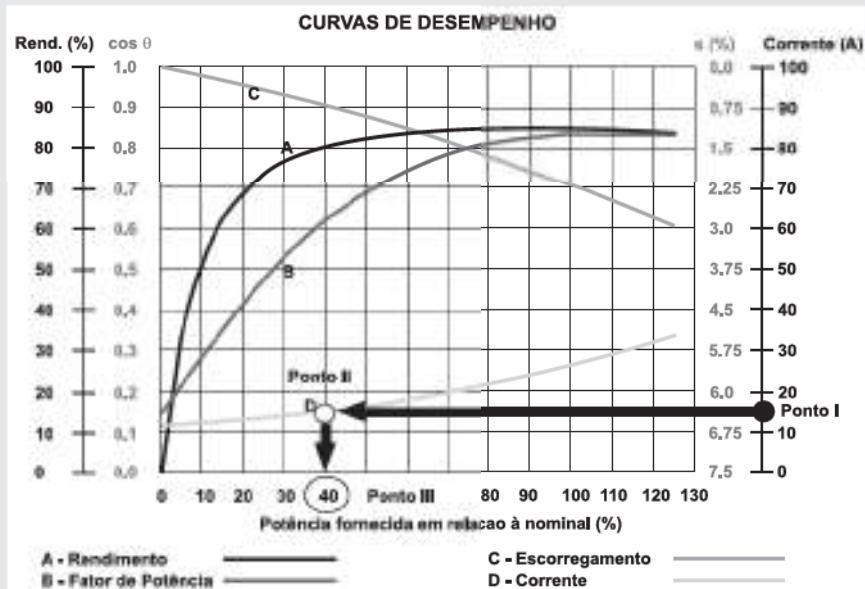


Figura 4.19a – Curva de desempenho.

6º Passo – A partir do ponto II, eleva-se uma vertical interceptando as curvas de fator de potência e de rendimento. Os valores encontrados são: FP = 0,62 e Rendimento = 80%.

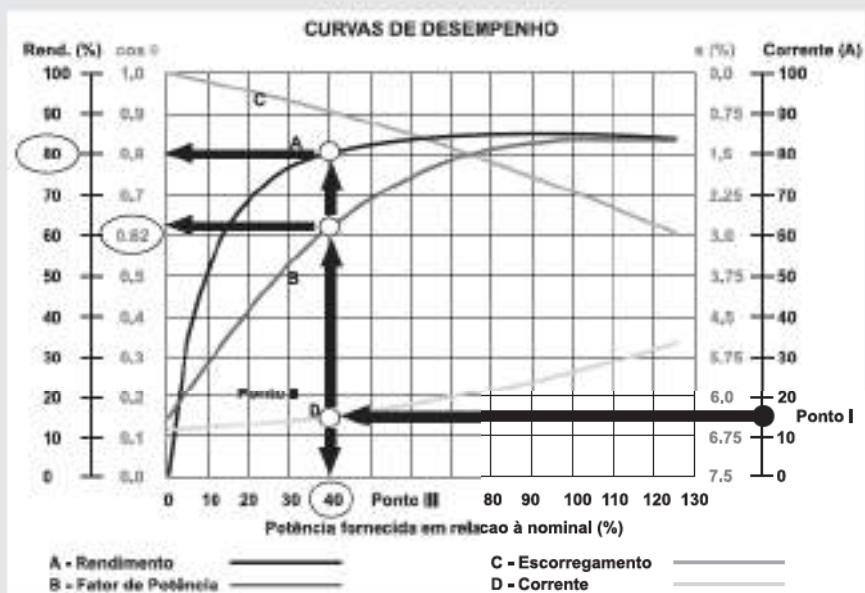


Figura 4.19b – Curva de desempenho.

7º Passo – O cálculo da energia consumida por esse motor é o seguinte:

$$\text{Energia} = (\text{PotMot} \times \text{Carreg} \times h \times 0,736) / \text{Rend}$$

Onde:

Energia – Energia consumida (kWh)

PotMot – Potência nominal do motor (cv)

Carreg – Carregamento atual do motor (%)

h – Número de horas de funcionamento (horas)

Rend – Rendimento do motor para o carregamento em questão (%)

$$\text{Energia} = (10 \times 40 \times 6.000 \times 0,736) / 80 = 22.080 \text{ kWh}$$

8º Passo – Como podemos perceber, o motor de 10 cv está operando com um carregamento de 40%, dentro da faixa crítica de superdimensionamento abaixo de 50%. Neste caso, a escolha de um motor mais adequado pode ser feita através do cálculo da potência real solicitada pela carga que é feito multiplicando-se a potência nominal do motor pelo seu carregamento.

Tem-se, assim:

$$\text{Potência Requerida} = 10 \text{ cv} \times 0,40 = 4 \text{ cv}$$

A partir desse valor, escolhe-se o motor imediatamente superior a este valor, que nesse caso será de 5cv. Agora, este novo motor de 5 cv acionando uma carga de 4 cv irá trabalhar com um carregamento de 80% ($4 \text{ cv} / 5 \text{ cv} = 0,8$).

Características do novo motor:

- Motor de indução trifásico, tipo padrão
- 5 cv – Carcaça 100L
- 4 pólos – 1730 rpm
- 220/380 V
- $I_n = 13,6 \text{ A}$
- Funcionamento durante 6.000 horas/ano

9º Passo – A partir das curvas de desempenho desse novo motor, são repetidos os passos 5, 6 e 7, só que agora tomando como ponto de partida o carregamento (80%), e não mais a corrente medida. Agora a corrente será obtida no gráfico.

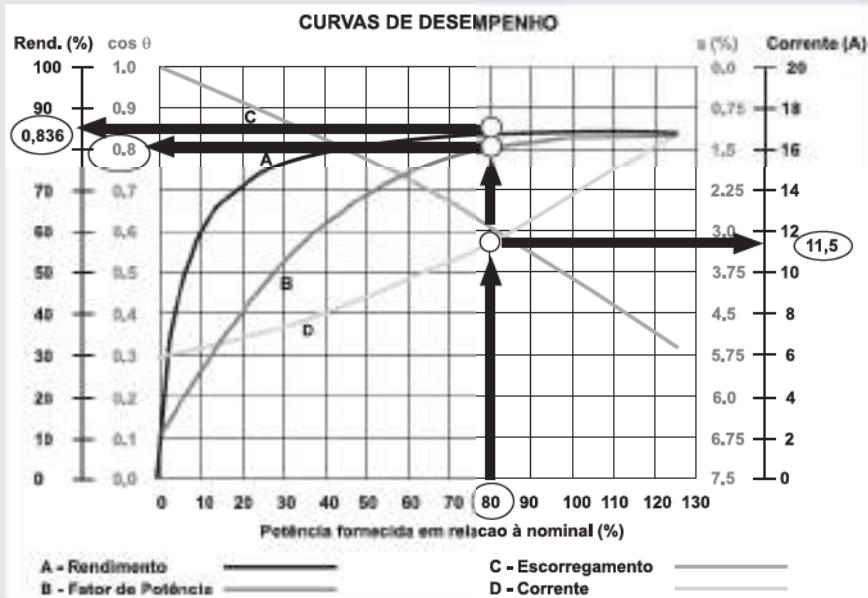


Figura 4.19c - Curva de desempenho.

Corrente = 11,5 A

Rendimento = 83,6%

Fator de Potência = 0,80

A energia consumida pelo novo motor pode então ser calculada.

Energia = (PotMot x Carreg x h x 0,736) / Rend

Energia = (5 x 80 x 6.000 x 0,736) / 83,6 = 21.129 kWh

A economia de energia anual é de 951 kWh (22.080 - 21129).

Reparo Inadequado do Motor

A queima de um motor em uso provoca uma tomada de decisão: ou se compra um motor novo ou providencia-se o seu reparo.

Esta decisão deve ser influenciada por:

- Custo operacional do motor reparado em relação ao motor novo.
- Idade do motor.
- Características elétricas ou mecânicas especiais.
- Necessidade de ter o motor de volta em operação imediatamente.

Geralmente o reparo do motor queimado apresenta um menor custo inicial em relação ao custo

da aquisição de um motor novo. Entretanto, o motor reparado pode apresentar uma queda do seu rendimento original. Em geral, isto acontece porque, no reparo do motor, as suas características elétricas, magnéticas e mecânicas originais são muitas das vezes alteradas pelo próprio processo de reparo, aumentando-se as suas de perdas internas.

Uma das principais causas do aumento destas perdas é o processo utilizado para remoção das bobinas queimadas do estator. A prática normalmente utilizada é de aquecer o núcleo numa estufa para facilitar a remoção do enrolamento. No entanto, se o núcleo do estator é aquecido demais, ele perde as suas propriedades através da ruptura do isolamento entre as lâminas do núcleo magnético, provocando aumento das perdas do núcleo. Outras práticas de remoção do enrolamento conhecidas são o uso de maçarico e de combustíveis. Estas práticas são extremamente danosas e devem ser evitadas.

É fundamental que as perdas dos motores não sejam aumentadas durante o processo de reparo, pois isto aumentará o desperdício de energia elétrica ano após ano.

Uma vez observado que os motores elétricos podem ser os maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica, pode-se concluir que reparar ou não motores queimados deve ser uma decisão baseada não só na comparação de preços entre a compra de um motor novo ou do seu reparo, mas também no custo operacional do motor ao longo dos anos, horas de operação no ano, preço da energia elétrica e análise econômica.

Se o reparo for a opção a ser adotada, é importante procurar uma empresa especializada envolvida com a questão do rendimento do motor.

Exemplo 4.8

Considere um motor de 50 cv operando durante 7.200 horas/ano com um carregamento de 90%. O rendimento original deste motor é de 92%, e após um reparo inadequado, o seu rendimento foi reduzido em 3%. Qual seria a economia de energia se ao invés de reparar o motor queimado fosse comprado um motor novo?

A economia de energia é a diferença de consumo entre o motor novo com um rendimento de 92% e o motor reparado com rendimento de 89% (90 - 3).

$$\text{Motor Novo - Energia} = (50 \times 90 \times 7.200 \times 0,736) / 92 = 259.200 \text{ kWh}$$

$$\text{Motor Reparado - Energia} = (50 \times 90 \times 7.200 \times 0,736) / 89 = 267.937 \text{ kWh}$$

$$\text{Economia de Energia} = 267.937 - 259.200 = 8.737 \text{ kWh}$$

Motores de Alto Rendimento

O motor de alto rendimento possui rendimento superior ao motor padrão e, consequentemente, perdas reduzidas. Isto é possível devido a mudanças no projeto, materiais e processos de fabricação de melhor qualidade.

A Figura 4.20 a seguir mostra uma comparação entre o rendimento de motores de alto rendimento e motores padrão.

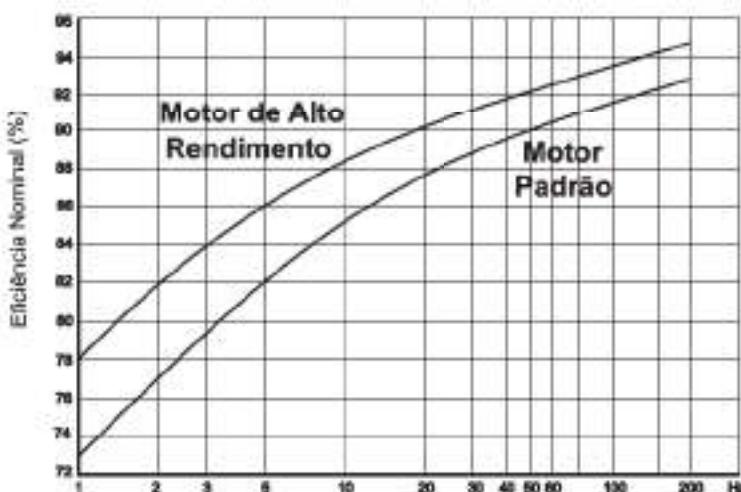


Figura 4.20 - Curva comparativa de eficiência entre motores padrão e de alto rendimento.

O preço inicial do motor de alto rendimento é superior ao motor da linha padrão, porém o motor de alto rendimento consome menos energia para executar o mesmo trabalho realizado por outro da linha padrão justamente porque possui maior rendimento. Após algum tempo de operação, a economia obtida deverá compensar e até ultrapassar a diferença entre o seu preço e o do motor equivalente da linha padrão.

A economia no consumo de energia e o tempo de retorno do investimento, ao se optar por um motor de alto rendimento ao invés de outro da linha padrão, são funções dos seus rendimentos, do tempo de operação, da potência solicitada pela carga, da tarifa de energia elétrica e dos seus preços iniciais.

O mercado anual de motores elétricos de indução trifásicos no país é de cerca de 1 milhão de unidades vendidas. Deste total, apenas 50 mil - 5% - são de alto rendimento.

Exemplo 4.9

Considere um motor padrão de 10cv operando durante 7.200 horas/ano com um carregamento de 90%. O rendimento original deste motor padrão é de 85%.

Qual seria a economia de energia se este motor padrão fosse trocado por um motor novo de alto rendimento com rendimento de 92%?

A economia de energia é a diferença de consumo entre o motor padrão com rendimento de 85% e o motor de alto rendimento com um rendimento de 92%.

Motor Alto Rendimento – Energia = $(10 \times 90 \times 7.200 \times 0,736) / 92 = 51.840 \text{ kWh}$
Motor Padrão – Energia = $(10 \times 90 \times 7.200 \times 0,736) / 85 = 56.109 \text{ kWh}$

Economia de Energia = $56.109 - 51.840 = 4.269 \text{ kWh}$

Acoplamento Motor-Carga

O acoplamento é o responsável pela transmissão da potência do motor para a carga. Existem vários tipos de acoplamentos, sendo que a sua definição depende, dentre outros fatores, da velocidade desejada, da potência a ser transferida, da posição relativa entre os eixos e das características da carga mecânica a ser acionada.

Dependendo da forma adotada, o rendimento do acoplamento pode variar de 50% a 99%. Por conseguinte, ele pode ter uma influência no rendimento global até maior do que o próprio motor.

Os principais tipos de acoplamentos são:

- Direto
- Polias e correias
- Caixas de engrenagens

Acoplamento Direto

É o método clássico entre os eixos colineares. Pode ser feito por meio de flanges ou de luvas elásticas, sendo limitado aos casos em que a velocidade da carga pode ser igual à velocidade do eixo do motor. Esse tipo de acoplamento apresenta rendimento próximo a 99%.

Polias e Correias

Esse tipo de acoplamento é amplamente utilizado, devido principalmente ao menor custo inicial, maior flexibilidade, permitindo absorção de choques e vibrações e adequação para grandes e pequenas distâncias entre os eixos do motor e da carga. Correias muito esticadas, além de apresentarem fadiga, danificam os rolamentos e os eixos. Por sua vez, correias frouxas apresentam deslizamento, maiores perdas e também redução da sua própria vida útil.

Caixas de Engrenagem

Caixas de engrenagem são usadas em cargas que devem girar mais lentamente e que exigem torques elevados. As perdas nas caixas de engrenagem dependem do atrito entre as engrenagens, dos rolamentos e da lubrificação.

Os tipos mais comuns de caixas de engrenagens são:

- Helicoidais – usadas quando os eixos são paralelos, com rendimentos aproximados de 98% por estágio.
- Cônicas – usadas em eixos a 90°. Têm um rendimento próximo a 98% por estágio.
- Eixo sem-fim – apresentam uma grande redução de velocidade num único estágio. O seu rendimento pode variar entre 50% e 94%, sendo tanto menor quanto maior a redução de velocidade.

4.3.2. SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

A função principal das bombas centrífugas é promover o deslocamento de um líquido por escoamento, recebendo trabalho mecânico do motor elétrico e transferindo essa energia mecânica ao fluido sob forma de energia de pressão e cinética.

- *Vazão* – Esta grandeza determina a quantidade de fluido (água) que passa pela tubulação em um determinado intervalo de tempo. Geralmente é dada em metros cúbicos por hora (m^3/h) ou litros por segundo (l/s).
- *Altura manométrica* – É basicamente o desnível geométrico entre os reservatórios inferior e superior. Esta grandeza é normalmente dada em metros de coluna d'água (mca).
- *Potência da Bomba* – Determina a potência necessária de uma bomba para fornecer uma determinada vazão, vencendo um determinado desnível.

- Para uma determinada bomba, quanto maior for a altura manométrica menor a vazão
- Para a mesma altura, quanto maior a potência da bomba, maior será a vazão
- Para a mesma vazão, quanto maior for a altura manométrica, maior deve ser a potência da bomba

A primeira providência deve ser a verificação da compatibilidade do conjunto motor-bomba já instalado com as reais necessidades de vazão e da altura manométrica do sistema. Por exemplo, se a vazão estiver muito alta, enchendo rapidamente o reservatório superior, e se este tempo puder ser aumentado, pode-se optar pela substituição da bomba existente por outra de menor potência. Apesar da nova bomba ficar ligada mais tempo devido à redução da vazão, o consumo final e a demanda de energia elétrica sofrerão uma redução significativa.

Uma outra verificação, desta vez não tão simples, é a revisão do circuito de tubulações. Um circuito contendo muitas curvas, acidentes (registros parcialmente fechados), tubulações com diâmetro reduzido, sem uma limpeza interna adequada e com vazamentos, provoca um aumento no consumo de energia elétrica do sistema como um todo. Esses problemas devem ser diagnosticados e eliminados.

Outras medidas administrativas tradicionais devem ser tomadas no sentido de diminuir ao máximo o consumo de água da edificação, através da racionalização do seu uso e da eliminação de vazamentos principalmente em registros, torneiras, mangueiras e válvulas de descarga.

Um fato comum nas edificações é o posicionamento inadequado do reservatório superior. Geralmente este reservatório é único e encontra-se no topo da edificação. Toda a água de consumo é bombeada diretamente para esse reservatório, e usada posteriormente em todos os andares. Este procedimento pode esconder um grande desperdício de energia. Por exemplo, a água usada nos primeiros andares, para lavar a garagem, regar o jardim, lavar a calçada são oriundas do reservatório superior. A simples instalação de um sistema secundário, com um reservatório situado próximo aos andares inferiores alimentado por uma pequena bomba auxiliar reduziria o volume bombeado para o reservatório no topo da edificação. Este problema é maior quanto mais alta for a edificação.

Nos novos projetos ou nas reformas, deve-se estar atento ao tipo de pisos e revestimentos. Deve-se escolher aqueles que dispensem a necessidade de lavagem freqüente, o que resulta em uma boa economia de água e energia elétrica.

Em instalações mais sofisticadas, onde o controle da vazão e/ou da pressão se mostra indispensável, pode existir um significativo potencial de economia de energia. Tradicionalmente este controle é efetuado através de válvulas de estrangulamento, onde a abertura e o fechamento são responsáveis pelo controle. Isto faz com que as perdas de energia no sistema como um todo aumentem, e serão maiores quanto maior for o percentual de fechamento da válvula.

Para esses casos, existem equipamentos comumente chamados de inversores de freqüência, capazes de realizar este controle com uma significativa economia de energia. O inversor de freqüência atua na velocidade de rotação do conjunto motor-bomba, promovendo o controle da vazão e/ou pressão sem a necessidade das válvulas de estrangulamento. Estes equipamentos estão largamente difundidos no mercado nacional, porém a sua efetiva instalação depende de uma análise mais detalhada do custo-benefício em cada caso em particular.

Leis de afinidade da hidráulica regem as principais relações entre as principais grandezas:

- a rotação (N) com a vazão (Q):

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

- a rotação (N) com a pressão manométrica (H):

$$\left[\frac{N_2}{N_1} \right]^2 = \frac{H_2}{H_1}$$

- a rotação (N) com a potência (P):

$$\left[\frac{N_2}{N_1} \right]^3 = \frac{P_2}{P_1}$$

Usando um conversor de freqüência variando em 10% a rotação da bomba obtém-se uma redução de área de 37% na potência consumida.

As bombas centrífugas e os ventiladores são conhecidos como máquinas de fluxo positivo. São máquinas semelhantes e seguem a mesma lei de afinidade.

4.4. TRANSPORTE VERTICAL

A potência de um elevador médio de 10HP equivale a 75 lâmpadas de 100W. Considerando este valor médio e uma estimativa de 200 mil elevadores em atividade no país, o consumo relativo a esses equipamentos pode representar uma parcela significativa da energia consumida no país inteiro.

Como ilustração, num edifício típico, os gastos com a energia elétrica consumida pelos elevadores podem chegar a 6% do custo do prédio.

O cálculo exato do consumo de um elevador não é uma tarefa simples, pois existe uma diversidade de variáveis envolvidas, tais como:

- Modelo e características técnicas
- Tipo de utilização
- Carga transportada
- Quantidade de viagens por dia

Porém, o consumo se deve principalmente à energia utilizada na máquina de tração, com uma menor participação da luz da cabina, do ventilador, do operador da porta e do quadro de comando.

O sistema de elevadores em um prédio pode apresentar um bom potencial de economia de energia, principalmente em casos onde possui uma idade avançada, através de investimentos na sua modernização. Outras medidas de menor custo também são passíveis de aplicação, como se pode ver neste capítulo.

4.4.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Num sistema de tração, a cabina do elevador é sustentada no poço por vários cabos de aço, usando-se normalmente duas polias e um contrapeso. Os pesos do próprio elevador e do contrapeso fazem com que exista uma tração entre as polias e os cabos de aço. Assim, as polias movem os cabos de aço sem deslizamento excessivo.

Além disso, a cabina e o contrapeso correm em guias verticais, usadas para evitar as oscilações.

A casa de máquinas fica normalmente situada acima do poço do elevador e utiliza motores elétricos para movimentar o sistema. Existem também elevadores hidráulicos normalmente utilizados em pequenos percursos.

- 1- Quadro de Comando
- 2- Máquina de Tração
- 3- Limitador de Velocidade
- 4- Cabos de Tração
- 5- Operador de Porta
- 6- Aba de Proteção
- 7- Porta de Pavimento - Abertura Lateral
- 8- Porta de Pavimento - Eixo Vertical
- 9- Pára-choque da Cabina
- 10- Cabo do Limitador de Velocidade
- 11- Polia Tensora do Limitador de Velocidade
- 12- Pára-choque do Contrapeso
- 13- Contrapeso
- 14- Cabo de Comando ou Manobra

As máquinas de tração quanto ao tipo de acionamento são:

- Acionamento em corrente contínua – motor de corrente alternada acionando um gerador síncrono de corrente contínua que alimenta um motor de corrente contínua, ligado ao redutor de velocidade.
- Acionamento em corrente alternada – motor assíncrono ligado direto no redutor de velocidade.

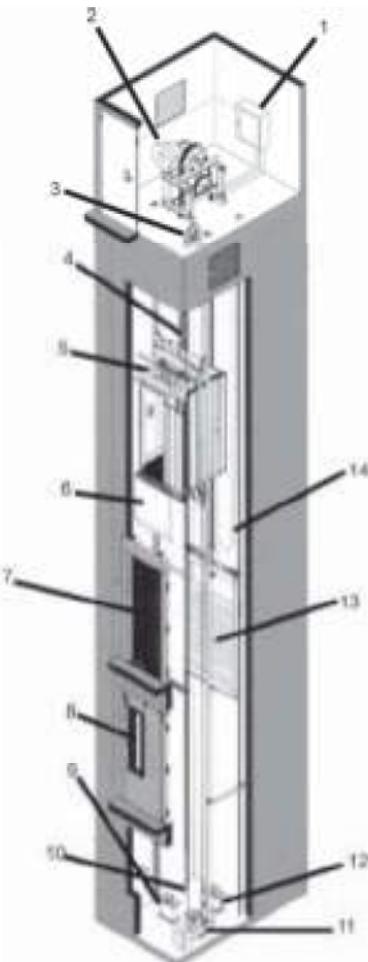


Figura 4.21 – Esquema Completo de Elevador

4.4.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Em transportes verticais podem ser encontradas basicamente três faixas de correntes. A mais alta, quando os elevadores estão descendo com sua cabina vazia, pois terão que arrastar seu contrapeso para cima e este é sempre dimensionado para equilibrar-se com a cabina em sua capacidade máxima. A segunda corrente seria uma média dos elevadores descendo e subindo com pessoas na cabina. E finalmente a terceira, a menor delas, quando o elevador sobe sem nenhuma carga no interior da cabina. Através de uma análise de fluxo de trânsito de passageiros por andar e horário e essas noções de consumo apresentadas, é possível criar planos de zoneamento e uso racional de elevadores durante seus períodos de uso.

Existe uma metodologia de cálculo para encontrar folgas (período de possibilidade de desligamento), cálculos de zoneamento (atendimento diferenciado por andares) e uso racional destes transportes.

A Agência para Aplicação de Energia de São Paulo, apresentou esta metodologia em uma de suas publicações de título *Auto-Avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica no setor comercial*.

4.4.3. RECOMENDAÇÕES DE ECONOMIA DE ENERGIA

A modernização do elevador tem se mostrado como uma boa opção para prédios mais antigos, visando melhorar as condições de funcionamento do equipamento existente, sem a necessidade de altos investimentos em um novo equipamento. A vida média de um elevador é de 20 anos. A modernização consiste em uma reforma total do aparelho, na qual podem ser trocados itens mais importantes, como o quadro de comando e a máquina de tração. Esse tipo de intervenção pode gerar economias de energia na ordem de 40%.

- Respeite a capacidade máxima de transporte do elevador. A sobrecarga do sistema causa fadiga no motor elétrico, podendo reduzir a sua vida útil, além de provocar aumento no consumo de energia.
- Existem sistemas que registram as chamadas apenas para o elevador mais próximo do andar solicitante, evitando a duplicidade de chamadas.
- Se um usuário prender o elevador em um andar, com a porta aberta, um dispositivo sinalizador toca após 15 ou 30 segundos. Pode ser inconveniente em casos mais esporádicos como mudanças, mas no dia-a-dia ajuda a agilizar o trabalho do aparelho, diminuindo a duplicidade de chamadas (um usuário chamar dois elevadores).
- Se uma criança acionou vários botões, o sistema identifica automaticamente se existe lógica no procedimento. Se não houver lógica, o elevador cancela as paradas.
- Portas de elevador com vidro fumê são muito apreciadas esteticamente, mas podem trazer um problema prático. O usuário chama, o aparelho chega no andar, e a pessoa não percebe. Então, chama o outro elevador, gastando mais energia elétrica.
- Verifique a possibilidade de deixar um dos elevadores completamente desligado entre 22 e 6 horas. Mesmo parado no térreo, o equipamento gasta energia com sua iluminação. Essa medida ainda evita que o usuário chame dois elevadores neste período.
- Quando existirem dois elevadores, estude a possibilidade de atender andares pares com um e andares ímpares com o outro.
- Afixe avisos aos usuários, sugerindo que utilizem as escadas para subir um andar ou descer dois.
- Estude a possibilidade de desligar diariamente e de maneira alternada um dos elevadores no horário de menor movimento e menor utilização. Para tanto, recomendamos esclarecer aos usuários sobre os benefícios e objetivos a serem atingidos.
- Em caso de botoeiras com dois botões, acione apenas o botão do sentido desejado, evitando paradas desnecessárias.
- Utilize o menor número possível de elevadores fora do horário de maior movimento.
- Situe as áreas de atendimento ao público no andar térreo, evitando o uso de elevadores.
- Identifique com clareza as diversas seções, explicitando suas atividades, para evitar transportes desnecessários.
- Implante medidas de conscientização dos usuários mediante cartazes explicativos, inclusive sugerindo que é mais prático utilizar a escada para chegar a andares próximos.

- Analise a possibilidade de instalar controladores de tráfego para evitar que uma mesma chamada desloque mais de um elevador.
- Analise a possibilidade da instalação de sistemas mais eficientes para o acionamento dos elevadores, consultando os fabricantes ou firmas especializadas.
- Existem comandos eletrônicos que ligam a iluminação e a ventilação da cabina apenas quando os elevadores estiverem sendo utilizados, promovendo uma economia de energia.
- Elevadores mais modernos podem ser programados para retornar ao térreo quando ficam parados por mais de 60 segundos. Essa função pode ser desabilitada no sentido de economizar energia.
- O uso de quadro de comandos computadorizados, em substituição aos antigos quadros eletromecânicos, reduz o consumo de energia, facilita a manutenção e elimina paralisações constantes.
- Em sistemas antigos com excitatriz girante (gerador de corrente contínua – CC), fazer uma revitalização (*retrofit*) com a troca para um sistema com excitatriz estática, eliminando o desperdício do motor de corrente alternada (CA) que fica permanentemente ligado, girando o gerador de CC.

4.5. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS EM GERAL

Este item apresenta recomendações básicas com fins de tornar o uso de alguns equipamentos elétricos o mais eficiente possível. Nota-se que ainda que o enfoque deste manual seja prédios públicos, foram incluídos, na abordagem a seguir, alguns equipamentos elétricos mais facilmente encontrados em prédios residenciais.

4.5.1. MICROCOMPUTADORES

O consumo individual destes equipamentos é de modo geral baixo. No entanto, com o grande avanço da informática em diversos setores, estes equipamentos poderão aumentar a sua participação no consumo total. Assim sendo, os usuários devem ser orientados a:

- Desligá-los quando não forem utilizados por longos períodos;
- Utilizar, sempre que possível, os recursos de economia de energia, disponibilizados pela grande maioria dos computadores no programa "Energy Star".

4.5.2. EQUIPAMENTOS DE ESCRITÓRIO – MONITOR, CPU, SCANNER E IMPRESSORA

Recomendações para uma melhor utilização destes equipamentos:

- Desligue o monitor de seu computador quando sair para o almoço ou reunião.
- Configure o seu computador para que ele desligue sozinho o monitor, quando não for utilizá-lo por mais de 15 minutos.
- Ligue scanners e impressoras somente quando for utilizá-los.
- Procure imprimir somente os documentos necessários.
- Desligue todo o equipamento quando se ausentar por tempo prolongado.

4.5.3. COPIADORAS

Entre os equipamentos de escritório citados, existem também as copiadoras eletrostáticas que apresentam maior consumo, devido ao fato de o cilindro de fixação da cópia ser mantido aquecido. Estas máquinas, se ligadas permanentemente, podem gastar muita energia elétrica.

Para economizar energia elétrica, o melhor é juntar um número razoável de originais a serem copiados de uma só vez e, após o uso, desligá-la.

As copiadoras mais modernas também têm programas economizadores de energia que diminuem o consumo quando estes equipamentos não estão operando.

4.5.4. CONDICIONADOR DE AR

Os condicionadores de ar são equipamentos de potência relativamente alta e de uso intenso. A economia de energia começa na aquisição do condicionador de ar, através de um dimensionamento adequado da capacidade do aparelho, nos cuidados da instalação, na sua utilização racional e na rotina de uma manutenção eficiente.

Os aparelhos que consomem menos energia podem fazer uma boa diferença na conta de luz, principalmente no período mais quente do ano, onde o ar-condicionado chega a representar um terço do consumo total das instalações.

Algumas recomendações podem ser feitas objetivando um melhor aproveitamento do equipamento com redução no consumo de energia:

- Dê preferência aos modelos que tenham o Selo Procel de economia de energia.
- Evite o frio excessivo regulando o termostato adequadamente.

- Instale o aparelho em local com boa circulação de ar, evite a instalação com a face externa voltada para locais fechados como garagens, forros etc. Isso é importante para garantir a qualidade do ar que circula no ambiente.
- Manter as portas e janelas bem fechadas, para evitar a entrada de ar do ambiente externo.
- Limpe periodicamente os filtros, pois quando estão sujos impedem a circulação livre do ar, aumentando o trabalho do equipamento e consequentemente o seu consumo de energia.
- Proteja a parte externa do aparelho da incidência do sol, sem bloquear as grades de ventilação.
- Desligue o condicionador de ar sempre que se ausentar por um tempo prolongado do ambiente.
- Sempre que possível, ligar o aparelho de ar-condicionado uma hora após o início do expediente e desligar uma hora antes de seu término.
- Manter um funcionário encarregado de desligar os aparelhos de ar-condicionado em horários predeterminados.
- O calor excessivo do sol no ambiente aumenta a carga térmica, e consequentemente o consumo de energia. Sempre que possível, elementos de controle da luz solar, tais como: *brises*, cortinas, persianas e películas reflexivas podem ser utilizados.

4.5.5. REFRIGERADOR / FREEZER

A geladeira tem uma grande influência no consumo de energia elétrica, pois funciona durante todo o dia. Apresentam-se com potências variadas (dependendo do modelo). Algumas recomendações podem ser feitas para que o consumo de energia possa ser otimizado, reduzindo gastos e aumentando a vida útil do equipamento:

- O aparelho deve ser ligado em local bem ventilado, evitando exposição ao sol, proximidade de fogão ou aquecedores.
- Deixe um espaço mínimo de 15cm dos lados, acima e no fundo do aparelho, no caso de instalação entre armários e paredes.
- Não abra a porta por tempo prolongado ou sem necessidade, retire de uma só vez todos os alimentos que vai utilizar.
- Coloque os alimentos de forma a não perder tempo ao procurá-los.
- Não guarde alimentos ou líquidos ainda quentes.
- Não guarde líquidos em recipientes sem tampa.
- Não forre as prateleiras da geladeira com vidros ou plásticos, pois isto dificulta a circulação interna do ar.
- Faça o degelo periodicamente para evitar a formação de camadas com mais de meio centímetro de espessura.

- No inverno, as temperaturas ambientes mais baixas permitem reajustar o termostato para manter o mesmo nível de temperatura interna, com menor consumo de energia elétrica.
- Faça o teste de vedação das portas, problemas na vedação aumentam o consumo de energia elétrica.
- Não se deve utilizar a parte traseira para secar panos ou roupas.
- Procure os modelos que tenham o Selo Procel de economia de energia.

4.5.6. TELEVISOR

O televisor é um eletrodoméstico muito utilizado no país, tem potência que varia de 60 a 200W, atingindo até mais nos modelos mais antigos. As recomendações para redução do consumo de energia no uso destes equipamentos são bastante simples, e podem ser resumidas nos seguintes itens:

- Desligue o aparelho quando ninguém estiver prestando atenção.
- Evite dormir com a TV ligada, se tiver recursos de programação, utilize o *timer*.
- Na compra de um novo equipamento, faça a opção por um modelo com menor consumo de energia.

4.5.7. FERRO DE PASSAR ROUPAS

O ferro elétrico é um equipamento que funciona através do aquecimento de uma resistência elétrica, fato que aumenta significativamente o consumo de energia elétrica. Dependendo do modelo sua potência pode variar de 500 a 1.500W.

Algumas recomendações merecem ser enunciadas para que a utilização deste equipamento possa ser otimizada:

- Nunca esqueça o aparelho ligado, pois além do desperdício de energia, existe o risco de acidentes.;
- Evite ligar o ferro elétrico no horário em que muitos aparelhos estão ligados.
- Habitue-se a juntar a maior quantidade possível de roupas e passá-las todas de uma só vez.
- Regule a temperatura, no caso de ferros automáticos. Passe primeiro as roupas delicadas, que precisam de menos calor. No final, depois de desligar o ferro, aproveite ainda o seu calor para passar algumas roupas leves.

4.5.8. BOMBAS DE ÁGUA

A utilização inadequada da água e da própria bomba de água pode acarretar um maior consumo de energia elétrica. Algumas considerações podem ser feitas para se evitar isto:

- Evite gastos desnecessários de água, como banhos muito demorados, torneiras abertas ou pingando e descargas de vaso sanitário com defeito. O maior consumo de água implica maior consumo de energia elétrica, porque a bomba de água precisará funcionar mais.
- Regule o nível automático da bóia, evitando a fuga pelo ladrão.
- Vistorie periodicamente o eixo do motor-bomba da água, caso perceba vazamento, provavelmente há desgaste da gaxeta.

4.5.9. CHUVEIRO ELÉTRICO

Equipamento de alto consumo de energia elétrica, com potência elétrica que pode chegar a 8.000W. Apesar de ser utilizado em pequenos espaços de tempo, a demanda na rede elétrica pode ser bastante grande, prejudicando o funcionamento de outros aparelhos.

Algumas considerações serão listadas para que se possa obter uma redução no consumo de energia elétrica no momento de utilização deste equipamento:

- O ideal é evitar a sua utilização nos horários de maior consumo de energia elétrica (horário de ponta do sistema elétrico).
- Nos dias quentes utilize o chuveiro na posição "verão" para diminuir o consumo de energia elétrica.
- Limite o seu tempo de utilização ao mínimo indispensável.
- Limpe periodicamente os orifícios de saída de água, pois com menor vazão de água, seu banho será mais demorado.
- Feche a torneira quando se ensaboar.

4.5.10. BOILER ELÉTRICO

Algumas recomendações para a otimização do consumo de energia elétrica:

- Faça a opção por modelos com melhor isolamento do tanque e com dispositivo de controle de temperatura.

- Nunca ligue o aquecedor à rede elétrica sem ter certeza de que ele está cheio de água. Para isso, verifique se sai água das torneiras de água quente.
- Cuidado com o vazamento de água quente. Uma torneira pingando 90 gotas por minuto representa uma perda de mais de mil litros de água por mês.
- Instale o aquecedor central no local mais próximo dos pontos onde você irá utilizar a água quente, sempre aplicando isolamento térmico em todas as canalizações, para conservação da temperatura.

4.5.11. MÁQUINA DE Lavar (ROUPA E LOUÇA)

Este tipo de equipamento possui ciclo de funcionamento com operações de lavagem, enxágue e centrifugação. A potência elétrica varia entre 500 e 1.000W. Algumas recomendações para otimizar a utilização destes equipamentos são listadas a seguir:

- É interessante que se busque lavar, de uma só vez, a quantidade máxima indicada pelo fabricante.
- O filtro da máquina deve ser limpo com freqüência.
- A dosagem correta de sabão especificado pelo fabricante deve ser utilizada, pois isto evita a necessidade de se repetir a operação enxaguar.

4.5.12. MÁQUINA DE SECAR ROUPA

Algumas recomendações para uma melhor utilização são listadas a seguir:

- Regule o tempo de funcionamento da secadora de acordo com a temperatura necessária à secagem dos diversos tipos de tecidos. Para tanto, consulte o manual do fabricante.
- Procure utilizar a máquina só depois de juntar a quantidade de roupa correspondente a sua capacidade máxima.
- Limpe periodicamente o filtro de ar.

Exemplo 4.10

Deseja-se realizar um diagnóstico energético em um prédio público visando à redução do consumo de energia elétrica. Além dos estudos mais detalhados nos sistemas de iluminação, sistemas de ar-condicionado e sistemas de motores e bombeamento, foi feito um levantamento dos diversos equipamentos elétricos existentes com as respectivas horas de utilização. Este exemplo objetiva enumerar medidas para melhor utilização destes equipamentos, comparando os consumos antes e depois.

A seguir são listados os equipamentos e seus respectivos consumos ao longo de um mês.

Situação Atual				
Tipo de Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
Microcomputadores	40	200	10	1.760
Impressoras	10	200	10	440
Copiadoras	5	300	5	7,5
Ar-Condicionado	16	2.000	12	8.448
Refrigeradores	5	200	24	528
Televisores	3	100	10	66
Conj. Moto-bomba	2	373	2	32,8
Chuveiro elétrico	2	4.400	1	193,6
Total				11.475,90

Quadro 4.5

As seguintes medidas foram adotadas em relação ao funcionamento dos equipamentos descritos:

- Habilhou-se o recurso de economia de energia em todos os computadores, permitindo que os mesmos fiquem no modo de espera, com o monitor apagado, quando não são utilizados. Identificou-se uma redução diária de duas horas em seu consumo com a adoção desta medida.
- Optou-se pelo desligamento das impressoras quando não são utilizadas. A redução no tempo de funcionamento diário foi de cinco horas.
- Da mesma maneira, optou-se pelo desligamento das copiadoras quando não eram utilizadas. A redução no tempo de funcionamento diário foi de uma hora.
- Os aparelhos de ar-condicionado foram desligados por duas horas, durante o horário de almoço.
- Os aparelhos de TV foram desligados por duas horas, durante o horário de almoço.
- Os chuveiros elétricos foram substituídos por sistemas de aquecimento de água solar.

O Quadro 4.7 a seguir consolida a redução no consumo de energia elétrica após medidas adotadas em termos de horas de utilização.

Situação Atual				
Tipo de Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
Microcomputadores	40	200	8	1.408
Impressoras	10	200	5	220
Copiadoras	5	300	4	6
Ar -Condicionado	16	2.000	10	7.040
Refrigeradores	5	200	24	528
Televisores	3	100	8	52,8
Conj. Moto -bomba	2	373	2	32,8
Chuveiro elétrico	2	4.400	0	0
Total				9.287,60

Quadro 4.7

Análise econômica:

Redução no consumo de energia elétrica mensal:

$$11.475,90 \text{ kWh/mês} - 9.287,60 \text{ kWh/mês} = 2.188,30 \text{ kWh/mês}$$

Considerando uma tarifa convencional, subgrupo A4, com valor médio de R\$ 0,15/kWh, teremos a seguinte redução nos gastos com energia elétrica:

$$2.188,30 \times 0,15 = \text{R\$ } 328,25$$

4.6. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

As chamadas alternativas tecnológicas, ou fontes alternativas de energia são aquelas que não dependem do consumo de um combustível, e sim de energias disponíveis na natureza. Algumas fontes podem ser citadas:

- Solar – energia proveniente do sol
- Eólica – energia dos ventos
- Marés – aproveitamento das diferenças de altura das águas dos oceanos causadas pelas marés para geração de energia
- Ondas – aproveitamento da energia das ondas dos oceanos
- Biomassa – Material orgânico que quando decomposto gera gás metano, que pode ser aproveitado na geração de energia elétrica

Devido a maior facilidade de aplicação em prédios públicos, será abordada a alternativa tecnológica que utiliza a energia solar.

Numa visão geral, a energia solar é a fonte absoluta de vida no planeta. Ela pode substituir qualquer outro sistema convencional, com a diferença de não agredir o meio ambiente.

Além da importante tarefa de conscientização ambiental pelo uso de uma energia limpa e gratuita, a economia de energia convencional causada pela utilização da fonte solar evita desperdícios, tanto para a economia e estabilidade energética mundial, como pelas grandes perdas ambientais irreversíveis.

Esta nova forma de energia, abundante em nosso planeta, pode ser utilizada basicamente de duas formas:

- Aquecimento de água – Através dos aquecedores solares.
- Geração de energia elétrica – Através dos painéis fotovoltaicos.

4.6.1. AQUECEDORES SOLARES

Os componentes e funcionamento de uma instalação de aquecimento solar são bastante simples.



Figura 4.22 – Componentes de instalação solar.

O reservatório fornecerá ao sistema a água a ser aquecida. Nas residências, geralmente, utiliza-se a própria caixa de água. Neste caso é necessário que a tomada de água esteja localizada em um nível superior ao do sistema de aquecimento, permitindo que a água seja conduzida por gravidade.

O boiler é o reservatório que armazena a água aquecida para que aos poucos possa ser consumida. Para que isto aconteça, este recipiente necessita de uma camada de isolamento. O boiler geralmente é formado por dois cilindros, um interno e outro externo, com o espaçamento entre eles preenchido por material isolante (lá de vidro, lá de rocha, poliuretano etc.).

Os coletores solares são os responsáveis pelo aquecimento da água a partir da captação da energia solar. São confeccionadas em estrutura de alumínio, placas de vidro transparentes, uma camada de isolante térmico, tubulações de cobre, placa preta para absorção de calor e vedação. Seu funcionamento fundamenta-se na captação da energia solar e na sua conversão em energia térmica, sob forma de calor. A radiação solar atravessa o vidro e é absorvida no interior pela placa, que, por sua vez, é aquecida emitindo radiação infravermelha. Essa radiação não atravessa o vidro e fica presa no interior do coletor retendo o calor e aquecendo o conjunto, é o chamado efeito estufa. Parte deste calor é transmitida à água que se encontra na tubulação de cobre, que está ligada à placa de absorção e instalada em forma de serpentina dentro do coletor solar. A movimentação do líquido se faz por termossifão, onde a água fria vem da caixa d'água, desloca por convecção a água aquecida pelo sol que está contida na serpentina do coletor criando o movimento da água no sentido do boiler.

VANTAGENS DO USO DE AQUECEDORES SOLARES

- Grande redução no consumo de energia elétrica devido à retirada de chuveiros e torneiras elétricas de funcionamento.
- Alívio das instalações elétricas locais.
- Instalação simples.
- Mínima manutenção.
- Redução do consumo no horário de ponta do sistema.
- Boa opção para locais que não têm acesso a rede elétrica convencional.
- Depois de instalado, não existe mais conta de luz.

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA COM AQUECEDORES SOLARES

Para dimensionar um sistema de aquecimento de água através de painéis solares, torna-se necessário o cálculo da demanda diária de água na instalação. O Quadro 4.8 a seguir define valores médios de consumo de água aquecida em ambientes residenciais.

Descrição	Consumo
Chuveiro	50 litros por banho
Banheira para uma pessoa	100 litros por banho
Banheira para duas pessoas	200 litros por banho
Torneira de água quente	50 litros por dia
Máquina de lavar pratos	150 litros por dia
Máquina de lavar roupa	150 litros por dia

Quadro 4.8 – Valores médios de consumo de água aquecida em ambientes residenciais.

Exemplo 4.11

Considera-se uma residência habitada por cinco pessoas na qual existe uma máquina de lavar louça e outra de lavar roupas. Defina a capacidade do reservatório a ser empregado no momento da instalação de um sistema para aquecimento solar de água.

Considerando que cada morador tome apenas um banho por dia, tem-se:

$$50 \text{ litros por banho} \times 5 \text{ moradores} = 250 \text{ litros por dia}$$

Acrescentando, agora, o gasto com as máquinas de lavar roupa e louça:

$$250 \text{ litros por dia} + 150 \text{ litros por dia} + 150 \text{ litros por dia} = 550 \text{ litros por dia}$$

Uma vez estimada a demanda média diária de água aquecida, bastará consultar uma tabela de um fabricante para escolher o reservatório térmico adequado. Entretanto, isto apenas não basta para adquirir o reservatório, é preciso fazer uma análise detalhada do local no qual será instalado. O desnível que deverá existir entre o reservatório de fornecimento de água e o reservatório térmico, e a disponibilidade de recursos do cliente irão definir se ele será de alta ou baixa pressão.

4.6.2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Atualmente o sol envia à superfície da Terra energia equivalente a mais de 15 (quinze) mil vezes o consumo anual de energia no mundo, porém a natureza difusa da energia solar impõe grandes obstáculos técnicos e econômicos à sua exploração comercial.

Constata-se que o sol é uma enorme usina à disposição durante todo o tempo, fornecendo uma energia limpa, gratuita, renovável e não poluente.

A tecnologia fotovoltaica transforma a energia luminosa proveniente do sol em eletricidade para abastecer equipamentos elétricos.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Esta tecnologia converte a energia luminosa diretamente em energia elétrica em corrente contínua. Módulos geralmente produzidos a partir do silício (material semicondutor), quando expostos à radiação solar funcionam como geradores de energia elétrica. A energia produzida poderá ser utilizada diretamente ou armazenada em baterias para uso posterior.



Figura 4.23 – Célula fotovoltaica.

Um sistema fotovoltaico típico para 12Vcc é composto de alguns elementos básicos, como mostra o diagrama a seguir:

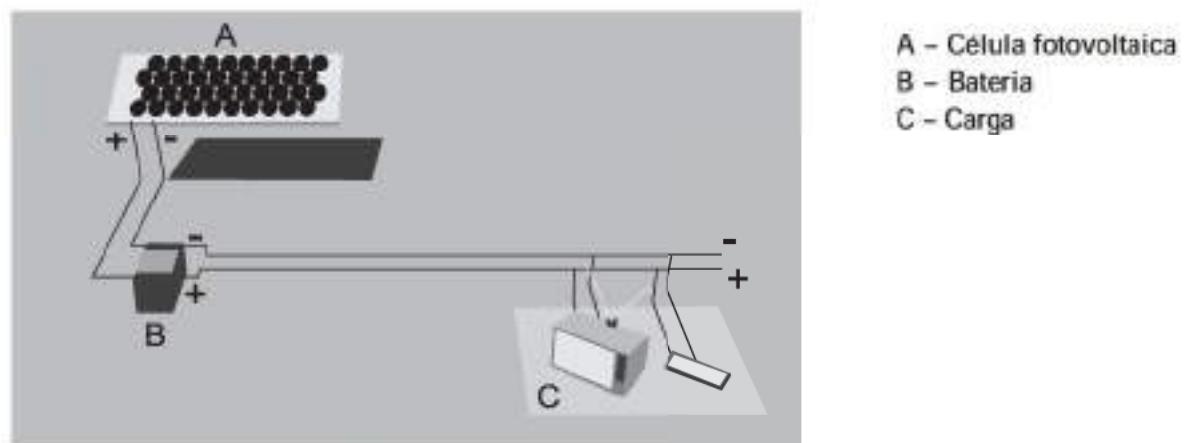


Figura 4.24 – Elementos básicos de sistema fotovoltaico.

TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As células fotovoltaicas são fabricadas em silício, na sua grande maioria, podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo.

Silício Monocristalino

A célula de silício monocristalino é historicamente a mais usada e comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade. A tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído.

Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. As photocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15% podendo chegar a 18% em células feitas em laboratórios.

Silício Policristalino

Estas células são mais baratas que as de silício monocristalino por exigirem um processo de preparação menos rigoroso. Conseqüentemente a eficiência cai um pouco, ao longo dos anos, o processo de fabricação tem alcançado eficiência máxima de 12,5% em escala industrial.

Silício Amorfo

Uma célula de silício amorfo difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. Sua utilização tem mostrado vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Mesmo apresentando um custo reduzido na produção, o uso do silício amorfo apresenta duas desvantagens:

- Baixa eficiência de conversão quando comparada às células mono e policristalinas.
- As células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo sua eficiência ao longo da vida útil.

Por outro lado apresentam algumas vantagens que compensam os problemas descritos anteriormente:

- Processo de fabricação simples e barato.
- Possibilidade de fabricação de células com grandes áreas.
- Baixo consumo de energia na produção.

APLICAÇÕES DA CÉLULA FOTOVOLTAICA

Atualmente a energia solar fotovoltaica é viável economicamente para aplicações onde a rede elétrica de distribuição não chega (o programa PRODEEM do Ministério de Minas e Energia tem difundido esta aplicação para alimentar escolas e postos de saúde em comunidades não atendidas pela rede de energia elétrica das concessionárias).

Tudo que for acionado eletricamente é passível de ser feito com energia solar. Entretanto, apesar de seu custo estar cada vez mais baixo, a energia solar ainda tem um preço inicial considerável para certas aplicações.

A seguir são listadas algumas aplicações de sucesso para esta tecnologia:

- **Iluminação** – tanto para iluminação residencial quanto para iluminação pública, esta aplicação é a mais popular da energia fotovoltaica. A energia gerada durante o dia é armazenada em baterias para ser consumida à noite.



Figura 4.25 – Iluminação por célula fotovoltaica

- **Bombeamento de água** – ótima opção para vazões de até oito mil litros por dia. Vazões maiores só justificam o investimento quando a fonte de água estiver longe, dificultando a operação de outros sistemas, pois a energia solar é automática, ou seja, quando existe luminosidade o sistema gera energia e bombeia a água; por outro lado, quando não há luminosidade o sistema é desligado.

- **Televisão** – a energia solar possibilita o funcionamento deste eletrodoméstico, mesmo nas mais remotas localidades.



Figura 4.26 – Bombreamento de água com utilização de célula fotovoltaica.



Figura 4.27 – Célula fotovoltaica nos eletrodomésticos.

- **Radiocomunicação** – muitas localidades dependem deste meio para se comunicar. A energia solar representa uma boa fonte geradora para esta aplicação.
- **Telecomunicação** – as estações repetidoras são instaladas em locais altos ou, em muitos casos, longe da rede elétrica. Os módulos fotovoltaicos flexibilizam a implantação destas estações, aumentando as opções de escolha do ponto mais favorável, independentemente da rede elétrica.
- **Telefonia** – a comunicação telefônica pode ter no sistema fotovoltaico o suprimento energético para a sua operacionalização.
- **Sinalização** – é impossível levar a energia convencional a bóias de sinalização marítima ou fluvial. Nestes casos os módulos solares representam praticamente a única opção para energizar estes dispositivos.
- **Refrigeração** – módulos fotovoltaicos podem ser uma excelente opção para sistemas de refrigeração, atuando na conservação de alimentos e medicamentos.

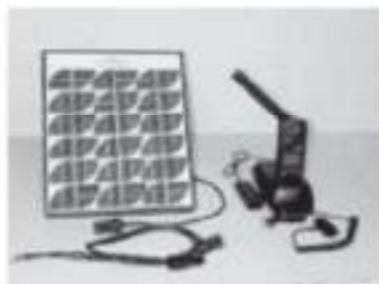


Figura 4.28 – Célula fotovoltaica na telefonia.

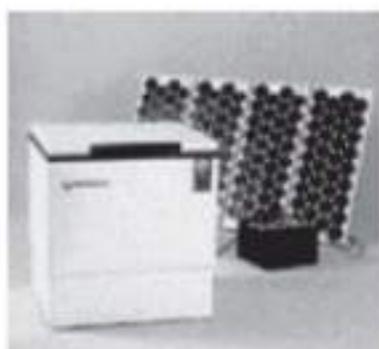


Figura 4.29 – Célula fotovoltaica nos sistemas de refrigeração.

- **Náutica** – embarcações dependem de geração de energia para suprimento básico de iluminação, sinalização e radiocomunicação. Os geradores convencionais representam grande peso e espaço, tanto do equipamento quanto do combustível. Leve e podendo ser laminado nas áreas livres, o módulo fotovoltaico atende bem a este função, concorrendo em custo com os sistemas comumente utilizados.

VANTAGENS DO USO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

- Energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição.
- Instalação bastante simples.
- Mínima manutenção, pois não há desgaste dos módulos ou placas solares.
- Vida útil dos módulos superior a 25 anos.
- Boa opção para locais que não têm acesso à rede elétrica convencional.
- Depois de instalado, não existe mais conta de luz.

4.7. BOMBA DE CALOR

A bomba de calor é uma máquina que extrai energia de uma fonte à baixa temperatura e faz essa energia ser disponível a uma temperatura mais alta.

O sistema pode ser empregado eficientemente sempre que o calor e frio sejam necessários. Na Figura 4.30 encontram-se indicados os componentes básicos.

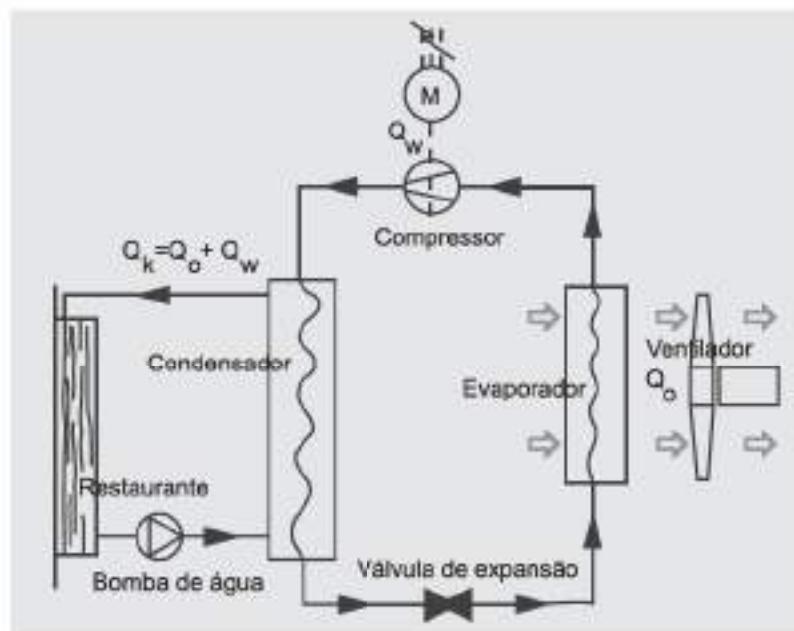


Figura 4.30 – Circuito de bomba de calor.

A eficiência da bomba de calor é dada pela relação entre a energia térmica utilizável (Q) e o total de energia consumida para a operação (W), esta relação é conhecida como coeficiente de performance (COP).

Este valor deve ser maior que a unidade (>1), e quanto maior o COP, mais eficiente será a bomba de calor (como referência indicamos COP 5-6 para máquinas grandes e COP 2-3 para máquinas menores).

A avaliação econômica da bomba deve ser feita levando em conta que o custo do investimento é alto comparado com outras aplicações (aquecedores, caldeiras etc.), o ideal é compará-la com os outros sistemas para se determinar as vantagens econômicas, levando em conta os custos do capital de manutenção e operação. Se na sua aplicação houver simultaneidade das demandas de resfriamento e calor e quanto mais coincidentes sejam estes fatores, mais econômica será cada aplicação.

As principais aplicações em prédios que requerem resfriamento e aquecimento são hospitais, escritórios, clubes, frigoríficos, com a recuperação do calor dos sistemas de resfriamento para aquecimento de água usada em lavanderias, cozinhas de restaurantes, aquecimento de piscinas etc. com a possibilidade de se fornecer água à alta temperatura (até 100°C).

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS



5.1. GERENCIAMENTO DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA

É de suma importância para o surgimento da conscientização do uso eficiente da energia o comprometimento de todos os usuários da instalação. Cabe ao administrador da organização criar o ambiente necessário à integração das pessoas, com a elaboração de informativos de acompanhamento de resultados obtidos e metas traçadas.

Para tanto é necessário que sejam reunidos os dados da instalação, tais como demonstrado em seguida.

- Elaboração de uma planilha contendo os valores de consumo de energia (kWh) e demanda (kW) dos últimos 12 meses. A Tabela 5.1, apresentada a seguir, é um exemplo de planilha de acompanhamento dos dados da conta de energia elétrica.

Mês de Leitura	Consumo (kWh)		Demanda(kW)						Fator de Potência		Fator de Carga (%)		Valor da Conta R\$	
	Ponta	Fora Ponta	Ponta			Fora Ponta			Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta		
			Fat.	Reg.	Ultr.	Fat.	Reg.	Ultr.						
Jan/02	60.000	6.000	250	230	0	315,6	315,6	0	0,91	0,92	39,5	28,6	14.000,00	
Fev/02	56.000	5.600	250	215	0	300	292	0	0,90	0,91	39,4	28,9	10.900,00	
Mar/02	58.000	5.800	250	220	0	300	298	0	0,91	0,91	39,9	29,3	12.000,00	
Abr/02	61.000	6.100	250	240	0	332	332	2	0,91	0,93	38,5	27,7	16.000,00	

Fat. = Faturada

Reg. = Registrada

Ultr. = Ultrapassada

Tabela 5.1 - Planilha de acompanhamento de conta de energia.

- Levantamento das cargas existentes na instalação, cadastro dos equipamentos, com identificação da potência (kW), quantidade e o ambiente a que pertence.
- Listagem dos principais equipamentos consumidores de energia elétrica da instalação com identificação do período de operação e do número de horas de funcionamento dos mesmos. O Quadro 5.1, a seguir, é um exemplo de planilha de extratificação de cargas.

Nome do Equipamento	Equipamentos Principais	Local de Operação	Potência (kW)	Quantidade	Horário de funcionamento/dia	Nº de dias/mês	Consumo Estimado (kWh)/mês
Ar-condicionado	X	Cobertura	151	1	8:00 às 17:00	22	30.000
Elevadores		Hall	7	2	8:00 às 20:00	22	3.500
Iluminação	X	Salas	68	-	8:00 às 20:00	22	18.000
Bomba		Subsolo	3,7	2	12:00 às 14:00	22	326

Quadro 5.1 - Planilha de extratificação de cargas (o consumo estimado é obtido pela multiplicação da potência pelo nº de horas/dia e pelo nº de dias/mês).

- Divisão percentual das cargas de forma a direcionar as ações nas maiores cargas onde certamente estarão os maiores ganhos de energia, como exemplo: 30% iluminação, 50% ar-condicionado, 10% força motriz, 5% informática e 5% outros. A Figura 5.1 apresenta esta divisão.

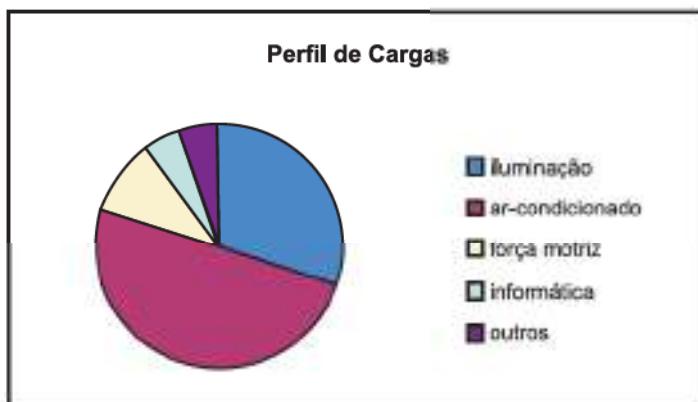


Figura 5.1 - Gráfico de perfil de cargas.

- Criação de uma comissão, nomeando um responsável por cada setor e promoção de reuniões semanais com estas pessoas (ver criação da CICE).
- Solicitação de sugestões de melhoria de eficiência aos responsáveis de cada setor, assim como às pessoas com quem eles trabalham.
- Estabelecimento de metas possíveis de serem atingidas e divulgação em cartazes, motivando os funcionários a participar da campanha de redução do desperdício da energia.
 - Divulgação do alcance de uma meta, parabenizando a todos pelo resultado alcançado.
 - Estabelecimento de parâmetros de comparação, ou seja, transformação da energia economizada em valores sua conversão em algo que seja compreendido de forma mais fácil para todos. Por exemplo, uma economia de 300kWh/mês com uma tarifa média de R\$0,25/kWh equivale a R\$75,00, que por sua vez representa 150 cafetinhos no bar da esquina.
- Se for possível, reversão do valor economizado em aquisição de equipamentos mais eficientes no uso da energia. Como exemplo, aquisição de lâmpadas fluorescentes compactas em substituição das lâmpadas menos eficientes. Desta forma, a economia estará se revertendo para proporcionar mais economia e eles estarão vendo os resultados obtidos, gerando melhorias no ambiente de trabalho.

5.1.1. PRECAUÇÕES COM A INSTALAÇÃO ELÉTRICA

As instalações elétricas necessitam de um acompanhamento periódico de suas condições operacionais, a fim de evitar possíveis falhas e riscos de acidentes.

Nos quadros de distribuição, cabos e sistemas de proteção, torna-se necessária a verificação do correto dimensionamento, de modo a evitar que os mesmos estejam sendo utilizados de forma subdimensionada, ou seja, aquém da capacidade para a qual eles foram projetados.

5.1.2. CURVA DE CARGA

A curva de carga de uma instalação representa o perfil de comportamento das cargas solicitadas durante as 24 horas do dia, apresentando os valores de pico e possibilitando avaliar o consumo em determinados horários ou dias diferentes.

Os dados da Curva de Carga possibilitam ao administrador da instalação identificar os períodos de maior consumo e suas respectivas causas, possibilitando o controle dos valores contratuais de demanda, evitando o pagamento de multas por ultrapassagem. Para o estabelecimento da curva de carga, torna-se necessária a instalação de um analisador de parâmetros elétricos no circuito principal da instalação, efetuando registros de 15 em 15 minutos para composição da curva com as informações contidas no Quadro 5.2. A extratificação de cargas permite agrupar as cargas por horário de funcionamento na curva de carga e verificar quais as cargas que dão conformação à curva, facilitando a visualização dos sistemas/equipamentos que podem oferecer ganhos de energia. A curva também pode ser traçada para setores específicos da instalação que tenham uma participação significativa na matriz energética, bastando que para isso o circuito correspondente seja monitorado e analisado seguindo os mesmos critérios.

A Figura 5.2 apresenta as características da curva de carga de um prédio administrativo com funcionamento regular de segunda a sexta-feira das 8:00 às 17:00 horas, com parte da instalação possuindo um funcionamento até às 20:00 horas. A demanda contratual é de 50kW e o horário de ponta é de 17:30 às 20:30 horas.

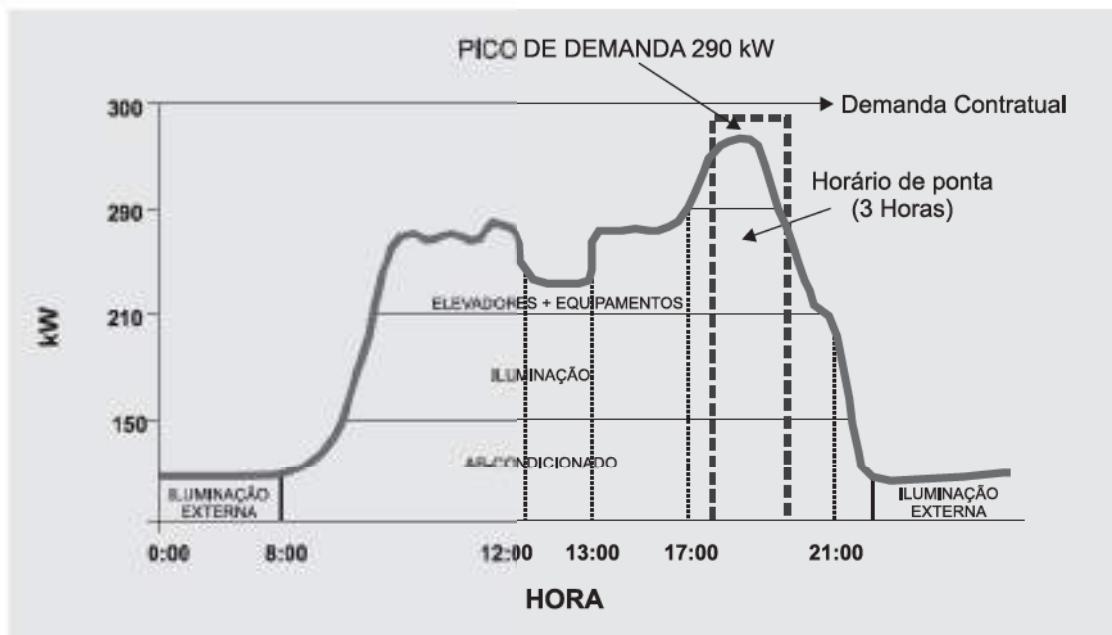


Figura 5.2 - Curva de carga.

5.1.3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético é um trabalho realizado por um profissional ou por uma empresa especializada em uso eficiente de energia. Este trabalho contempla a avaliação de todos os sistemas consumidores de energia existentes em uma unidade consumidora. São avaliadas as condições de operação de motores, sistemas de iluminação, transformadores, elevadores, sistemas de ar-condicionado e outros. Esta análise visa observar as condições de operação dos equipamentos comparando com o seu correto dimensionamento e suas condições de operação, a fim de identificar pontos de desperdício de energia.

Num trabalho de diagnóstico energético também são analisadas/avaliadas as contas de energia, a fim de se estabelecer o melhor enquadramento tarifário e de modelo de contrato para a organização, ou seja, o modelo que irá apresentar um menor custo da energia ao final do mês.

Medidas operacionais também são analisadas neste tipo de trabalho. Elas prevêem a mudança de horários de funcionamento de determinados sistemas, assim como o deslocamento de cargas para horários onde o pico da demanda esteja menor (ver Figura 5.2 – Curva de Carga), a fim de melhorar o fator de carga da instalação e diminuir o valor da demanda contratada. O fator de potência da instalação também é avaliado, uma vez que caso ele esteja abaixo do valor mínimo exigido pelas concessionárias (0,92), a conta de energia é onerada com o pagamento de energia e demanda de reativos excedentes. Cabe ressaltar que todas as medidas recomendadas em um diagnóstico energético visam melhorar a eficiência e eliminar o desperdício, quer seja de energia (kWh), quer da demanda (kW) ou de custos (R\$), mantendo o mesmo nível de produção e conforto estabelecidos para o bom funcionamento da organização.

É preciso não confundir a eliminação do desperdício de energia com o racionamento.

Neste trabalho duas vertentes são exploradas: a primeira relativa a medidas administrativas e a segunda a mudanças de equipamentos com tecnologias mais eficientes.

Muitas vezes as medidas sugeridas em um diagnóstico energético são de caráter puramente operacional e administrativo, não necessitando da realização de investimentos, ou seja, apenas com ajustes na operação das cargas e com a adoção de medidas de mudanças nos hábitos ou nos horários de funcionamento de determinados setores ou cargas é possível obter-se economias de custos (R\$) e energia (kWh).

Outras vezes, as medidas apontam para a necessidade de substituição de equipamentos por outros de menor consumo e tecnologia mais eficiente.

Há também medidas que podem não apresentar economias de energia, mas visam corrigir problemas existentes nas instalações. Como exemplo podemos citar a falta de índice de iluminação suficiente em determinados setores e o caso de circuitos com problemas de subdimensionamento, apresentando riscos para a instalação.

5.1.4. ESTABELECIMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A criação de um programa de manutenção preventiva possibilita a eliminação de problemas que venham a acarretar desperdício de energia, bem como diminuir a possibilidade de riscos de acidentes com pessoas e prejuízos ao patrimônio da organização. Uma boa forma de conduzir este programa é dar à equipe de manutenção predial condições de realizar o trabalho, quer seja com o aporte financeiro para a aquisição das peças de reposição, quer seja na liberdade de ação, permitindo que a equipe tenha condições de realizar um planejamento com a criação de planilhas informativas que indiquem os dias e os horários em que ela estará trabalhando em determinados setores.

É sabido que as equipes de manutenção sofrem bastante para a realização dos seus trabalhos, pois geralmente só são lembradas quando o problema aparece e ainda assim se exige uma solução rápida. É preciso que se tome consciência de que muitas das vezes é necessário que se tenha que parar, por alguns minutos, determinadas tarefas para que a equipe de manutenção realize seus trabalhos. A gerência da organização precisa dar ao pessoal de manutenção condições de promoverem seus trabalhos de forma preventiva, pois muitas das vezes o que está sendo gasto nesta prevenção é muito menos do que irá ser gasto após a ocorrência do problema, sem falar que em muitas das vezes se evita a interrupção do trabalho.

5.2. ESTRUTURA TARIFÁRIA

A estrutura tarifária é o conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potências ativas de acordo com a modalidade de fornecimento.

As tarifas de energia devem ser multiplicadas pelos valores medidos dos parâmetros de consumo de energia (kWh) e de demanda de potência (kW), a fim de se estabelecer o valor a ser cobrado do consumidor em sua conta de fornecimento de energia elétrica.

5.2.1. GRUPOS "A" E "B"

Em função da tensão de fornecimento de energia elétrica, os consumidores são classificados em dois grupos, quais sejam:

- Baixa tensão – grupo B
- Alta tensão – grupo A

BAIXA TENSÃO – GRUPO B

Este agrupamento é composto por unidades consumidoras que possuem seu fornecimento de energia elétrica em tensão inferior a 2.300V, ou ainda atendidas em tensão superior a 2.300V e faturadas

neste Grupo, nos termos definidos nos arts. 79 a 82, caracterizado pela estruturação tarifária monomácia da Resolução nº 456/2000 da ANEEL.

Os consumidores de energia pertencentes ao Grupo B são faturados a partir dos valores de consumo (kWh) medidos em sua instalação ao final de um período de 30 dias. Este grupo é dividido em subgrupos, quais sejam:

- Subgrupo B1 – residencial;
- Subgrupo B1 – residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural;
- Subgrupo B2 – cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B2 – serviço público de irrigação;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública.

ALTA TENSÃO – GRUPO A

Os consumidores de energia pertencentes ao Grupo A são faturados a partir dos valores de consumo (kWh) e de demanda (kW), medidos na instalação ao final de um período de 30 dias. Este grupo é dividido em subgrupos, quais sejam:

- Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230kV;
- Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 a 138kV;
- Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69kV;
- Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 a 44kV;
- Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 a 25kV;
- Subgrupo A5 – tensão de fornecimento inferior a 2,3kV, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste grupo em caráter opcional.

A seguir são apresentadas, como referência, as tabelas contendo tarifas de energia praticadas pela concessionária Light Eletricidade S.A. Os valores apresentados estão sem a parcela do imposto ICMS, que no caso desta concessionária é de 25%. Para obter as tabelas com as tarifas atualizadas praticadas pelas concessionárias visite o site www.aneel.gov.br.

Resolução ANEEL nº 639 de 21/12/2001
Vigência a partir de 27/12/2001

TARIFA CONVENCIONAL		Demandas	Consumo
Subgrupo		(R\$/kW)	(R\$/MWh)
A3a (30 a 44 kV)		8,83	129,73
A4 (2,3 kV a 25 kV)		9,16	134,48
A5 (Subterrâneo)		13,57	140,71
B1 - Residencial			258,02
B1 - Residencial Baixa Renda			
Consumo mensal até 30 kWh			87,76
Consumo mensal de 31 a 100 kWh			150,48
Consumo mensal de 101 a 160 kWh			225,68
B2 - Rural			145,83
B2 - Cooperativa de Eletrificação Rural			108,09
B2 - Serviço Público de Irrigação			140,64
B3 - Demais Classes			243,95
B4 - Iluminação Pública			
B4a - Rede de Distribuição			125,66
B4b - Bulbo da Lâmpada			137,95

Tabela 5.2 - Tarifa convencional.

Horo-Sazonal Azul - Consumo		Consumo (R\$/MWh)			
Subgrupo		Ponta		F, Ponta	
		Seca	Úmida	Seca	Úmida
A2 (88 a 138 kV)		83,80	78,15	60,04	55,08
A3 (69 kV)		94,92	84,17	65,41	56,44
A3a (30 a 44 kV)		153,53	142,12	73,02	64,51
A4 (2,3 a 25 kV)		159,20	147,29	75,68	66,89
A5 (subterrâneo)		166,58	154,16	79,22	69,99

Tabela 5.3 - Tarifa de consumo Horo-Sazonal Azul.

Horo-Sazonal Azul - Demanda		Demanda (R\$/kW)	
Subgrupo		Ponta	F, Ponta
A2 (88 a 138 kV)		14,92	3,45
A3 (69 kV)		20,0	5,46
A3a (30 a 44 kV)		23,39	7,79
A4 (2,3 a 25 kV)		24,26	8,05
A5 (subterrâneo)		25,40	12,41

Tabela 5.4 - Tarifa de consumo Horo-Sazonal Azul.

Horo-Sazonal Azul - Ultrapassagem		Demanda (R\$/kW)	
Subgrupo		Ponta	F. Ponta
		Seca/Úmida	Seca/Úmida
A2 (88 a 138 kV)		56,29	12,62
A3 (69 kV)		74,29	20,29
A3a (30 a 44 kV)		78,78	26,22
A4 (2,3 a 25 kV)		72,80	24,26
A5 (Subterrâneo)		76,21	37,23

Tabela 5.5 – Tarifa de ultrapassagem Horo-Sazonal Azul.

Horo-Sazonal Verde – Consumo		Consumo (R\$/MWh)			
Subgrupo		Ponta		F. Ponta	
		Seca	Úmida	Seca	Úmida
A3a (30 a 44 kV)		694,78	683,38	73,02	64,51
A4 (2,3 a 25 kV)		720,29	708,49	75,68	66,89
A5 (subterrâneo)		753,78	741,43	79,22	69,99

Tabela 5.6 – Tarifa de consumo Horo-Sazonal Verde.

Horo-Sazonal Verde - Demanda		Demanda (R\$/kW)	
Subgrupo		Demandada	(R\$/kW)
A3a (30 a 44 kV)			7,79
A4 (2,3 a 25 kV)			8,05
A5 (subterrâneo)			12,41

Tabela 5.7 – Tarifa demanda Horo-Sazonal Verde.

Horo-Sazonal Verde – Ultrapassagem		Demanda (R\$/kW)	
Subgrupo		Seca/Úmida	
A3a (30 a 44 kV)		26,22	
A4 (2,3 a 25 kV)		24,26	
A5 (Subterrâneo)		37,23	

Tabela 5.8 – Tarifa de ultrapassagem Horo-Sazonal Verde.

EMERGÊNCIA - AUTOPRODUTOR		Demanda		Consumo	
Subgrupo		(R\$/kW.ANO)		(R\$/MWh)	
A2 (88 a 138 kV) H S A		56,80		249,36	
A3 (69 kV) H S A		58,19		350,48	
A3a (30 a 44 kV) H S A		65,89		367,02	
A3a (30 a 44 kV) H S V		16,49		367,02	
A4 (2,3 a 25 kV) H S A		60,99		339,35	
A4 (2,3 a 25 kV) H S V		15,24		339,35	

Tabela 5.9 - Tarifa de emergência autoprodutor.

DESCONTOS PERCENTUAIS		
Unidade consumidora	Demandas	Consumo
Rural – Grupo A	10,00	10,00
Cooperativas – Grupo A	50,00	50,00
Água, Esgoto e Saneamento – Grupo A	15,00	15,00
Água, Esgoto e Saneamento – Grupo B	-	15,00

Tabela 5.10 - Descontos percentuais.

5.2.2. MEDAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A comercialização da energia elétrica exige a criação de uma estrutura tarifária que se baseia nas duas grandezas fundamentais, que são a demanda (kW) quilowatt, que é o valor da potência integralizada solicitada da concessionária durante um intervalo de tempo de 15 minutos. O consumo em (kWh) quilowatt-hora é o resultado da multiplicação da demanda pelo período de tempo utilizado.

Os equipamentos necessários para a realização desta medição são:

- **TC –Transformador de Corrente** – este componente tem a função de reproduzir o valor da corrente medida no primário da instalação para o secundário, numa proporção predefinida e adequada para a utilização dos instrumentos de medição e proteção. Esta relação existente é chamada de relação de transformação;
- **TP – Transformador de Potencial** – este componente tem a função de reproduzir o valor da tensão medida no primário da instalação para o secundário, numa proporção predefinida e adequada para a utilização dos instrumentos de medição e proteção. Esta relação existente é chamada de relação de transformação;
- **Medidor de Energia Ativa (kWh)** – este componente destina-se à medição do consumo de energia elétrica ativa;
- **Medidor de Energia Reativa (kVArh)** – este componente destina-se à medição do consumo de energia elétrica reativa;
- **Medidor de Demanda de Energia (kW)** – este equipamento é instalado junto ao medidor de energia e destina-se a medir a demanda a cada intervalo de 15 minutos, indicando a máxima ocorrida no período de medição.

SISTEMAS DE MEDIÇÃO

As classes de tensão de fornecimento de energia e a potência instalada determinam o sistema de medição e o faturamento empregado na instalação, se em alta tensão ou em baixa tensão.

São sistemas de medição:

- suprimento de energia em baixa tensão;
- suprimento de energia em alta tensão.

Suprimento de Energia em Baixa Tensão

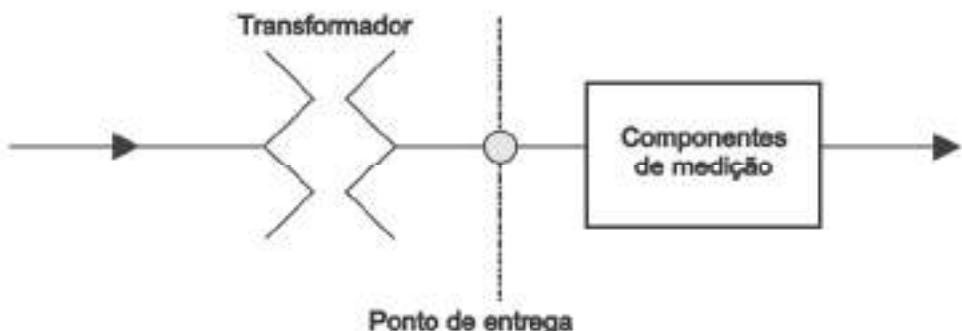


Figura 5.3 - Circuito com medição em baixa tensão.

Este tipo de medição é utilizado pelas unidades consumidoras com fornecimento de energia em baixa tensão.

Suprimento de Energia em Alta Tensão

Medição direta em baixa tensão

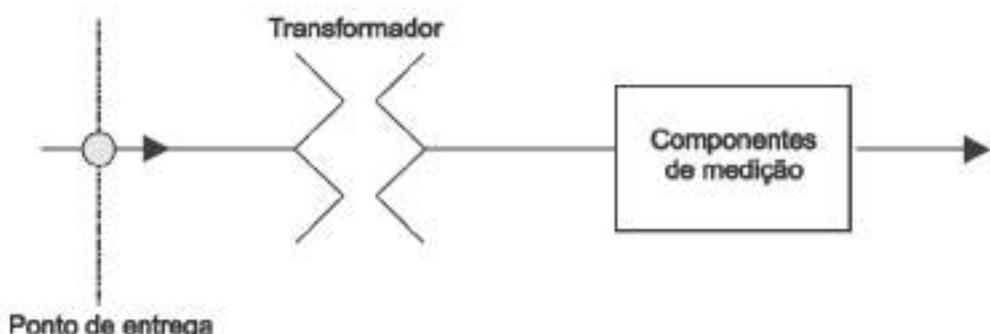


Figura 5.4 - Circuito com suprimento em alta tensão com medição direta em baixa tensão.

Este tipo de medição é utilizado em unidades consumidoras com fornecimento de energia em alta tensão, com uma demanda de até 75kVA e o componente de medição utilizado é o medidor de consumo de energia ativa.

Medição indireta em baixa tensão

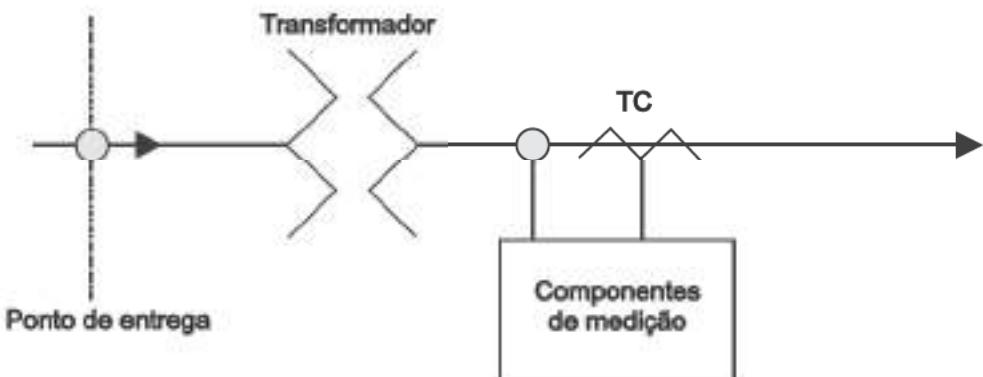


Figura 5.5 - Circuito com suprimento em alta tensão com medição indireta em baixa tensão.

Este tipo de medição é utilizado em unidades consumidoras com fornecimento de energia em alta tensão e com demanda instalada de 30 kVA a 300 kVA. Pelo fato de a corrente ser elevada, os medidores são conectados através de transformadores de corrente (TC). Os componentes utilizados são: medidor de energia ativa (kWh), medidor de energia reativa (kVArh) e o medidor de demanda (kW).

Medição em alta tensão

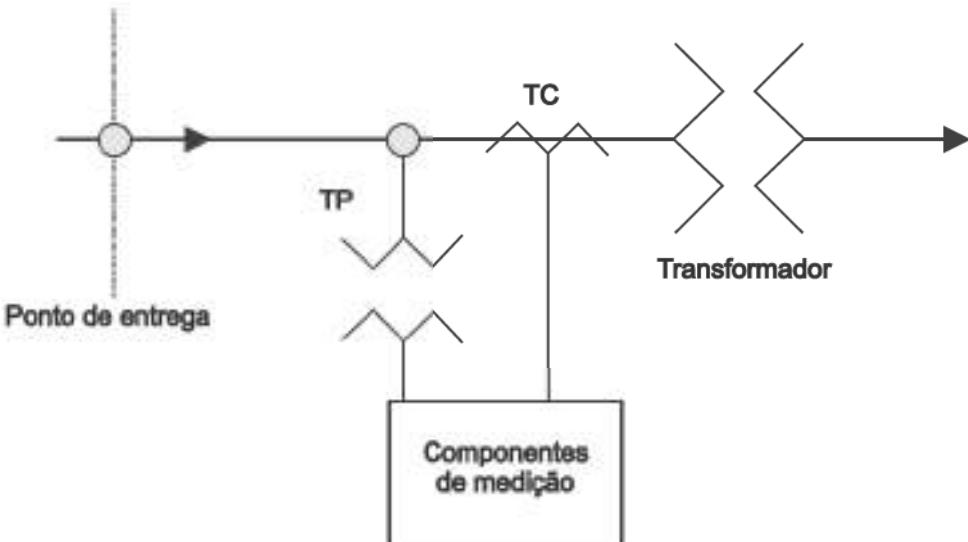


Figura 5.6 - Circuito com suprimento em alta tensão com medição em alta tensão.

Este tipo de ligação é realizado em unidades consumidoras com fornecimento de energia em alta tensão, com demandas acima de 300 kVA, ou nos casos onde não seja possível empregar os sistemas de medição anteriores. Os medidores são conectados à alimentação em alta tensão, com a utilização dos transformadores de corrente (TC) e de potencial (TP). Os componentes de medição utilizados são o medidor de consumo de energia elétrica ativa (kWh), o medidor de consumo de energia elétrica reativa (kVArh) e o medidor de demanda (kW). Normalmente utiliza-se um medidor eletrônico único que mede e registra diversas grandezas, conhecido como RD TD.

5.2.3. FATOR DE CARGA

O fator de carga é um índice aplicado aos consumidores do grupo A (fornecimento de energia em alta tensão), que possibilita ao administrador da instalação avaliar se a energia elétrica está sendo bem utilizada.

O fator de carga (FC) é obtido através da relação entre a demanda média e a demanda máxima de potência e indica o grau de utilização da demanda máxima de potência. O (FC) pode variar de zero (0) a um (1); quanto mais próximo de 1 indica que as cargas elétricas estão sendo utilizadas de forma racional ao longo do tempo. Um fator de carga baixo indica a existência de consumo de energia elétrica em curtos períodos de tempo com uma determinada demanda, o que mostra que a energia não está sendo utilizada na sua totalidade.

FATOR DE CARGA E MODALIDADES DE CONTRATO

A forma de se obter o fator de carga está atrelada aos tipos de contratos acordados, quais sejam:

- convencional;
- horo-sazonal azul;
- horo-sazonal verde.

Modalidade de Contrato Tipo Convencional

$$FC = \frac{\text{Consumo(kWh)}}{\text{Demanda(kWh)} \times 730h}$$

Onde,

FC = fator de carga

kW = demanda de energia medida

kWh = consumo de energia medido

730 = números de horas médias no mês

Modalidade de Contrato Tipo Hora-sazonal Azul

$$FC_p = \frac{\text{Consumo(kWh) ponta}}{\text{Demanda(kW) ponta} \times 66h}$$

$$FC_{fp} = \frac{\text{Consumo(kW) de ponta}}{\text{Demanda(kWh) fora de ponta} \times 664h}$$

Onde,

FC_p = fator de carga na ponta

FC_{fp} = fator de carga na ponta

kW = demanda de energia

kWh = consumo de energia

66 = números de horas médias na ponta no mês

664 = números de horas médias fora de ponta no mês

Modalidade de Contrato Tipo Hora-sazonal Verde

$$FC_{fp} = \frac{\text{Consumo(kWh) fora de ponta}}{\text{Demanda(kW) fora de ponta} \times 664h}$$

Onde,

FC_{fp} = fator de carga fora de ponta

kW = demanda de energia medida

kWh = consumo de energia medido

664 = números de horas médias fora de ponta no mês

Ao se estabelecer o potencial de economia de energia a ser alcançado pela melhoria do fator de carga, deve-se calcular o fator de carga das últimas 12 contas de fornecimento de energia elétrica e montar uma planilha com os valores alcançados. De posse destes dados, verificar os meses onde o fator de carga apresentou valores maiores, avaliando os fatos ocorridos nestes meses (listagem dos equipamentos e horários de operação), a fim de procurar, identificar e criar condições para manter/repetir o fator de carga nestes valores.

Exemplo 5.1

5.1.1. Uma unidade consumidora faturada em alta tensão na modalidade convencional possui o histórico de consumo (kWh), demanda medida e fator de carga mensal calculado conforme o Quadro 5.2 a seguir:

Mês	Consumo (kWh)	Demandas (kW)	Fator de carga
Janeiro	28.000	185	0,207
Fevereiro	27.500	185	0,203
Março	27.800	190	0,200
Abril	26.000	185	0,192
Maio	31.000	185	0,229
Junho	30.200	187	0,221
Julho	29.350	185	0,217
Agoosto	28.550	187	0,209
Setembro	31.200	190	0,224
Outubro	30.800	190	0,222
Novembro	25.500	180	0,194
Dezembro	22.000	180	0,167
Média	28.158	185,75	0,207

Quadro 5.2 – Histórico anual das demandas.

Lembre-se que: $FC = \frac{\text{consumo mensal (kWh)}}{\text{Demanda (kW)} \times 730}$, em janeiro: $FC = \frac{28.000 \text{ (kWh)}}{185 \text{ kW} \times 730} = 0,207$

5.1.2. Uma unidade consumidora faturada em alta tensão na modalidade horo-sazonal azul possui o histórico de consumo (kWh) fora de ponta e na ponta, demanda medida fora de ponta e na ponta e fator de carga mensal calculado fora de ponta e na ponta conforme o Quadro 5.3.

Mês	Consumo (kWh) Fora	Consumo (kWh) Ponta	Demandas (kW) Fora	Demandas (kW) Ponta	Fator de carga Fora	Fator de carga Ponta
Janeiro	65.630	10.840	550	200	0,179	0,806
Fevereiro	64.300	10.400	550	200	0,176	0,787
Março	65.800	11.150	550	200	0,180	0,844
Abri	66.600	10.210	550	190	0,182	0,814
Maio	65.900	10.210	550	190	0,180	0,814
Junho	67.100	10.800	550	210	0,183	0,779
Julho	65.900	10.200	550	200	0,180	0,772
Agosto	66.300	10.350	550	200	0,181	0,784
Setembro	64.800	10.240	550	200	0,177	0,775
Outubro	64.900	10.320	550	200	0,177	0,781
Novembro	67.100	10.200	550	200	0,183	0,772
Dezembro	66.900	7.900	550	200	0,183	0,598
Média	65.936	10.218	550	199	0,181	0,778

Quadro 5.3 – Histórico anual das demandas.

Lembre-se que:

$$FC_p = \frac{\text{Consumo Mensal na Ponta (kWh)}}{\text{Demanda na Ponta (kWh)} \times 66}, \text{ em janeiro: } FC_p = \frac{10.640 \text{ kWh}}{200 \text{ kWh} \times 66} = 0,806$$

$$FC_{rp} = \frac{\text{Consumo Mensal Fora Ponta (kWh)}}{\text{Demanda Fora Ponta (kWh)} \times 664}, \text{ em janeiro: } FC_{rp} = \frac{65.630 \text{ kWh}}{550 \text{ kWh} \times 664} = 0,179$$

Há de se considerar que o aumento do fator de carga em uma instalação é função da diminuição da demanda, que pode ser conseguida por medidas de racionalização ou através do aumento do consumo de energia, neste caso com aumento da produção em períodos de baixa demanda. As influências de redução da demanda ou do aumento do consumo sobre o fator de carga podem ser avaliadas nas Tabelas 5.11 e 5.12.

Fator de Carga Original	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
Redução da demanda (%)										
5	0,105	0,211	0,316	0,421	0,526	0,632	0,737	0,842	0,947	1,000
10	0,111	0,222	0,333	0,444	0,556	0,667	0,778	0,889	1,000	
15	0,118	0,235	0,353	0,471	0,588	0,706	0,824	0,941		
20	0,125	0,250	0,375	0,500	0,625	0,705	0,875	1,000		
25	0,133	0,267	0,400	0,533	0,667	0,800	0,993			
30	0,143	0,286	0,429	0,571	0,714	0,857	1,000			
35	0,154	0,308	0,462	0,615	0,769	0,923				
40	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1,000				
45	0,182	0,364	0,545	0,727	0,909					
50	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000					
55	0,222	0,444	0,667	0,899						
60	0,250	0,500	0,750	1,000						
65	0,286	0,571	0,857							
70	0,333	0,667	1,000							
75	0,400	0,800								
80	0,500	1,000								
85	0,667									
90	1,000									

Tabela 5.11- Fator de carga melhorado pela redução da demanda.

Exemplo 5.2.

Uma empresa com fator de carga de 0,30 pretende reduzir a demanda em 20%. Qual o fator de carga melhorado?

Localizado o índice de 20% na coluna redução da demanda e seguindo horizontalmente até a coluna fator de carga original igual a 0,30, encontra-se o fator de carga melhorado de 0,375.

Fator de Carga Original	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	
Redução da demanda (%)	5	0,105	0,210	0,315	0,420	0,525	0,630	0,735	0,840	0,945	0,998
10	0,110	0,220	0,330	0,440	0,550	0,660	0,770	0,880	0,990		
20	0,120	0,240	0,360	0,480	0,600	0,720	0,840	0,960			
30	0,130	0,260	0,390	0,520	0,650	0,780	0,910				
40	0,140	0,280	0,420	0,560	0,700	0,840	0,980				
50	0,150	0,300	0,450	0,600	0,750	0,900					
60	0,160	0,320	0,480	0,640	0,800	0,960					
70	0,170	0,340	0,510	0,680	0,850						
80	0,180	0,360	0,540	0,720	0,900						
90	0,190	0,380	0,570	0,760	0,950						
100	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000						
150	0,250	0,500	0,750								
200	0,300	0,600	0,900								
250	0,350	0,700									
300	0,400	0,800									
350	0,450	0,900									
400	0,500	1,000									
450	0,550										
500	0,600										
600	0,700										
700	0,800										
800	0,900										
900	1,000										

Tabela 5.12- Fator de carga melhorado pelo aumento de consumo.

Exemplo 5.3.

Uma empresa com fator de carga de 0,30 pretende aumentar o consumo em 20%. Qual o fator de carga melhorado?

Localizado o índice de 20% na coluna do aumento do consumo e seguindo horizontalmente até coluna fator de carga original igual a 0,30, encontra-se o fator de carga melhorado de 0,36.

CUSTO MÉDIO DA ENERGIA ASSOCIADO AO FATOR DE CARGA

O cálculo da conta de fornecimento de energia elétrica leva em consideração a grandeza do consumo (kWh) e a da demanda (kW). O custo do consumo é obtido pela multiplicação da tarifa de consumo pelo valor em kWh medido, e o custo da demanda é obtido pela multiplicação do valor da tarifa de demanda pelo (kW) faturado (maior valor dentre o medido, contratado ou ultrapassado). Assim sendo, para se obter o custo médio da energia em função da sua real utilização, mês a mês, é levado em consideração o fator de carga apresentado da seguinte forma:

$$\text{Custo Médio} = \left(\frac{\text{Tarifa de Demanda}}{\text{FC} \times \text{horas}} \right) + \text{Tarifa de Consumo}$$

Modalidade Tarifária Convencional

$$\text{Custo Médio} = \left(\frac{\text{Tarifa de Demanda}}{\text{FC} \times 730\text{h}} \right) + \text{Tarifa de Consumo}$$

Exemplo 5.4.

Calcular o custo médio da energia dos meses de janeiro, fevereiro e março, da situação apresentada no Quadro 5.2 do Exemplo 5.1.1 e recapitulada a seguir:

Mês	Consumo (kWh)	Demandas (kW)	Fator de carga
Janeiro	28.000	185	0,207
Fevereiro	27.500	185	0,203
Março	27.800	190	0,200

Os meses de janeiro a março estão compreendidos no período úmido.

Adotando-se a tarifa A4 (2,3 kV a 25kV) convencional e segundo o Quadro 5.3, chega-se aos valores de consumo e demanda de R\$ 0,179/kWh e R\$ 12,21/kW, respectivamente.

As tarifas estão acrescidas do imposto ICMS.

Janeiro

$$\text{Custo Médio} = \frac{12,21}{0,207 \times 730} + 0,179 = \text{R\$}0,259 / \text{kWh}$$

Fevereiro

$$\text{Custo Médio} = \frac{12,21}{0,203 \times 730} + 0,179 = \text{R\$}0,261 / \text{kWh}$$

Marco

$$\text{Custo Médio} = \frac{12,21}{0,200 \times 730} + 0,179 = \text{R\$}0,262 / \text{kWh}$$

Modalidade Tarifária Horo-sazonal Azul

$$\text{Custo Médio} = \frac{\frac{Dp}{Dfp} \times \left(\frac{TDp}{66} + TCp \times FCp \right) + \frac{TDfp}{66} + TCfp \times FCfp \times \frac{664}{66}}{\frac{Dp}{Dfp} \times FCp + FCfp \times \frac{664}{66}}$$

Onde,

Dp = demanda medida no horário de ponta

Dfp = demanda medida fora do horário de ponta

TDp = tarifa de demanda no horário de ponta

TDfp = tarifa de demanda fora do horário de ponta

TCp = tarifa de consumo horário de ponta

TCfp = tarifa de consumo fora do horário de ponta

FCp = fator de carga no horário de ponta

FCfp = fator de carga no horário fora de ponta

66 = número de horas do mês na ponta

664 = número de horas do mês fora da ponta

Exemplo 5.5.

Calcular o custo médio da energia dos meses de janeiro, fevereiro e março, da situação ilustrada no Quadro 5.3 do Exemplo 5.1.2 e recapitulada a seguir.

Mês	Consumo (kWh) Fora	Consumo (kWh) Ponta	Demandas (kW) Fora	Demandas (kW) Ponta	Fator de carga Fora	Fator de carga Ponta
Janeiro	65.630	10.640	550	200	0,179	0,806
Fevereiro	64.300	10.400	550	200	0,176	0,787
Março	65.800	11.150	550	200	0,180	0,844

Adotando-se a tarifa A4 (2,3 kV a 25kV) horo-sazonal azul e segundo as Tabelas 5.3 e 5.4, chega-se aos valores de consumo e demanda de R\$ 0,196/kWh na ponta e de R\$ 0,089/kWh fora de ponta, R\$ 32,34/kW na ponta e R\$ 10,73/kW fora de ponta, respectivamente.

$$\text{Janeiro} \quad \text{Custo Médio} = \frac{\frac{200}{550} \times \left(\frac{32,34}{66} + 0,196 \times 0,806 \right) + \frac{10,73}{66} + 0,089 \times 0,179 \times \frac{664}{66}}{\frac{200}{550} \times 0,806 + 0,179 \times \frac{664}{66}} = \text{R\$} 0,2667 / \text{kWh}$$

$$\text{Fevereiro} \quad \text{Custo Médio} = \frac{\frac{200}{550} \times \left(\frac{32,34}{66} + 0,196 \times 0,787 \right) + \frac{10,73}{66} + 0,089 \times 0,176 \times \frac{664}{66}}{\frac{200}{550} \times 0,787 + 0,176 \times \frac{664}{66}} = \text{R\$} 0,2696 / \text{kWh}$$

$$\text{Marco} \quad \text{Custo Médio} = \frac{\frac{200}{550} \times \left(\frac{32,34}{66} + 0,196 \times 0,844 \right) + \frac{10,73}{66} + 0,089 \times 0,180 \times \frac{664}{66}}{\frac{200}{550} \times 0,844 + 0,180 \times \frac{664}{66}} = \text{R\$} 0,2654 / \text{kWh}$$

BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A MELHORIA DO FATOR DE CARGA

Dentre os benefícios obtidos com a melhoria do fator de carga numa instalação podem ser destacados:

- maior aproveitamento e aumento da vida útil de toda instalação elétrica, inclusive de motores e equipamentos elétricos;
- otimização dos investimentos em instalações elétricas e equipamentos elétricos necessários ao aumento de produção;
- redução do custo médio da energia elétrica consumida, dado pelas expressões do item *Custo Médio de Energia Associado ao Fator de Carga*.

CONSUMO ESPECÍFICO

O consumo específico é um índice que deverá relacionar a energia elétrica com uma grandeza que caracterize uma atividade da instalação em estudo.

No caso de indústrias, o procedimento para obtenção do Consumo Específico deve considerar os dados de produção, como exemplo: kWh/kg de produtos, kWh/nº de peças produzidas etc.

No caso de instalações prediais, sempre será uma boa referência a correlação do consumo de energia elétrica com a área em m². Além dela, podem ocorrer outras correlações mais específicas, tais como: hospitais (kWh/nº de leitos), escolas (kWh/nº de alunos), hotéis (kWh/nº de quartos ocupados ou kWh/nº de hóspedes), prédios administrativos (kWh/nº de funcionários ou kWh/nº de pessoas que circulam no prédio). Estes índices permitem comparar o consumo da instalação em estudo com um valor de referência ou instalações congêneres.

Uma unidade consumidora possui os seguintes dados de consumo de energia e consumo específico conforme a Tabela 5.13 a seguir:

Mês	Consumo (kWh)	Nº de Funcionários	Consumo Específico (kWh/Funcionários)
Janeiro	28.000	210	133,3
Fevereiro	27.500	210	131,0
Março	27.800	210	132,4
Abri	26.000	210	123,8
Maio	31.000	210	147,6
Junho	30.200	210	143,8
Julho	29.350	210	139,8
Agosto	28.550	210	136,0
Setembro	31.200	210	148,6
Outubro	30.800	210	146,7
Novembro	25.500	210	121,4
Dezembro	22.000	210	104,8
Média	28.158	210	134,0

Tabela 5.13 – Consumo específico.

5.3. TIPOS DE CONTRATO

5.3.1. CONSUMIDORES DE ENERGIA

É denominado consumidor de energia aquele que solicita e contrata o fornecimento de energia da concessionária e fica responsável pelo pagamento de suas faturas.

Os consumidores são divididos em dois grupos chamados de Grupo A e Grupo B. Os consumidores do Grupo A recebem sua energia em alta tensão e devem, portanto, estabelecer um contrato de

fornecimento de energia elétrica. Os do Grupo B recebem sua energia em baixa tensão e estabelecem com a concessionária um contrato de adesão de fornecimento de energia elétrica.

Dentro dos critérios estabelecidos pela ANEEL (Resolução 456/2000) para cobrança da energia elétrica, os consumidores são classificados da seguinte forma:

Consumidores pertencentes ao Grupo B	Consumidores pertencentes ao Grupo A
<p>Pertencem a este grupo todos os consumidores de energia elétrica que recebem a energia em tensão inferior a 2.300V ou, ainda, atendidos em tensão superior a 2.300V e faturadas neste grupo nos termos definidos nos artigos 79 a 81. Este tipo de fornecimento de energia classifica estes clientes como consumidores de baixa tensão (BT), e o faturamento praticado pela concessionária é denominado de monômio ou em baixa tensão.</p> <p>As contas de fornecimento de energia dos consumidores de baixa tensão possuem um único componente a ser objeto de faturamento, denominado de consumo de energia e expressa em kWh (quilowatt/ hora).</p>	<p>Pertencem a este grupo todos os consumidores de energia elétrica que recebem a energia em tensão igual ou superior a 2.300V ou, ainda, atendidos em tensão inferior a 2.300V a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste grupo definido no artigo 82. Este tipo de fornecimento de energia classifica estes clientes como consumidores de alta tensão (AT) e o faturamento praticado pela concessionária é denominado de binômio ou em alta tensão.</p> <p>As contas de fornecimento de energia dos consumidores de alta tensão possuem dois componentes objeto de faturamento, denominados de consumo de energia, expresso por kWh e de demanda de energia expressa em kW (quilowatt).</p>

O consumo é a potência utilizada durante um determinado tempo. De forma geral, o Consumo de Energia Elétrica é o valor da potência de determinado equipamento ou conjunto de equipamentos em (kW), multiplicado pelo número de horas em que este equipamento ou conjunto funcionou.

Exemplo 5.6

Uma carga de 15 kW, que permaneça ligada durante seis horas irá proporcionar o seguinte consumo de energia elétrica: $15 \text{ kW} \times 6 \text{ h} = 90 \text{ kWh}$

A Figura 5.7, a seguir, apresenta uma curva de carga de uma instalação qualquer.

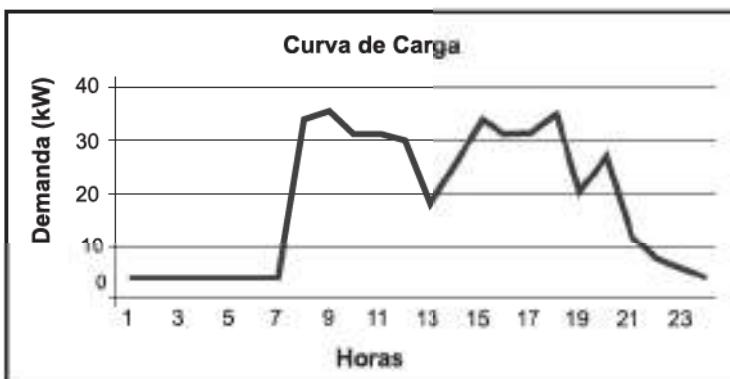


Figura 5.7 - Gráfico de curva de carga.

O consumo de energia é o resultado da multiplicação dos valores de demanda (kW) pelas horas de funcionamento. No exemplo da curva da Figura 5.7, o consumo foi 440 kWh/dia.

DEMANDA DE POTÊNCIA (KW)

A demanda é a média dos valores de potência elétrica solicitada pela instalação ao sistema da concessionária, durante um determinado intervalo de tempo.

A demanda é sempre o valor de potência que uma determinada carga necessita para seu funcionamento e cada equipamento possui a sua respectiva demanda para executar suas tarefas. A soma das várias demandas pertencentes aos diversos equipamentos existentes em uma instalação representará a demanda de potência elétrica da instalação durante determinado intervalo de tempo.

Os medidores de demanda das concessionárias efetuam a integração dos valores medidos a cada 15 minutos, e o maior destes valores registrados dentro destes períodos ao final de 30 dias de medição será o valor da demanda medida contida na conta de fornecimento de energia da unidade consumidora. O gráfico da Figura 5.8 apresenta um exemplo.

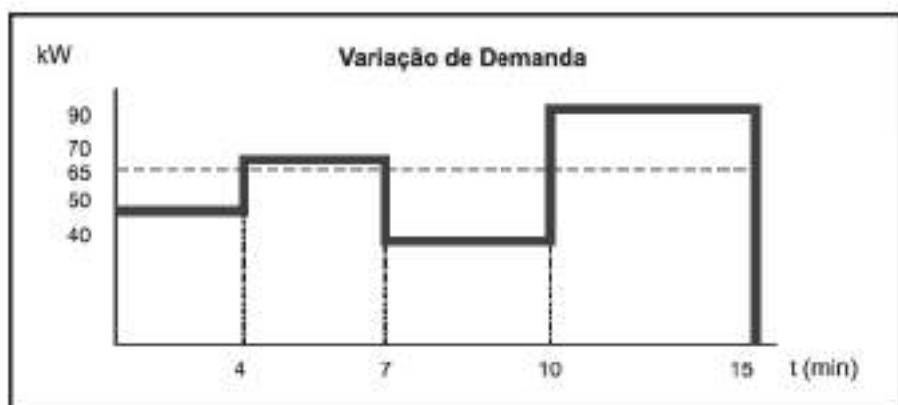


Figura 5.8 – Gráfico de intervalo de medição da demanda.

No intervalo de 15 minutos do exemplo do gráfico, a demanda de energia teve um valor de 50 kW durante 4 minutos, 70 kW durante 3 minutos, 40 kW durante 3 minutos e 90 kW durante 5 minutos.

A demanda registrada neste intervalo será a média das demandas ao longo dos 15 minutos de registro, logo seu valor será de:

$$\text{Demanda média} = \frac{(50 \times 4) + (70 \times 3) + (40 \times 3) + (90 \times 5)}{15} = 65 \text{ kW}$$

ALTERNATIVAS TARIFÁRIAS

A estrutura tarifária é formada por um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potências ativas, de acordo com a modalidade de fornecimento. As tarifas de energia elétrica variam de acordo com a opção tarifária firmada entre a empresa e a concessionária.

Se a unidade consumidora recebe a energia em baixa tensão (Grupo B), pagará somente o consumo mensal em kWh. Caso receba energia elétrica em alta tensão (Grupo A), pagará conforme contrato firmado com a concessionária pelos valores de demanda em kW nas opções de Tarifas Convencional, Horo-sazonal Verde ou Azul.

Para este grupo é prevista tarifa de ultrapassagem que é aplicável sobre a diferença positiva entre a demanda medida e a contratada quando exceder os limites estabelecidos.

Para o caso de algumas empresas do Grupo B, após análise técnica, uma alternativa poderia ser a reformulação do contrato e o recebimento de energia em alta tensão (Grupo A), onde o custo da tarifa unitária é mais barato. Para isso, a empresa precisará ter uma carga instalada igual ou superior a 75 kW.

ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO

O enquadramento tarifário objetiva ajustar o contrato de fornecimento de energia elétrica da unidade consumidora com a concessionária para que resulte em menor valor de pagamento da conta de energia.

- As empresas atendidas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e com demanda de potência inferior a 300 kW podem optar por Tarifa Convencional ou Tarifa Horo-sazonal Verde ou Tarifa Horo-sazonal Azul.
- As empresas atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69 kV e com demanda de potência igual ou superior a 300 kW podem optar por Tarifa Horo-sazonal Verde ou Azul.
- As empresas com tensão de fornecimento igual ou maior que 69 kV só podem ser enquadradas na Tarifa Horo-sazonal Azul.

Além dessas observações, as empresas deverão analisar aspectos referentes às opções tarifárias.

Tarifação Convencional

A Tarifação Convencional possui um único valor de tarifa para o consumo de energia (kWh) e para a demanda de energia (kWh), independentemente do horário do dia. Para o consumidor, tanto faz utilizar a energia elétrica no final da tarde ou de madrugada, sendo da mesma forma indiferente o mês de utilização.

A Tarifação Convencional é denominada tarifa binária, pois tem dois componentes básicos na definição do seu preço. Um componente é relativo ao registro de potência elétrica denominada demanda, que é expressa em kW. O outro é referente ao consumo de energia ativa, expressa em kWh.

O preço da conta tem a seguinte expressão de referência:

$$PC = (TD \times D + TC \times C) + \text{impostos}$$

Onde,

PC = preço da conta

TD = tarifa demanda

D = demanda

TC = tarifa consumo

C = consumo

Impostos = ICMS (conforme o estado)

Tarifações Horo-sazonais (Verde e Azul)

O objetivo dos contratos horo-sazonais é o de estimular o uso de energia elétrica em outros horários, que não sejam de ponta, e reduzir seu consumo nos períodos secos.

Devido a características de comportamento da carga ao longo do dia e ao longo do ano, foi concebida uma estrutura tarifária denominada Tarifação horo-sazonal. Esta aplica preços diferenciados a energia elétrica, de acordo com o horário do dia (horários de ponta e fora de ponta) e o período do ano (seco e úmido).

Horário de ponta: Corresponde a um período de 3 horas consecutivas definidas pela concessionária local de acordo com as características do seu sistema elétrico. Este horário é aplicado de segunda a sexta-feira com exceção dos dias de feriados e dos sábados e domingos.

Horário fora de ponta: Corresponde ao período de horas diárias restantes e complementares as definidas no horário de ponta.

Em função da disponibilidade hídrica de energia elétrica no país, foram classificadas duas épocas do ano, quais sejam:

- **Período Seco:** compreendido nos meses de maio a novembro (sete meses) e corresponde ao período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima.
- **Período Úmido:** compreendido nos meses de dezembro (cinco meses) de um ano até abril do ano seguinte, quando acontece maior precipitação pluviométrica.

A tarifação horo-sazonal apresenta duas modalidades:

- verde;
- azul.

Horo-sazonal Verde

Nesta modalidade de contrato existem duas tarifas aplicadas aos valores de consumo de energia (kWh), sendo uma aplicada ao consumo no horário de ponta e outra aplicada ao consumo no horário fora de ponta. Este tipo de modalidade possui uma única tarifa para ser aplicada à demanda de energia (kW) durante as 24 horas do dia. As tarifas de consumo de energia sofrem uma variação nos períodos úmido e seco.

Horo-sazonal Azul

Nesta modalidade de contrato se aplicam duas tarifas de consumo da mesma forma que na Verde, ou seja, uma tarifa para o período de ponta e outra para o período fora de ponta, com as variações em função dos períodos úmido e seco. Já na demanda de energia (kW) existem duas tarifas, sendo uma para a demanda registrada no período de ponta e outra para a demanda registrada no período fora de ponta.

Tarifa de ultrapassagem da demanda

O art.56 da resolução 456 da ANEEL prevê a aplicação da tarifa de ultrapassagem sobre a parcela (diferença) da demanda medida que ultrapassar a demanda contratual, caso esse valor seja superior aos limites mínimos de tolerância conforme descrito a seguir:

- 5% (cinco por cento) para unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- 10% (dez por cento) para unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

Cabe ressaltar que na modalidade de contrato convencional o valor da tarifa de ultrapassagem de demanda (kW) é três vezes o valor da tarifa de demanda normal.

AVALIAÇÃO DAS CONTAS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma boa forma de iniciar os trabalhos destinados à eficientização do uso da energia é começar pela avaliação das contas de fornecimento de energia elétrica da instalação (ver Tabela 5.1 – Planilha de Acompanhamento de Conta de Energia). Cabe ao administrador obter as informações contidas

preferencialmente nas últimas doze contas de energia. De posse deste universo de contas, é possível avaliar a representatividade de cada mês e a variação que ocorre em função das épocas do ano.

Uma análise dos dados contidos nas contas de fornecimento de energia, aliada a uma avaliação do regime de operação da instalação e da carga elétrica total instalada, possibilita a realização de simulações para verificação da modalidade de contrato que apresenta o menor custo final para a instalação.

Exemplo 5.7

Análise da possível renegociação de contrato:

A instalação (A) possui um consumo médio de energia de 8.500 kWh/mês e é uma unidade consumidora do Grupo B (baixa tensão) com carga total instalada de 75kW. O período de funcionamento da instalação é de 11:00h às 20:00h de segunda a sexta-feira e sábados de 08:00h às 13:00h.

O custo médio da conta de fornecimento de energia é de $8.500 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,34/\text{kWh} = \text{R\$ } 2.890,00/\text{mês}$.

O valor de carga instalada da unidade consumidora é suficiente para que seja requerido o suprimento de energia em alta tensão, sendo necessário, entretanto, efetuar uma medição para avaliar o valor de demanda a ser contratada. Após a avaliação, verificou-se que o valor de demanda a ser contratada é de 50kW.

Contrato Convencional

Neste tipo de contrato a unidade consumidora passará a receber sua energia em alta tensão e terá que montar uma subestação para rebaixamento para tensão de trabalho de seus equipamentos. O consumo de energia médio continuará o mesmo, de 8.500kWh/mês (vide Exemplo 5.7), porém seu custo passará a ser igual a: $8.500 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,179/\text{kWh} = \text{R\$ } 1.521,50$.

Neste tipo de contrato é cobrada a demanda (kW), então seu custo será:

$50 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = \text{R\$ } 610,50$

Desta forma o custo total simulado nesta modalidade de contrato será de:

$\text{R\$ } 1.521,50 + \text{R\$ } 610,50 = \text{R\$ } 2.132,00$

Tal medida reduziria o custo com a energia em cerca de R\$758,00, ou seja, cerca de 26% de redução de custos.

Para que isso possa ser feito, será necessário realizar um orçamento do custo de instalação de uma subestação para o recebimento da energia em alta tensão. Deve-se observar a questão do fator de potência da instalação (0,92), pois nesse caso pode onerar o custo da conta caso este valor seja menor que 0,92. Uma vez que isto seja feito, o próximo passo é comparar o custo do investimento a ser realizado com a redução de custos possível de ser obtida nas contas de energia. Estes valores servirão de base para a tomada de decisão, com a indicação do tempo de retorno do investimento.

Exemplo 5.8

Considerando os mesmos valores da unidade consumidora anterior: consumo médio de 8.500kWh e demanda máxima de 50kW. Considerando agora que seja possível modificar o horário de funcionamento da instalação, deslocando-se o inicio das atividades para as 08:00h e o término para as 17:00h.

Desta forma, a instalação não irá mais funcionar no horário de ponta e a modalidade de contrato horo-sazonal verde passa a ser uma ótima opção. Observando qual será o custo da conta:

- Consumo fora de ponta (kWh): $8.170\text{kWh} \times \text{R\$ 0,089} = \text{R\$ 727,13}$
- Consumo de ponta (kWh): $(8.500 - 8.170)\text{kWh} = 330\text{kWh} \times \text{R\$ 0,94} = \text{R\$ 310,20}$ (o valor de consumo no periodo de ponta é em função de uma carga de iluminação e de alguns equipamentos que permanecem ligados, com um valor de demanda de 5kW. Desta forma o consumo no periodo de ponta é : $5\text{kW} \times 3\text{h/dia} \times 22\text{ dias} = 330\text{kWh}$)
- Demanda (kW): $50\text{kW} \times \text{R\$ 10,73} = \text{R\$ 536,50}$
- Total da conta = R\$ 1.573,83

A modificação do horário de funcionamento da instalação propiciaria uma redução nos custos com energia elétrica em torno de R\$ 558,17/mês, equivalente a 26%.

Os exemplos apresentados mostram duas situações distintas. Na primeira a unidade consumidora estava sendo faturada em baixa tensão e optou-se por passar para o fornecimento em alta tensão, obtendo uma redução de 26 % nos custos com a energia. Para isso, torna-se necessária a realização de um investimento na construção de uma subestação.

No segundo exemplo a unidade consumidora já possui o fornecimento de energia em alta tensão, com contrato convencional. Foi feita uma mudança no horário de funcionamento da instalação, passando a mesma a não operar no horário de ponta, viabilizando a mudança para a modalidade horo-sazonal verde e obtendo-se uma redução de custo de 26%.

Exemplo 5.9

A instalação (B), possui um contrato de fornecimento de energia elétrica em alta tensão na modalidade de contrato tipo convencional. O consumo médio mensal de energia da instala-

ção é de 42.000 kWh/mês, a média da demanda máxima registrada é de 220kW e a instalação funciona de segunda a sexta-feira das 08:00h até as 20:00h e aos sábados de 08:00h as 13:00h.

O custo da fatura de energia na modalidade de contrato atual é de:

- consumo: $42.000\text{kWh/mês} \times \text{R\$ 0,179} = \text{R\$ 7.518,00}$
- demanda: $220\text{kW} \times \text{R\$ 12,21/kW} = \text{R\$ 2.686,20}$
- total da fatura = R\$ 10.204,20

Com a realização de um estudo de análise das contas e do regime de operação da instalação, verificou-se que o percentual do consumo de energia que era utilizado no horário de ponta (17:30h às 20:30h) era de 10% do consumo médio total da instalação. Foi simulada a possibilidade de modificar o contrato de fornecimento de energia para a modalidade horo-sazonal verde. O custo da conta de energia projetado nesta simulação é de:

- consumo de energia fora de ponta: $37.800\text{ kWh/mês} \times 0,089 = \text{R\$ } 3.364,20$
- consumo de energia na ponta: $4.200\text{ kWh/mês} \times 0,94 = \text{R\$ } 3.948,00$
- demanda de energia: $220\text{ kW} \times 10,73 = \text{R\$ } 2.360,60$
- custo total da conta = $\text{R\$ } 9.672,80$

Esta simulação indica uma redução nos custos de $\text{R\$ } 531,40/\text{mês}$, sendo equivalente a 5%.

Exemplo 5.10

Neste exemplo serão utilizados os mesmos valores do Exemplo 5.9, porém será simulada a modalidade de contrato horo-sazonal azul. A demanda máxima registrada na ponta foi de 50 kW. Assim, os custos apresentados por esta simulação são:

- consumo de energia fora de ponta: $37.800\text{ kWh/mês} \times 0,089 = \text{R\$ } 3.364,20$
- consumo de energia na ponta: $4.200\text{ kWh/mês} \times 0,196 = \text{R\$ } 823,20$
- demanda de energia fora ponta: $220\text{ kW} \times 10,73 = \text{R\$ } 2.360,60$
- demanda de energia na ponta: $50\text{ kW} \times 32,34 = \text{R\$ } 1.617,00$
- custo total da conta = $\text{R\$ } 8.165,00$

Neste caso, a diferença de custo comparado a situação inicial do Exemplo 5.9, onde a unidade consumidora encontra-se na modalidade de contrato convencional, proporcionou uma redução de $\text{R\$ } 2.039,20/\text{mês}$, equivalente a 20%.

QUADRO COMPARATIVO DE AVALIAÇÃO DE CONTRATOS				
Custo				
Exemplos	Baixa tensão	Convencional	Horo-sazonal Verde	Horo-sazonal Azul
5.7	2.890,00	2.132,00	-	-
5.8	2.890,00	1.573,00	-	-
5.9	-	10.204,00	9.672,80	-
5.10	-	10.204,00	9.672,80	8.165,00

Quadro 5.4 – Comparativo dos exemplos apresentados.

Contrato dos Consumidores do Grupo A

Os contratos de fornecimento de energia dos consumidores do Grupo A (alta tensão) possuem valor de demanda contratada. Muitas vezes as instalações possuem valores de demanda contratuais acima de suas reais necessidades, sendo importante observar os valores de demanda que estão sendo medidos nas contas de energia elétrica e compará-los aos valores da demanda contratual. Caso os

valores medidos estejam abaixo da demanda contratual, a unidade consumidora estará sendo cobrada sempre pelo valor de contrato. Se este fato estiver se repetindo ao longo dos meses, a instalação não necessitará de uma demanda contratada neste valor e é possível então solicitar à concessionária a revisão contratual com uma redução no valor da demanda contratada para um valor mais adequado, possibilitando uma redução no custo da fatura de energia. Porém, cabe ressaltar que é preciso avaliar o histórico das contas de energia, a fim de não se cometer erros, pois quando a demanda contratada tem o seu valor ultrapassado em mais de 10% implica a aplicação da tarifa de ultrapassagem, dependendo do valor acrescido.

Em outros casos, existem unidades consumidoras que estão com demandas contratadas abaixo do valor necessário. Desta forma, os valores de demanda registrada estão sendo superiores ao da demanda contratada, em muitas vezes em mais de 10%, fato que está onerando o valor da conta de fornecimento de energia com a cobrança de multa por ultrapassagem, uma vez que a tarifa aplicada ao valor da demanda ultrapassada é cerca de três o valor da tarifa de demanda normal. A seguir são apresentados exemplos destas situações.

Exemplo 5.11

A unidade consumidora de energia (C) pertence ao Grupo A e está na modalidade tarifária convencional com demanda contratual de 80 kW. A Tabela 5.14 contém um histórico dos valores de consumo e demanda medidos nos últimos 12 meses.

Ao analisar o histórico das demandas medidas, verifica-se que em três meses o valor da demanda contratual foi ultrapassado além dos 10%. Considerando-se o valor de R\$12,21/kW, o custo total pago nestes 12 meses pelas demandas de energia foi:

Mês	Demandas Contratada (kW)	Demandas Medida (kW)	Demandas Faturada (kW)	Cálculo do Custo da Demanda	Valor (R\$)
Jan	80	90	90	80 kW x R\$ 12,21/kW + 10 kW x R\$ 36,63/kW =	(1) 1.343,10
Fev	80	85	85	85 kW x R\$ 12,21/kW =	(2) 1.037,85
Mar	80	92	92	80 kW x R\$ 12,21/kW + 12 kW x R\$ 36,63/kW =	1.416,36
Abr	80	87	87	87 kW x R\$ 12,21/kW =	1.062,27
Mai	80	78	80	78 kW x R\$ 12,21/kW = 80 kW x R\$ 12,21/kW =	(3) 976,80
Jun	80	81	81	81 kW x R\$ 12,21/kW =	989,01
Jul	80	78	80	78 kW x R\$ 12,21/kW = 80 kW x R\$ 12,21/kW =	976,80
Ago	80	75	80	75 kW x R\$ 12,21/kW = 80 kW x R\$ 12,21/kW =	976,80
Set	80	72	80	72 kW x R\$ 12,21/kW = 80 kW x R\$ 12,21/kW =	976,80
Out	80	79	80	79 kW x R\$ 12,21/kW = 80 kW x R\$ 12,21/kW =	976,80
Nov	80	84	84	84 kW x R\$ 12,21/kW =	1.025,64
Dez	80	89	89	80 kW x R\$ 12,21/kW + 9 kW x R\$ 36,63/kW =	1.306,47
Total					13.064,70

Tabela 5.14 – Histórico anual das demandas.

Lembre-se que:

(1) se a demanda medida ultrapassar a demanda contratual em mais de 10%, é aplicada a

tarifa de ultrapassagem no valor excedente ao da demanda contratada.

(2) se a demanda medida for maior que a demanda contratual em até 10%, é aplicada a tarifa normal no valor medido.

(3) se o valor da demanda medida for inferior ao da demanda contratual, é cobrado o valor da demanda contratual.

O custo total da parcela demanda nas contas de energia neste período analisado foi de R\$13.064,70.

Caso a unidade consumidora alterasse o seu valor de demanda contratada para 90 kW, com o objetivo de eliminar as ultrapassagens de demanda, o custo seria de:

$$92 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = \text{R\$ } 1.123,32 \text{ (1 mês acima do contratado).}$$

$$+ 11 \text{ meses sendo cobrado a demanda contratual de } 90 \text{ kW } [(90 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW}) \times 11 \text{ meses}] = \text{R\$ } 13.211,00$$

Desta forma, o novo valor total dos custos será de R\$ 13.211,00. Esta alteração no valor da demanda contratual não possibilitaria nenhuma redução, ao contrário, aumentaria o custo em de R\$ 147,00/mês. Assim sendo, neste caso em especial, deixar permanecer a ocorrência das três ultrapassagens é mais vantajoso do que aumentar o valor da demanda contratual para eliminá-las.

Exemplo 5.12

A unidade consumidora de energia (B) pertence ao Grupo A e está na modalidade tarifária convencional com demanda contratual de 120 kW. A Tabela 5.15 apresenta o histórico dos valores de consumo e demanda medidos nos últimos 12 meses.

Ao analisar o histórico das demandas medidas verifica-se que em todos os meses o valor apresenta-se abaixo da demanda contratual. O custo das demandas ao longo destes 12 meses foi de:

Mês	Demandada Contratada (kW)	Demandada Medida (kW)	Demandada Faturada (kW)	Cálculo do Custo da Demanda	Valor (R\$)
Jan	120	105	120	$105 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Fev	120	98	120	$98 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Mar	120	95	120	$95 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Abr	120	100	120	$100 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Mai	120	101	120	$101 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Jun	120	97	120	$97 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Jul	120	98	120	$98 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Ago	120	95	120	$95 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Set	120	95	120	$95 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Out	120	97	120	$97 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Nov	120	98	120	$98 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Dez	120	98	120	$98 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21/\text{kW} = 120 \text{ kW} \times \text{R\$ } 12,21 =$	1.465,20
Total					17.582,00

Tabela 5.15 - Histórico anual das demandas.

Deve-se sempre lembrar que se a demanda medida for menor que a demanda contratual será cobrado o valor da demanda contratual.

O custo total da parcela demanda nas contas de energia neste período analisado foi de R\$ 1.465,20 x 12 = R\$ 17.582,00

Avaliação da nova demanda a ser contratada:

- Primeira hipótese – contratar uma demanda de 100kW que, somada aos 10% de tolerância que é permitido ultrapassar, cobriria todos os valores de demanda medida no período. O custo do período seria de:

Mês	Demandas	Demandas	Demandas	Cálculo do Custo da Demanda		Valor (R\$)
	Contratada (kW)	Medida (kW)	Faturada (kW)		=	
Jan	100	105	105	105 kW x R\$ 12,21/kW	=	1.282,05
Fev	100	98	100	98 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Mar	100	95	100	95 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Abr	100	100	100	100 kW x R\$ 12,21/kW	=	1.221,00
Maio	100	101	100	101 kW x R\$ 12,21/kW	=	1.233,21
Jun	100	97	100	97 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Jul	100	98	100	98 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Ago	100	95	100	95 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Set	100	95	100	95 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Out	100	97	100	97 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Nov	100	98	100	98 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Dez	100	98	100	98 kW x R\$ 12,21/kW = 100 kW x R\$ 12,21=		1.221,00
Total						14.725,26

Tabela 5.16 – Histórico anual das demandas.

O custo total no período analisado, adotando-se essa mudança, passaria a ser de R\$ 14.725,26, resultando numa redução nos custos com a demanda de R\$ 2.856,74/ano ou o equivalente a 16%.

- Segunda hipótese – contratar uma demanda de 90kW que, somada aos 10% de tolerância que é permitido ultrapassar, não cobriria todas os valores de demanda medida no período e ocorreriam três ultrapassagens. O custo equivalente do período seria de:

Mês	Demande Contratada (kW)	Demande Medida (kW)	Demande Faturada (kW)	Cálculo do Custo da Demanda	Valor (R\$)
Jan	90	105	105	90 kW x R\$ 12,21/kW + 15 kW x R\$ 36,63/kW =	1.648,35
Fev	90	98	98	98 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.196,58
Mar	90	95	95	95 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.159,95
Abr	90	100	100	90 kW x R\$ 12,21/kW + 10 kW x R\$ 36,63/kW =	1.465,20
Mai	90	101	101	90 kW x R\$ 12,21/kW + 11 kW x R\$ 36,63/kW =	1.501,83
Jun	90	97	97	97 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.184,37
Jul	90	98	98	98 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.196,58
Ago	90	95	95	95 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.159,95
Set	90	95	95	95 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.159,95
Out	90	97	97	97 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.184,37
Nov	90	98	98	98 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.196,58
Dez	90	98	98	98 kW x R\$ 12,21/kW	= 1.196,58
Total					15.250,29

Tabela 5.17 - Histórico anual das demandas.

O custo total neste período com a simulação de uma demanda contratual de 90kW seria de R\$ 15.250,29. Este valor representa uma redução de R\$ 2.331,71/ano ou o equivalente a 15%.

Desta forma, observa-se que ambas as hipóteses adotadas apresentam reduções nos custos. Porém, a primeira hipótese de reduzir a demanda contratada para 100kW, eliminando a ocorrência de demandas de ultrapassagem, proporcionou maior redução nos custos. Este fato revela que é preciso avaliar caso a caso as opções possíveis de serem utilizadas.

Exemplo 5.13

A empresa unidade consumidora de energia (E) pertence ao Grupo A e está na modalidade tarifária horo-sazonal verde com demanda contratual de 190kW para os períodos seco e úmido. A Tabela 5.18, a seguir, relaciona o histórico dos valores de demanda medida nos últimos 12 meses.

O custo das demandas ao longo destes 12 meses foi de:

Mês	Demandada Contratada (kW)	Demandada Medida (kW)	Demandada Faturada (kW)	Cálculo do Custo da Demanda	Valor (R\$)
Jan	190	225	225	190 kW x R\$ 10,73/kW + 35 kW x R\$ 32,34/kW =	3.170,60
Fev	190	220	220	190 kW x R\$ 10,73/kW + 30 kW x R\$ 32,34/kW =	3.008,90
Mar	190	225	225	190 kW x R\$ 10,73/kW + 30 kW x R\$ 32,34/kW =	3.008,90
Abr	190	222	222	190 kW x R\$ 10,73/kW + 32 kW x R\$ 32,34/kW =	3.073,58
Maio	190	185	190	185 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Jun	190	170	190	170 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Jul	190	175	190	170 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Ago	190	172	190	172 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Set	190	185	190	185 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Out	190	185	190	185 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Nov	190	180	190	180 kW x R\$ 10,73/kW = 190 kW x R\$ 10,73/kW =	2.038,70
Dez	190	210	210	190 kW x R\$ 10,73/kW + 30 kW x R\$ 32,34/kW =	3.008,90
Total					29.541,78

Tabela 5.18 – Histórico anual das demandas.

O custo total da parcela demanda nas contas de energia neste período analisado foi de R\$ 29.541,78.

Ao se analisar as demandas deste período observa-se a ocorrência de cinco ultrapassagens nos meses de dezembro a abril. Realiza-se, então, simulações com o objetivo de reduzir o custo com a demanda de energia.

Ao se observar o comportamento dos valores de demanda medida nesta instalação, percebe-se que o aumento no valor da mesma ocorre nos meses mais quentes do ano. Desta forma, pode-se concluir que este aumento se deve às cargas de ar-condicionado. As modalidades tarifárias do tipo horo-sazonal permitem a contratação de demandas diferentes no período seco e no período úmido.

Período úmido → dezembro a abril

Período seco → maio a novembro

Assim sendo, a melhor solução para esta unidade consumidora é a contratação de uma demanda para o período seco (maio a novembro), onde os valores de demanda são parecidos, e outra para o período úmido (dezembro a abril), onde os valores de demanda medidos também se apresentam próximos.

Desta forma, é feita a simulação do custo da demanda de energia neste período, adotando-se o valor de demanda contratual para o período úmido (dezembro a abril) de 210kW, valor este que cobre todas as demandas medidas, sem que haja nenhuma ultrapassagem acima de 10%. Adota-se a demanda contratual de 170kW para o período seco (maio a novembro), valor que também cobre todos os valores medidos no período sem que haja nenhuma ultrapassagem acima dos 10%. A simulação de custos da demanda neste período com os novos valores contratuais é demonstrada na Tabela 5.19.

Mês	Demandada Contratada (kW)	Demandada Medida (kW)	Demandada Faturada (kW)	Cálculo do Custo da Demanda	Valor (R\$)
Jan	210	225	225	$225 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	2.414,25
Fev	210	220	220	$220 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	2.360,60
Mar	210	225	220	$220 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	2.360,60
Abr	210	222	222	$222 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	2.382,06
Maio	170	185	185	$185 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.985,05
Jun	170	170	170	$170 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.824,10
Jul	170	175	175	$170 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.824,10
Ago	170	172	172	$172 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.845,56
Set	170	185	185	$185 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.985,05
Out	170	185	185	$185 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.985,05
Nov	170	180	180	$180 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	1.931,40
Dez	210	210	210	$210 \text{ kW} \times \text{R\$ } 10,73/\text{kW} =$	2.253,30
Total					25.151,00

Tabela 5.19 - Histórico anual das demandas.

O custo total da parcela demandada neste período simulado com os novos valores de demanda contratual seria de R\$ 25.151,00.

Com esta mudança de contrato de demanda seria obtida uma redução nos custos de R\$ 4.390.000, equivalente a 14,8%.

A Tabela 5.20, a título de exemplo, apresenta um histórico de 12 contas de fornecimento de energia, existentes em uma unidade consumidora faturada em alta tensão na modalidade tarifária convencional, contendo as formas de cálculo utilizadas para a composição dos custos.

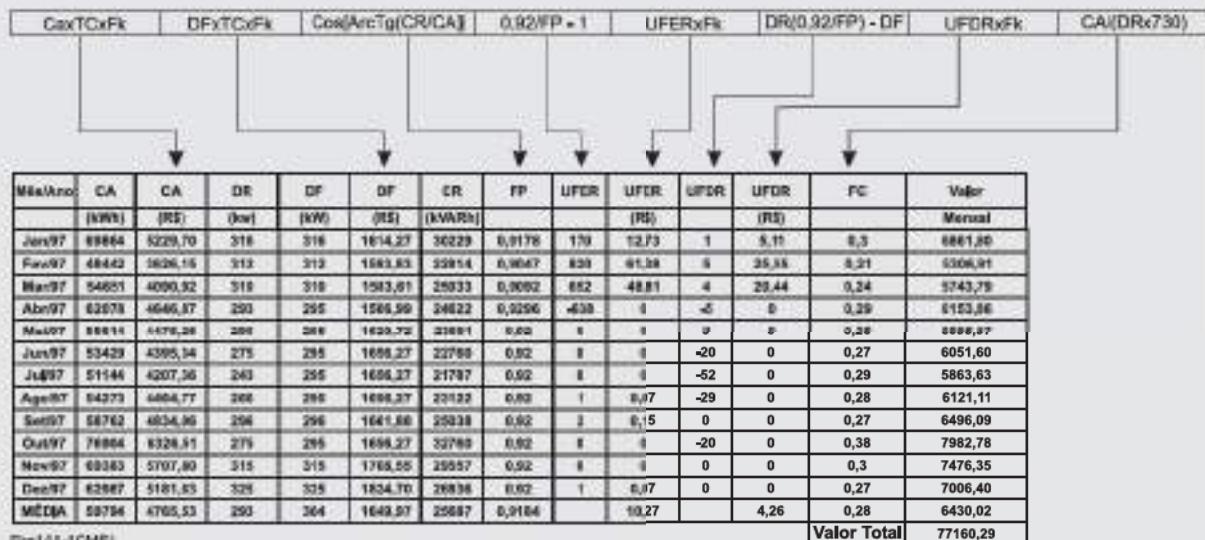


Tabela 5.20 - Histórico e forma de cálculos - tarifa convencional

Onde

CA = consumo de energia ativa

DR = demanda registrada

DF = demanda faturada

CR = consumo reativo

FP = fator de potência

UFER = unidade faturável de energia reativa excedente

UFDR = unidade faturável de demanda reativa excedente

FC = fator de carga

TC = tarifa de consumo

A Tabela 5.21, de forma análoga a anterior, apresenta o histórico de 12 contas de fornecimento de energia, existentes em uma unidade consumidora faturada em alta tensão na modalidade tarifária horo-sazonal verde.

Tabela 5.21 - Histórico e forma de cálculos - tarifa Horo-sazonal Verde.

Onde

CAF = consumo ativo fora da ponta

CAp = consumo ativo na ponta

CBf = consumo reativo fora da ponta

CBp = consumo reativo na ponta

EPf = fator de potência fora da ponta

EPD = fator de potência na ponta

UFERf = unidade faturável de energia reativa
fora da ponta

UFERp = unidade faturável de energia reativa na ponta

UD = ultrapassagem de demanda

TH = tarifa de ultrapassagem

RECOMENDAÇÕES QUANTO À ANÁLISE TARIFÁRIA

- Ao se iniciar uma avaliação das contas de fornecimento de energia elétrica deve-se criar uma planilha com os dados registrados de consumo (kWh), demanda (kW) e os seus respectivos custos, conforme a Tabela 5.1 – Planilha de Acompanhamento de Conta de Energia.
- Deve-se verificar as variações existentes e observar se o perfil varia em função das épocas do ano.
- Se a unidade consumidora recebe sua energia em baixa tensão e possui uma potência instalada que a permita receber a energia em alta tensão, deve-se observar os valores do consumo e avaliar se, em função de a tarifa em alta tensão possuir um menor custo, vale a pena se investir na construção de uma subestação. Em unidades consumidoras com consumo de energia acima de 4.000 kWh/dia, a opção de recebimento em alta tensão pode ser uma boa medida de redução de custos.
- A demanda contratual de energia deve ser respeitada, pois a sua ultrapassagem em mais de 10% acarreta um acréscimo no custo da conta de energia. O mesmo ocorre quando a demanda contratual possui um valor superior à demanda que está sendo medida. Deve-se lembrar que neste caso a concessionária irá cobrar pelo valor contratado. Portanto, é importante que se verifique no histórico das contas se o valor da demanda faturada está de acordo com a estabelecida no contrato.
- Os contratos horo-sazonais permitem a contratação de demandas diferentes para os períodos seco e úmido. Muitas vezes a verificação deste item pode proporcionar uma redução nos custos com a energia.
- Nas unidades consumidoras que possuam um perfil operacional que permitam a diminuição da carga no horário de ponta, a opção de contrato horo-sazonal verde e azul pode representar uma boa redução nos custos com a energia.
- Em alguns casos unidades consumidoras que possuem geração de energia própria no período de ponta apresentam reduções significativas no custo da energia com a adoção de contrato horo-sazonal verde.

5.4. MUDANÇAS DE HÁBITOS

5.4.1. CRIAÇÃO DA CICE

A criação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) é de fundamental importância na elaboração de um programa de combate ao desperdício de energia elétrica. Tal fato se comprova pelas experiências adquiridas ao longo do tempo, apontando para insucessos nas aplicações de medidas isoladas, que se perdem ao longo de um tempo e não contagiam as pessoas por melhor que seja o resultado. O Poder Público, em todos os níveis, tem a responsabilidade de dar o

exemplo aos outros setores de atividades no país na busca pelo aumento da eficiência no uso da energia.

O Decreto nº 99.656 de 26 de outubro de 1990 estabelece as regras básicas de funcionamento da CICE.

Com a criação da CICE, deve-se buscar o engajamento de pessoas de vários setores dentro da organização, visando à atribuição de responsabilidades e ao comprometimento com as medidas a serem adotadas. É sabido que as pessoas criam resistências às mudanças e em muitas das vezes nem querem saber se a mudança será positiva ou não, elas simplesmente não colaboram para que seja realizada. Desta forma, é preciso ser criativo e convincente na elaboração da equipe que irá formar parte da CICE. É preciso passar para estas pessoas o espírito do combate ao desperdício, fazendo com que elas se sintam importantes dentro do processo que será iniciado, permitindo que possam dar sugestões e idéias do que possa vir a ser feito. Com esse comprometimento dos membros da CICE será muito mais fácil alcançar todos os outros componentes da organização, multiplicando-se as forças e somando-se os objetivos.

Caberá à CICE a criação da estrutura e a preparação do ambiente para a realização do plano de gerenciamento da energia elétrica, visando à redução no consumo e no custo da energia elétrica.

A estrutura básica da CICE deve possuir o seguinte organograma:

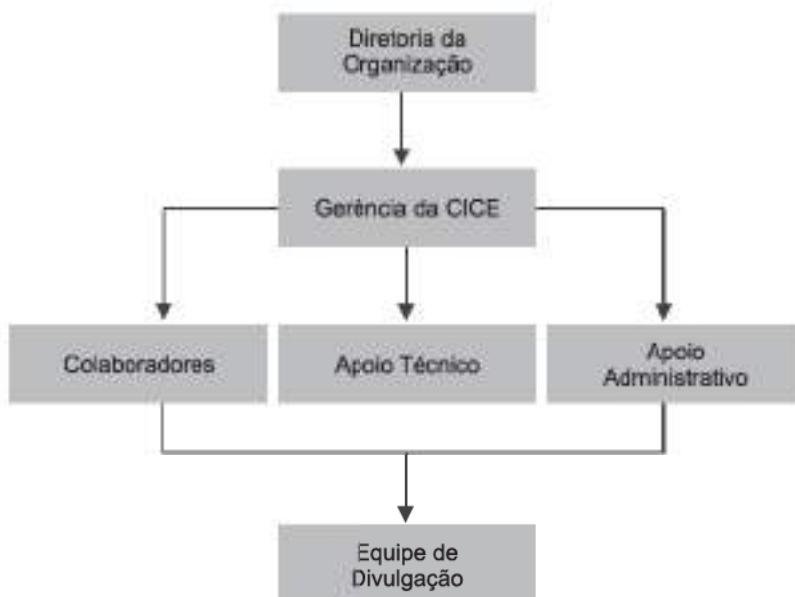


Figura 5.9 - Organograma da CICE

A diretoria da organização deverá nomear uma equipe que formará a gerência da CICE. Tal equipe terá as seguintes responsabilidades:

- inicialmente, deve-se fazer um levantamento da situação atual das instalações. Tal medida visa coletar todas as informações necessárias para a criação da base de dados que reflete a situação atual da instalação. Deverão ser avaliadas as contas de energia elétrica montando-se planilhas com os valores apresentados de consumo de energia em kWh, demanda de energia quando houver em kW, valores de fator de potência e os respectivos custos. Através destes dados deverão ser elaborados gráficos que permitam a interpretação e a verificação do comportamento destes parâmetros ao longo dos meses;
- definição de uma equipe de apoio técnico que será responsável pela coleta de dados operacionais dentro da instalação, tais como: levantamento e quantificação das cargas instaladas, de preferência com a identificação por setores, avaliação das condições operacionais dos equipamentos identificando possíveis problemas, preenchimento de planilhas contendo os períodos de operação das principais cargas instaladas e a verificação da sua real necessidade;
- definição de uma equipe de apoio administrativo, que irá prestar o apoio na elaboração dos relatórios e na aquisição dos dados necessários tais como: as contas de fornecimento de energia elétrica, a listagem de patrimônio dos equipamentos instalados, a ajuda na necessidade de contratação de uma empresa de consultoria para realização de um diagnóstico energético, além da colaboração no caso da necessidade de serem tomadas medidas de mudanças operacionais ou para a aquisição de equipamentos de uso eficiente de energia;
- a definição dos colaboradores é uma medida que tem que ser tomada para que o sucesso na execução do programa seja alcançado. Devem ser escolhidas várias pessoas pertencentes aos diversos setores da organização que possuam um bom relacionamento com os demais do grupo, para que possam motivar e transmitir as idéias e os objetivos a serem alcançados;
- designação de uma equipe que seja responsável pela criação de uma campanha de divulgação das necessidades, dos objetivos, das possibilidades e finalmente dos resultados. Esta equipe deverá ser formada por pessoas criativas e que possuam habilidades de criação de frases, cartazes etc.

É bom lembrar que as pessoas podem formar parte de várias equipes, ou seja, podem estar ao mesmo tempo em duas atividades da CICE, porém quanto mais pessoas participarem melhor será o resultado alcançado. O importante é que todos os membros da comissão estejam comprometidos com as idéias e motivados no alcance dos resultados, fazendo com que cada um se sinta responsável e, mais do que isso, se sinta vitorioso com o cumprimento das metas estabelecidas.

RECOMENDAÇÕES PARA O ROTEIRO DE OPERAÇÃO DA CICE

- Realizar o levantamento das contas de energia elétrica e traçar os gráficos da variação do consumo de energia(kWh), da demanda (kW), do fator de potência e os respectivos custos.
- Realizar o levantamento das cargas instaladas na organização, de preferência com a identificação dos setores.
- Realizar o levantamento dos horários de operação das cargas, a fim de avaliar a possibilidade de cargas estarem ligadas sem necessidade.

- Realizar um diagnóstico das instalações com pessoas que façam parte do quadro funcional ou, caso não seja possível, através da contratação de um profissional ou de empresa especializada.
- Promover uma apresentação para os funcionários dos potenciais de economia de energia estabelecidos no diagnóstico energético, mostrando a eles como serão realizados os trabalhos para a obtenção dos resultados.
- Avaliar os potenciais de redução de desperdício de energia elétrica apontados no diagnóstico energético, a fim de estabelecer as metas de trabalho.
- Enumerar as medidas recomendadas pelo diagnóstico energético, com as suas respectivas economias previstas.
- Iniciar a aplicação das medidas apontadas no diagnóstico pelas medidas operacionais que não necessitam de investimentos.
- Divulgar através de cartazes, e-mail interno ou outros métodos, as medidas a serem adotadas, bem como as metas a serem alcançadas.
- Acompanhar, nas contas de energia, o efeito da aplicação das medidas e divulgá-las.
- Dar início à segunda etapa, aplicando as medidas apontadas nos relatórios que necessitam de investimentos.
- Divulgar as medidas a serem adotadas, os investimentos necessários e as metas a serem alcançadas.
- Acompanhar, nas contas de energia elétrica, os resultados alcançados e divulgá-los.
- Manter as pessoas motivadas com cartazes parabenizando a todos pelo sucesso nos resultados obtidos.
- Manter o controle no acompanhamento dos resultados, a fim de identificar qualquer alteração, podendo avaliar/corrigir o aumento no consumo, além de mostrar a todos na organização que o trabalho continua.

5.4.2. ELABORAÇÃO DE CURSO/TREINAMENTO EM USO EFICIENTE DE ENERGIA

Uma medida de motivação e que trará benefícios para a organização é a realização de palestras sobre *Uso Eficiente em Energia* para os funcionários. Seria muito proveitoso que fossem convidados especialistas da área ou membros de instituições que abordam este assunto, para levarem este conhecimento aos funcionários.

A criação de pequenos cursos com temas de esclarecimento sobre a energia, suas formas de produção, os investimentos necessários para sua geração, transmissão e distribuição, permitiria a aquisição de novos conhecimentos e o despertar para a importância que a energia merece. Com isso, todos teriam noção do seu verdadeiro valor e o custo que está por trás do interruptor, fazendo com que fosse criada uma consciência geral dentro da organização.

Uma vez que seja implantada a verdadeira noção da importância da energia e do verdadeiro valor para obtê-la, que sejam promovidos cursos sobre como eliminar o desperdício da energia elétrica quer na organização de trabalho, quer nas residências. Desta forma, todos estarão empenhados em conse-

uir os resultados e estarão levando para suas casas esta mesma consciência, obtendo economias de energia e reduzindo o custo com ela. Pode-se até pensar em promover um concurso para ver quem do grupo conseguirá obter o maior percentual de economia em sua residência, dando como prêmio uma medalha, por exemplo, ou sorteando lâmpadas fluorescentes econômicas entre os participantes.

O importante é que a criação desta consciência de eliminação de desperdício de energia contagie as pessoas e se estenda aos seus familiares, fazendo com que não só a organização tenha proveito da implantação destes tipos de medidas mas todos que nela trabalham.

5.4.3. RENOVANDO AS ATITUDES

Muitas medidas que podem contribuir para a redução do consumo de energia são simples e podem ser adotadas sem maiores sacrifícios, bastando para isso que se mude alguns hábitos e atitudes, quer seja no nível pessoal, quer seja na estrutura operacional da organização. A seguir são apresentadas recomendações com vistas à renovação de algumas atitudes.

- *Alteração do horário da limpeza* – em muitas organizações a equipe de limpeza realiza seu trabalho após o encerramento do expediente. Este fato implica um maior custo com a energia, uma vez que a energia está sendo utilizada num horário em que não se está realizando mais nenhum serviço e nos casos de contratos horo-sazonais com um custo mais elevado. Desta forma, deve ser avaliada a possibilidade da realização da limpeza no horário anterior ao início do expediente ou no decorrer do mesmo.
- *Concentração do período de almoço* – existem muitos casos de organizações em que o horário de almoço não está estabelecido, e as pessoas saem em horários diferentes. Tal fato impede que sistemas de iluminação e condicionamento de ar sejam desligados no período do almoço. Nas situações em que for possível adotar-se esta medida, ela representará uma boa oportunidade de redução de consumo de energia elétrica.
- *Aproveitamento da iluminação natural* – a iluminação natural é uma fonte de energia gratuita e muitas vezes não utilizada pela presença de cortinas e persianas. Uma boa dica de economia de energia é o desligamento da iluminação artificial nos períodos em que se possa aproveitar a claridade da luz pela janela.
- *Ajuste do termostato do ar-condicionado* – é muito comum encontrar, em ambientes de trabalho, pessoas utilizando casacos em função da baixa temperatura. É necessário que se ajuste o termostato do equipamento de ar-condicionado para a temperatura de conforto. A adoção desta medida irá não só proporcionar redução no consumo de energia, mas tornar o ambiente mais agradável;
- *Divisão de circuitos de iluminação* – existem muitas instalações onde as salas de trabalho possuem um único interruptor acionando várias luminárias. Esta medida acarreta um desperdício de energia nos períodos em que apenas parte do ambiente está sendo utilizado. A adoção de sistemas de acionamento distribuídos é uma boa medida para redução do consumo, pois só estarão sendo ligadas as luminárias necessárias.

- *Desligamento do monitor* – o desligamento do monitor dos computadores em períodos curtos é uma boa medida de economia de energia em face do grande número de equipamentos normalmente existentes e ao mesmo tempo ociosos.
- *Desligamento parcial dos elevadores* – o transporte vertical está presente em muitas organizações, sendo que seu dimensionamento está baseado pelos horários de pico de afluência de pessoas, geralmente na parte do início da manhã e no final da expediente. Dessa forma, nos períodos de pouca demanda de utilização, como costuma ocorrer no meio da manhã e no meio da tarde, podem ser desligados alguns destes equipamentos. Esta medida irá proporcionar, além da redução no consumo de energia elétrica, a diminuição nos gastos com manutenção e o aumento da vida útil do equipamento.
- *Desligamento parcial do ar-condicionado* – os sistemas de ar-condicionado geralmente são responsáveis por uma parcela considerável do consumo de energia elétrica em ambientes de escritórios. Uma boa medida para a redução do consumo seria a adoção de um procedimento de ligação do sistema uma hora após o início do expediente, com o desligamento ocorrendo uma hora antes do término.

5.5. CONTROLADORES DE DEMANDA

O controle de variação da demanda em uma instalação possibilita a redução dos custos com a energia, uma vez que em muitos casos os picos de demanda poderiam ser evitados, sem prejuízo ao bom funcionamento da instalação. Para a execução desse controle existem equipamentos e sistemas de monitoramento que permitem ao administrador da instalação acompanhar e intervir no funcionamento das cargas em tempo real.

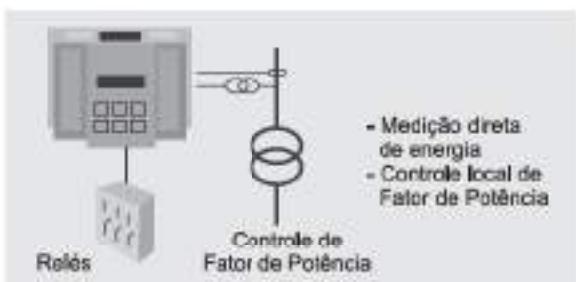


Figura 5.10 – Controladores CCK – www.cek.com.br

Os sistemas de gerenciamento da energia possuem controladores de demanda ligados às principais cargas da instalação, prioritariamente aquelas que não representam imediata alteração na operação usual do sistema, como, por exemplo, sistemas de ar-condicionado, bombas compensadoras de nível e bombas de esgoto, manobrando suas entradas e saídas de forma equilibrada a fim de se evitar os picos nos valores da demanda a ser medida pela concessionária de energia.

A concessionária de energia cobra ao final de 30 dias, em sua fatura de energia, pelo maior valor de demanda registrada ao longo dos intervalos de medição de 15 em 15 minutos. Os valores de demanda tendem a se manter em uma média de acordo com a forma de operação da instalação.

A curva de carga permite ao administrador da instalação verificar o perfil de sua demanda ao longo do dia, identificando os períodos de maior e menor valor e o momento onde ocorrem os picos de demanda. Para formação dessa base estatística da variação da demanda pode-se solicitar à concessionária de energia uma memória de massa do medidor. Os equipamentos controladores de demanda também efetuam medições e possibilitam a extração dos dados monitorados e a confecção de gráficos e planilhas de acompanhamento.

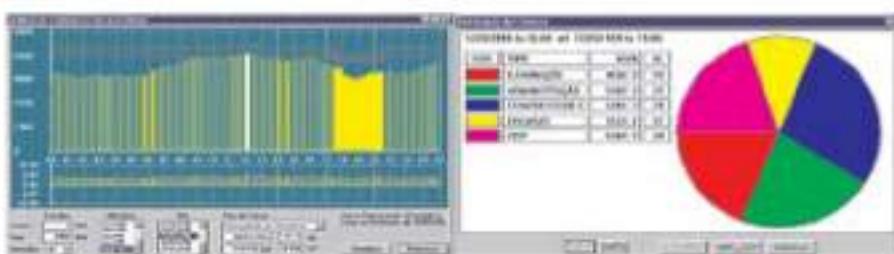


Figura 5.11 - Gráficos com dados de medição.

Uma vez estabelecida a variação da demanda, em função do regime operacional da instalação, é então informado ao controlador de demanda o valor máximo estabelecido e as cargas que poderão ser desligadas momentaneamente sem prejudicar o andamento do regime de operação da instalação, porém evitando que a demanda máxima estabelecida seja ultrapassada.

A instalação destes equipamentos de controle de demanda oferece ainda outras possibilidades, tais como o controle automático dos bancos de capacitores (mantendo sempre o fator de potência da instalação dentro do valor mínimo estabelecido de 0,92), medições de parâmetros elétricos em pontos estabelecidos, elaboração de gráficos etc. Alguns destes equipamentos possuem entradas de pulsos, que podem ser utilizadas para receber pulsos proporcionais, além do consumo de energia elétrica, para variação de vazão, de pressão, de temperatura etc.

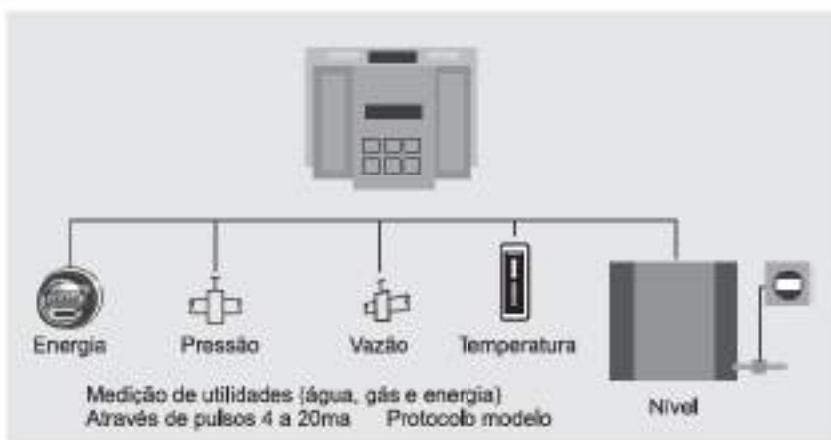


Figura 5.12 – Sistemas de controle com CCK 6500.

5.6. MERCADO FUTURO DE ENERGIA

No processo de mudança do Setor Elétrico Nacional, a atuação dos novos organismos estará se consolidando para o bom funcionamento do mercado de energia, buscando assegurar a disponibilidade e a qualidade da energia elétrica no mercado.

5.6.1. ENTIDADES DO NOVO MERCADO

As entidades e instituições que operam importantes papéis neste novo mercado são as relacionadas a seguir.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

A ANEEL é um organismo de estado, sem dependência do governo, que possui a responsabilidade por toda a regulamentação do setor de energia elétrica.

A ANEEL é uma autarquia em regime especial, vinculada ao *Ministério de Minas e Energia – MME*, criada pela Lei nº 9.427 de 26 de dezembro de 1996. Tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, defendendo o interesse do consumidor; mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

O site da Aneel é www.aneel.gov.br.

CCPE – COMITÊ COORDENADOR DO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

O CCPE é um órgão de governo que está vinculado ao Ministério das Minas e Energia – MME e que tem por função avaliar as necessidades de expansão do sistema de energia elétrica num horizonte de médio e longo prazos.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO

O ONS foi criado em 1998 com a finalidade de operar o Sistema Interligado Nacional (SIN) e administrar a rede básica de transmissão de energia em nosso país. A sua missão institucional é assegurar aos usuários do SIN a continuidade, a qualidade e a economicidade do suprimento de energia elétrica. Cabe ao ONS garantir a manutenção dos ganhos sinérgicos da operação coordenada — criando condições para a justa competição entre os agentes do setor. Instituído pela Lei nº 9.648/98 e pelo Decreto nº 2.655/98, o ONS teve seu funcionamento autorizado pela Aneel, com a Resolução nº 351/98, e assumiu o controle da operação do SIN em 1º de março de 1999. O ONS atua como sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos, e opera o SIN por delegação dos agentes (empresas de geração, transmissão e distribuição de energia), seguindo regras, metodologias e critérios codificados nos Procedimentos de Rede — aprovados pelos próprios agentes e homologados pela Aneel.

Compreende as atividades de planejamento e programação da operação eletroenergética, através da determinação dos despachos operacionais de forma centralizada, buscando a eficiência operacional dos sistemas eletroenergéticos interligados, otimizando e garantindo a confiabilidade e a qualidade de serviço e reduzindo os custos para o consumidor final. Adicionalmente, coordena internamente o desenvolvimento das providências para viabilizar o funcionamento do mercado.

Garante a confiabilidade e a eficiência da operação em tempo real do Sistema Interligado Nacional, operando o sistema de forma otimizada e padronizada, melhorando continuamente os processos operacionais através de investimentos em evolução tecnológica, desenvolvimento profissional e pessoal das equipes de operação. Tem também como meta assegurar a transparência das ações operacionais e o tratamento equânime dos agentes, com a manutenção da segurança, continuidade e qualidade no suprimento de energia elétrica.

O site do Operador Nacional do Sistema é www.ons.org.br.

MAE – MERCADO ATACADISTA DE ENERGIA ELÉTRICA

O MAE é uma entidade privada formada pelos agentes do mercado atacadista de energia com o objetivo de definir as regras e procedimentos de comercialização, possuindo representantes de todos os segmentos do mercado de energia.

O MAE é uma empresa de direito privado, submetida à regulamentação por parte da ANEEL, que foi criada através da Medida Provisória nº 29, de 7 de fevereiro de 2002, em substituição à antiga estrutura da ASMAE.

O MAE é responsável por todas as atividades requeridas à administração do Mercado, inclusive

financeiras, contábeis e operacionais, sendo as mesmas reguladas e fiscalizadas pela ANEEL. Nele se processam as atividades comerciais de compra e venda de energia elétrica por meio de contratos bilaterais e de um mercado de curto prazo, restrito aos sistemas interligados Sul/Sudeste/Centro-oeste e Norte/Nordeste. O MAE não compra ou vende energia e não tem fins lucrativos. Ele viabiliza as transações de compra e venda de energia elétrica entre os agentes de mercado. O MAE tem suporte legal e regras de funcionamento determinadas pela ANEEL, previstas na Convenção de Mercado.

O site do MAE é www.mae.org.br.

ASMAE – ADMINISTRADORA DE SERVIÇOS DO MAE

A ASMAE foi uma empresa criada com o objetivo de implantação e operação dos processos de contabilização e controle das transações comerciais realizadas no MAE.

5.6.2. AVANÇOS DO NOVO MODELO

Neste novo modelo do setor elétrico está sendo criada a figura do consumidor livre, que terá a opção de escolher a empresa da qual irá adquirir a sua energia. Desta forma, as empresas vendedoras de energia elétrica terão que cada vez mais primar em buscar a melhoria dos serviços prestados, a qualidade da energia fornecida e a formulação de preços competitivos.

Neste novo modelo está sendo realizada a desverticalização das empresas. Antes, uma mesma empresa realizava simultaneamente as atividades de geração, transmissão e distribuição da energia. Com a desverticalização torna-se mais fácil a criação de um ambiente para um mercado competitivo, através do estabelecimento do controle de custos e do estabelecimento de padrões de produtividade para cada uma das etapas necessárias no sistema. Para que este mercado funcione de maneira prática e eficiente, é preciso que a rede de linhas de transmissão esteja bem estruturada, para que as fontes de geração possam dispor sua energia para novos mercados.

Este processo se iniciou com as unidades consumidoras de energia de demandas superiores a 10 MW e tensão de fornecimento acima de 69 kV. Posteriormente, as regras do mercado livre passaram a valer para as unidades consumidoras com demandas superiores a 3 MW, respeitando-se a vigência dos contratos preexistentes. Esse processo de flexibilização deverá prosseguir até 2005, quando todos os consumidores, inclusive os residenciais, passarão a ser livres para adquirir energia elétrica do fornecedor que desejarem.

Com esta gradual abertura do mercado de energia elétrica, as oportunidades irão aparecendo para as unidades consumidoras de forma clara, tanto no preço da tarifa de energia, quanto na melhoria dos serviços prestados e na qualidade da energia fornecida.

Para o funcionamento deste novo mercado de energia elétrica foram realizados alguns passos importantes para que se pudesse dar início ao processo de operação plena do mercado. Alguns desses avanços estão listados a seguir:

- contrato inicial;
- contrato bilateral;
- custos de transmissão;
- mercado livre;
- novas unidades geradoras.

CONTRATO INICIAL

Foram contratos de longo prazo estabelecidos entre as unidades geradoras de energia com as distribuidoras, com preços fixados pela ANEEL. O objetivo destes contratos foi garantir a transição entre o regime anterior de preços administrados, para o regime de preços estabelecidos pelas livres negociações entre os agentes do mercado. Assim sendo, somente a quantidade de energia que não esteja empenhada nos contratos iniciais poderá ser comercializada livremente, através do MAE ou em contratos bilaterais.

CONTRATO BILATERAL

Este é um tipo de contrato de compra e venda que é negociado entre as duas partes livremente, de acordo com suas necessidades e expectativas sobre o futuro do mercado. Quando estas empresas registram um contrato bilateral no MAE, as duas partes asseguram que a quantidade de energia comercializada entre elas seja colocada em disponibilidade para ser negociada pelo preço do MAE. Vale ressaltar que os contratos que estejam firmados entre as concessionárias e os seus clientes finais possuem validade até o término de seu prazo, independentemente de que esses clientes venham a ter o limite de acesso ao mercado como cliente livre.

CUSTOS DE TRANSMISSÃO

Devem ser levados em consideração no custo final da energia elétrica não apenas os custos com a geração e com a distribuição, mas também os custo com a transmissão, ou seja, a tarifa a ser paga pela utilização da rede básica de transmissão e o custo das conexões entre a geradora de energia e a rede básica, e desta com a rede local da concessionária de distribuição, a qual estará ligado o consumidor. Esta tarifa de uso da rede básica é estabelecida pela ANEEL, de acordo com os custos de investimento no sistema de transmissão e da localização dos pontos de geração e de consumo da energia.

A rede básica compreende o conjunto de linhas de transmissão em instalações que operem em tensão igual ou superior a 230kV e em alguns casos em tensão igual a 138kV. Estas redes são utilizadas por todos os agentes do setor elétrico. A ANEEL estará sempre definindo critérios para inclusão de novas instalações de rede básica, a fim de permitir sua expansão para atendimento ao crescimento do mercado, favorecendo a efetiva competição no mercado.

MERCADO LIVRE

O mercado livre funciona como um sistema de bolsa de mercadorias. A energia elétrica que está sobrando nos contratos bilaterais, ou a que está faltando, é comprada e vendida no MAE, a um preço único (preço MAE ou preço Spot), que varia em função da oferta e da procura.

Para participar nas atividades comerciais realizadas no MAE, quer seja registrando-se os contratos bilaterais, ou participando de compra ou venda de energia no mercado de curto prazo, ou no preço Spot estabelecido, faz-se necessário a assinatura do "Acordo de Mercado", que é um conjunto de regras e condições contratuais que regem as operações entre os agentes de mercado. As empresas signatárias dos contratos iniciais (geradoras e distribuidoras), os novos agentes produtores, os clientes livres que atuam diretamente no MAE fazem parte deste contexto.

NOVAS UNIDADES GERADORAS

O ano de 2002 está presenciando a construção de 49 usinas termelétricas no país, com investimentos da ordem de R\$ 12 bilhões. Estas fazem parte do "Programa Prioritário de Termelétricas" e irão ter a capacidade de 17 mil MW de energia. Estas usinas juntas irão produzir mais do que a capacidade atual da usina hidroelétrica de Itaipu, que gera 12,6 mil MW. Estas termelétricas irão aumentar a confiabilidade do sistema e apresentarão menor desperdício na transmissão, uma vez que estão sendo construídas nas proximidades dos centros de consumo.

Outras medidas que estão sendo tomadas dizem respeito ao incentivo na produção de energia através de fontes alternativas tais como: energia solar, energia eólica, uso de biomassa etc.

Com relação à energia eólica, o potencial de sua utilização no Brasil ainda não foi plenamente avaliado. Até o momento foram realizados estudos de potencial eólico em algumas regiões litorâneas do Nordeste e em outras localidades como Paraná e Minas Gerais. De qualquer maneira estima-se que o Brasil tenha um potencial eólico de geração elétrica da ordem de 70.000MW, existindo hoje o aproveitamento de 20MW. Outra questão importante é a da legislação que obrigaría as concessionárias de distribuição de energia elétrica a adquirirem a eletricidade produzida a um preço viável para o gerador desta energia, destacando que esta foi a solução que viabilizou os programas de energia eólica da Dinamarca e da Alemanha.

PRIORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO TÉCNICO - ECONÔMICO - FINANCEIRA DE PROJETOS



6.1. PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS

Priorização de Projetos: É o processo de escolha ou seleção de alternativas ou caminhos de ação "suficientemente bons" entre os grupos de alternativas, para atingir um objetivo ou alguns objetivos.

Alternativas: São um conjunto de objetivos, produtos, ações, itens de escolha ou estratégias.

Atributos: Cada alternativa é definida pelo conjunto de características, geralmente representadas por propriedades físicas tais como peso, cor etc.

Objetivos: São a coleção de atributos selecionados pelo decisor para ser usada como objetivo.

Exemplo: Comprar um carro (objetivo). Consideram-se atributos o preço, a velocidade máxima, o conforto etc.

Preferências ou Pesos: São a importância relativa de cada atributo entre os demais atributos ou a relativa importância de cada atributo com relação à situação.

Em um ambiente de atributos difusos, tanto os pesos quanto os objetivos podem ser conjuntos difusos. Logo, os atributos podem ter variáveis lingüísticas, como, por exemplo, o atributo preço tem três subconjuntos difusos: "*barato*", "*moderado*" e "*caro*".

A priorização pode ser caracterizada como um processo de escolha, ou seleção de alternativas, ou caminhos de ação, "suficientemente bom" entre o grupo de alternativas para atingir um objetivo ou alguns objetivos.

Muitas priorizações envolvem incertezas. Daí, um dos mais importantes aspectos que auxiliam na decisão mais adequada está em suprir a habilidade de lidar com informações vagas e imprecisas, tais como: alto lucro; velocidade alta; preço baixo.

As priorizações bem-sucedidas levam a um ambiente em que os objetivos são as consequências das possíveis ações.

6.1.1. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE PROJETOS

Os seguintes dados são necessários e importantes para que haja condições de realizar uma boa seleção e priorização dos projetos. Podem ser divididos em quatro grupos, quais sejam:

- Dados primários;
- Dados secundários;
- Dados auxiliares;
- Dados gerais.

DADOS PRIMÁRIOS

Esta etapa é de extrema importância para a seleção dos projetos. Aqui poderão ser escolhidos entre os estes dados quais serão os importantes para reduzir o banco de dados geral, fazendo, assim, a seleção primária dos projetos de eficiência energética. Essa escolha do grupo de dados importantes vai depender do tipo e da abrangência do programa que se deseja implementar.

Alguns dados são listados a seguir com suas respectivas influências e importância no processo de seleção primária:

- Contrato de ocupação (prédio próprio, aluguel de curto prazo, aluguel de longo prazo, cessão, empréstimo etc.) – Dependendo do tipo de contrato não se justifica efetuar ações de eficiência energética. Por exemplo, não é comum realizar investimentos em prédios que são alugados, ainda mais quando o *payback* for maior que o prazo de locação.
- Existência de projetos anteriores de eficiência energética – Nesse caso, acredita-se que o potencial de economia de energia seja muito reduzido.
- Idade do prédio – Teoricamente os prédios mais antigos são melhores candidatos à implementação de ações de eficiência energética.
- Localização geográfica (Estado e Município) – De acordo com a intenção do usuário, prédios localizados em determinadas regiões do país não são alvos imediatos de projetos de eficiência energética. Por exemplo, na época de racionamento de energia, a região Sul do país não enfrenta problemas na oferta de energia, logo os prédios localizados nessa região não necessitariam, num primeiro momento, obter investimentos em eficiência energética.
- Enquadramento tarifário (Grupo, subgrupo, demanda contratada, tarifas) – Prédios atendidos em tensões mais elevadas (A1 ou A2) apresentam um valor reduzido da tarifa de energia elétrica. Com isso, existe uma tendência de que os *paybacks* sejam muito longos.
- Valor da conta de energia elétrica – Computar os valores de consumo, demanda, tarifa vigente e o valor total da conta.
- Existência de parte do prédio sendo utilizada por outra entidade – Quando um único prédio é compartilhado por duas ou mais entidades, existindo apenas uma única conta de energia elétrica para ser rateada, uma economia de 20% em uma parte do prédio pode significar um percentual muito pequeno na conta de energia elétrica se as demais entidades não estiverem envolvidas no mesmo projeto.

DADOS SECUNDÁRIOS

O levantamento das cargas envolvidas caracteriza os dados secundários a serem analisados, constituindo a segunda etapa de seleção dos projetos.

- Sistema de iluminação

Descrição resumida do sistema:					
Quantidade de luminárias	Tipo de lâmpada	Potência da lâmpada (W)	Lâmpadas por luminária	Tipo do reator	Horas utilização (h/dia)

Tabela 6.1 – Descrição resumida do sistema de iluminação.

• Sistema de Ar-Condicionado

Descrição resumida do sistema:				
Tipo de sistema	Capacidade total (TR ou Btu/h)	Idade média das máquinas (anos)	Horas de utilização (h/dia)	
<input type="checkbox"/> Central				
<input type="checkbox"/> Janela				
<input type="checkbox"/> Split				
<input type="checkbox"/> Self -Contained				
<input type="checkbox"/> Outros				

Tabela 6.2 – Descrição resumida do sistema de ar-condicionado.

• Elevadores

Descrição resumida do sistema:					
Tipos	Fabricante	Potência dos motores (cv)	Nº de pavimentos	Capacidade de carga	Horas de utilização (h/dia)

Tabela 6.3 – Descrição resumida dos elevadores.

• Sistema de Bombeamento

Descrição resumida do sistema:					
Tipo de bomba	Fabricante	Potência do motor (cv)	Tipo de controle	Altura a ser vencida (m)	Horas de utilização (h/dia)

Tabela 6.4 – Descrição resumida do sistema de bombeamento.

DADOS AUXILIARES

Este item descreve a priorização auxiliar que será realizada apenas quando for constatada a falta de consistência e precisão dos dados secundários. Neste caso, esses não poderão ser usados para realizar a priorização dos projetos, pois se corre um grande risco de eleger projetos como potenciais candidatos sem que os dados fornecidos sejam um retrato fiel da realidade do prédio em questão.

Surge então a necessidade de efetuar um levantamento *in loco* de cada edificação, subsidiando a próxima etapa do processo (seleção secundária). Esse levantamento deve ser realizado através de pré-diagnósticos em cada edificação com pessoal capacitado para a execução do mesmo.

Como o custo total desses pré-diagnósticos poderia inviabilizar qualquer programa de eficiência energética, existe a necessidade latente de priorizar os prédios até então aprovados no processo de seleção primária para que estes sejam alvos dos estudos detalhados.

Para isso, deve-se recorrer a uma segunda análise, contemplando dados não muito difíceis de se obter pelos próprios administradores dos prédios, pois dessa forma a probabilidade de conseguir resultados confiáveis é maior. Com este fim, os dados auxiliares serão utilizados e estão listados a seguir em ordem de importância:

- Histórico de consumo e área construída – Esses dois itens combinados (kWh/m^2) dão a indicação da intensidade energética de cada prédio.
- Sistema de iluminação predominante – Características, tipo de equipamentos etc.
- Sistema de ar-condicionado predominante – Características, arranjo típico, tipo de equipamentos, dados de placa, idade dos equipamentos etc.
- Existência de prédios semelhantes da mesma entidade.
- Número de ocupantes.
- Horário de funcionamento.
- Ocorrência de algum tipo de falha rotineira em equipamentos elétricos.
- Reformas recentes.
- Previsão de reformas futuras.
- Existência de geradores próprios – Horário de utilização, autonomia, percentual da carga total, combustível etc.
- Tipo do sistema de aquecimento de água.

DADOS GERAIS

Por fim, alguns dados chamados gerais devem ser levantados para conclusão do processo de seleção dos projetos:

- Dados da unidade de consumo (nome, responsável, Ministério a que pertence, entidade, endereço etc.).
- Esfera governamental (federal, estadual ou municipal).
- Tipo de atividade.
- Concessionária que a atende.
- Número de andares do prédio.
- Existência de atendimento ao público ou somente funcionários que usam o prédio.
- Dimensão predominante (horizontal e vertical).

6.1.2. RECOMENDAÇÕES

Alguns aspectos devem sempre ser levados em conta em todo o processo de seleção, porém, alguns se destacam:

- **Processo de realimentação** – Faz parte dessa metodologia a tomada de algumas decisões, como escolher quais dos dados primários serão utilizados como eliminatórios na seleção primária. Espera-se, que com o decorrer da sua aplicação, naturalmente surjam parâmetros de balizamento para as futuras tomadas de decisão, como num processo de realimentação de informações.
- **Edificações pequenas** – Essas edificações dificilmente atraíram o interesse das Esco's para a realização de projetos de eficiência energética. Além disso, existe uma tendência natural em qualquer processo de seleção de excluir os de pequeno porte. Entretanto, se somados, a sua participação no consumo de energia não pode ser desprezada. Para solucionar este impasse surge a necessidade de oferecer aos administradores destes prédios um conjunto de ferramentas eficazes para que estes tenham condições de efetuar as ações de eficiência energética. Essas ferramentas poderiam ser: programas computacionais, videocursos, manuais, palestras orientadoras etc.

6.2. ANÁLISE FINANCEIRA

6.2.1. CONCEITOS SOBRE MATEMÁTICA FINANCEIRA

A matemática financeira é a ferramenta da análise econômica. Ela trata da relação entre valores monetários e o tempo. Este conceito é mais facilmente compreendido pela seguinte expressão: 'Impreterivelmente, só se pode somar ou subtrair quantias em dinheiro se estas estiverem na mesma base, ou seja, sejam da mesma data.'

Exemplo 6.1

Uma empresa dispõe de fundos para investir em determinados projetos. Dentre a gama de alternativas, uma em particular chamou a atenção da diretoria. Trata-se de um projeto que consiste no lançamento de um novo produto que, segundo os especialistas de mercado, é muito

promissor para o futuro. O projeto demanda um investimento inicial de R\$5.000.000,00. A possibilidade de retorno do investimento consiste em R\$750.000,00 ao ano durante oito anos. Deve-se, então, investir nesse projeto? Seguindo um raciocínio lógico simples, qualquer um nessa situação seria levado a investir, pois a entrada de fundos decorrente do projeto é de R\$6.000.000,00 enquanto a saída é de apenas R\$5.000.000,00, o que geraria um ganho de R\$1.000.000,00. No entanto, o valor de R\$5.000.000,00 corresponde a um desembolso hoje, enquanto que as entradas futuras, além de estimativas, correspondem a entradas durante oito anos consecutivos. Dessa forma para se ter uma análise mais precisa sobre se o projeto deve ser feito ou não, é necessário conhecer uma relação entre o poder do real de hoje com o poder do real de amanhã (no caso daqui a oito anos). Esta relação é conhecida como valor do dinheiro no tempo.

Este exemplo retrata que o dinheiro possui seu valor alterado conforme o tempo em que o estamos utilizando. Os R\$5.000.000,00 são desembolsados hoje para que se possa receber R\$6.000.000,00 ao longo de oito anos.

O valor desembolsado ou recebido na data atual, data base ou ainda data zero (como é comumente denominada) é conhecido como valor presente. No caso da empresa o valor presente seria R\$5.000.000,00, pois é o valor desembolsado hoje.

Se por um lado foi necessário desembolsar um valor hoje, a lógica do investidor afirma que se deve auferir um rendimento amanhã. O valor que terá de ser pago ou recebido em uma data futura é conhecido como valor final. No caso da empresa seria de R\$6.000.000,00 em oito anos.

TAXA DE JUROS

Como foi visto, o dinheiro possui um determinado valor no tempo. Se hoje é necessário sacrificar determinada quantia em um investimento, espera-se que no futuro seja proporcionado um ganho por esse sacrifício. Quando se empresta dinheiro a alguém, se está sacrificando uma quantia atual visando a um recebimento no futuro. Assim sendo, o tomador do empréstimo fez com que se sacrificassem possibilidades de consumo e se emprestasse esse dinheiro a ele. Naturalmente esse sacrifício merece alguma espécie de ganho. Esse ganho é conhecido como juros. De certa forma pode-se dizer que os juros correspondem ao lucro que se está determinado a ganhar para emprestar esse dinheiro. Sobre a ótica do tomador de empréstimo, pode-se dizer que os juros correspondem ao preço que ele tem que pagar para realizar o empréstimo. Pode-se afirmar que a taxa de juros corresponde a esse lucro, ou a esse aluguel, ou, ainda, a relação entre o valor do dinheiro hoje e o valor do dinheiro amanhã.

JUROS SIMPLES

Considera-se apenas o capital inicial rendendo juros.

$$J = C \times i \times n$$

Onde,

J – Juros

C – Capital

i – Taxa de juros;

n – Número de períodos

JUROS COMPOSTOS

Considera-se ao final de cada período um capital, acrescidos os juros, que será o capital inicial para o próximo período, e assim por diante.

$$J = C \times (1 + i)^n$$

Onde,

J – Juros

C – Capital

i – Taxa de juros

n – Número de períodos

FLUXO DE CAIXA

É importante planejar corretamente o fluxo de caixa de um projeto/negócio. Em outras palavras, é preciso saber exatamente quanto dinheiro poderá ter disponível e se esses recursos serão suficientes para cumprir as obrigações.

O fluxo de caixa opera em ciclos, desde a compra de estoques até o recebimento do dinheiro decorrente da venda de seus produtos a prazo. A análise do fluxo de caixa basicamente mostrará a relação entre a **despesa (outflow)**, decorrente do cumprimento das obrigações, e a **receita (inflow)**, obtida pela venda de produtos. A combinação da entrada e saída de dinheiro pode resultar em saldo positivo ou negativo. É conveniente que no final do mês se tenha saldo em dinheiro suficiente para pagar as obrigações do mês seguinte.

A projeção mensal do fluxo de caixa ajuda a identificar e eliminar déficits e mesmo superávits. Se o fluxo de caixa for deficitário, será preciso alterar os planos financeiros para se conseguir mais dinheiro. Por outro lado, um fluxo de caixa superavitário pode indicar que o pedido de dinheiro emprestado foi excessivo ou que os recursos que estão sobrando poderiam ser investidos. O objetivo é desenvolver um plano que proporcione um fluxo de caixa equilibrado.

Caso o fluxo de caixa esteja deficitário, existem várias formas pelas quais se pode buscar aumentar as reservas. A mais conhecida é o aumento de vendas. Porém, caso grande parte das vendas seja feita a crédito, o aumento de vendas não resultará necessariamente em incremento imediato dos recursos à disposição. Além disso, o estoque ficará desfalcado e precisará ser reposto, o que aumentará as despesas.

Deve-se cobrar dos clientes todos os pagamentos em atraso. Se não houver eficiência na cobrança

dos créditos, a tendência apontada será a perda de recursos. Quanto mais tempo os clientes levarem para pagar, mais difícil será recuperar a totalidade dos créditos.

Também se pode aumentar as reservas restringindo as vendas a crédito. Quanto mais clientes pagarem à vista, mais recursos estarão disponíveis e menores serão os custos de cobrança e inadimplência. No entanto, a restrição de crédito também poderá implicar uma redução das vendas. Portanto, é preciso avaliar a conveniência de manter, no longo prazo, uma política de crédito mais ou menos restrita. Outra opção de aumento de recursos para cobrir déficits temporários no fluxo de caixa é a tomada de empréstimos de curto prazo, como os *revolving credit lines* ou os *equity loans*.

6.2.2. PRINCIPAIS MÉTODOS DE ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS

VPL (Valor Presente Líquido)

O valor presente líquido é o valor dos fluxos financeiros trazidos à data zero.

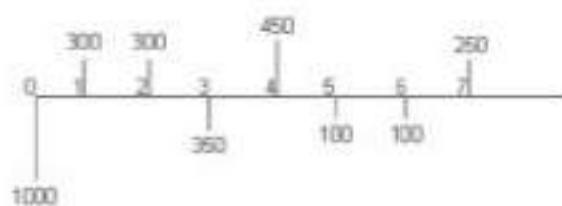


Figura 6.1 – Valor presente líquido.

Através da Figura 6.1 pode-se visualizar algumas operações. Existem fluxos de caixa positivos e negativos em diferentes datas. Considera-se que o fluxo de caixa seja o comportamento de consumo e ganhos de uma determinada pessoa. Como saber se ela está gastando mais ou arrecadando mais?

O VPL nada mais é do que uma aplicação de juros compostos. A fórmula geral de juros compostos é:

$$VF = VP \times (1 + i)^n$$

Onde,

VF – Valor futuro

VP – Valor presente

i = Taxa de juros

n = N° de períodos

Para responder a pergunta anterior deve-se situar todos os fluxos financeiros numa data comum (que por costume é a data zero). Considerando uma taxa de juros arbitrária de 2% ao período e utilizando a fórmula, pode-se resumir da seguinte forma:

VF	n	VP	Saldo
1000	0	-1000	-1000
300	1	294,11	-705,89
300	2	288,35	-417,54
350	3	-329,81	-747,35
450	4	415,73	-331,62
100	5	-90,57	-422,19
100	6	-88,79	-510,98
250	7	217,64	-293,34

Quadro 6.1

Pode-se observar que a soma dessas operações (todas levadas à data zero) fez com que o saldo desse um valor negativo. A soma de todos esses fluxos levados a uma data comum é chamada de **Valor Presente Líquido**. O valor presente líquido, nesse caso, é de -293,34, ou seja, a pessoa que efetuou essas operações gasta mais do que arrecada, ainda que as operações tenham sido feitas em épocas distintas.

Assim, a fórmula geral para o cálculo do VPL seria:

$$VPL = \frac{\text{Valor 1}}{(1 + i_r)^1} + \frac{\text{Valor 2}}{(1 + i_r)^2} + \frac{\text{Valor 3}}{(1 + i_r)^3} + \frac{\text{Valor n}}{(1 + i_r)^n}$$

Logo:

$$VPL = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_n}{(1 + i)^n}$$

Onde,

C_0 é o fluxo de caixa feito na data zero (que no caso anterior era de -1000)

C_n é o fluxo de caixa feito no período n

n é o número do período em que foi feito determinado fluxo

i é a taxa de juros corrente ao período n

Casos Particulares

Perpetuidade

Uma perpetuidade consiste em uma série uniforme de pagamentos de fluxos de caixa por um período de tempo infinito. O comportamento de uma perpetuidade pode ser descrito conforme a Figura 6.2, a seguir:

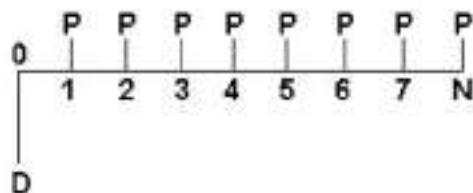


Figura 6.2 - Perpetuidade

Como se pode observar, uma dívida D efetuada na data zero será paga em prestações P durante N anos, sendo que N é infinito. Como é encontrado então o valor de D e P? A relação entre D e P pode ser descrita através da seguinte fórmula:

$$D = C / i$$

Onde,

D = Dívida ou aplicação feita na data zero

C = Prestação a ser paga ou juros obtidos com a aplicação de perpetuidade

i = Taxa de juros do período

Exemplo 6.2

Supondo que a Empresa XYZ venda ações preferenciais que rendam juros perpétuos. A empresa cobra R\$7.000,00, prometendo pagar juros de R\$500,00 durante toda a vida. Sabendo-se que a taxa de juros de mercado é de 7%, a Empresa XYZ está vendendo essas ações a um preço compensador para os investidores?

Usando a fórmula de perpetuidade, o valor "justo" pela ação seria de R\$7.142,85 = (500/0,07). Assim sendo, investir nessa ação seria rentável.

Anuidade

Uma anuidade consiste em uma série uniforme de pagamentos regulares que dura um número determinado de períodos. Quando se compra um carro e decide-se pagar a prazo (em 24 vezes, por exemplo), se está lidando com uma anuidade. O comportamento da anuidade pode ser descrito de acordo com a Figura 6.3 a seguir.

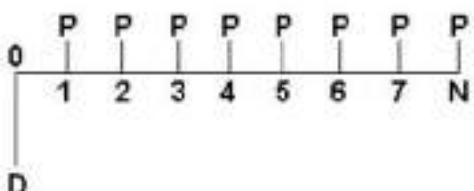


Figura 6.3 – Anuidade

A diferença entre a anuidade e a perpetuidade está no tempo envolvido. Na anuidade esse tempo é limitado. A fórmula para se calcular a anuidade é a seguinte:

$$VP = P \times \left(\frac{(1+i)^t - 1}{i(1+i)^t} \right)$$

Onde,

VP = O valor da dívida ou da aplicação na data zero

P = O valor da prestação ou dos juros pagos

i = Taxa de juros

t = Tempo

Limitações ao VPL

Embora o VPL seja um processo matemático muito eficiente, assim como quase todos os modelos em finanças, é limitado quando aplicado a situações reais. Suas principais limitações são:

- Não se importa com o tempo de duração do projeto seja ele de um, de mil ou de infinitos períodos. Seu enfoque é apenas no valor presente do montante resultante dos descontos dos pagamentos futuros.
- Não é muito indicado em ambientes de risco. Alguns autores defendem que o VPL pode ser trabalhado com risco, para tanto basta embutir na taxa de juros um prêmio para esse risco, mas avaliar esse prêmio torna-se impraticável uma vez que o VPL não considera o tempo da aplicação.

TIR (Taxa Interna de Retorno)

Os investidores dispõem de diversos métodos para a análise de um investimento. Cada um destes enfoca uma variável diferente. O *pay back* (investimento/receita) é extremamente voltado para a variável tempo, enquanto o valor presente líquido volta-se para o valor dos fluxos de caixas obtidos na data-base. A idéia da TIR surgiu como mais um modelo de análise de investimento, dessa vez voltado para a variável taxa. A utilização da TIR tenta reunir em apenas um único número o poder de decisão sobre determinado projeto. Esse número não depende da taxa de juros de mercado vigente no mercado de capitais (Dai o nome taxa interna de retorno). A TIR é um número intrínseco ao projeto e não depende de nenhum parâmetro que não os fluxos de caixa esperados desse projeto.

A TIR é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas de caixa igual ao valor ao presente das saídas de caixa do investimento. Isso quer dizer que a TIR é a taxa que "zera" o seu investimento. É uma taxa tal que, se utilizada, fará com que o lucro do seu projeto seja nulo ou $VPL = 0$.

Exemplo 6.3

Supondo que a empresa WYS necessita investir R\$30.000.000,00 para obter fluxos futuros de R\$11.000.000,00, R\$12.100.000,00 e R\$13.310.000, ao longo de três anos.

$$VP = -30.000 + \frac{11.000.000}{(1+i)^1} + \frac{12.100.000}{(1+i)^2} + \frac{13.310.000}{(1+i)^3}$$

Visualizando as operações da empresa, tem-se a seguinte equação apresentada. Para que seja calculada a TIR, deve-se considerar que VP seja igual a zero. Se VP for igual a zero, a única resposta seria 0,1. Conclui-se que a taxa interna de retorno do projeto é de 10% ao ano.

Substituindo i por 0,1, tem-se que $VP = -30.000.000 + 10.000.000 + 10.000.000 + 10.000.000$. O VP, portanto, será igual a zero.

Utilização da TIR

Ao se proceder ao cálculo da TIR no Exemplo 6.3, foi encontrado o valor de 10%. Mas o que isso quer dizer? Quer dizer que com a taxa de 10%, esse projeto é economicamente indiferente, pois não trará lucro nem prejuízo. O uso da TIR deve servir para comparações com a taxa de juros do mercado.

O que aconteceria se a taxa de juros do mercado fosse de 6%? Substituindo 6% na equação anterior seria obtido um VP de 2.321.648 ($-30.000.000 + 10.377.358 + 10.768.957 + 11.175.333$).

Supondo agora que a taxa de juros do mercado seja de 15%. Substituindo 15% na equação anterior chega-se a um VP de -2.533.903 ($-30.000.000 + 9.565.217 + 9.149.338 + 8.751.541$).

Através desses cálculos é possível concluir que:

- Se a taxa de retorno for maior que a taxa de juros do mercado, é rentável fazer o investimento.
- Se a taxa de retorno for menor que a taxa de juros do mercado, não é rentável fazer o investimento.
- Quando a taxa de retorno se equivale a taxa de juros do mercado, o investimento é indiferente, pois a rentabilidade é nula.

Quanto maior for a taxa de retorno, maior será o número de possibilidades de um investimento ser lucrativo. No Exemplo 6.3 a taxa de juros é de 10%. Isso quer dizer que o projeto será lucrativo a qualquer taxa menor que 10%. Se a taxa de juros fosse de 20%, a possibilidade de lucro seria duas vezes maior, pois o projeto seria lucrativo a qualquer taxa de juros desde que esta não ultrapassasse 20%.

Problemas com a TIR

Até o presente momento a TIR parece ser um modelo de análise de investimento eficaz, pois utiliza apenas um único número para análise.

Com uma análise mais apurada do cálculo da TIR, percebe-se uma enorme dificuldade matemática para seu cálculo caso o número de períodos seja maior que 2. Uma outra curiosidade é que o denominador dos fluxos de caixa é representado por $(1+i)^t$. Assim sendo, apresentando uma quantidade de fluxos igual a 10, por exemplo, depara-se com um denominador representado por um polinômio de décimo grau, que seria $(1+i)^{10}$. Dessa maneira, a TIR admite a hipótese matemática de se encontrar até 10 valores para i , inclusive valores negativos. Interpretar o significado financeiro de número enorme de soluções para a TIR é um tanto trabalhoso, fato esse que faz com que a TIR seja um método difícil de se calcular e, dependendo das respostas encontradas, difícil de se avaliar.

Entretanto, mesmo com o problema das múltiplas raízes quando o fluxo no período zero é negativo e os demais fluxos são positivos é encontrado um único valor real para a TIR. Quando existe a situação inversa na qual o fluxo de caixa no período zero é positivo e os demais fluxos são negativos, verifica-se também um único número real para o cálculo da TIR. Esses exemplos de fluxos futuros de caixa são, no entanto, algumas das possibilidades de fluxos de caixa que o mercado financeiro pode proporcionar. Existem situações nas quais os fluxos futuros de caixa podem ser positivos e negativos aleatoriamente. Nessa situação a possibilidade de múltiplas respostas no cálculo da TIR é verdadeira dificultando uma análise simples como a descrita no caso da Empresa WYS.

Exemplo 6.4

Supondo que no caso da Empresa WYS, se achasse como solução da TIR 2% e 10%. Como analisar se esse projeto é viável ou não? Como nesse caso são duas soluções, a equação é de 2º grau. Logo seu comportamento descreverá uma parábola conforme a Figura 6.4.

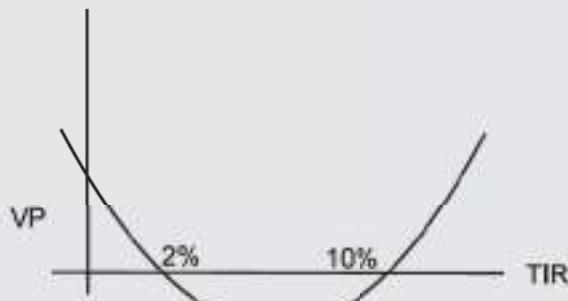


Figura 6.4 - Gráfico VP X TIR

Como 2% e 10% fazem o VP ser igual a zero são, portanto, as raízes da equação. As conclusões que o Quadro 6.2 revela são as seguintes:

Abaixo de 2%	2%	Entre 2% e 10%	10%	Acima de 10%
Lucro	Nulo	Prejuízo	Nulo	Lucro

Quadro 6.2 - Análise do gráfico VP X TIR

Assim sendo, mesmo com mais de uma solução é possível utilizar a TIR. No entanto, quanto maior for o período, maior poderá ser o número de raízes dificultando o cálculo. Outro impasse é que as taxas de juros do mercado mudam constantemente. Se houver mais de uma TIR, projetos que prometiam uma alta rentabilidade podem, de repente, se transformar em verdadeiros prejuízos por conta do enorme número de intervalos de lucratividade e prejuízo que uma grande gama de soluções para a TIR poderá proporcionar.

Uma outra desvantagem é que embora a taxa de juros do mercado não afete o cálculo da TIR, esta depende dos fluxos de caixa futuros. Como determinar com exatidão os fluxos de caixa esperados? E se houver risco? Questões como essas fazem com que os investidores muitas vezes desmerezem o método da TIR e procurem outros métodos de avaliação.

6.2.3. ANÁLISE TÉCNICO-ORÇAMENTÁRIA E A RCB

É importante ressaltar que os projetos de conservação são analisados sob uma ótica peculiar de viabilidade e priorização. Eles são avaliados e priorizados não por sua viabilidade econômico-financeira intrínseca, mas pela comparação feita entre o valor anualizado do investimento para sua implementação e o ganho anual obtido com a redução no consumo e na demanda.

Em consequência, a análise de um projeto de conservação e eficientização energética requer não só a disponibilidade dos dados técnicos e orçamentários referentes ao projeto considerado, mas também:

- Os montantes de economia de energia em MWh/ano e de redução da demanda em kW, obtidos com a implantação do projeto, e respectivos benefícios financeiros.

- Os dados técnicos e orçamentários sobre a alternativa de expansão eventualmente postergada. Em linhas gerais, inclui o exame dos seguintes pontos:
 - Verificação da consistência técnica e da adequação da solução proposta.
 - Avaliação dos resultados previstos de conservação de energia, a serem obtidos com sua implantação:
 - ⇒ valores do consumo, da demanda, das perdas ou da grandeza que caracterizar o benefício pretendido;
 - ⇒ adequação da metodologia empregada pela Empresa para quantificação dos valores previstos de conservação de energia / demanda;
 - ⇒ ganhos obtidos com a implantação da solução proposta.
 - Avaliação da adequação dos prazos propostos para execução dos projetos.
 - Quando pertinente, avaliação dos dados técnicos da alternativa de expansão eventualmente postergada.

ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

Inclui os seguintes aspectos:

- Comparação dos custos estimados pela Empresa para sua implantação com as referências disponíveis em um banco de dados atualizado;
 - Verificação da congruência do custo total dos orçamentos em relação aos custos unitários e às parcelas indicadas nos cronogramas físico-financeiros.
 - Análise da consistência do esquema de desembolso em relação ao desenvolvimento físico previsto para implantação do projeto.
 - Avaliação da adequação dos eventos previstos para desembolso como marcos contratuais a serem verificados pela fiscalização, durante a execução do projeto.

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO (RCB)

A determinação da relação custo-benefício para os projetos de conservação é feita considerando-se:

- Como custo o investimento total do projeto, distribuído em uma série uniforme durante a vida útil do projeto, multiplicado pelo fator de recuperação de capital (FRC).
- Como benefício a energia conservada e a redução de ponta.
- O cálculo do FRC (fator de recuperação de capital), considerando-se o tempo de vida útil do projeto (*n*) e uma taxa de juros (*i*), através da expressão:

$$FRC = \frac{i}{[1 - (1 + i)^{-n}]}$$

Logo, o investimento anualizado será: Investimento total x FRC [R\$]

A determinação da energia conservada (MWh/ano) e da redução de ponta (kW) fornece o benefício associado ao projeto.

Assim, a relação custo/benefício será:

$$\boxed{RCB = \text{Investimento anual} / (EC \times CMG + RP \times CMTD)}$$

Onde,

EC = energia conservada [MWh/ano]

CMG = custo marginal de expansão da geração [R\$/MWh]

RP = redução de ponta [kW]

CMTD = custo marginal de expansão da transmissão e distribuição [R\$/kW].

A relação RCB deverá ser menor que a unidade para que o projeto seja atrativo sob o aspecto da conservação de energia, o que significa ser mais econômico investir na ação de conservação do que na expansão do sistema.

ORIENTAÇÕES DE PLANEJAMENTO E SEGURANÇA NAS FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO



Este capítulo tem como objetivo orientar o planejamento de implementação da gestão energética em prédios públicos em suas diversas fases, além de apresentar noções de segurança do trabalho que devem fazer parte do cotidiano de todos os envolvidos com o projeto.

7.1. ORIENTAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

A aplicação da gestão energética em prédios públicos abrange uma série de atividades bastante complexas. Sabendo disso, torna-se indispensável planejar as atividades a serem desenvolvidas visando à otimização de resultados. Para isso, é necessário:

- Estruturar e capacitar a equipe, no âmbito interno da empresa executora, que irá interagir com o projeto. Nesse processo é importante pensar na criação de uma unidade específica para tratar o assunto da gestão, equipando-a com instrumentos de informática e softwares de apoio.
- Visitar os prédios e realizar um pré-diagnóstico visando encontrar relevantes potenciais de economia de energia. A primeira visita técnica, normalmente combinada na reunião de apresentação do consultor com o responsável pelo prédio, consiste praticamente em três fases, quais sejam:
 - ⇒ A primeira para a coleta de informações de faturas pagas pelo prédio. Deve-se solicitar cópias de, no mínimo, os 12 meses anteriores de todas as faturas relativas à energia, como energia elétrica, água, gás, combustíveis, oxigênio etc.;
 - ⇒ A segunda corresponde a uma visita técnica pelo prédio, vistoriando todos os usos finais de energia;
 - ⇒ A terceira contempla a análise dos dados observados e recolhidos nas faturas para um primeiro estudo de viabilidade relacionado ao potencial de economia existente.
- Sensibilizar as pessoas envolvidas. Todo o pessoal deve ser sensibilizado para a importância do uso racional de energia elétrica. Para isso, o consultor deverá criar meios de educação e divulgação visando à mudança dos hábitos atuais para outros mais eficientes, além de convencer a todos da importância de um estudo energético no prédio, revelando os potenciais de eficiência encontrados na visita prévia.
- Diagnosticar energeticamente e mais minuciosamente cada uso final de maiores potenciais de conservação de energia dos prédios selecionados. Consiste no estudo energético específico do funcionamento de cada equipamento consumidor de energia elétrica com o objetivo de apresentar medidas que, uma vez implementadas, tornarão o prédio mais eficiente. Fica mais fácil elaborar o diagnóstico iniciando pelo quadro principal de distribuição de energia, e daí até a sua última ramificação. Nesse circuito devem ser avaliados todos os equipamentos, proteções e condições de ligação associadas a cada quadro de distribuição.
- Estudar os dados levantados. Normalmente os dados levantados no campo são analisados em escritório por especialistas, muitas vezes utilizando softwares específicos de eficiência energética, visando à elaboração de medidas eficientes para cada ponto de desperdício encontrado.
- Elaborar medidas com suas respectivas análises técnicas, econômicas e financeiras. Após o diagnóstico, oportunidades de tornar o prédio mais eficiente irão surgir através das medidas propostas. Deve-se, então, quantificá-las e ordená-las de forma que a primeira seja aquela que traga maior

benefício em menos tempo e com o menor custo para o prédio. Deve-se classificá-las em medidas administrativas de curto, médio e longo prazos. Para que isso seja possível, cada medida deverá ser analisada técnica, econômica e financeiramente:

- Priorizar as medidas e criar procedimentos para execução. É uma decisão posterior à elaboração de um plano de gestão para o prédio. Normalmente far-se-ão planos de ações anuais onde serão escolhidas medidas de melhor custo-benefício levantadas nas análises técnica, econômica e financeira apresentadas no plano energético do Município.

A unidade responsável pela gestão energética municipal deverá acompanhar os resultados reais após implantação da medida e compará-los com o projetado no plano energético municipal.

7.2. NOÇÕES EM SEGURANÇA DO TRABALHO

As instruções mencionadas neste item devem ser conjugadas com as regras da concessionária local para que sejam observadas pelas equipes envolvidas nos levantamentos de campo para a implementação da gestão em prédios públicos.

Acidente é qualquer acontecimento não programado, que interfere negativamente, na atividade produtiva.

Segurança do Trabalho é a parte do planejamento que analisa os riscos envolvidos em uma tarefa e adota medidas para evitá-los, ou seja, tem como objetivo reduzir, permanentemente, as probabilidades de ocorrência de acidentes.

Para obtenção de segurança no trabalho é indispensável a observância dos seguintes princípios:

- A segurança faz parte do trabalho.
- Os recursos humanos e materiais da Empresa devem ser adequadamente protegidos para obtenção de eficiência, o mesmo acontecendo com os recursos de terceiros, direta ou indiretamente afetados.
- A segurança do trabalho é alcançada através de planejamento, organização e ensino; do uso de equipamentos e métodos de trabalho apropriados e reavaliados com freqüência; de supervisão competente e de atitude correta por parte dos empregados.
- Nenhum trabalho pode ser executado sem segurança. Nada pode ser invocado para justificar a falta de segurança no trabalho. As chefias devem planejar muito bem as tarefas a serem executadas, com solução prévia de problemas potenciais e previsão de medidas antiacidentes.
- Qualquer empregado pode e deve alertar a chefia quando as medidas de segurança do trabalho não estiverem totalmente satisfatórias por ocasião da execução das tarefas;
- Recebido o alerta do empregado, a chefia deve analisar o problema e solucioná-lo, sob pena de tornar-se responsável pelas ocorrências.
- É necessária a permanência de um ou mais técnicos de segurança do trabalho nas áreas de risco, com a finalidade de promover a segurança, preservando a integridade do trabalhador no local de trabalho.

Esses princípios valem não somente para as concessionárias, mas, também, para empresas contratadas para a execução de serviços de campo.

7.2.1. APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA SEGURANÇA NOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO

A aplicação dos princípios básicos anteriormente enumerados aos levantamentos de campo conduz aos seguintes pontos a serem observados:

- Cada levantamento deve ser planejado com a inclusão dos procedimentos de trabalho e dos de segurança. Uma visita prévia para se conhecer o local do levantamento é importante para a elaboração do planejamento. Esta visita prévia, quando feita em ambientes que possuem riscos, deve ser executada com a utilização dos equipamentos básicos de segurança.
- A equipe deve ser muito bem orientada sobre os procedimentos a serem adotados para execução do trabalho tal como foi planejado, incluindo os aspectos de segurança. Deve ser feita uma análise de riscos para cada tarefa.
- A orientação deve abranger o deslocamento até o local de trabalho e o meio de transporte a ser utilizado, os procedimentos, as ferramentas, as condições locais, os equipamentos e as instalações que serão objeto do levantamento, a postura do pesquisador e outros tópicos importantes, de serviço e segurança, considerados no planejamento.
- A chefia deve certificar-se de que a equipe compreendeu o que foi orientado de forma plena.
- Durante a execução, a chefia deve coordenar e controlar os trabalhos, pois é ela a responsável pela execução e pela segurança, conforme planejado.
- A Empresa objeto do levantamento deverá designar um empregado para acompanhar a equipe de forma permanente, preferencialmente da área de segurança, a fim de esclarecer dúvidas e orientar quanto às regras de segurança da própria Empresa.
- Qualquer acidente, por mais insignificante que possa parecer, deve ser objeto de análise, usando-se a correção do erro para se evitar riscos futuros.
- O treinamento permanente da equipe é essencial.
- A aceitação pela chefia de sugestões apresentadas pela equipe também é essencial.
- Deve ser instituído um sistema que faça os empregados cumprirem as regras de segurança dentro das normas de cada empresa.

Uso de Cores como Sinalização

Vermelho – Indica os aparelhos e equipamentos para combate a incêndio; portas de saídas de emergência; advertência de perigo; botões e interruptores de circuitos elétricos de parada de emergência.

Amarelo – Indica as tubulações de gases não liquefeitos; indica o cuidado para partes baixas de escadas, corrimões, parapeitos e partes inferiores de escadas que apresentem riscos; espelho de degrau de escada; vigas colocadas à baixa altura; partes móveis/giratórias de pontes rolantes, guindastes, empilhadeiras etc.; fundo de aviso de advertência; partes salientes de estruturas e equipamentos.

Branco – Indica passarelas e corredores de circulação, por meio de faixas no piso; direção de circulação por meio de sinal; localização e coletores de resíduos; localização de

bebedouros; áreas em torno dos equipamentos de socorro de urgência; zona de segurança e áreas destinadas à armazenagem.

Preto – Indica as canalizações de inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade (em condições especiais poderá ser substituído ou combinado com o branco).

Azul – Indica canalizações de ar comprimido; prevenção contra movimento acidental de qualquer equipamento em manutenção e avisos colocados no ponto de arranque ou fontes de potência.

Verde – Indica canalizações de água; caixa de primeiros socorros; caixas contendo máscara contra gases; chuveiros de segurança; macas; fontes lavadoras de olhos; localização de equipamentos de proteção individual (EPI); dispositivos de segurança e mangueiras de oxigênio (solda oxiacetilênica).

Laranja – Indica canalizações contendo ácidos; partes móveis de máquinas e equipamentos; partes internas das guardas de máquinas, que possam ser removidas ou abertas; faces internas de caixas protetoras de dispositivos elétricos; faces externas de polias e engrenagens; botões de arranque de segurança e dispositivos de corte; bordas de serras e prensas.

Púrpura – Indica os perigos provenientes das radiações eletromagnéticas penetrantes, de partículas nucleares.

Lilás – Indica canalizações que contêm alcalis (em refinarias poderá ser usada para identificar canalização de lubrificantes).

Cinza-claro – Indica canalizações em vácuo.

Cinza-escuro – Indica eletrodutos.

Alumínio – Indica canalizações contendo gases liquefeitos inflamáveis e combustível de baixa viscosidade;

Marrom – A critério da Empresa, indica qualquer fluido não identificável pelas demais cores.

7.2.2. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS USADOS NOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO

São comumente utilizados nos levantamentos de campo os seguintes equipamentos e ferramentas:

- alicate volt-amperímetro - escala - 0 - 600 Volts / 0 - 1300 amperes
- alicate Kilo-wattímetro - escala - 0 - 600 Volts / 0 - 200 kW / 0 - 200 amperes
- cronômetro
- luxímetro - escala 0 - 2000 lux
- manômetro - escala 0 - 150 psig
- termômetro digital com sensores de contato, superfície e imersão - escala -60°C a 1500°C
- bússola
- horímetro
- maleta de análise de gases de combustão com:
⇒ analisador de dióxido de carbono (CO₂) e de oxigênio (O₂)

- ⇒ tiragem
- ⇒ índice de fuligem
- ⇒ termômetro bimetálico - escala de 0 a 5000C
- trena de 20 metros de comprimento
- prancheta de mão ou microcoleto de dados
- lápis, borracha
- chave de fenda, alicate, chave Phillips, um jogo de chave de estria e chave de boca,
- espelho de dentista
- para supervisão de cargas (demanda e consumo de energia), sejam individuais ou setoriais, utilizar registradores eletrônicos do tipo RDMT
- capacetes
- luvas de borracha com isolamento para 5 kV
- luvas de raspa
- óculos de segurança
- botina
- cinto de segurança

A listagem apresentada não contém a totalidade de ferramentas e equipamentos, podendo ser determinado o uso de outros elementos durante o planejamento das ações.

Cuidados Especiais

Durante a realização dos levantamentos a Empresa geralmente estará em pleno funcionamento. Assim, qualquer interrupção de máquinas e equipamentos, de forma intencional ou acidental, provocará a interrupção do trabalho com prejuízo para a Empresa.

Desta forma, a equipe de levantamento deverá ter o máximo cuidado para não desligar chaves, provocar curtos-circuitos ou qualquer outra ação que provoque a paralisação dos serviços.

BIBLIOGRAFIA

ALBESA DE RABI, Nídia Inés; GUEDES, Paula de Azevedo. *Planejamento urbano e o uso eficiente de energia elétrica: plano diretor, perímetro urbano, uso do solo, parcelamento*. Coordenação de Mabele Rose Vieira Thomé e Nídia Inés Albesa de Rabi. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA/ELETROBRÁS/PROCEL, 1999. 82 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413: Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro, 1982.

_____. *NBR 6401: instalações centrais de ar condicionado para conforto*. Rio de Janeiro, 1980.

AUTO avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica na indústria. Salvador: COELBA, 1988. 43 p. (Série divulgação e informação, 081).

BAHIA, Sérgio Rodrigues; GUEDES, Paula de Azevedo. *Modelo para elaboração de código de obras e edificações*. Coordenação de Mabele Rose Vieira Thomé e Ana Lúcia Nadalutti La Rovere. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1997. 151 p.

BARROSO-KRAUSE, Claudia. *Avaliação da influência das decisões projetuais sobre a eficiência energética de edificação residencial multifamiliar e sugestões*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.

_____. *La climatisation naturelle: modélisation des objets architecturaux, aide à la conception en climat tropical*. Paris: CENERG/ENSMP, 1995. 214 p. Tese (Doutorado) – L'Ecole des Mines de Paris, Paris, 1995.

_____. *Coberturas, conforto higrotérmico, edificações; ponderações e propostas para clima tropical úmido em situação de verão*. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 1990. Tese (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Utilização de energia elétrica na empresa. Curitiba: FIEP, 1985. 45 p.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. *Cálculo e avaliação*. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. 501 p.

CREDER, Hélio. *Instalações elétricas*. 14.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 480 p.

DOSSAT, Roy. *Principles of refrigeration*. London: John Wiley & Sons, 1978. 603 p.

- EFICIÊNCIA energética de instalações e equipamentos. [S.I.]: EFEI, 2001. 467 p.
- ENERGY conservation in existing buildings. Atlanta, USA: ASHRAE-ANS, 1995.
- FERNANDEZ, P. et al. *Architecture climatique: une contribution au développement durable*. Paris: EDISUD, 1996. t. 2.
- FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Nobel, 1988.
- GIVONI, A. *L'homme, l'architecture et le climat*. Paris: Ed. Le Moniteur, 1968.
- HERTZ, J. *Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil*. São Paulo: Pioneira, 1988. 124 p.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. *Iluminação natural*. Tradução de Antônio Sarmento de Faria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- IMPLANTAÇÃO de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica. São Paulo: IPT, 1986.
- KOENIGSBERGER, Otto H. et al. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. [S.I.]: Ed. Paraninfo, 1977.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: Editora PW, 1997.
- MAMEDE FILHO, João. *Instalações elétricas industriais*. 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 526 p.
- _____. *Manual de equipamentos elétricos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993. v. 2.
- MANUAL de iluminação pública eficiente. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 1998. 84 p.
- MASCARÓ, Lucia et al. *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. São Paulo: Projeto, 1985. v. 1 e anexos.
- MILLET, J. et al. *Guide sur la climatisation naturelle en climat tropical humide*. Paris: Ed. CSTB, 1992.
- MOREIRA, Vinícius de Araújo. *Iluminação elétrica*. São Paulo: E. Blucher, 1999. 189 p.
- NISKIER, Júlio; MACINTYRE, Archibald Joseph. *Instalações elétricas*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1986. 548 p.

PORTO OTTONI, M. M. *Iluminação zenital: uma tentativa de adequação às condições climáticas da cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRRJ, 1990. Tese (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

PROCEDIMENTOS de manutenção para economia de energia. São Paulo: Agência para Aplicação de Energia, 1993. 75 p. (Série normatização, 073).

QUEIROZ, Tereza Cristina F. *Avaliação ambiental das condições de ventilação – estudo de caso: arsenal da marinha do Rio de Janeiro, oficinas de metalurgia naval*. Rio de Janeiro: FAU/UFRRJ, 1996. Tese (Mestrado em conforto ambiental) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

SARDINHA, G. *Iluminação natural em edificações escolares: uma abordagem arquitetônica qualitativa*. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRRJ, 1996. Tese (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

SHOEPS, Carlos Alberto; ROUSSO, José. *Conservação de energia elétrica na indústria: faça você mesmo*. 2.ed. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI/ELETROBRÁS/PROCEL, 1993. v. 1. Orientações técnicas.

_____. _____. 3.ed. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI/ELETROBRÁS/PROCEL, 1993. v. 2. Autodiagnóstico.

USO racional de energia elétrica em edificação - iluminação. 2.ed. rev. São Paulo : ABILUX, 1992.

CATALOGOS

- Catálogo técnico da Osram. São Paulo, 2002.
- Catálogo técnico da Philips. São Paulo, 2000.
- Catálogo técnico da Sylvania. São Paulo, 1999.
- Catálogo técnico da GE. 2001.
- Lighting controls-Philips. 2001.
- Catálogo técnico Itaim. 2000.
- Catálogo técnico Lumini. 2001.
- Catálogo técnico Taschibra. 2001.
- Guia operacional de motores elétricos – CEPEL
- Guia operacional de acionamentos eletrônicos – CEPEL
- Catálogo técnico WEG
- Catálogo técnico KOHLBACH
- Catálogo técnico EBERLE

SITES DA INTERNET

- www.procel.gov.br
- www.nos.org.br
- www.energia.sp.gov.br
- www.mae.org.br
- www.aneel.gov.br
- www.duke-energy.com.br
- www.cdk.com.br
- www.canalenergia.com.br
- www.guiaenergia.com.br
- www.saladefisica.cjb.net
- www.energiabrasil.gov.br



Ministério de
Minas e Energia