



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**SÍLVIA LETÍCIA JÚNIA CORRÊA ARAUJO**

**ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS E MICRO E PEQUENAS  
EMPRESAS**

São Luís

2017

**SÍLVIA LETÍCIA JÚNIA CORRÊA ARAUJO**

**ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS E MICRO E PEQUENAS  
EMPRESAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Bosco Mendonça Oliveira

São Luís

2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Araujo, Sílvia Letícia Júnia Corrêa.

Estudo de metodologias para otimização da eficiência energética de consumidores residenciais e micro e pequenas empresas / Sílvia Letícia Júnia Corrêa Araujo. - 2017.

90 f.

Orientador(a): Clovis Bosco Mendonça Oliveira.  
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica,

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

1. Arquitetura. 2. Consumo. 3. Eficiência energética. 4. Equipamentos. I. Oliveira, Clovis Bosco Mendonça. II. Título.

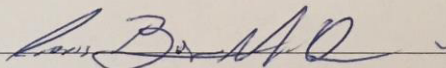
SÍLVIA LETÍCIA JÚNIA CORRÊA ARAUJO

**ESTUDO DE METODOLOGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS E MICRO E PEQUENAS  
EMPRESAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

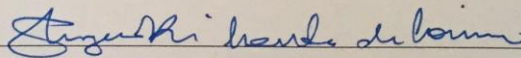
Aprovado em: 26/07/17

BANCA EXAMINADORA



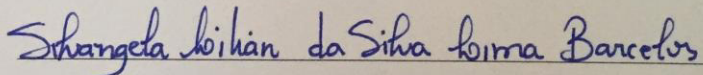
**Prof. Dr. Clovis Bosco Mendonça Oliveira** (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão



**Prof. Dr. Shigeaki Leite de Lima**

Universidade Federal do Maranhão



**Profa. Dra. Silvangela Lilian da Silva Lima Barcelos**

Universidade Federal do Maranhão

## RESUMO

Este trabalho propõe um estudo dos diversos aspectos que influenciam na eficiência energética das edificações do tipo residencial e de micro e pequenas empresas a fim de mapear técnicas que culminem na redução dos gastos com energia elétrica. Para isso, analisou-se a eficiência energética como uma melhoria no desempenho da edificação quanto ao seu consumo de energia, mantendo as condições ambientais do edifício de modo a assegurar o conforto de seus usuários. Para esta análise, verificou-se a influência dos principais sistemas responsáveis pelo consumo nestes edifícios considerando seu uso de equipamentos, bem como topologias arquitetônicas e tecnologias no âmbito da automação que otimizem os sistemas de iluminação e ar condicionado, sendo estes os mais representativos quanto ao gasto energético nestes consumidores. A partir destes estudos, foram analisados três empresas e uma residência com o intuito de pontuar possíveis elementos que resultem no desperdício de energia e propor métodos mais eficientes na utilização dos sistemas presentes em suas instalações.

Palavras-chave: Eficiência energética. Consumo. Equipamentos. Arquitetura.

## **ABSTRACT**

This work proposes a study of the various aspects that influence the energy efficiency of residential buildings and of micro and small businesses in order to map techniques that result in the reduction of electric energy expenditures. For this, energy efficiency was analyzed as an improvement in the performance of the building about your energy consumption, maintaining the environmental conditions of the building in order to ensure the comfort of its users. For this analysis, it was found the influence of the main systems responsible for the consumption in these buildings considering their use of equipment, as well as architectural topologies and technologies in the scope of automation that optimize the lighting and air conditioning systems, were the most representative about energy expenditure in these consumers. From these studies, three companies and a residence were analyzed with the purpose of score possible elements that result in the waste of energy and propose more efficient methods in the use of the systems present in their facilities.

Keywords: Energy efficiency. Consumption. Equipment. Architecture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Selo PROCEL.....	17
Figura 2	– Equipamentos que contemplam Selo PROCEL .....	17
Figura 3	– Refrigeradores do tipo Frost Free que dispõem do selo .....	18
Figura 4	– Selo ENCE.....	19
Figura 5	– Selo Conpet.....	20
Figura 6	– Temperaturas de cor típicas de acordo com o ambiente .....	31
Figura 7	– Composição de lâmpada Incandescente comum e halógena, respectivamente .....	33
Figura 8	– Composição de lâmpada fluorescente tubular e compacta, respectivamente .....	34
Figura 9	– Composição de lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão.....	34
Figura 10	– Composição de lâmpada a Vapor Metálico .....	35
Figura 11	– Composição de lâmpada mista .....	36
Figura 12	– Composição de lâmpada de Vapor de Sódio de baixa pressão e alta pressão, respectivamente .....	36
Figura 13	– Lâmpadas LED tubular e compacta, respectivamente.....	37
Figura 14	– Condicionadores de ar do tipo janela, split e cassete, respectivamente	44
Figura 15	– Comparação do funcionamento do ar condicionado convencional com a tecnologia inverter .....	45
Figura 16	– EER x Selo do INMETRO de Eficiência Energética .....	46
Figura 17	– Vidro duplo, caixilharia de madeira e de alumínio, respectivamente.....	62
Figura 18	– Brise, prateleira de luz e telhado como proteção solar, respectivamente ...	62
Figura 19	– Tipos de abertura para iluminação natural.....	63
Figura 20	– Iluminação de tarefa .....	65
Figura 21	– Ventilação cruzada em um recinto.....	66
Figura 22	– Ventilação cruzada na presença de divisórias internas.....	66
Figura 23	– Área útil de janelas .....	67
Figura 24	– Fachada da residência .....	68
Figura 25	– Terraço .....	69
Figura 26	– Lâmpadas e luminárias .....	70
Figura 27	– Ar condicionados e proteção solar interna.....	71

Figura 28	–	Janelas.....	72
Figura 29	–	Textura e cor de paredes .....	72
Figura 30	–	Fachada do estabelecimento .....	73
Figura 31	–	Iluminação e produtos.....	74
Figura 32	–	Distribuição das luminárias no teto e tipo de luminária, respectivamente .....	75
Figura 33	–	Lâmpadas muito próximas do ar condicionado .....	75
Figura 34	–	Porta do estabelecimento aberta .....	76
Figura 35	–	Fachada do estabelecimento .....	77
Figura 36	–	Disposição das luminárias .....	78
Figura 37	–	Ar condicionado com Selo Procel .....	78
Figura 38	–	Ocupação rotineira do estabelecimento .....	79
Figura 39	–	Unidade condensadora do ar condicionado sem proteção contra o sol .....	79
Figura 40	–	Fachada do estabelecimento .....	80
Figura 41	–	Disposição das luminárias no teto e produtos no interior do supermercado em prateleiras e balcões expositores abertos.....	81
Figura 42	–	Ar condicionados e luminárias .....	82
Figura 43	–	Balcões expositores do tipo fechado.....	82



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Ganho de eficiência estimado em equipamentos eletrodomésticos (ano base 2014).....	25
Tabela 2	– Estatísticas das MPEs no Brasil.....	26
Tabela 3	– Determinantes do comportamento dos usuários de acordo com categorias .....	28
Tabela 4	– Iluminâncias recomendadas por classes de tarefas visuais.....	30
Tabela 5	– Índices de iluminância, limitação de ofuscamento e índice de reprodução de cores mínimo para alguns ambientes .....	32
Tabela 6	– Características gerais dos diversos tipos de lâmpadas.....	38
Tabela 7	– Tipos de Luminárias .....	40
Tabela 8	– Capacidade refrigeração aproximada de acordo com algumas características do ambiente .....	43
Tabela 9	– Comparação entre os aparelhos de ar condicionado típicos em ambientes residenciais e comerciais .....	47
Tabela 10	– Relação S/V de alguns edifícios típicos.....	57
Tabela 11	– Índices de absorvidade de alguns materiais.....	58
Tabela 12	– Índices de refletividade de alguns materiais .....	59
Tabela 13	– Índices de condutividade térmica de alguns materiais .....	60
Tabela 14	– Iluminâncias médias de uma residência .....	69
Tabela 15	– Fontes de calor típicas de uma residência.....	69
Tabela 16	– Fontes de calor típicas em uma farmácia.....	74
Tabela 17	– Iluminância média para um supermercado de acordo com o tipo de atividade.....	80
Tabela 18	– Fontes de calor típicas em um supermercado .....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDS	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DHT	Distorção Harmônica Total
EER	Energy Efficiency Ratio
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCOs	Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução Cores
LED	Light Emitting Diode
MEE	Medidas de Eficiência Energética
MPEs	Micro e Pequenas Empresas
NBR	Normas Brasileiras
OCP	Organismo de Certificação de Produto
PBE	Programa de Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PSEE	Programa SEBRAE de Eficiência Energética
PVC	Policloreto de vinila
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENGE	Sindicato dos Engenheiros de Minas Gerais

TCC	Temperatura de Cor Correlata
VRF	Volume de Refrigerante Variável

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1</b>	<b>Objetivo</b> .....	13
<b>1.2</b>	<b>Metodologia</b> .....	13
<b>1.3</b>	<b>Descrição dos capítulos</b> .....	14
<b>2</b>	<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: conceito e importância da abordagem</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Eficiência Energética no Brasil: programas e leis de eficiência energética</b> .....	16
2.1.1	PROCEL .....	16
2.1.2	PBE .....	18
2.1.3	CONPET .....	19
2.1.4	PEE .....	20
2.1.5	Lei de Eficiência Energética .....	21
2.1.6	PSEE .....	21
2.1.7	ESCOs .....	22
<b>2.2</b>	<b>Caracterização dos consumidores residenciais e de micro e pequenas empresas</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Influência do usuário no consumo de energia</b> .....	27
<b>3</b>	<b>PRINCIPAIS ALIADOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE RESIDÊNCIAS E MICRO E PEQUENAS EMPRESAS</b> .....	29
<b>3.1</b>	<b>Sistemas de Iluminação</b> .....	29
3.1.1	Componentes do Sistema de Iluminação .....	32
3.1.1.1	<i>Lâmpadas</i> .....	32
3.1.1.2	<i>Luminárias</i> .....	38
3.1.1.3	<i>Reatores</i> .....	40
<b>3.2</b>	<b>Ar condicionado</b> .....	41
3.2.1	Princípio de funcionamento .....	43
3.2.2	Eficiência dos sistemas de ar condicionado e potencial de conservação de energia elétrica .....	45
3.2.3	Mecanismos para promoção de eficiência energética em sistemas de ar condicionado .....	48
<b>3.3</b>	<b>Outros usos finais da energia em residências e micro e pequenas empresas</b> ..	49
3.3.1	Medidas de eficiência energética em equipamentos em geral .....	49

3.3.2	Instalação elétrica .....	52
<b>3.4</b>	<b>Técnicas de automação que otimizam o consumo de energia.....</b>	<b>54</b>
3.4.1	Dimmer.....	54
3.4.2	Sensor de presença e sensor fotoelétrico .....	55
3.4.3	Relé fotoelétrico .....	55
3.4.4	Termostatos programáveis.....	56
<b>3.5</b>	<b>Influência da arquitetura na eficiência energética do edifício .....</b>	<b>56</b>
3.5.1	Forma e localização da edificação.....	56
3.5.2	Propriedades dos elementos que compõem o edifício.....	57
3.5.3	Estratégias de iluminação natural .....	63
3.5.4	Estratégias de ventilação natural .....	65
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS E MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.....</b>	<b>68</b>
<b>4.1</b>	<b>Residência.....</b>	<b>68</b>
<b>4.2</b>	<b>Farmácia.....</b>	<b>73</b>
<b>4.3</b>	<b>Salão de Beleza.....</b>	<b>77</b>
<b>4.4</b>	<b>Supermercado .....</b>	<b>80</b>
<b>4.5</b>	<b>Algumas considerações.....</b>	<b>83</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>84</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A “Crise do Apagão” ocorrida em 2001 teve dentre suas causas uma falta de planejamento e ausência de investimentos no setor de energia elétrica no Brasil. A crise, que afetou o fornecimento de distribuição de energia elétrica no país, fez com que os temas relacionados ao racionamento de energia elétrica e eficiência energética passassem a ter importância ainda maior em todos os setores da sociedade.

O conceito de eficiência energética é muito abrangente. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), um edifício será considerado mais eficiente energeticamente que outro quando este propiciar as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Para isso, buscam-se ações e métodos eficazes que minimizem os desperdícios e custos de energia e promovam melhorias no desempenho energético da edificação.

No Brasil, desde a década de 80, começaram a ser desenvolvidos programas e leis que visam estimular a eficiência energética no país. Através de programas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que realiza trabalhos de conscientização das pessoas em relação ao desperdício de energia e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que classifica diversos produtos do mais eficiente ao menos eficiente, procura-se obter a melhoria no uso final da energia elétrica.

No presente trabalho, o conceito de eficiência energética terá enfoque na redução de gastos para o consumidor. Numa unidade consumidora, a grande diversidade de formas de energia utilizadas, bem como as diferentes modificações que podem intervir na sua utilização e o potencial para redução de custos justificam a necessidade de ações de eficiência energética, que compreendam alternativas que resultem numa melhor organização e conservação energética.

A energia elétrica representa custos elevados para os consumidores residenciais e micro e pequenas empresas. Nestes setores, quando se faz uma análise do consumo de energia elétrica, percebe-se que a qualidade dos edifícios juntamente com o conforto térmico e o uso de equipamentos, são os maiores responsáveis pelo faturamento da instalação. Atrelado a estes fatores, a interação do usuário com o meio afeta de forma direta os custos da edificação. Assim, o conhecimento do usuário acerca do tema é fundamental para que se apliquem as possíveis intervenções com o objetivo de poupar energia.

Pensando nisso, este trabalho apresenta uma orientação aos consumidores residenciais e micro e pequenas empresas, como forma de auxiliar na redução dos gastos com energia elétrica, sendo importante ressaltar que a utilização eficiente de energia elétrica numa

empresa se traduz em uma redução de custos para a mesma, o que pode se tornar um diferencial competitivo já que a empresa pode aplicar essa economia em novos produtos e processos.

Buscando uma melhoria do desempenho das edificações este estudo vem como uma proposta sobre como a estrutura do ambiente (envoltória e modelo de construção), equipamentos, sistemas de iluminação e climatização e hábitos de consumo interagem e qual sua contribuição para que haja uma real otimização do sistema e minimização dos custos.

## **1.1 Objetivo**

Proposta de uma metodologia de soluções para otimização de eficiência energética voltada para consumidores residenciais e micro e pequenas empresas.

## **1.2 Metodologia**

O trabalho foi desenvolvido observando-se os fatores determinantes para eficiência energética nos ambientes comerciais e residenciais com o intuito de fornecer ações de melhoria.

Dentro de uma concepção arquitetônica, é percebido que em geral os edifícios não contemplam em seus projetos medidas que visem a redução do consumo de energia atreladas ao conforto do ambiente. Logo, é necessário fazer a análise dos elementos como forma arquitetônica, orientação solar e aos ventos, materiais da estrutura considerando seus desempenhos térmicos e tipologias das fachadas e aberturas bem como das possíveis proteções solares.

Tendo em vista que as maiores cargas nestes locais se referem à iluminação e climatização, analisa-se os equipamentos de forma a melhor dimensioná-los de acordo com sua finalidade e aplicação e contemplando as normas vigentes. Ainda propõe-se elementos de controle das diversas condições do ambiente (como conforto térmico e visual) através de soluções em automação.

É importante atentar-se para as condições das instalações elétricas do edifício, visto que as mesmas podem gerar grandes perdas que acarretarão num gasto excessivo com energia elétrica. Assim, este trabalho também apresentará como o dimensionamento das instalações afeta o consumo, bem como as manutenções necessárias nas mesmas para a melhor eficiência do sistema.

Compreendendo as diversas alternativas de melhoria na racionalização do uso da energia elétrica então propostas, é feita a aplicação em cenários reais, de modo que, são definidas as técnicas que melhor se adequem ao ambiente respeitando sua funcionalidade.

### **1.3 Descrição dos capítulos**

O primeiro capítulo deste trabalho apresenta a contextualização onde se justifica a importância do estudo do tema proposto; o objetivo e a metodologia empregada em seu desenvolvimento.

O capítulo 2 trará uma abordagem do conceito de eficiência energética e a relevância do estudo deste tema para a melhoria dos padrões de consumo para os consumidores aqui trabalhados. Apresenta-se também os vários programas, medidas e leis que vem sendo criados em diversos países com o intuito de aumentar a eficiência energética nos variados tipos prediais, equipamentos, bem como propiciar uma redução do desperdício.

O capítulo 3 apresenta as diversas metodologias aplicáveis às micro e pequenas empresas para a obtenção de um menor consumo de eletricidade, sendo expostas alternativas arquitetônicas; propostas para otimização dos sistemas de iluminação e ar condicionado bem como soluções em automação que viabilizem uma redução no consumo; indicação de normas que contemplem o assunto no que tange a dimensionamento das instalações elétricas e manutenção das mesmas e, por fim, uma análise dos comportamentos relevantes do usuário envolvidos na redução dos gastos com energia elétrica e a caracterização do consumo.

O capítulo 4 contemplará um estudo de cenários para a aplicação das técnicas aqui propostas, fazendo-se uma análise das mudanças propostas. O capítulo 5 apresentará as conclusões e considerações finais.



## **2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: conceito e importância da abordagem**

A preocupação com o uso eficiente da energia surgiu nos anos 70, onde a Crise do Petróleo desencadeou um transtorno na economia que deixou claro que os custos cresceriam exponencialmente com o uso das reservas de recursos fósseis mediante a percepção de escassez dos mesmos. Dentro deste cenário, se identificou que com um menor gasto de energia um mesmo serviço poderia ser realizado e, portanto com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais.

Para isso tem se estudado os mais diversos produtos, equipamentos e hábitos de consumo em termos da conservação de energia e como consequência, se percebeu que as estratégias tomadas geram resultados economicamente viáveis, ou seja, o custo de implementar determinada técnica é menor que o custo de produzir ou adquirir a energia que é poupada. Tais medidas – uso de equipamentos e práticas de consumo que provocam menor uso da energia para um mesmo serviço prestado – receberam o nome de “Medidas de Eficiência Energética – MEE”. (BRASIL, 2007).

É comum uma interpretação errônea de eficiência energética como “racionalização forçada” do uso final da energia. (INEE, 2001). As políticas relacionadas a eficiência se referem a ações que obtenham resultados na diminuição do consumo a médio e longo prazo, mas que tenham a preocupação em manter a qualidade e funcionalidade do serviço prestado, sem reduzi-lo. Para isso, é necessário uma sucessão de investimentos por parte do usuário, que ao longo do tempo, gerarão um resultado permanente. A racionalização forçada, ou racionamento, possui um conceito mais emergencial e sem planejamento, fazendo com que os indivíduos acabem tendo que optar por soluções superficiais e mudanças de hábito que o privem, por exemplo, de conforto.

Neste estudo, a eficiência energética vem com uma proposta que se refere a ações pontuais no âmbito da arquitetura, equipamentos, instalações elétricas e usuário, que culminam na redução da energia elétrica necessária para satisfazer as demandas da edificação, sendo priorizadas ações que tenham um gasto inferior ao imposto para suprir a energia economizada.

As medidas de eficiência energética ainda possuem obstáculos que dificultam sua propagação como: dificuldades de financiamento, deficiência de informação, conscientização e treinamento, acesso às diversas tecnologias e equipamentos que utilizam de forma eficiente a energia, altos custos de implementação e falta de confiança nos resultados que estas estratégias podem agregar ao seu usuário e à sociedade como um todo (VINE, 2005).

## **2.1 Eficiência Energética no Brasil: programas e leis de eficiência energética**

A fim de suprimir as barreiras do desenvolvimento de técnicas de conservação de energia, é necessária a implantação de políticas adequadas e ações de promoção do uso racional da energia elétrica nos diversos setores da sociedade.

O Brasil possui programas que merecem destaque no que diz respeito à eficiência energética, são eles: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), o Programa de Eficiência Energética (PEE) e o Programa SEBRAE de Eficiência Energética (PSEE). A seguir serão explorados as áreas de atuação desses programas bem como, a exposição da Lei da Eficiência Energética.

### **2.1.2 PROCEL**

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica é um programa do governo que entrou em vigor em 30 de dezembro de 1985 e é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás. Inicialmente, suas atividades tinham enfoque na distribuição de manuais e cartilhas de orientação sobre o consumo eficiente da energia. Atualmente sua área de atuação é bem mais abrangente, compreendendo equipamentos, edificações, iluminação pública, poder público, indústria e comércio e conhecimento. Suas ações compreendem disseminação de informações, capacitação profissional na área, apoio a prefeituras para o estabelecimento de projetos que visem um racionamento da energia elétrica e a identificação da eficiência de equipamentos através do Selo PROCEL. (PROCEL, 2017).

O Selo PROCEL de Economia de Energia começou a ser concedido em 1994, em parceria com o Inmetro e fabricantes e pesquisadores, contempla equipamentos que possuam níveis de eficiência dentro de determinados parâmetros de desempenho e, com isso, contribui para uma distribuição no mercado de produtos que consumam menos energia. (PROCEL, 2017).

Figura 1 - Selo PROCEL



Fonte: PROCEL (2017)

Desde sua criação, o PROCEL é responsável pela economia estimada de 70 TWh equivalente ao fornecimento de 35 milhões de residências no período de um ano. (BRASIL, 2014). Apenas no ano de 2015, suas ações totalizaram em 11,68 bilhões de kWh economizados em energia, correspondendo à energia fornecida em um ano por uma usina hidrelétrica com capacidade de 2.801 MW. A grande eficácia nos resultados do PROCEL se deve à aplicação do selo obtido direto no consumidor final. (ELETROBRAS, 2016).


Os consumidores tem acesso à relação de equipamentos no site do PROCEL ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)) que estão contemplados com o selo de eficiência. Dentro de cada classe de equipamentos é possível ter acesso aos dados específicos de cada um, como tipo, marca e consumo.

Figura 2 - Equipamentos que contemplam Selo PROCEL

Equipamentos	Categorias	Critérios Específicos
<b>Eletrrodomésticos</b>		
Congeladores	Congeladores	port.-
Refrigeradores	Refrigeradores	port.-
Lavadoras	Semiautomáticas Automáticas	port.ing.
Televisores	Televisores	port.-
Ventiladores	Mesa Teto	port.ing.
Condicionadores de ar	Split Janela	port.ing.
-		
Micro-ondas	Micro-ondas	port.ing.
<b>Lâmpadas e Reatores</b>		
Lâmpadas Fluorescentes	Lâmp. Fluor. Compactas 127V/220V	port.ing.
Lâmpadas a Vapor de Sódio	Lâmpadas a Vapor de Sódio	port.-
Lâmpadas LED	Lâmpadas LED	port.ing.
Reatores	Eletromagnéticos - Lâmpadas V. S.	port.ing.
	Eletrônicos - Lâmpadas Tubulares	port.ing.
<b>Bombas e Motores</b>		
Bombas e Motobombas	Bombas e Motobombas	port.-
Motores Elétricos	Motores Elétricos	port.-
<b>Solares</b>		
Sistema de Aquecimento Solar	Coletores Solares	port.-
	Reservatórios Térmicos	port.-
Sistema Fotovoltaico	Módulos Fotovoltaicos	port.-

Fonte: PROCEL (2017)

Figura 3 - Refrigeradores do tipo Frost Free que dispõem do selo



**REFRIGERADOR**  
Refrigerador Frost Free

Fornecedores: **3**  
Produtos: **7**

Atualização: **19/05/2017**

FORNECEDOR	MARCA	MÓDELO	VOLUME INTERNO (l)			CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)	
			COMPARTIMENTO DO REFRIGERADOR	COMPARTIMENTO DO CONGELADOR	TOTAL	127 V	220 V
LIEBHERR	LIEBHERR	R 1410	382	0	382	27,0	
LIEBHERR	LIEBHERR	RB 1410	358	0	358	22,2	
SAMSUNG	SAMSUNG	RR82W	348	0	348	23,7	
SAMSUNG	SAMSUNG	RR92	348	0	348	25,0	
SAMSUNG	SAMSUNG	RR35H6610	348	0	348	20,0	
WHIRLPOOL	CONSUL	CRB36Z	253	47	300	35,5	35,5

Fonte: PROCEL (2017)

Atualmente, o PROCEL atua em diversas diretrizes no que diz respeito a ações de promoção de um consumo eficaz de energia, como o PROCEL Sanear, PROCEL Reluz, PROCEL Edifica, PROCEL GEM, PROCEL EPP, PROCEL Indústria, PROCEL Info e PROCEL Educação. Todos com o objetivo de divulgar informações aos consumidores sobre eficiência energética, bem como disseminar tecnologias que consomem menos.

Dentre estas iniciativas, o PROCEL EDIFICA entrou em vigor no ano de 2003 e busca eficiência energética nas edificações desde sua concepção até os custos operacionais da mesma com o decorrer dos anos. O programa objetiva a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação, entre outros) reduzindo assim os impactos ambientais. (PROCEL, 2017).

### 2.1.2 PBE

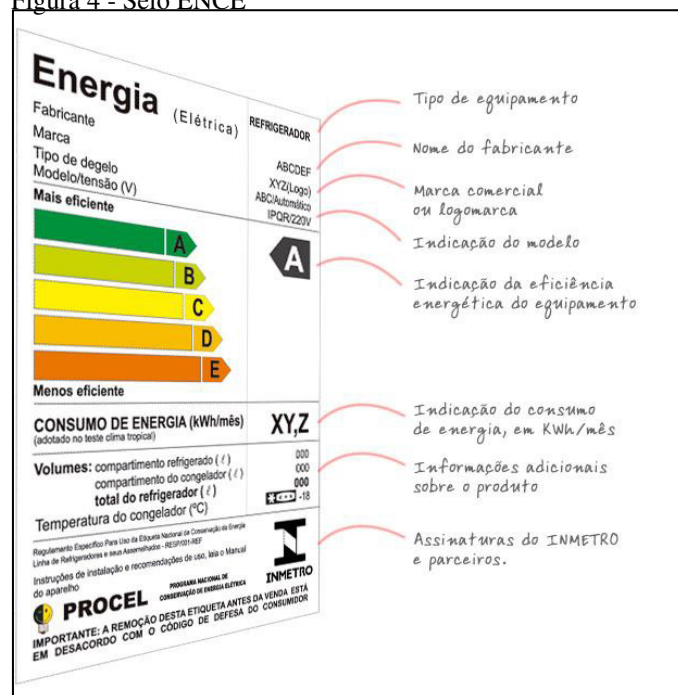
O Programa Brasileiro de Etiquetagem é mantido pelo Inmetro e afixa em produtos e equipamentos a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que fornece ao consumidor de forma clara e eficaz as informações sobre a eficiência dos produtos, classificando-os do mais eficiente (A) ao menos eficiente (de C até G, dependendo do produto). Além de contribuir para uma fabricação de equipamentos mais eficientes, com esta iniciativa, os consumidores tem a oportunidade de adquirir produtos que consomem menos energia. (INMETRO, 2017a).

A adesão dos selos é voluntária por parte dos fabricantes e para sua obtenção, o equipamento deve passar por testes em laboratórios indicados pelo Inmetro e alcançar índices já pré-estabelecidos.

Criado em 1984, o PBE conta atualmente com a colaboração da Eletrobrás com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e com a Petrobrás com o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET).

Dentre os equipamentos etiquetados tem-se refrigeradores, máquinas de lavar roupa, condicionadores de ar, fogões, lâmpadas fluorescentes compactas, entre outros. Desde 2000, estima-se uma economia de R\$ 6 bilhões com a etiquetagem de refrigeradores e condicionadores de ar, e uma economia de R\$ 23 bilhões no que diz respeito à etiquetagem de lâmpadas no período de 2006 a 2013. (BRASIL, 2014).

Figura 4 - Selo ENCE



Fonte: Adaptado de Inmetro (2016).

### 2.1.3 CONPET

O Programa Nacional de Racionalização do uso dos derivados de petróleo e gás natural foi criado em 1991. É um programa governamental vinculado ao Ministério de Minas e Energia e executado com apoio técnico da Petrobrás. Sua atuação objetiva a racionalização no consumo dos recursos naturais não renováveis através de apoio técnico e execução de

ações que visem a eficiência energética nos setores residenciais, indústria e transporte. (BRASIL, 2012).

Desde 2005, o programa rotula equipamentos que apresentam menores taxas no consumo de combustível através do selo CONPET de Eficiência Energética. O selo é aplicado a aquecedores de água a gás, fogões e fornos e automóveis leves. De acordo com Brasil (2014) de 2003 a 2013, a economia no consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) correspondeu a 10 milhões de CO<sub>2</sub> que não foram emitidos para a atmosfera.

Vale diferenciar estes selos. A Etiqueta ENCE do PBE classifica todos os produtos, diferenciando-os de acordo com sua eficiência energética, enquanto que os selos PROCEL e CONPET só reconhecem os produtos mais eficientes dentro de um grupo de equipamentos semelhantes, sendo etiquetados apenas estes.

Figura 5 - Selo Conpet



Fonte: Conpet (2012).

#### 2.1.4 PEE

A Lei n° 9.991 estabelece que as concessionárias de energia elétrica devem investir em Programas de Eficiência Energética no uso final. Para isso, a lei regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2013) estabelece que as distribuidoras de energia devem aplicar no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que visem a redução do desperdício no uso da energia elétrica.

Suas ações se baseiam investimentos na otimização das redes de distribuição a fim de minimizar suas perdas, realização de diagnósticos energéticos em instalações comerciais,

industriais e serviços, bem como projetos de eficiência energética junto a população como a troca de refrigeradores já obsoletos por modelos mais novos e eficientes.

Cerca de 9,1 TWh foram economizados no ano de 2013 graças ao programa e houve uma retirada de ponta de 2,8 GW. (BRASIL, 2014).

#### 2.1.5 Lei de Eficiência Energética

A Lei nº10.295 promulgada em 17 de Outubro de 2001 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visando a destinação eficiente de recursos energéticos. A Lei estabelece que devem ser estabelecidos “[...] níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimo de eficiência energética, de máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no país” (BRASIL, 2001, s/p). e investir em ações de promoção no consumo de energia em edificações que já estão construídas.

Em Dezembro de 2001, o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) foi encarregado de regulamentar a aplicação da lei. A partir de um estudo realizado em 2012, estima-se que a adaptação dos equipamentos conforme a lei se traduzirão numa economia em energia elétrica de 14 TWh/ano até o ano de 2030, e uma redução na ponta de 9 GW. (BRASIL, 2014).

Em junho de 2012, as lâmpadas incandescentes começaram a ser retiradas de todo território nacional. Em 20 anos a economia representará cerca de 10 TWh/ano, promovendo uma economia de aproximadamente 6 bilhões em custos de geração, transmissão e distribuição de energia. (BRASIL, 2014).

#### 2.1.6 PSEE

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) possui dentre suas diversas iniciativas, o Programa Sebrae de Eficiência Energética que é voltado para micro e pequenas empresas e vem como um aliado da instituição a fim de torna-la mais competitiva no cenário econômico, considerando que empresas com maiores índices de eficiência quanto ao consumo energético aumentam a produtividade de seus negócios e geram mais lucros. (SEBRAE SANTA CATARINA, 2003).

De acordo com Santiago Júnior, Eiras e Boccasius (2003), o programa opera por meio de quatro ações:

- a) Mobilização e Sensibilização: palestras, cartilhas, folhetos e outros meios de comunicação direta com o consumidor final, com o propósito de tornar a informação mais acessível;
- b) Capacitação: cursos presenciais e a distância para técnicos, profissionais e empresários com o intuito de instruir sobre o tema eficiência energética e habitá-los à promover um uso racional da energia elétrica;
- c) Diagnóstico e consultoria: são realizadas avaliações, diagnósticos e serviços de consultoria na empresa, onde se destacam possíveis potenciais de economia de energia e custos;
- d) Políticas públicas: atua na conformidade da empresa junto às normas e regulamentos vigentes relacionados à eficiência energética.

Seu objetivo consiste em promover o uso eficiente de energia elétrica através de mobilizações de caráter educacional onde se possa estimular os empresários a otimizar seus negócios visando extinguir seus desperdícios de energia e investir em tecnologias mais eficientes. Além disso, o programa, que não impõe gastos ao empresário, difunde sobre a viabilidade de uso de fontes alternativas nas micro e pequenas empresas.

Para isso, o Sebrae dispõe de consultores qualificados no tema eficiência energética que atuam fazendo atendimentos tanto na área de palestras como no atendimento presencial recorrendo a diagnósticos energéticos.

No módulo presencial, o programa realiza, em geral, três estudos na empresa: a clínica tecnológica de 6 horas (sendo composta de 4 horas/aula teórica e 2 horas/aula onde é elaborado o diagnóstico), diagnóstico energético (sendo até 40 horas de consultoria) e projeto executivo (dura o que for considerado necessário para cada diagnóstico), sendo que o empresário escolhe o estudo que mais atende suas necessidades. (BRITO, 2015).

#### 2.1.7 ESCOs

É importante notabilizar a importância das ESCOS no cenário econômico atual. Como já dito, a crise do petróleo incitou investimentos na área de eficiência energética, e, dentro desta perspectiva surgiram as Empresas Especializadas em Serviços de Conservação de Energia (ESCOs) (do inglês, *Energy Service Company*), sendo que, nos últimos anos, em detrimento da preocupação com o meio ambiente e uma crescente corrida por lucratividade, as ESCOs vem ganhando cada vez mais espaço.



São constituídas por empresas de engenharia especializadas na área de conservação de energia, que atuam em estudos aprofundados dentro das companhias com o objetivo de reduzir seus gastos energéticos bem como uma redução no consumo de água. (ABESCO, 2015). Para isso, a análise nas empresas é composta por um “pré-diagnóstico” onde são mapeados os gastos energéticos da empresa e de que forma os mesmos podem ser contidos, e depois a empresa passa por uma análise detalhada na etapa de “diagnóstico energético” onde serão expostas as ações de intervenção e o valor do investimento necessário para a implantação do projeto de conservação energética.

De maneira geral, as alterações propostas por uma ESCO giram em torno de troca de equipamentos, substituição de lâmpadas, otimização das instalações elétricas e conscientização dos funcionários e colaboradores da empresa acerca do tema.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) desenvolveu o PROESCO como uma linha de crédito específica para financiar os projetos desenvolvidos pelas ESCOs e desde sua fundação, apenas cerca de 27 milhões foram investidos. Isso mostra que ainda existe certa apreensão dos empresários quanto à confiança no retorno do investimento e também o receio quanto ao acesso de terceiros a todo seu processo produtivo. Além disso, o BNDES exige muitas garantias das empresas para autorizar a concessão do financiamento.

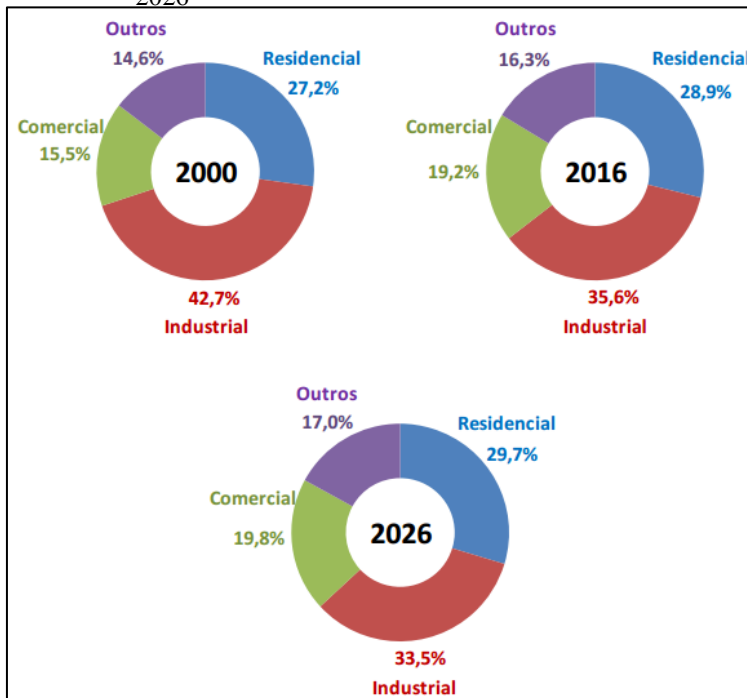
A Light ESCO Prestação de Serviços S.A. é uma empresa nesse ramo que atua no Brasil há mais de cem anos. É considerada a maior líder em eficiência energética do país. Atua na elaboração de projetos de eficiência energética que visa a redução no consumo de eletricidade para indústrias, prédios e *shoppings centers*. (LIGHT ESCO, 2012).

## **2.2 Caracterização dos consumidores residenciais e de micro e pequenas empresas**

A determinação dos fatores que influenciam no consumo de energia deve levar em consideração diversos aspectos intrínsecos do desenvolvimento da sociedade, como por exemplo fatores econômicos e sociais.

O consumo de energia elétrica na rede no Brasil, por setor, se caracterizou nos anos de 2000 e 2016 como no gráfico a seguir:

Gráfico 1 - Consumo de energia elétrica na rede, por setor, nos anos de 2000 e 2016, e previsão para o ano de 2026

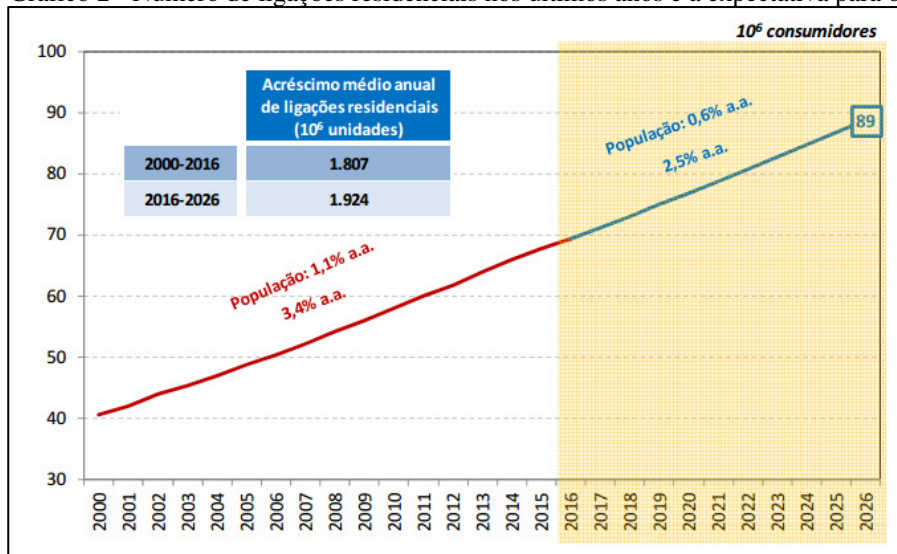


Fonte: EPE (2017).

Percebe-se que houve um aumento no consumo das residências e isso pode ser associado ao número de domicílios ter crescido e com ele, um aumento na posse de novos equipamentos.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), os últimos censos demográficos indicaram uma redução na taxa de crescimento da população, contudo, a população vem buscando residir em moradias próprias o que aumenta a quantidade de pontos de consumo em todas as regiões do país. Esta elevação no número de domicílios se traduz do aumento da renda da população e pelas facilitações no financiamento da moradia própria.

Gráfico 2 - Número de ligações residenciais nos últimos anos e a expectativa para os anos seguintes



Fonte: EPE (2017).

O setor residencial se caracteriza por ter pouco controle de perdas nas instalações elétricas e deficiência no planejamento no combate ao desperdício. Seus gestores são os próprios moradores da residência, geralmente, sem habilitação e conhecimento técnico sobre métodos de eficiência energética. Logo, a aquisição de novos equipamentos que sejam eficientes e que operem de modo a contribuir para a redução no consumo da edificação é principal variável de controle dos gastos energéticos no setor residencial.

Os programas PROCEL, PBE e CONPET, que atuam na busca pelo aumento da eficiência dos equipamentos, contribuem diretamente para a redução significativa do consumo nas residências. Analisando os equipamentos típicos de uma residência, que também são os equipamentos no qual esses programas operam, estima-se o percentual de ganhos de eficiência energética de cada aparelho fazendo uma projeção até o ano de 2024:

Tabela 1 - Ganho de eficiência estimado em equipamentos eletrodomésticos (ano base 2014).

Equipamento	2019	2024
Ar condicionado	3,4%	4,7%
Refrigerador	5,0%	6,9%
Freezer	7,6%	9,0%
Lâmpadas	40,4%	58,5%
Chuveiro elétrico	-1,9%	-4,6%
Máquina de lavar roupas	3,9%	5,9%
Televisão	2,9%	4,1%

Fonte: EPE (2016)

Estes equipamentos são os principais aliados para o decréscimo da conta de energia nas residências já que eles compõem cerca de 81% do consumo total das mesmas. Logo, faz-se necessário o estudo de como substituir estes equipamentos por tecnologias que consomem menos energia elétrica e como otimizar seu uso.

No que diz respeito às micro e pequenas empresas, assim como no setor residencial, a análise da eficiência energética se faz em geral pela posse e uso de equipamentos.

A saber, as Micro e Pequenas Empresas (MPEs) surgiram no Brasil em meados dos anos 80, quando o país passava por um momento de crise econômica que deixou grande parte de sua população desempregada. Nesse contexto, os pequenos negócios surgiram como oportunidade de trabalho. (IBGE, 2003). Atualmente, a importância das MPEs se dá pela evidente colaboração das mesmas na geração de renda, oriundas de sua participação no aumento de estabelecimentos pelos países que geram empregos e motivam investimentos.

De acordo com o SEBRAE (2016), a diferença entre micro e pequenas empresas foi definida pela Lei Geral das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte, instituída em 2006. As definições são como se segue:

- a) Microempresa: Sociedade empresária simples, com empresário devidamente registrado nos órgãos competentes e receita bruta anual igual ou inferior a R\$ 360.000,00. Emprega até nove pessoas no caso de comércio e serviços e até 19 pessoas no caso de setores industrial ou de construção;
- b) Empresa de pequeno porte: Empreendimento com faturamento bruto anual entre R\$ 360 mil e R\$ 3,6 milhões, sendo estes valores relativos à receitas auferidas no mercado nacional. Empregam de 10 a 49 pessoas no caso de comércio e serviços e de 20 a 99 pessoas no caso setores industrial ou de construção.

Tabela 2 - Estatísticas das MPEs no Brasil

PARTICIPAÇÃO DOS PEQUENOS NEGÓCIOS NO(A):	ANO	PARTICIPAÇÃO (%)	FONTE
PIB brasileiro	2011	27,0	SEBRAE/FGV
Número de empresas exportadoras	2015	61	FUNCEX
Valor das exportações	2015	1	FUNCEX
Massa de salários das empresas	2015	44,1	RAIS
Total de empregos com carteira	2015	54	RAIS
Total de empresas privadas	2015	98,5	SEBRAE

Fonte: Sebrae (2017).

Em geral, as MPEs se referem a estabelecimentos do comércio varejista, *shoppings centers*, bares e restaurantes, salão de beleza, hotéis e pontos de lazer, escritórios, estabelecimentos de serviço médico, dentre vários outros. Assim, é muito complexa a determinação do consumo no setor visando a conservação de energia, dado que os usuários tem perfil de uso da energia elétrica diferentes, bem como, os equipamentos dentro destes estabelecimentos são bem diversificados.

Assim como no setor residencial, o aumento da renda da população influenciou para um aumento do consumo nesse setor, tendo em vista que agora, as pessoas possuem maior acesso a entretenimento, saúde e bens de consumo.

As MPEs também possuem barreiras quanto à incorporação de técnicas de eficiência energética em suas instalações. De fato, como Yoshino e Souza (2003), expõem, existe uma desinformação por parte dos empresários com questões de conservação de energia, já que diferentemente de uma indústria, o custo da energia não impacta tão acentuadamente sobre a produção. Faz-se então necessário a consultoria de um especialista na área. Os programas relacionados à eficiência energética como PROCEL e PSEE, bem como as ESCOS, tem papel fundamental de suporte técnico para garantir boas medidas de utilização de energia elétrica nestas empresas.

### **2.3 Influência do usuário no consumo de energia**

É impossível dissociar o consumo de energia elétrica de um ambiente de seus ocupantes. Isso explica porque mesmo instalações que possuam semelhantes equipamentos e características físicas podem ter variações abruptas em seu custo com eletricidade. As ações e, até mesmo, a presença dos ocupantes no ambiente estão intimamente ligadas aos gastos energéticos do edifício.

Para que possam ser atendidas suas necessidades de conforto, os usuários interferem na qualidade do ambiente alterando condições de temperatura, iluminação, entre outros, sendo seu comportamento responsável por boa parte do consumo resultante. (FABI et al., 2011).

Fatores econômicos como o custo de energia e renda dos ocupantes, bem como, fatores sociais associados ao grau de educação e conscientização sobre questões de eficiência energética exercem grande influência sobre a economia com energia, tendo em vista que são condições que tem resultado direto sobre suas ações habituais. (YU et al., 2011).

O comportamento do usuário mediante as questões de consumo possuem grande variação de uma pessoa para a outra, visto que cada um possui suas preferências. Assim, em geral, estudos classificam essas ações em dois tipos:

- a) Consequência da presença do usuário;
- b) Produto do comportamento do ocupante e sua influência no consumo de energia. (YU et al., 2011).

Assim, os determinantes do comportamentos dos usuários podem ser divididos por:

Tabela 3 - Determinantes do comportamento dos usuários de acordo com categorias.

<b>Físico-ambiental</b>	Temperatura, umidade, iluminação, ruídos, odor
<b>Contextual</b>	Orientação e isolamento do edifício
<b>Psicológico</b>	Conforto térmico, visual e acústico, consciência em relação ao consumo, estilo de vida, consciência ambiental
<b>Fisiológico</b>	Idade, gênero, estado de saúde, tipo de trabalho que exerce
<b>Social</b>	Interação com outros ocupantes

Fonte: Yu et al. (2011).

Segundo Fabi et al. (2012), as condições térmicas são as que mais influenciam na forma como os ocupantes interagem com o ambiente. Abertura e fechamento de janelas, utilização de sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), utilização de técnicas de sombreamento, entre outros, são os principais controladores da temperatura e são estes os principais elementos responsáveis pela interação do usuário com o ambiente.

Logo, diante disso, é importante observar a necessidade de uma conscientização comportamental do usuário no que se refere ao consumo, visto que suas ações culminariam em uma potencial diferença nos gastos com energia. É necessário ter em vista que mesmo um sistema sendo altamente eficiente (com tecnologias de baixo consumo, por exemplo), seu uso indiscriminado originará gastos excessivos e indevidos.

### **3 PRINCIPAIS ALIADOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE RESIDÊNCIAS E MICRO E PEQUENAS EMPRESAS**

Quando se faz uma análise do consumo energético em residências e MPes, se consegue perceber os principais sistemas de uso final da energia elétrica nestes edifícios: potencialmente iluminação e ar condicionado somados ao uso de equipamentos em geral.

Neste capítulo serão explanadas tecnologias envolvidas nestes cenários e métodos conscientes de utilização da energia elétrica a fim de reduzir o consumo das edificações.

Além disso, é importante salientar que a topologia física do edifício atua diretamente no seu desempenho energético e suas características de envoltória, orientação e materiais utilizados em sua concepção também serão inclusos neste estudo.

#### **3.1 Sistemas de Iluminação**

Os sistemas de iluminação no Brasil representam cerca de 20% da energia elétrica total consumida no país, sendo responsável por 24% do consumo residencial, 44% do consumo no comércio e serviços públicos e 1% do consumo nas indústrias. (SANTOS et al., 2006).

Analisando esses dados, nota-se um grande potencial de conservação de energia elétrica nesses sistemas, não se limitando apenas à substituição de lâmpadas antigas por novas mais eficientes, mas sim, fazendo-se toda a adequação necessária no ambiente e instalação visando a qualidade do conjunto.

De acordo com os elementos que compõem o sistema de iluminação e seu uso adequado é possível identificar diversas ações de promoção de eficiência energética que contribuam para uma redução no consumo de energia elétrica, como:

- a) Emprego dos elementos (lâmpadas, luminárias e reatores) de acordo com o ambiente no qual serão empregados e as atividades realizadas no mesmo garantindo boas condições de visibilidade;
- b) Analisar o tipo de lâmpada mais adequado levando em consideração seu índice de reprodução de cores, vida média, consumo e preço, e, optar pelas que contém o Selo Procel de Economia de Energia;
- c) Minimizar o tempo de utilização da iluminação através da conscientização do próprio usuário, evitando desperdícios, bem como o uso de tecnologias de

- controle que serão vistos mais à frente;
- d) Aproveitamento da iluminação natural sempre que possível, e a adequação entre o iluminação artificial e natural;
- e) A adoção de circuitos independentes contribui para a utilização das lâmpadas que estão sendo realmente necessárias, permitindo iluminação parcial de ambientes.

No Brasil, a norma NBR 5413 – Iluminância de interiores da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), informa os valores de iluminâncias médias mínimas de acordo com o local e sua aplicação para a realização de projetos luminotécnicos. Contudo, os valores estabelecidos pela norma não podem ser tidos como irrefutáveis, já que a percepção da luminosidade varia muito em relação à idade do observador, forma do ambiente, índices de reflexão do teto, paredes e piso que o compõe.

A saber, iluminância se refere ao fluxo luminoso que incide em determinada área de superfície, e é medida em lux.

Tabela 4 - Iluminâncias recomendadas por classes de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Atividade
<b>A</b> Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 – 30 -50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 – 75 – 100	Orientação simples para permanência curta
	100 – 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
<b>B</b> Iluminação geral para área de trabalho	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
<b>C</b> Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

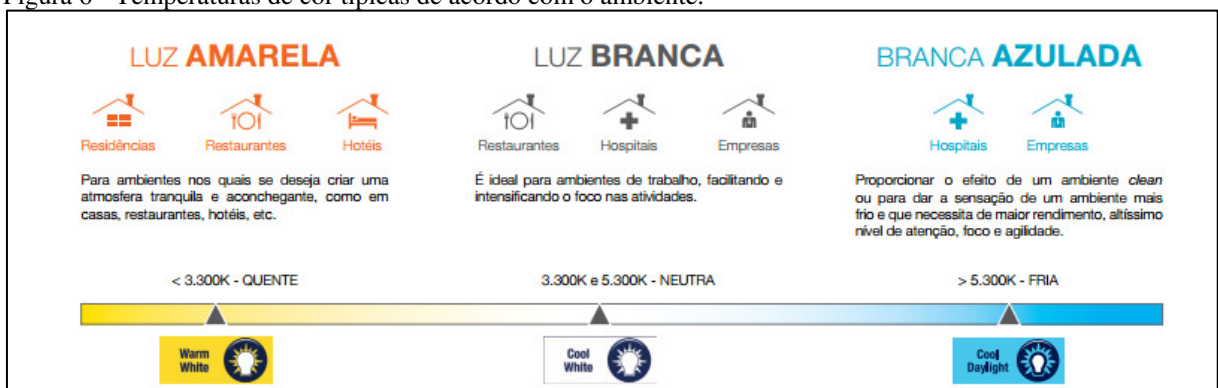
Fonte: NBR 5413 (ABNT, 1992).

Além da iluminância associada ao ambiente, o conforto do usuário está intimamente atrelado a outras características do sistema de iluminação como índice de reprodução cores (IRC), temperatura de cor correlata (TCC), uniformidade, ofuscamento, dentre outros. Todos estes elementos servem como indicativos da qualidade da iluminação do local. (ALVAREZ, 1998).



O IRC retrata como as cores dos objetos são reproduzidas pela fonte luminosa, sendo um número que varia entre 0 e 100. Quanto menor este valor, pior será a reprodução de cores e quanto maior, melhor será a concordância entre as cores e estas mais se aproximarão da realidade, ou seja, como reflete essa cor caso exposta ao sol. O TCC é uma medida em Kelvin que representa a cor de determinada fonte de luz, variando de 1500K a 9000K. Quanto maior for este índice, mais “fria” será a cor emitida. O ofuscamento é o incômodo causado na visão por efeito de um excesso de luminosidade e a uniformidade está relacionada com a alternância dos níveis de iluminação num mesmo ambiente. (SANTOS et al., 2006).

Figura 6 - Temperaturas de cor típicas de acordo com o ambiente.



Fonte: OSRAM (2001).

Levando estes fatores em consideração, é possível projetar um sistema de iluminação que atenda aos requisitos de trabalho do ambiente, bem como, conforto dos usuários, podendo ser inclusive estimulante para o desempenho dos mesmos nas atividades que estejam realizando. Para isso, é necessário um estudo do local para se dimensionar os componentes de forma correta e adequada.

Em 2013 surgiu a NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminância de ambientes de trabalho. Esta norma vem substituindo a NBR 5413 que há muitos anos não passa por revisões. Seu conteúdo é mais completo possuindo por exemplo critérios para controle de ofuscamento e índice de reprodução de cores. Também apresenta a inclusão de novas tecnologias do mercado, como as lâmpadas LED e luminárias de alto rendimento.

Tabela 5 - Índices de iluminância, limitação de ofuscamento e índice de reprodução de cores mínimo para alguns ambientes

<b>Tipo de ambiente</b>	<b>Iluminância (lux)</b>	<b>Ofuscamento</b>	<b>Índice de Reprodução de cores</b>
Vestiário, banheiro, toaleta	200	25	80
Áreas de circulação e corredores	100	28	40
Cabeleireiro	500	19	90
Escritório – estações de projeto assistidos por computador	500	19	80
Varejo – área de venda grande	500	22	80
Restaurante, sala de jantar	200	22	80

Fonte: NBR ISO/CEI 8995-1 (ABNT, 2013).

### 3.1.1 Componentes do Sistema de Iluminação

Dentro do estudo de eficiência energética nos sistemas de iluminação faz-se necessário conhecer os elementos que o compõem, sendo que estes serão os alvos para conseguir a redução no consumo. Este sistema é composto por lâmpadas, luminárias e reatores.

Segundo Alvarez (1998), é necessário observar em que contexto a substituição de um desses componentes por um similar mais eficiente será inserido, tendo em vista que diversos fatores como características de durabilidade e consumo do equipamento, bem como custos para sua implantação, devem ser verificados para se ter uma real economia considerando o valor de investimento e o tempo de retorno do mesmo.

#### 3.1.1.1 Lâmpadas

A lâmpada é o dispositivo que irradia luz. De acordo com o EPE (2016), nas últimas décadas, a procura por soluções de eficiência energética vem acelerando os avanços na área de iluminação, visando um menor consumo com o mesmo ou melhor índice de luminosidade. Assim, o mercado vem oferecendo cada vez mais lâmpadas eficientes. As lâmpadas podem ser classificadas de acordo com seu princípio de funcionamento como incandescentes ou de descarga.

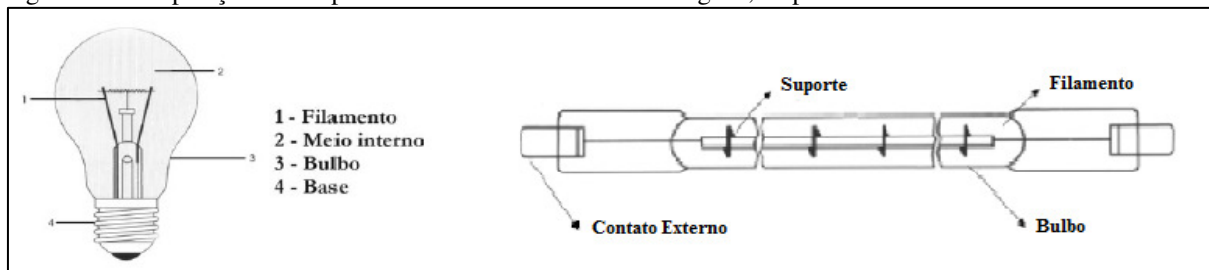
##### a) Lâmpadas Incandescentes

–Lâmpada Incandescente Comum: São compostas de uma resistência elétrica de tungstênio dentro de um recipiente fechado de vidro, que quando percorrida por uma corrente elétrica, aquece produzindo a incandescência. Quanto maior for a temperatura do filamento de tungstênio, maior será a luz irradiada.

Atualmente, estas lâmpadas já não são mais comercializadas no Brasil por conta de sua ineficiência. Somente 5% da potência elétrica consumida pela lâmpada é transformada em luz, sendo os 95% restantes dissipados em calor. Assim, estas lâmpadas são aceitáveis apenas para decoração e alguns tipos de fornos;

–Lâmpada Incandescente Halógena: Diferente da incandescente convencional, possui juntamente ao tungstênio um elemento halógeno dentro do bulbo, em geral, iodo ou bromo, que evita o escurecimento do bulbo, evitando o ofuscamento e aumentando a eficiência luminosa da lâmpada. (SANTOS et al., 2006).

Figura 7 – Composição de lâmpada Incandescente comum e halógena, respectivamente



Fonte: Santos et al. (2006).

### b) Lâmpadas de Descarga

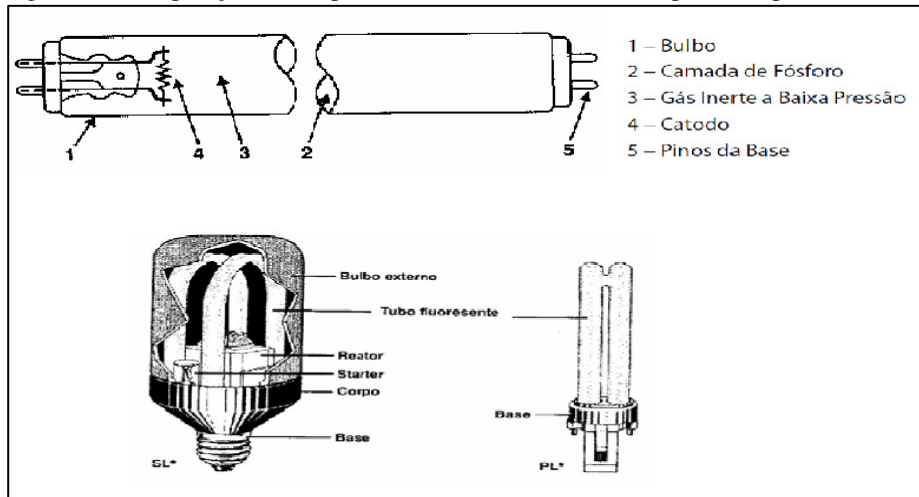
–Lâmpadas fluorescentes: As fluorescentes são lâmpadas de baixa pressão acionadas por reatores que proporcionam a devida tensão para o início da descarga. São compostas por um tubo de descarga com um eletrodo de tungstênio em cada extremidade e sua luz é produzida por pós fluorescentes ativados pela radiação ultravioleta da descarga. Estas lâmpadas, possuem um maior fluxo luminoso do que as lâmpadas incandescentes e emanam menos calor. São classificadas de acordo com seu diâmetro, sendo as mais convencionais as T12 (38mm), T10 (33mm), T8 (26mm) e, a mais compacta e eficiente, T5 (16mm). (RODRIGUES, 2002).

Surgiram mais recentemente no mercado as lâmpadas fluorescentes compactas, que possuem melhores índices do que as tubulares. Vieram para substituir diretamente as lâmpadas incandescentes já que possuem menor consumo, baixa emissão térmica e vida média mais elevada que sua antecessora. Para isso, podem ser rosqueadas nos mesmos bocais das incandescentes e por serem compactas, se adaptam facilmente a uma grande diversidade

de luminárias. (SANTOS et al., 2006).

Durante certo tempo estas lâmpadas foram mais caras do que sua rival incandescente, mas atualmente, suas propriedades, custo inicial, instalação e manutenção já compensam a troca, sendo que nos últimos anos, a lâmpada fluorescente já vem perdendo espaço para a lâmpada LED, que será detalhada mais à frente.

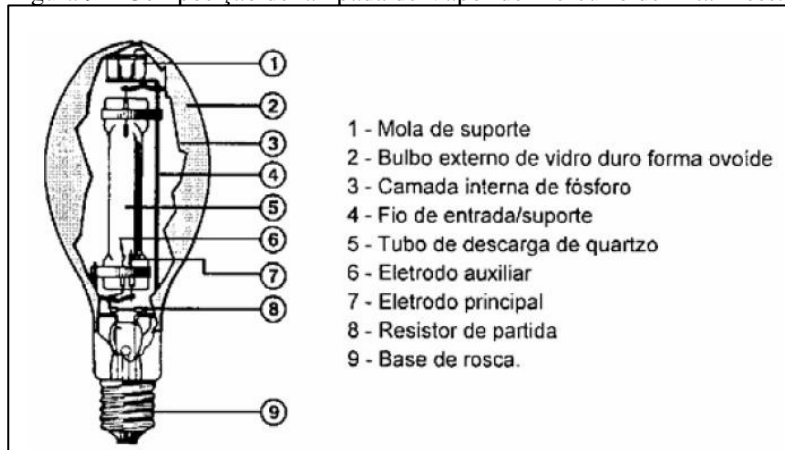
Figura 8 – Composição de lâmpada fluorescente tubular e compacta, respectivamente



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2002).

–Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta pressão: Assim como a fluorescente, esta lâmpada necessita de um reator para partir e limitar sua corrente. É composta por um bulbo de vidro com argônio e mercúrio, sendo que este, produzirá o fluxo luminoso da lâmpada. Possui um baixo índice de restituição de cores e para corrigir este efeito é adicionado fósforo ao revestimento de seu tubo.

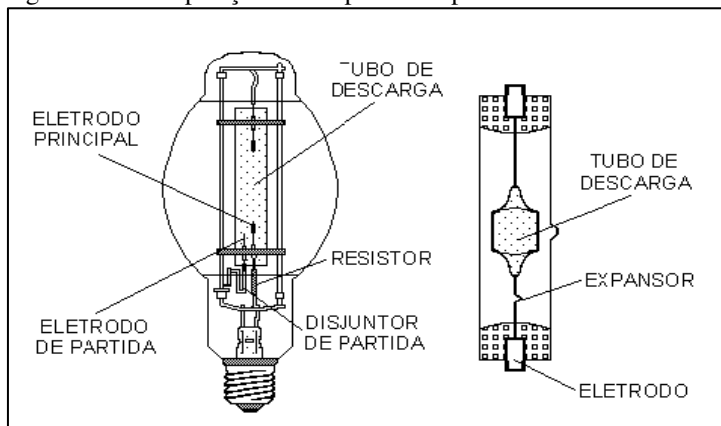
Figura 9 – Composição de lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão



Fonte: Rodrigues (2002)

–Lâmpadas a Vapor Metálico: Ou lâmpadas multivapores metálicos, são lâmpadas similares às de Vapor de Mercúrio se diferenciando por conter em sua composição iodetos metálicos que contribuem para uma ótima reprodução de cores. Esta lâmpada também necessita do uso de um reator que produzirá picos de alta tensão para sua ignição, tendo também, opções com ignitor do tipo starter.

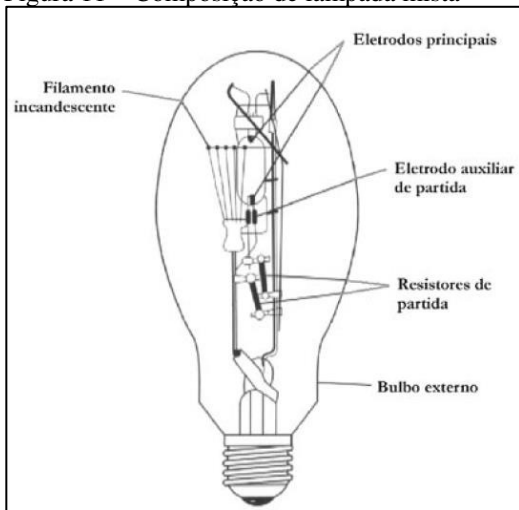
Figura 10 – Composição de lâmpada a Vapor Metálico



Fonte: Alvarez (1998)

–Lâmpada Mista: São lâmpadas derivadas da combinação das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão com a incandescente, contudo, não necessitam de reator para funcionar. Seu filamento de tungstênio é ligado em série com o tubo de descarga e age como balastro, limitando a corrente da lâmpada. A cor da luz produzida por essa lâmpada é branca difusa graças à combinação da cor branca difusa da lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão e a cor quente da incandescente. Estas lâmpadas surgiram para substituir diretamente as lâmpadas incandescentes em situações onde não pode fazer a substituição por outra lâmpada mais eficiente.

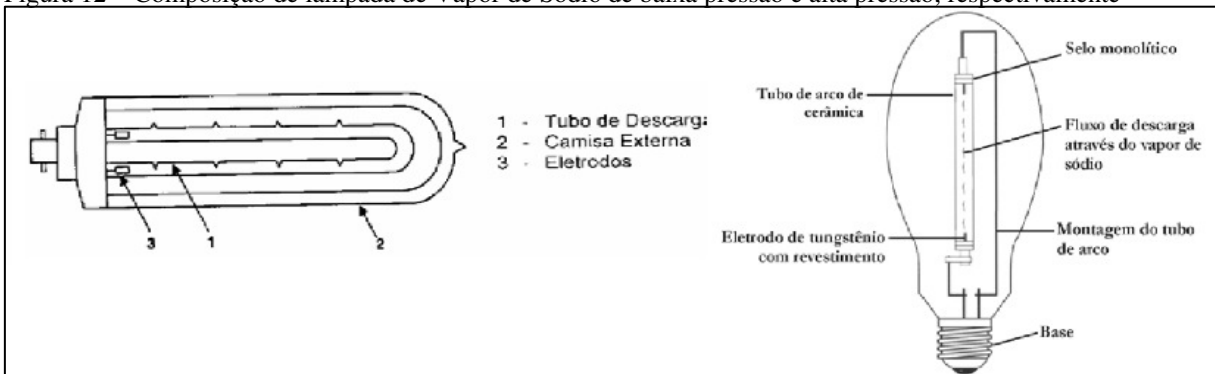
Figura 11 – Composição de lâmpada mista



Fonte: Rodrigues (2002)

–Lâmpada de Vapor de Sódio: São classificadas como de alta pressão e baixa pressão. As de baixa pressão possuem tubo de descarga em formato de U e sua descarga elétrica se dá através de gás neônio presente nos eletrodos nas extremidades da lâmpada, demorando cerca de 15 minutos para alcançar sua condição normal de funcionamento. Sua luz é monocromática. As de alta pressão, possuem xenônio para facilitar a ignição na lâmpada e mercúrio para corrigir a cor. Diferente das de baixa pressão, demoram cerca de 4 minutos para chegar ao seu funcionamento efetivo e a sua reprodução de cores é razoavelmente boa, possuindo fluxo luminoso de cor amarelo-alaranjada.

Figura 12 – Composição de lâmpada de Vapor de Sódio de baixa pressão e alta pressão, respectivamente



Fonte: Rodrigues (2002)

– Lâmpadas de Estado Sólido: Popularmente conhecidas como LED (da sigla do inglês *Light Emitting Diode*), estas lâmpadas surgem como promessa de inovação no que diz respeito à redução no consumo de energia. São lâmpadas constituídas por camadas de material semicondutor que convertem diretamente

corrente elétrica em luz. (SANTOS et al., 2006). Ainda são lâmpadas relativamente caras quando comparadas às demais, mas seu preço vem reduzindo nos últimos anos e com isso, o seu uso vem se tornando cada vez mais comum.

A lâmpada LED gera apenas uma cor que depende do material utilizado em sua composição, como por exemplo fósforo e arsenieto de gálio, conseguindo adquirir tonalidades agradáveis para a visão humana, podendo possuir TCC na faixa de 2700K a 6400K. Possuem alta resistência a vibrações e impactos, não emitem radiação ultravioleta e dissipam pouco calor. (OSRAM, 2017; SANTOS et al., 2006).

Como possuem alta durabilidade e baixíssimo consumo de energia são uma atraente alternativa para aumentar a eficiência energética. Atualmente, já são fabricadas nos formatos tubulares e compactas.

Figura 13 - Lâmpadas LED tubular e compacta, respectivamente



Fonte: Adaptado pela autora (2017)

Tabela 6 - Características gerais dos diversos tipos de lâmpadas

<b>Tipo de Lâmpada</b>	<b>Vida Média (horas)</b>	<b>Eficiência luminosa (lm/W)</b>	<b>Aplicação</b>
Incandescente Comum	1.000	10 a 15	Locais de pouco uso, decoração e em alguns aparelhos domésticos
Incandescente Halógena	2.000	15 a 25	Como possui boa reprodução de cores é indicada para vitrines de lojas, iluminação de fachadas, teatros, estúdios de TV
Fluorescente Tubular T8	10.000 a 20.000	39 a 73	São as mais utilizadas em hotéis, escolas, residências, lojas e escritórios por sua economia no consumo
Fluorescente Tubular T5	20.000	Superior a 95	
Fluorescente Compacta	8.000 a 10.000	50 a 80	
Vapor de Mercúrio	15.000	45 a 55	Iluminação pública, industrial, fachada de prédios, monumentos e jardins. Devem ser instaladas em locais com pé direito acima de 4 metros (ofuscamento)
Vapor Metálico	6.000 a 20.000	65 a 90	Lojas de departamento, estádios de futebol, monumentos, indústrias, residências e até, iluminação automotiva (quando possuem xenônio na composição)
Mista	6.000 a 8.000	18 a 25	Vias públicas, jardins, praças, estacionamentos e comércio em geral. São substitutas diretas da lâmpadas incandescentes quando não há possibilidade de utilizar outra lâmpada mais eficiente. Não devem ser instaladas em locais com pé direito inferior a 4 metros.
Vapor de Sódio Baixa pressão	15.000	200	Por sua luz ser monocromática, sua aplicação é reduzida a locais onde essa característica não prejudique as atividades do local, como portos, pátios de manobras e auto-estradas
Vapor de Sódio Alta Pressão	24.000	120	Possuem reprodução de cores mais agradável que as de baixa pressão, sendo aplicadas a vias públicas, iluminação externa em geral, ferrovias e iluminação interna de indústrias.
LED compacta	Até 50.000	100	Iluminação geral, focal e dirigida, especialmente em lugares que permaneçam iluminados durante várias horas no dia, como hotéis e comércios
LED tubular	Até 30.000	80	

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

### 3.1.1.2 Luminárias

As luminárias são objetos responsáveis por modificar a distribuição do fluxo luminoso produzido pela lâmpada, além de servir como suporte para a mesma. (RODRIGUES, 2002; SANTOS et al., 2006). São compostas de um receptáculo destinado a lâmpada, dispositivos que alteram a distribuição da luminosidade (refletores, refratores, difusores) e outros acessórios de fixação.

A disposição das luminárias no ambiente leva em consideração sua distribuição de luz e a área correspondente à altura da mesma em relação a superfície de trabalho do local,



sendo alocadas em alturas entre 1 e 1,5 vezes o valor da altura útil e sua distância em relação às paredes do recinto será metade deste valor. (SANTOS et al., 2006).

Na escolha desta peça devem ser avaliados alguns pontos que garantam o conforto visual do usuário e a máxima eficiência do conjunto luminária-lâmpada, como por exemplo, seu coeficiente de utilização, eficiência luminosa, sua capacidade de direcionar o fluxo luminoso e eficácia no controle de ofuscamento.

As luminárias são classificadas segundo suas características que alteram a distribuição do fluxo luminoso, de acordo com Mamede Filho (2007), que são:

- a) Absorção: capacidade de absorção de parte do fluxo luminoso que incide em suas superfícies internas, sendo que quanto mais escuro for esta superfície, maior será a taxa de absorção referente;
- b) Refração: capacidade de emitir, uniformemente ou não, o fluxo luminoso proveniente da lâmpada. Para isso, tem-se na sua composição o refletor, que é um vidro transparente. Este vidro pode ser plano (ou não, isto não altera a orientação do fluxo luminoso) ou prismático;
- c) Reflexão: de acordo com sua geometria interna de construção, a luminária pode alterar a distribuição da luz. Características da superfície interna, como por exemplo espelhamento, também interferem nessa propriedade;
- d) Difusão: eficácia em reduzir a luminância (brilho) através da utilização de artifícios como uma chapa de acrílico ou de vidro, assim, limitando os efeitos indesejados do ofuscamento.

As luminárias mais modernas já são projetadas para melhor aproveitar o fluxo luminoso da lâmpada no ambiente. Percebe-se que sua composição interna é geralmente do tipo reflexiva, onde possuem refletores espelhados que atenuam as perdas por reflexão. (ALVAREZ, 1998).

Tabela 7 - Tipos de Luminárias

Tipo	Características Gerais
Embutidas	- Normalmente usadas com lâmpadas incandescentes comuns
	- Apresentam baixo rendimento
	- Normalmente apresentam problemas de superaquecimento
	- Difícil manutenção
Fechadas (lâmpadas fluorescentes)	- São encontradas com vários tipos de elementos de controle de luz (refletores espelhados com proteção visual, difusor prismático, etc.)
	- Rendimento moderado, dependendo do tipo de elemento de controle da luz
	- Difícil manutenção
	- Podem ser fixadas sobre a superfície do teto e, em alguns casos, podem ser embutidas
	- Os que dispõem de refletores sem elementos de controle de luz apresentam melhor rendimento.
Abertas	- Podem ser encontradas com ou sem elementos de controle de luz
	- Apresentam rendimentos superiores aos das luminárias fechadas
	- Fácil manutenção
	- Podem ser fixadas sobre a superfície do teto ou suspensas
Spots	- São utilizadas com vários tipos de lâmpadas incandescentes refletores ou coloridas
	- Utilizados para iluminação direcional do fluxo luminoso
	- Fácil manutenção
	- Podem ser fixados sobre as superfícies ou embutidos
Projetores	- Encontrados em vários tamanhos
	- Apresentam bom rendimento luminoso
	- São fixados sobre as superfícies ou suspensos
	- Podem ser usados com lâmpadas incandescentes comuns até lâmpadas a vapor de sódio
	- Fácil manutenção, dependendo das condições do local.

Fonte: Santos et al. (2006).

Visando a eficiência no uso das luminárias, é necessário que as peças passem por uma manutenção periódica, garantindo principalmente, que as superfícies refletoras estejam em boas condições de reflexão. A sujeira que se deposita na luminária no decorrer do tempo faz com que a eficiência luminosa do conjunto perca qualidade, prejudicando a iluminação final do ambiente e ocasionando um consumo de energia ineficiente.

### 3.1.1.3 Reatores

São equipamentos que atuam na limitação da corrente que circula pela lâmpada e no controle da tensão de partida e de funcionamento em lâmpadas de descarga. (SANTOS et al., 2006). Devem ser adotados, preferencialmente, reatores que possuam bom rendimento e alto fator de potência.

São classificados em:

- 1) Reatores eletromagnéticos: São dispositivos que em geral possuem perdas elétricas consideráveis, baixo fator de potência e carga térmica muito alta. Podem ser do tipo “partida com preaquecimento” (onde faz-se necessário uso de dispositivo de chaveamento como um interruptor ou dispositivo térmico como um “starter”) ou partida rápida (que fornece o valor de tensão adequado aos filamentos para que a lâmpada permaneça aquecida).
- 2) Reatores eletrônicos: Possui tamanho bem menor se comparado aos reatores eletromagnéticos já que, para seu funcionamento, é necessário apenas de um sistema eletrônico que trabalhe como chave, permitindo ou não, a energização da lâmpada. A frequência na qual esse dispositivo opera está entre 20 e 50 kHz, o que indica uma liberação de harmônicos na rede, podendo chegar a uma distorção harmônica total (DHT) de até 25% em certos equipamentos. Para melhorar este quadro, foram criados filtros vinculados aos reatores eletrônicos (que neste caso são denominados reatores eletrônicos de alto desempenho). (ALVAREZ, 1998).
- 3) Reatores dimerizáveis: São dispositivos que permitem o ajuste do fluxo luminoso emitido pela lâmpada de 0 a 100%, de acordo com o nível de iluminação do ambiente. Quando integrados a sistemas junto a sensores de luminosidade, possibilita uma integração entre a luz artificial e a luz natural, intensificando ou diminuindo a intensidade de iluminação da lâmpada de acordo com a necessidade do ambiente. Este ajuste do fluxo luminoso é automático, permitindo uma economia de até 70% da energia consumida quando comparado aos demais tipos de reatores. (OSRAM, 2017).

### **3.2 Ar condicionado**

Os sistemas de ar condicionado são os responsáveis pelo controle da temperatura do ambiente, onde a passagem de ar pela serpentina do evaporador ocasiona o aumento ou queda da temperatura, alterando assim a umidade relativa do ar. Estes equipamentos em geral são compostos por compressores, condensadores, ventiladores, filtros e gás refrigerante. No Brasil, assim como nos sistemas de iluminação, são contempladas em normas as orientações necessárias para implantação de sistemas de ar condicionado:

- a) ABNT NBR 16401-1 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 1: Projetos das Instalações;
- b) ABNT NBR 16401-2 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico;
- c) ABNT NBR 16401-3 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários - Parte 3: Qualidade do ar interior.

A norma atende, em sua primeira parte os parâmetros técnicos para a instalação de um aparelho de ar condicionado, como cálculo da carga térmica (considerando equipamentos, iluminação, envoltória, entre outros), condições climáticas do local, nível de ruído e dimensionamento das tubulações e dutos. Na segunda parte, tem-se parâmetros referentes ao bem-estar dos ocupantes do local no qual o ar condicionado será instalado, onde são estabelecidos indicadores de conforto quanto à temperatura e umidade do ar de acordo com a estação do ano, tamanho do ambiente e número de pessoas no recinto. A terceira parte se dedica a requisitos mínimos para uma boa qualidade do ar estabelecendo, por exemplo, níveis mínimos de filtragem e vazão para ventilação do ar de acordo com a aplicação e ambiente.

A norma também trata em sua terceira parte dos requisitos para a manutenção de aparelhos de ar condicionado. As normas ABNT NBR 14679, ABNT NBR 13971 e ABNT NBR 14679 também estão relacionadas às atividades periódicas, incluindo manutenção regular e formas de higienização, que garantam um bom funcionamento e eficiência dos aparelhos de ar condicionado, juntamente com a garantia de qualidade do ar interior do ambiente.

A manutenção de aparelhos de ar condicionado influencia diretamente no aumento do seu consumo já que o acúmulo de resíduos como poeira e óleo prejudica a eficiência dos elementos condensador e evaporador da máquina. (SANTOS et al., 2006).

O cálculo da capacidade térmica do ar condicionado leva em consideração diversos elementos que influenciam no correto dimensionamento do aparelho. Pé direito, área útil do espaço a ser refrigerado, presença de pessoas e máquinas que geram calor no ambiente, quantidade de aberturas como janelas e portas e demais requisitos para uma boa isolamento térmica, entre outros, são algumas das cargas térmicas a serem consideradas na escolha da capacidade do aparelho de ar condicionado.

Nos sites de alguns fabricantes, como Consul e Springer, é disponibilizado um questionário onde é possível estimar a capacidade térmica do aparelho de acordo com seu tipo de habitação (prédio, casa com telhado, casa sem telhado), dimensões do ambiente onde será

instalado o ar condicionado, tipo de ambiente (quarto, escritório, sala), número de janelas e as demais cargas térmicas citadas anteriormente.

A tabela abaixo estima a capacidade térmica levando em consideração a área do ambiente, a irradiação solar no mesmo e supõe a presença de duas pessoas no local refrigerado, sendo que a adição de mais uma pessoa ou equipamento eletrônico implica no acréscimo de 600 Btu/h.

Tabela 8 - Capacidade refrigeração aproximada de acordo com algumas características do ambiente

Área (m <sup>2</sup> )	Capacidade Térmica (Btu/h)	
	Sol da Manhã	Sol à tarde ou dia todo
10	Até 7500	Até 7500
12	7500	10000
15	10000	10000
20	12000	12000
25	12000	15000
30	15000	18000
40	18000	21000
50	21000	30000
60	21000	30000
70	30000	30000

Fonte: Adaptado de Consul (2016).

### 3.2.1 Princípio de funcionamento

O funcionamento do ar condicionado se dá pela troca de temperatura do ambiente quando o ar passa pela serpentina do evaporador no interior da máquina. Como a serpentina está com uma temperatura mais alta ou mais baixa do que a do ar, este, por convecção, tem sua temperatura alterada e é direcionado de volta ao ambiente.

Um sensor localizado no evaporador faz a leitura da temperatura do ambiente, e quando esta é a desejada, o compressor é desligado. Havendo uma variação na temperatura do recinto, o compressor liga novamente e faz com que o gás refrigerante permaneça no sistema até que a temperatura volte e atinja o valor determinado inicialmente.

Segundo Creder (2007), os sistemas de condicionamento de ar podem ser classificados pela forma com que realizam a troca de calor com o ar como:

- a) Expansão direta: O aparelho condicionador recebe o ar diretamente do ambiente ou por meio de dutos;

- b) Expansão indireta: A troca de calor acontece por meio de um fluido intermediário (necessita-se de um equipamento de resfriamento da água denominado Chiller).

Os aparelhos de expansão direta são os mais comumente utilizados, sendo os principais modelos oferecidos pelo mercado os do tipo janela (possuem evaporador e condensador no mesmo gabinete), *split* (evaporador e condensador conectados por tubulações de cobre que permite a distância entre eles) e cassete (máquinas do tipo Split embutidas no teto).

Figura 14 - Condicionadores de ar do tipo janela, split e cassete, respectivamente



Fonte: Adaptado pela autora (2017).

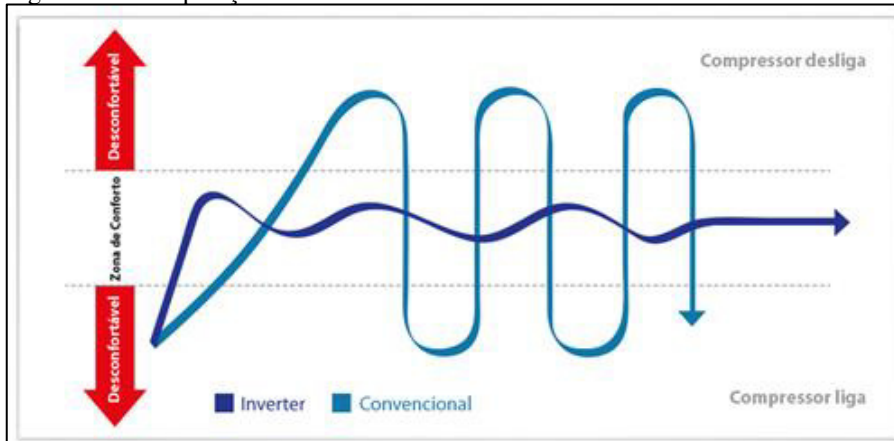
Os aparelhos de ar condicionado tipo janela são mais indicados para locais de pequeno porte e necessitam de uma abertura na parede onde serão instalados, enquanto os *splits* não requerem grandes alterações físicas no ambiente. Este modelo já pode ser incorporado em lugares mais espaçosos, e possuem eficiência maior do que seus antecessores do tipo janela, além de possuírem menor ruído e ter mais fácil manutenção. Máquinas do tipo cassete são indicadas para locais de médio e grande porte. (AR CONDICIONADO, 2016).

Nos últimos anos uma nova tecnologia foi incorporada no mercado, a chamada tecnologia *inverter* ou VRF (Volume de Refrigerante Variável). Com maior representante nos modelos tipo *split*, a diferença consiste em um dispositivo de controle da frequência do motor do compressor capaz de manter sua velocidade constante, ou seja, diferente do modelo convencional, o compressor da máquina não causa picos elétricos e nunca é desligado.

O ar condicionado atinge a temperatura programada mais rapidamente devido ao seu gás refrigerante circular com maior pressão e resultar numa melhor troca de calor no aparelho. A temperatura do ambiente permanece constante em razão de seu compressor manter sua rotação contínua e variável, alterando a velocidade de rotação sempre que necessário para conservar a temperatura.

Esses aparelhos já estão sendo amplamente comercializados, apesar de seu valor ainda ser bem maior que os de ar condicionados com tecnologia convencional, por possuírem vantagens econômicas (consomem até 40% menos energia que os demais tipos de ar condicionado), tem nível de ruído bem baixo (já que o compressor não religa durante o uso) e mantem mais facilmente a temperatura do ambiente estável.

Figura 15 - Comparação do funcionamento do ar condicionado convencional com a tecnologia inverter



Fonte: Clic Ar Condicionado (2017).

### 3.2.2 Eficiência dos sistemas de ar condicionado e potencial de conservação de energia elétrica

A eficiência de um aparelho de ar condicionado é indicada por seu EER – “*Energy Efficiency Ratio*” ou Índice de Eficiência de Energia (relacionado à eficiência em sistemas de resfriamento). (ALVAREZ, 1998).

$$ERR = \frac{C}{P_{MÉDIA}} \text{ [Btu/h/W]}$$

Onde C é a capacidade de refrigeração do aparelho e  $P_{MÉDIA}$  a demanda do equipamento. Quanto maior este índice, mais eficiente será o aparelho. Em muitos casos, a capacidade de refrigeração é dada em W, sendo então a unidade do índice EER dada em W/W. As tabelas do PROCEL de eficiência energética de equipamentos e as etiquetas ENCE utilizam esta segunda unidade como padrão.

Na figura a seguir tem-se os EERs típicos relacionados aos índices no selo de eficiência energética:

Figura 16 - EER x Selo do INMETRO de Eficiência Energética

<b>A</b>	EER > 3.20
<b>B</b>	3.20 ≥ EER > 3.00
<b>C</b>	3.00 ≥ EER > 2.80
<b>D</b>	2.80 ≥ EER > 2.60
<b>E</b>	2.60 ≥ EER > 2.40
<b>F</b>	2.40 ≥ EER > 2.20
<b>G</b>	2.20 ≥ EER

Fonte: Web ar condicionado (2015).

Quando se troca o aparelho de ar condicionado por um novo mais eficiente, é possível estimar o quanto se economizou, comparando o consumo da máquina atual com o consumo estimado para o aparelho mais eficaz.

O consumo do aparelho atual pode ser calculado separando o seu consumo do da instalação como um todo, dado em kWh/mês. Considerando que o consumo do novo aparelho de ar condicionado será calculado com base em sua capacidade térmica, tempo de operação, eficiência e quantidade de aparelhos na instalação, tem-se a seguinte expressão (ALVAREZ, 1998):

$$Consumo = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \times \Delta t_i}{1000 \times EER_i} \text{ (kWh)}$$

Onde:

$C_i$ : Capacidade térmica dada em Btu/h

$\Delta t_i$ : Tempo de operação em horas

$EER_i$ : Índice de eficiência dado em  $\left(\frac{Btu/h}{W}\right)$

$n$ : número de ar condicionados na instalação.

Fez-se uma comparação entre os modelos de ar condicionado aqui apresentados, fixando a capacidade de refrigeração dos aparelhos em 12000 Btus. Os dados foram retirados das tabelas do INMETRO de equipamentos com selo Procel e etiqueta ENCE, sendo que as pesquisas focaram em ar condicionados com faixa de classificação “A”, sendo estes os que



consomem menos energia elétrica.

Tabela 9 - Comparação entre os aparelhos de ar condicionado típicos em ambientes residenciais e comerciais

Tipo	Marca	Modelo	Capacidade (Btus)	Potência elétrica consumida (W)	Custo por unidade (R\$)	Classificação Selo	Consumo Mensal (kWh/mês)
Janela	Gree	GJC12BLD1MND2A	12000	1160	1205,90	A	24,4
	Consul	CC112D CCY12D		1125	1499,00	A	23,6
Cassete	Elgin	KTFI60B2IA KTFE60B3NA	60000	5364	7989,00	A	112,6
	Elgin	KTFI24B2IA KTFE24B2NA	24000	2415	4499,00	C	50,7
	Hitachi	RCI24C3P RAP18B3L	18000	1620	-	A	34,0
Cassete Inverter	LG	ATNQ12GULA0 ATUQ12GULA0	11000	996	5799,00	A	20,9
	LG	ATNQ18GPLE5 AUUQ18GH2	17000	1440	6979,00	A	30,2
Split	Electrolux	TI12F / TE12F	12000	1086	1499,00	A	22,8
	Elgin	SSFIA-12000-2 SSFEA-12000-2		1020	1699,00	A	21,4
	Philco	PH12000FM2 PH12000FM2		1068	1699,00	A	22,4
Split Inverter	Fujitsu	ASBG12LJCA AOBG12LJC	12000	960	2499,00	A	20,2
	Carrier	42FVQA12C5 38FVQA12C5		1025	1999,00	A	21,5
	Midea	42PRQA12M5 38PRQA12M5		930	1999,00	A	19,5

Fonte: Inmetro (2017b; 2017c; 2017d), e lojas em geral (preço)

O consumo de energia considerado é equivalente ao uso do equipamento 1 (uma) hora por dia por mês.

Nos aparelhos do tipo cassete não foram encontrados aparelhos com capacidade de refrigeração igual a 12000 Btus. O ar condicionado da marca Hitachi foi a menor capacidade de refrigeração com taxa de classificação “A” que recebeu o selo, sendo igual a 18000 Btus, contudo, não foi encontrado este produto no mercado para avaliar seu preço. Um valor de capacidade de refrigeração imediatamente superior foi encontrado na marca Elgin com 24000 Btus, porém sua classificação é “C” indicando que não é um produto considerado potencialmente eficiente. Analisando a tabela do Inmetro, percebe-se que os produtos que se encontram com faixa de classificação “A” são equipamentos com capacidade de refrigeração bem alta, como o de 60000 Btus apresentado acima.

Quanto aos do tipo cassete *inverter*, também não foram encontrados na tabela do INMETRO aparelhos de ar condicionado com capacidade de refrigeração igual a 12000 Btus. Os equipamentos que mais se aproximaram deste valor eram da marca LG e possuíam 11000 e 17000 Btus.

Analisando a tabela acima, nota-se que aparelhos do tipo cassete são demasiadamente caros se comparado aos demais, por isso, seu uso é mais indicado em locais que prezem por sua contribuição na estética do ambiente, logo, este tipo de ar condicionado não será analisado em conjunto com os outros equipamentos listados.

Observando o consumo dos aparelhos, é notável o consumo superior do tipo janela em comparação aos do tipo *split*, muito embora, percebeu-se nesta pesquisa que várias tecnologias vem sendo incorporadas aos ar condicionados, principalmente no compressor, que os tornam mais eficientes. Inclusive os aparelhos do tipo janela que são mais antigos, vem sendo modernizados e recebendo selo A do Procel graças a sua melhoria de eficiência e notável diminuição no consumo.

Os aparelhos *split* possuem o menor consumo, sendo os do tipo *inverter* os mais eficientes de modo geral, contudo seu valor ainda é bem mais caro que o *split* convencional. Como o consumo mensal é calculado em um uso de 1 (uma) hora por mês, a comparação entre o consumo dos dois tipos fica impraticável, visto que a grande diferença entre os dois se dará em longas horas de uso.

### 3.2.3 Mecanismos para promoção de eficiência energética em sistemas de ar condicionado

A substituição de aparelhos de ar condicionado por similares mais eficientes não garante a eficácia do sistema de refrigeração do ambiente. Em Brasil (2007) e Santos et al. (2006), juntamente com as cartilhas do SEBRAE (SANTIAGO JÚNIOR; EIRAS; BOCCASIU, 2003, SEBRAE, 2015a; 2015b), são listados vários métodos de eficiência energética aplicáveis a sistemas de ar condicionado a fim de melhorar seu rendimento, como:

- a) Determinar corretamente os parâmetros do aparelho (como capacidade de refrigeração) de acordo com as dimensões do ambiente e suas cargas térmicas (norma NBR 16401);
- b) Regular o termostato do aparelho de forma adequada, evitando o frio excessivo;
- c) Controle das fontes externas de calor através do uso de cortinas, persianas e películas nos vidros e mantendo o ambiente climatizado com janelas e portas fechadas e corretamente vedadas;
- d) O bloqueio da saída de ar do aparelho prejudica a circulação do ar causando um desperdício de 10% de energia em média. Logo, as vias de saída do ar

condicionado devem ser mantidas desobstruídas;

- e) Controlar as fontes de calor no ambiente que está sendo refrigerado, como estufas, fornos, iluminação e motores;
- f) Manter uma manutenção periódica que inclua limpeza das serpentinas, dos equipamentos que compõem o sistema, troca de filtros e eliminação de vazamentos. Evitar acúmulo de gelo e de sujeiras que obstruam o fluxo de ar;
- g) Os condensadores devem ser instalados em locais de boa ventilação e possuir proteções solares que evitem o aumento da temperatura do fluido circulante no mesmo.

### **3.3 Outros usos finais da energia em residências e micro e pequenas empresas**

Os sistemas de iluminação e ar condicionado são os mais representativos quanto ao seu gasto energético em residências e micro e pequenas empresas, contudo, não podem estar dissociados de uma utilização de modo eficiente dos demais equipamentos presentes em uma instalação. Eletrodomésticos, equipamentos de entretenimento, comunicação, entre outros, são alguns outros sistemas de uso final da energia que necessitam da implantação de medidas de eficiência energética com a finalidade de reduzir os custos com energia elétrica.

#### **3.3.1 Medidas de eficiência energética em equipamentos em geral**

As cartilhas de programas relacionados à eficiência energética como as do Programa Sebrae de Eficiência Energética (SANTIAGO JÚNIOR; EIRAS; BOCCASIU, 2014, SEBRAE, 2015a; 2015b), empresas do ramo de distribuição de energia elétrica como a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL (ANEEL, 2015) e a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (2014) e o Sindicato dos Engenheiros de Minas Gerais – Senge (COSTA; DINIZ, 2016) apresentam dicas e alternativas para uma correta escolha e utilização dos equipamentos reduzindo desperdícios e seus respectivos custos.

Vale lembrar que para todos os equipamentos que consomem energia elétrica, a melhor opção de compra é a de aparelhos certificados com Selo Procel de classificação “A” na etiqueta INMETRO, que são os que consomem menos energia.

#### **a) Sistemas de refrigeração (geladeiras e freezers)**

–Não armazenar produtos ainda quentes no equipamentos pois isto forçará maior

- trabalho do compressor para resfria-lo, aumentando consideravelmente o consumo;
- É necessário que, ao armazenar os produtos, mantenha-se certa distância entre os mesmos e se tenha o cuidado de não obstruir as saídas de ar frio do aparelho, garantindo a correta circulação do ar no seu interior;
  - A instalação do aparelho de refrigeração deve ser sempre em local ventilado e mantendo distância de paredes e móveis (cerca de 15 centímetros). O refrigerador também deve ser mantido protegido de raios solares e equipamentos que sejam fontes de calor, como fogões e estufas;
  - É importante uma limpeza e correta regulação do termostato evitando o acúmulo de gelo nas serpentinas que dificulta a troca de calor aumentando a temperatura interna da câmara;
  - As portas do equipamento devem ficar abertas o menor tempo possível;
  - O estado de das borrachas de vedação das portas e tampas devem ser verificados periodicamente a fim de observar suas condições de isolamento térmica. Um bom teste a se fazer é colocar uma folha de papel ao fechar a porta do equipamento, se ela sair facilmente com a porta fechada significa que a borracha deve ser trocada;
  - Adequar a temperatura do equipamento às necessidades dos produtos armazenados na câmara;
  - Sempre que possível, cobrir balcões frigoríficos quando o equipamento não estiver sendo solicitado, como durante a noite ou períodos em que o estabelecimento estiver fechado. Esta medida diminui as perdas na refrigeração dos produtos reduzindo a quantidade de acionamentos do compressor da máquina, diminuindo seu consumo.

#### **b) Chuveiro Elétrico**

- Sendo um dos equipamentos que mais consomem em uma residência, é importante controlar o seu tempo de uso, gastando apenas o tempo necessário no banho, evitando por exemplo, fazer a barba;
- Nos dias mais quentes, colocar o chuveiro na posição “verão”. Esta medida reduz até 30% do consumo;
- Manter limpos o orifícios de saída de água do chuveiro;

- Cada aparelho deve possuir um disjuntor independente, direto na medição do edifício.

### **c) Motores e bombas**

- Estes equipamentos devem ser corretamente dimensionados por técnicos especializados, instalando um sistema de proteção adequado;
- A faixa de operação de motores deve ser mantida dentro de valores padrões (60% a 90%), evitando trabalho em vazio;
- Utilizar sempre motores de alto rendimento pois estes possuem menos perdas, reduzindo consideravelmente seu gasto energético se comparado ao motor comum;
- Efetuar manutenção periódica, preventiva e corretiva que inclua balanceamento das polias, verificação de ruídos e vibrações, lubrificação dos mancais, entre outros;
- O ajuste do sistema de bombeamento deve ser feito conforme suas curvas de desempenho;
- O sistema de bombeamento deve possuir o mínimo de canalizações possível, evitando válvulas de pé, curvas de raio curto, reduções e ampliações bruscas.
- As tubulações devem ser corretamente dimensionadas para evitar perdas de carga e pressão e vedadas corretamente, a fim de evitar entrada de ar e vazamentos;
- Os sistemas de bombeamento devem passar por manutenção periódica verificando condições de deterioração dos componentes rotativos, balanceamentos de rotor, lubrificação das partes móveis e limpeza de tanques e reservatórios.

### **d) Ferro elétrico**

- Acumular a maior quantidade de roupa possível e passa-las de uma vez só para, assim, ligar o aparelho um menor número de vezes por mês;
- Em ferros automáticos, ajustar a temperatura ao tipo de tecido, sendo indicado começar com tecidos mais finos (que necessitam de menos calor);
- Evitar deixar o aparelho ligado quando este não estiver sendo utilizado;
- O ferro elétrico é um equipamento que consome bastante energia, logo, é

interessante evitar seu uso enquanto outros aparelhos estiverem sendo utilizados.

**e) Máquina de lavar roupa e secadora de roupa**

- Lavar e secar a quantidade máxima de roupas que o fabricante recomenda, fazendo assim menos ciclos e economizando energia;
- Manter filtros e tubulações sempre limpos.

**f) Eletroeletrônicos**

- Observar se o aparelho possui opção de “economia de energia” e utilizá-la sempre que possível;
- Após a carga de bateria de celulares, notebooks e outros equipamentos, retirar a fonte/carregador da tomada;
- Vários aparelhos como DVD, televisão, aparelhos de som, videogame, entre outros possuem um modo de operação chamado *stand-by* onde o dispositivo se encontra em modo de espera, recebendo energia mesmo desligado. Esta função é geralmente indicada por um pequeno sinal luminoso aceso no aparelho. Cerca de 12% do consumo destes dispositivos é quando se encontram no modo *stand-by*, logo, o mais adequado é que sejam desligados de fato, muitas vezes sendo necessário retirá-los da tomada. Alguns equipamentos possuem o selo *Energy Star* que se trata de uma tecnologia capaz de reduzir o consumo dos aparelhos em *stand-by* em até 90%.

### 3.3.2 Instalação elétrica

As instalações elétricas do edifício podem representar grande aumento no consumo de energia quando apresentam perdas por aquecimento dos condutores, fugas de corrente, curtos-circuitos, entre diversos outros problemas decorrentes de um mau dimensionamento da instalação ou falta de manutenção adequada.

A norma brasileira NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) determina as condições que as instalações elétricas devem atender para que seja garantido seu correto funcionamento, além de prevenir contra o risco de acidentes com pessoas e animais e possíveis danos a

equipamentos.

Com isso, são necessárias medidas de eficiência energética que, em conjunto com a aplicação das normas e legislação vigente sobre o assunto, garantam um correto funcionamento da instalação.

As cartilhas informam pontos a serem analisados no planejamento de instalações, bem como, potenciais problemas que podem surgir nas mesmas. (SANTIAGO JÚNIOR; EIRAS; BOCCASIUS, 2003; COSTA, 2016). Destacam-se:

- 1) A instalação elétrica deve ser de acordo com a norma NBR 5410, incluindo possíveis reformas. Logo, um correto dimensionamento deve levar em consideração mudanças na edificação e a aquisição de novos equipamentos, sendo indispensável uma revisão da instalação onde se possa verificar a capacidade condição dos cabos e se os sistemas de proteção dos circuitos ainda estarão adequados após as modificações.
- 2) Qualquer mudança proposta na instalação deve submeter-se a padrões de segurança.
- 3) Utilizar materiais de boa qualidade e de origem certificada nas instalações, que contenham o “Símbolo de Identificação do Sistema Brasileiro de Certificação” afixado no produto e em sua embalagem juntamente com nome ou marca do Organismo de Certificação de Produto (OCP), certificado pelo Inmetro. A utilização de materiais de baixa qualidade implica num possível desgaste acelerado dos componentes, causando fugas de corrente e curtos-circuitos que aumentam o risco de acidentes e aumentam o consumo de energia.
- 4) Eliminar maus contatos em chaves fusíveis, elos fusíveis, condutores, entre outros, pois acarretam perdas significativas de energia.
- 5) Instalar os quadros de distribuição o mais próximo possível das cargas.

A sessão 8 da norma NBR 5410 (ABNT, 2004) trata da manutenção da instalação elétrica do edifício, sendo que estas intervenções só podem ser feitas por pessoal qualificado. De acordo com a norma, o período entre as manutenções depende dos tipos e quantidades de equipamentos existentes, seu grau de importância e das condições as quais a instalação está submetida, como temperatura do ambiente, elementos químicos presentes do ar, índices de corrosão, condições de aterramento, dentre outros.

**a) Manutenção preventiva:**

- Verificação da isolamento dos condutores e de seus elementos de conexão, fixação e suporte;
- Análise dos quadros de distribuição e painéis para verificar problemas como corrosão, integridade mecânica e fixação;
- Procurar sinais de aquecimento em relés, disjuntores, condutores, barramentos, terminais, entre outros. Além disso, examinar sinais como rachaduras e sujeira em excesso.

**b) Manutenção corretiva:**

- Os problemas identificados na manutenção preventiva devem ser reparados, e para isso, a instalação deve ser desenergizada por completo, ou, apenas a parte que precisará de reforma.

**3.4 Técnicas de automação que otimizam o consumo de energia**

Como já visto, o potencial na redução do consumo energético em um edifício leva em consideração a escolha de equipamentos mais eficientes e seu correto dimensionamento de acordo com o ambiente e a atividade realizada no mesmo. Contudo, estas medidas precisam estar aliadas a uma correta utilização destes equipamentos por parte de seu usuário.

Atualmente, o uso da tecnologia possibilita que ações de acionamento e controle dos equipamentos ocorram de forma automatizada, como por exemplo, o desligamento de uma lâmpada em um local desocupado. O controle dos sistemas de iluminação, climatização, comunicação, acesso, entre outros, podem ser integrados e supervisionados através da automação e garantir um sistema mais eficiente por completo. (DIAS, 2004).

**3.4.1 Dimmer**

Os dimmers atuam controlando a corrente elétrica que passa pelo equipamento e com isso, sua potência. Quando instalados em sistemas de iluminação, por exemplo, controlam a intensidade luminosa da lâmpada.

A dimerização de lâmpadas fluorescentes é geralmente integrada por meio de reatores eletrônicos dimerizáveis, já citados anteriormente neste capítulo. Devem ser seguidas



as instruções de seu fabricante a fim de manter os níveis de iluminação adequado para o ambiente e atividades realizadas no mesmo e conservar a vida útil da lâmpada. (SOCIEDADE DE ENGENHARIA DE ILUMINAÇÃO DA AMÉRICA DO NORTE, 2000).

#### 3.4.2 Sensor de presença e sensor fotoelétrico

São dispositivos compostos por um contador de tempo e sensor de calor que tem como finalidade manter claro apenas locais com ocupantes. O sensor de presença percebe movimentos no ambiente através de radiações infravermelho e/ou vibrações ultrassônicas, já o sensor fotoelétrico utiliza feixes de luz para identificar objetos no local. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Sua ação se dá pela passagem de uma pessoa por sua área de atuação, que ligará a lâmpada por um tempo já pré determinado em sua programação. Ao passar este tempo, a luz se apagará e só retornará a acender quando uma presença for detectada no local. Estes dispositivos vem substituindo as minuterias que necessitavam de um botão interruptor para acionar os circuitos de iluminação, que permaneciam ligados durante o tempo anteriormente estabelecido (em geral, 1 (um) minuto, por isso o nome minuteria).

A empregabilidade destes sensores se dá especialmente em locais de acesso, como escadarias e corredores, e locais de pouco fluxo de pessoas e por períodos curtos de tempo como banheiros, varandas e áreas externas. Com estes mecanismos, a vida útil da lâmpada aumenta consideravelmente, já que a mesma só permanecerá ligada enquanto for necessário.

#### 3.4.3 Relé fotoelétrico

Conhecido também como fotocélula, são dispositivos que atuam desligando e ligando lâmpadas automaticamente quando detectam que o ambiente está com o nível de luminosidade adequado. Logo, quando o dia está claro e o ambiente recebendo iluminação natural as lâmpadas ficam apagadas. Assim que anoitece e o ambiente escurece, as lâmpadas se acendem.

Este mecanismo tem seu uso bem incorporado aos sistemas de iluminação pública, nos postes. Além disso, podem ser bem úteis em iluminação externa de residências, fachadas, letreiros de lojas, entre outros.

#### 3.4.4 Termostatos programáveis

Os aparelhos de ar condicionado, em sua grande maioria no mercado, já possuem termostato programável embutido, contudo, é possível adquirir separadamente para equipamentos que não os possuam e para determinação de parâmetros de conforto de centrais de refrigeração de maior porte.

Seu uso permite o controle da temperatura do ambiente, além de servir como programador para desligamento automático de acordo com as necessidades do usuário.

### 3.5 Influência da arquitetura na eficiência energética do edifício

Atualmente, no Brasil, percebe-se que os edifícios não são projetados observando-se os diversos fatores que influenciam na eficiência energética dos mesmos. A envoltória, materiais que compõem tetos, pisos e paredes, orientação em relação ao sol, elementos de sombreamento para proteção solar, sistemas de iluminação e ventilação natural são alguns dos itens que associados a uma otimização dos sistemas artificiais de iluminação e climatização proporcionarão conforto térmico e lumínico dos seus usuários, além de garantir uma redução significativa no consumo de energia.

#### 3.5.1 Forma e localização da edificação

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a localização do edifício tem influência determinante nas suas características de conforto. Características como altitude, distância de pontos de água (como praia e rios), temperatura do ar externo, existência de vegetação e presença de relevo alteram expressivamente o clima, sendo então necessário um estudo do entorno da edificação para que o projeto contemple medidas que visem um menor consumo de energia e o bem-estar de seus ocupantes. Assim, tanto na construção quanto na compra de uma habitação ou imóvel, é necessário observar tais questões.

A radiação solar é uma variável determinante para o conforto térmico da edificação, constituindo fonte de calor e aumentando a temperatura interior, sendo requerido no inverno e evitado no verão. Um bom projeto arquitetônico precisa tirar bom proveito das radiações solares para iluminação natural e aquecimento quando desejado.

A forma arquitetônica também interfere nos ganhos térmicos pois afeta os fluxos de ar dentro da edificação e a transmissão de luz e calor para seu interior. Uma casa, por

exemplo, perde calor interior por sua envoltória (teto, paredes, janelas, e outros) no inverno. Segundo Fornari e Zecchini (2008), deduz-se que quanto maior for a superfície (S) do edifício, maior será sua transferência de calor para o volume interior (V) aquecido. Logo, quanto menor for a relação S/V, menor serão as perdas de calor do interior para o ambiente externo, contribuindo para a o conforto e eficiência da habitação.

Tabela 10 - Relação S/V de alguns edifícios típicos

<b>Tipo de edifício</b>	<b>S/V</b>
Casa independente	0,80
Casa geminada	0,65
Edifício de um pavimento	0,50
Edifício de vários pavimentos	0,30

Fonte: Fornari e Zecchini (2008).

### 3.5.2 Propriedades dos elementos que compõem o edifício

O envelope construtivo é o principal responsável pelas trocas de energia do ambiente interior e exterior de uma edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). É recomendável um estudo dos materiais que compõem a estrutura do edifício quanto as suas propriedades de inércia e isolamento térmico e capacidade de transmitir calor e luz.

A propriedade de inércia térmica é vinculada a materiais de alta densidade os quais conseguem se opor à variação brusca de temperatura exterior, já, os isolantes térmicos são materiais de baixas densidades e bastante porosos, no qual o ar presente nestes poros possuem baixa condutividade térmica dificultando a transferência de calor entre o exterior e o interior do edifício (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A norma brasileira NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações da ABNT, do ano de 2005, padronizou as características construtivas necessárias para melhorar o conforto térmico das edificações. A norma considera diversos contextos e as diferentes zonas bioclimáticas no Brasil, porém está restrita apenas a habitações unifamiliares de interesse social. Em 2012 entrou em vigor a norma NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho, que estabelece requisitos mínimos de desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico e durabilidade dos sistemas que compõem a edificação. Quanto ao desempenho térmico, são verificados se fachadas, coberturas e sistemas de vedação atendem ao requisitos e critérios estabelecidos.

O desempenho térmico de uma edificação está intimamente atrelado à radiação solar, maior responsável pelos seus ganhos térmicos. Os materiais de construção possuem

comportamentos distintos quando expostos ao sol. Determina-se então, que o envelope construtivo pode ser classificado como fechamento opaco ou fechamento transparente que se diferenciam por sua capacidade de transmitir a luz e calor solar para o interior do ambiente.

#### a) Fechamentos Opacos

Nos fechamentos opacos, a diferença entre a temperatura interior e exterior faz com que ocorra a condução de calor entre os meios, sendo que o sentido do deslocamento do calor será da superfície de maior temperatura para a de menor temperatura.

O comportamento dos materiais que compõem este fechamento quanto à incidência de radiação solar nos mesmos é dado pela seguinte fórmula:

$$\alpha + \rho = 1$$

Onde:

$\alpha$ : é a absorvidade do material, ou seja, capacidade em absorver o calor. O principal fator contribuinte para esta característica é a cor superficial do material.

$\rho$ : é a refletividade do material que determina a parcela da radiação incidente que será refletida

Logo, quando a radiação solar atinge a superfície da edificação, uma parte será refletida e outra absorvida pelo material. Esta contribuição de radiação solar que é absorvida favorece o aquecimento do ambiente. A seguir, tem-se índices de absorvidade e refletividade de alguns materiais típicos da envoltória das edificações:

Tabela 11 - Índices de absorvidade de alguns materiais

<b>Tipo de Superfície</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Chapa de Alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de Alumínio (oxidada)	0,15
Concreto aparente	0,65/0,80
Telha de barro	0,75/0,80
Tijolo aparente	0,65/0,80
Reboco claro	0,30/0,50
Revestimento asfáltico	0,85/0,98
Vidro incolor	0,06/0,25
Vidro colorido	0,40/0,80
Pintura:	
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: Adaptado de NBR 15220 (ABNT, 2003).

Tabela 12 - Índices de refletividade de alguns materiais

<b>Tipo de material</b>	<b><math>\rho</math></b>
Tijolo	0,05/0,25
Cimento	0,15/0,40
Madeira clara	0,40
Madeira escura	0,15/0,20
Vidro transparente	0,06/0,08
Azulejo branco	0,60/0,75
Gesso	0,80
Pinturas:	
Branco	0,70/0,80
Bege	0,25/0,35
Verde claro	0,45/0,50
Verde escuro	0,10/0,15
Vermelho	0,20/0,35
Preto	0,05/0,10

Fonte: Adaptado de Osram (2015).

Analisando a tabela 12, percebe-se que a textura e cor de paredes, piso e teto interferem diretamente na iluminação de determinado ambiente. Sendo a luminância definida como a luz refletida de determinada superfície e dada por:

$$L = \frac{\rho \times E}{\pi}$$

Onde:

$\rho$ : é a refletância do material

E = iluminância sobre determinada superfície

Assim, uma mesma Iluminância sobre um local terá Luminâncias diferentes no mesmo, dependendo do índice de refletividade dos materiais e objetos ali dispostos. As cores de fachadas e coberturas influenciam diretamente no conforto térmico, sendo que, a cor branca reflete até 80% da radiação, enquanto que, a cor preta absorve até 97% da radiação solar incidente.

Após a incidência de calor na superfície da envoltória do edifício, com a diferença de temperatura entre o exterior e o interior tem-se a condução térmica do fluxo de calor, do ambiente mais quente para o ambiente mais frio. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), isto depende da condutividade térmica do material ( $\lambda$ ). Este índice é diretamente proporcional à densidade do material.

Tabela 13 - Índices de condutividade térmica de alguns materiais

<b>Tipo de material</b>	$\lambda$
Argamassa comum	1,15
Argamassa de gesso	0,70
Tijolos e telhas de barro	0,70/1,05
Concreto normal	1,75
Madeira (compensado)	0,12/1,15
Metal (alumínio)	230
Plásticos (borrachas sintéticas, poliestres, poliamidas, polietilenos)	0,40
Vidro comum	1,0
Isolantes térmicos:	
Lã de rocha	0,045
Lã de vidro	0,045
Espuma rígida de poliuretano	0,030

Fonte: Adaptado de NBR 15220 (ABNT, 2003).

A utilização de materiais com baixa taxa de condutividade térmica como os isolantes térmicos e madeira, garante uma diminuição nas perdas e ganhos de calor da edificação, sendo então, sua aplicação, uma grande estratégia visando a redução de custos com aquecimento e refrigeração do ambiente.

Fornari e Zecchini (2008) citam alguns materiais e técnicas de isolamento para os fechamentos opacos:

- 1) Isolamento de paredes exteriores: Materiais de baixa densidade como o EPS (Poliestireno Expandido), o XPS (Poliestireno Extrudido), a PUR (Espuma de Poliuretano), o ICB (Aglomerado de cortiça) e outros de origem natural como vermiculite, perlite e fibra de coco, a MW (lã mineral), entre outros. Em casos isolados, utilizam-se materiais soltos ou sob a forma de espuma, placas compactas, tapetes ou placas de feltro. Este isolamento pode ser feito pelo interior da edificação (mais barata; não evita as trocas térmicas em vigas e lajes) ou pelo exterior (mais eficaz; quase todas as trocas de calor são excluídas).
- 2) Isolamento de coberturas: Em coberturas horizontais o isolante térmico é colocado sob a forma de placas em cima da laje. Em coberturas inclinadas, o isolante é posto sobre a laje, quando esta existe. Na sua ausência, coloca-se o isolante por cima da estrutura do telhado.

### **b) Fechamentos Transparentes**

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), os fechamentos transparentes são os maiores responsáveis pelos ganhos e perdas térmicas de uma edificação. Nestes materiais, uma fração da radiação é transmitida diretamente pelo material, que geralmente é o vidro e, logo, depende da transmissividade ( $\tau$ ) do mesmo.

Assim, o comportamento dos materiais do fechamento transparente quanto à incidência de radiação solar será dado por:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Em fechamentos transparentes, quanto maior for a dimensão da janela (ou qualquer outro elemento), maior será a perda ou ganho de calor. Logo, é necessário observar a incidência de raios solares nestas aberturas, que serão fontes de calor e luz. No Brasil, por exemplo, não é aconselhável manter aberturas nas direções Este e Oeste pois durante o Verão os raios solares ficam quase perpendiculares às janelas, sendo muito difícil para controlá-los. O Norte do edifício deve estar reservado a cômodos que necessitem de poucas aberturas, pois esta orientação tende a altas perdas térmicas no inverno, sendo então, a direção Sul, a mais indicada para fechamentos transparentes podendo estes totalizar até 40% da área total da superfície sem significar calor excessivo no Verão. (FORNARI; ZECCHINI, 2008).

A escolha do vidro deverá levar em consideração sua composição que definirá sua absorvidade  $\alpha$ , refletividade  $\rho$  e transmissividade  $\tau$ . Em geral, os vidros comuns e com película possuem alta transmissividade de calor para o interior da edificação sendo sua única diferença a visibilidade por meio dos mesmos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Atualmente, já existem os chamados vidros espectralmente seletivos que são capazes de permitir que apenas a luz solar seja transpassada para dentro do ambiente, bloqueando boa parte do calor que viria a entrar ou sair do recinto. Este tipo de vidro é importante alternativa para o uso de iluminação natural, contribuindo com a redução de gastos com iluminação artificial. As janelas de vidro duplo também são importantes aliadas na eficiência energética das edificações, diminuindo quase 50% a perda de calor quando comparada às janelas de vidros simples.

As caixilharias das janelas, também podem representar grandes perdas de calor, caso possuam frestas que facilitem a troca de ar entre o interior e exterior. As mais indicadas são de PVC (policloreto de vinila), madeira e alumínio. (FORNARI; ZECCHINI, 2008).

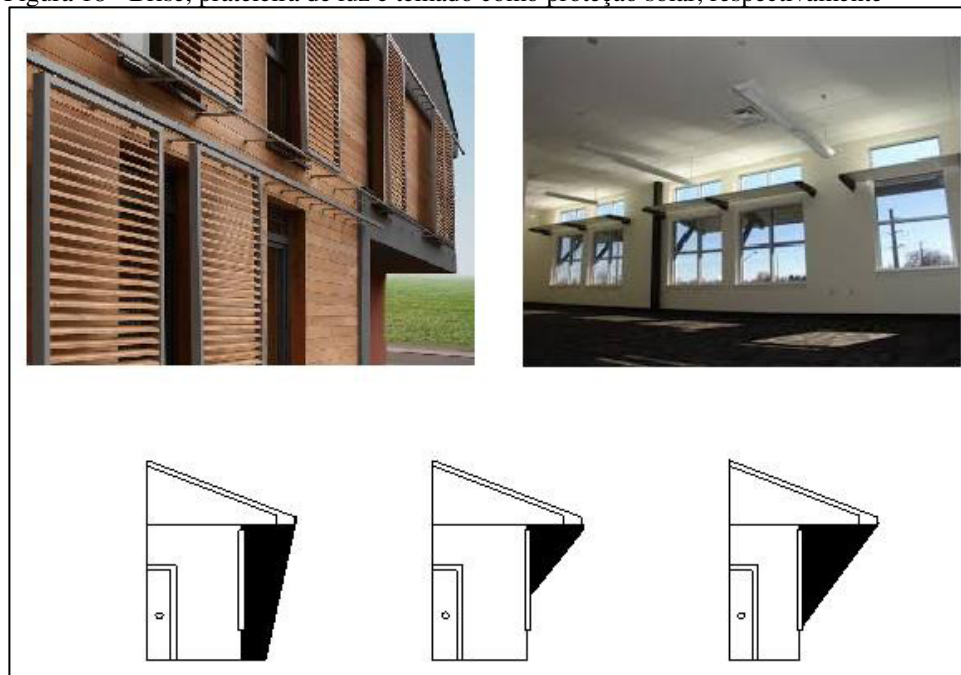
Figura 17 - Vidro duplo, caixilharia de madeira e de alumínio, respectivamente.



Fonte: Adaptado pela autora (2017).

Um mecanismo capaz de tornar janelas mais eficientes são as proteções solares. O uso de cortinas e persianas reduz os ganhos térmicos dentro de um edifício. Este tipo de proteção é denominada proteção solar interna (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Contudo, este tipo de proteção ainda não é o mais efetivo, considerando que parte do calor é absorvido pela cortina e ainda atinge o ambiente interior. As proteções externas, quando dimensionadas corretamente, são a melhor opção, podendo ser do tipo prateleira de luz, marquise, brise horizontal e até varandas e outros volumes que fiquem salientes na superfície do edifício, como o próprio telhado.

Figura 18 - Brise, prateleira de luz e telhado como proteção solar, respectivamente



Fonte: Adaptado pela autora (2017).



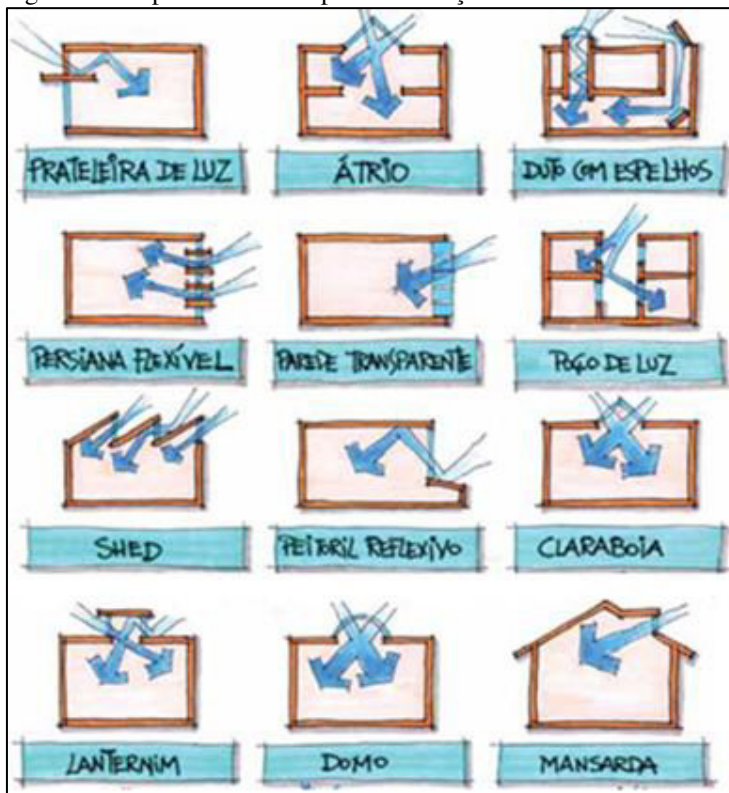
### 3.5.3 Estratégias de iluminação natural

A luz do sol está presente na maior parte do dia tornando a utilização de iluminação natural uma das grandes estratégias na redução de consumo em ambientes residenciais e comerciais. Deve-se ter em mente que a abertura por onde entrará a iluminação natural também poderá ser fonte de calor, ventilação, sons externos e outros elementos que possam interferir no ambiente interno. Como já dito, a melhor orientação para aberturas no Brasil é a sul por sua constante presença de iluminação natural durante o ano. A direção norte, quando possui proteções solares eficazes também se torna adequada para este tipo de aplicação.

A norma 15215 – Iluminação natural NBR da ABNT (2005) contempla conceitos e definições sobre a iluminação natural, além de estabelecer procedimentos para cálculo da disponibilidade de luz natural de acordo com as condições do céu e cálculo da estimativa de disponibilidade de luz natural para o interior do ambiente de acordo com suas condições de iluminância e luminância.

Algumas aberturas para a utilização de iluminação natural são mostradas na figura abaixo:

Figura 19 - Tipos de abertura para iluminação natural



Fonte: Adaptado de Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

De acordo com a norma NBR 15215 (ABNT, 2005) iluminação zenital é a iluminação vinda através dos fechamentos superiores da edificação, como claraboias e átrios, sendo que este tipo de iluminação proporciona melhores índices de iluminância durante mais horas do dia quando comparada à iluminação lateral, como janelas.

A grande desvantagem das aberturas zenitais é seu pouco controle sobre a incidência de raios solares, principalmente no Verão, que podem vir a aquecer demasiadamente o ambiente interno. A utilização de aberturas zenitais com vidros colocados em posição vertical, ou inclinada, melhoram esta condição (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Logo, analisando a figura 20, percebe-se que em lugar de domos, por exemplo, a utilização de claraboias e lanternins seria mais adequada.

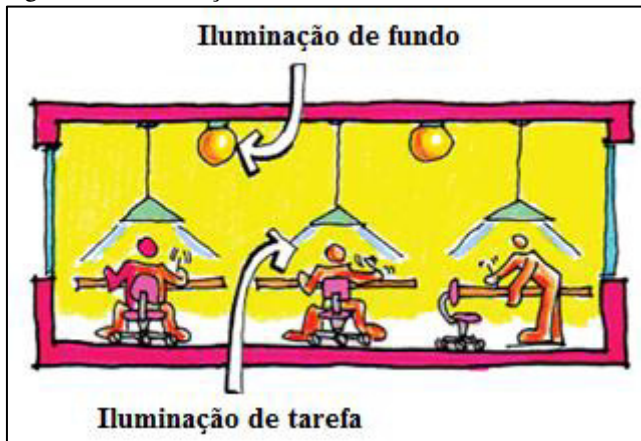
Quanto às aberturas laterais, Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 157) afirmam que “[...] a penetração útil da luz natural pela janela é limitada a uma distância de aproximadamente 1,5 vezes a altura da parte superior da janela”. Assim sendo, quanto mais alta for a disposição da janelas na parede, melhor será o aproveitamento da luz natural vindas das mesmas.

As janelas horizontais promovem também um melhor aproveitamento da radiação solar do que as verticais não devendo ultrapassar 20% em relação à área do piso do recinto. A distribuição destas aberturas no ambiente deve ser de modo que fiquem em paredes adjacentes, contribuindo para um melhor rendimento da iluminação e evitando o ofuscamento (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Para uma utilização eficaz dos sistemas de iluminação natural é necessário que haja uma integração entre estes e a iluminação artificial, a fim de que variações climáticas, como um céu nublado por exemplo, não interfiram nas atividades realizadas pelos ocupantes das edificações. Com isso, o emprego de tecnologias como os dimmers e relés fotoelétricos, já citados neste trabalho, oferecem uma melhor qualidade no nível de iluminamento desses locais e contribuem com a economia de energia.

Além destes componentes, a presença de iluminação de tarefa também é considerada boa alternativa para não ser necessário iluminar um ambiente inteiro quando a luz natural não for suficiente para a realização de alguma atividade.

Figura 20 - Iluminação de tarefa



Fonte: Adaptado de Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

### 3.5.4 Estratégias de ventilação natural

Assim como a iluminação natural, a ventilação natural adequada promove a renovação do ar do ambiente e contribui para a eficiência energética do edifício quando seu uso possibilita a substituição de ar condicionados e ventiladores.

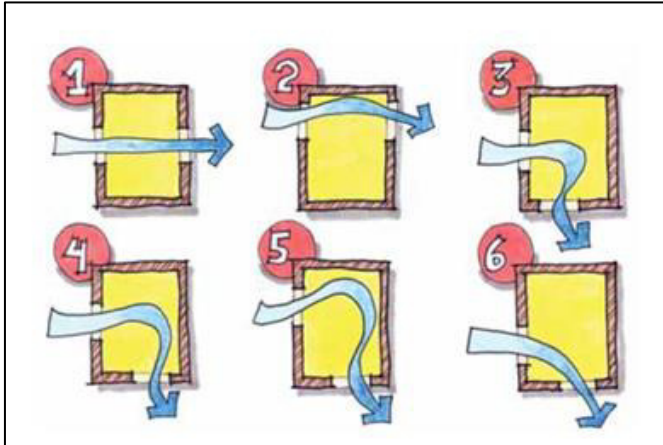
Ambientes residenciais estão mais propensos a utilização de ventilação natural do que edifícios comerciais pois, estudos já comprovaram que apenas o aproveitamento dos ventos não é suficiente para manter a temperatura ideal para o conforto térmico do recinto. Em geral, esta condição é atribuída ao fato de ter-se nestes ambientes maior número de pessoas aglomeradas, equipamentos que emanam mais calor, entre outros fatores. (PEDRINI, 2003).

Para se obter o melhor aproveitamento na utilização de ventilação natural, é necessário fazer um estudo do local onde o edifício se encontra, analisando topografia, orientação, presença de vegetações, proximidade de outras edificações, entre outros fatores que possam influenciar na disponibilidade e intensidade dos ventos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), em temperaturas abaixo de 20°C e acima de 32°C a utilização da ventilação natural fica impossibilitada, pois fora destes valores o ambiente perderia ou ganharia calor de forma a comprometer seu conforto térmico. Em geral, a aplicabilidade da ventilação natural se dá no Verão onde o ar, dentro dos valores de temperatura citados e com umidade relativa entre 15% e 75%, é eficiente para o resfriamento do ambiente. No inverno, as aberturas para a entrada de ventilação natural contribuiriam para a perda de calor dentro do ambiente, o que é indesejável.

Para melhorar explorar a utilização dos ventos, o ar precisa circular pelo ambiente e para isso faz-se uso da ventilação cruzada que requer janelas em paredes distintas e uma análise da movimentação dos ventos pela edificação para melhor explorá-lo.

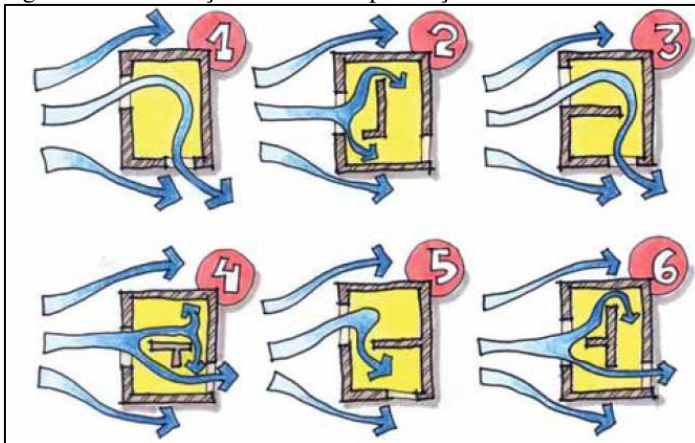
Figura 21 - Ventilação cruzada em um recinto



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

De acordo com a figura 22, pode se observar que os exemplos 4 e 5 onde as janelas estão em paredes adjacentes e com maior espaçamento entre elas do que em 3 e 6, há um melhor aproveitamento do vento sendo que este percorre maior parte do ambiente. Nos exemplos 1 e 2 são onde se consegue a maior velocidade do vento, porém este não cursa por todo o recinto.

Figura 22 - Ventilação cruzada na presença de divisórias internas



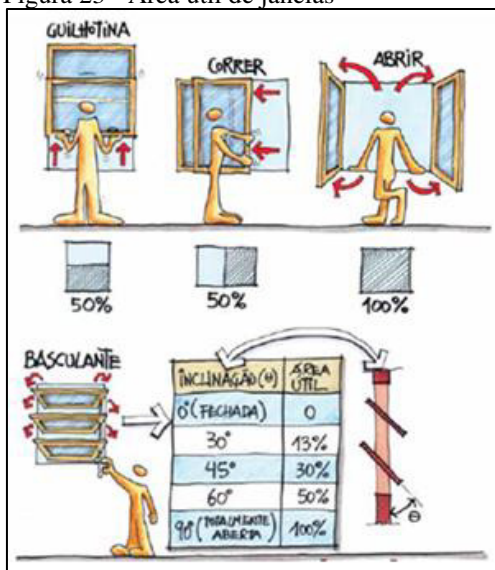
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014)

Na figura 23, agora na presença de divisórias no ambiente, percebe-se que em 1 e 3 o comportamento do fluxo de ar é semelhante, porém em 3 existe um ambiente sem circulação do ar. Nos demais exemplos, a presença das divisões modifica a movimentação dos

ventos de acordo com seu tipo e posição no espaço, onde em 4 há a melhor circulação dos ventos.

A escolha da janela é de total importância para a parcela de ventos que adentrará a edificação e obter seu melhor aproveitamento, uma vez que a área destinada a passagem da ventilação sofrerá mudanças de um modelo para outro. As aberturas de iluminação natural do tipo lanternim, sheds, persiana flexível e mansarda, quando não possuem vidro, também são fontes para a ventilação natural.

Figura 23 - Área útil de janelas



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014)

## 4 ANÁLISE DE CONSUMIDORES RESIDENCIAIS E MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

Este capítulo faz um diagnóstico de uma residência e três estabelecimentos fazendo uma análise quanto as suas características arquitetônicas, uso de equipamentos e atividades realizadas nestes locais. Este estudo tem o objetivo de avaliar as características destes locais e considerar possíveis melhorias que poderiam ser agregadas a estes ambientes a fim de melhorar sua eficiência energética.

Todos os edifícios aqui apresentados estão na cidade de São Luís no Maranhão, que possui clima tropical com temperaturas médias acima dos 20°C. De acordo com a norma NBR 15220 (ABNT, 2003), para este clima as aberturas para entrada de ventilação natural devem ser grandes e corretamente sombreadas, adotando a técnica de ventilação cruzada. Também é adequado a utilização de paredes e coberturas leves e refletoras.

### 4.1 Residência

Figura 24 - Fachada da residência



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

O consumo de uma residência está relacionado aos seus gastos com iluminação, ar condicionado (quando a habitação o possui) e ao uso de eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos em geral. De acordo com a NBR 5413 em 5.3.65, o nível médio de iluminância em uma residência varia de acordo com o cômodo:



Tabela 14 - Iluminâncias médias de uma residência

<b>Cômodo</b>	<b>Iluminância média (lux)</b>
Sala de estar	150
Cozinha	150
Quarto de dormir	150
Hall, escadas, despensas, garagem	100
Banheiro	150

Fonte: NBR 5413 (ABNT, 1992).

Quanto aos sistemas de ar condicionado, a norma NBR 16401-1 em seu anexo C, considera que algumas cargas térmicas presentes em uma residência são:

Tabela 15 - Fontes de calor típicas de uma residência

<b>Fonte de calor</b>	<b>Taxas médias de dissipação de calor (W)</b>
Pessoas - Nível de atividade: Sentado, trabalho leve	115 W
Iluminação – Fluorescente compacta	9 W/m <sup>2</sup>
Incandescente	30 W/m <sup>2</sup>
Equipamentos - Computador	55 W
Refrigerador pequeno	310 W
Forno de micro-ondas	600 a 1400 W

Fonte: NBR 16401-1 (ABNT, 2008).

A residência analisada dispõe de fachada com a presença de pergolados de concreto que são uma boa alternativa para a entrada de ventilação e iluminação no ambiente, somados aos portões de entrada que também são fontes de luz e vento, tornando o terraço/garagem arejado e que só necessita do uso de iluminação artificial pela noite.

Figura 25 – Terraço



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A maior parte das lâmpadas da residência são do tipo LED, que garantem boa economia de energia, como visto na seção 3.1.1.1, além de serem adaptáveis aos bocais das lâmpadas fluorescentes, que eram as antecessoras das lâmpadas de LED e ainda são presentes

em poucas quantidades na instalação. Desse modo, a substituição das lâmpadas não acarreta custos com a substituição do bocal.

As lâmpadas fluorescentes da casa, concentram-se em áreas como corredores e banheiros, que são cômodos de menor uso de energia. Todos os demais recintos já possuem lâmpadas de LED. De acordo com o morador, uma campanha da Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) o incentivou, pois consistia na troca de 5 lâmpadas do tipo fluorescente ou incandescente das residências por 5 novas lâmpadas LED, de forma gratuita. Bastava ir num posto de troca, informar dados da residência, e trocar as lâmpadas. Esta campanha faz parte dos Programas de Eficiência Energética das concessionárias, neste caso, da CEMAR.

Figura 26 - Lâmpadas e luminárias



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A residência tem 4 tipos de luminárias conforme mostra a figura 26. A grande maioria, são do tipo spot, que garante um bom aproveitamento do fluxo luminoso das lâmpadas, conforme visto em 3.1.1.2.

A luminária integrada a um ventilador de teto permitia boa iluminação na direção do piso do quarto onde estava instalada, porém formava uma grande sombra no teto oriunda das hélices do ventilador, o que resulta em uma má distribuição da iluminação proveniente da lâmpada não obtendo o melhor aproveitamento possível.



As duas outras luminárias possuíam o mesmo problema: tornavam o teto do ambiente escuro, dando uma impressão desagradável e não viabilizando o melhor rendimento das lâmpadas. Somado a isso, as luminárias que envolviam as lâmpadas estavam demasiadamente sujas, em especial, o lustre, reduzindo significativamente a eficiência luminosa do conjunto lâmpada-luminária.

Figura 27 - Ar condicionados e proteção solar interna



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A habitação possui 3 aparelhos de ar condicionado: dois do tipo split e um do tipo janela. Os 3 aparelhos são instalados nos quartos da residência e possuem selo Procel e selo Inmetro de classificação “A” quanto à eficiência do produto. Os dois aparelhos do tipo split são de 12000 Btus/h, possuindo capacidade de refrigeração condizente com a área dos quartos.

O ar condicionado do tipo janela tem capacidade de refrigeração de 10000 Btus/h, porém, nota-se facilmente que a sua instalação está inapropriada: a abertura na parede onde o aparelho se encontra é maior que suas dimensões. O espaço que sobrou foi preenchido com espuma pelo proprietário, contudo, este tipo de vedação é falha, permitindo trocas de fluxo de calor entre o ambiente interno e externo, e aumento o consumo de energia.

Todos os ambientes que possuem ar condicionado possuem janelas como as da terceira imagem na figura 28, que possuem persianas. Estas persianas não possuem nenhum tipo de vedação e permitem a entrada de fluxo de calor no ambiente climatizado, também contribuindo com um maior consumo do aparelho de ar condicionado, conforme visto na seção 3.2.3.

Figura 28 – Janelas



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A casa possui diversas janelas de vidro simples, posicionadas de modo a permitir a entrada de iluminação natural durante todo o dia e, que mantendo portas dos cômodos internos abertos, também propiciam o fluxo de ventilação cruzada pela residência. Vale ressaltar que os raios solares não incidem diretamente no interior da casa, mas sim apenas a claridade do ambiente exterior, iluminando seus cômodos internos sem produzir calor excessivo.

A cozinha da residência é a única a possuir uma janela de tamanho reduzido, localizado acima dos armários dispostos na parede conforme pode se observar na segunda imagem da figura 28. Esta única janela não é capaz de iluminar o ambiente suficientemente para as atividades realizadas na cozinha durante o dia, sendo necessário muitas vezes, o uso de iluminação artificial. Como a cozinha praticamente não possui paredes que possam possuir janelas, uma boa alternativa, seria uma abertura transparente no teto, como um lanternim, claraboia ou mansarda, como proposto na sessão 3.5.3.

Figura 29 - Textura e cor de paredes



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Com exceção da sala e terraço da residência, o teto, piso e paredes dos demais cômodos possuem cor clara, contribuindo para uma melhor refletividade do fluxo luminoso proveniente das lâmpadas e proporcionando maior eficiência luminosa. A sala possui textura e cor conforme a primeira imagem da figura 29. A cor bege reflete apenas valores dentro de 25% a 35% da luz incidente sobre sua superfície enquanto a cor verde claro fica dentro de valores entre 45% a 50% conforme dados da norma NBR 15220.

## 4.2 Farmácia

Figura 30 - Fachada do estabelecimento



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Os gastos em energia elétrica em uma farmácia são traduzidos em iluminação, ar condicionado, equipamentos do caixa e refrigeração de alguns produtos, quando estas possuem freezers.

De acordo com a NBR 5413 em 5.3.28, o nível médio de iluminância em uma farmácia é de 150 lux. Um correto dimensionamento de iluminação neste tipo de estabelecimento além de assegurar que não haverá gastos excessivos, garante a qualidade na exposição dos produtos, além de gerar um aspecto de limpeza e saúde, necessários para este tipo de ambiente.

Quanto aos sistemas de ar condicionado, a norma NBR 16401-1 em seu anexo C, considera que as cargas térmicas em uma farmácia seriam:

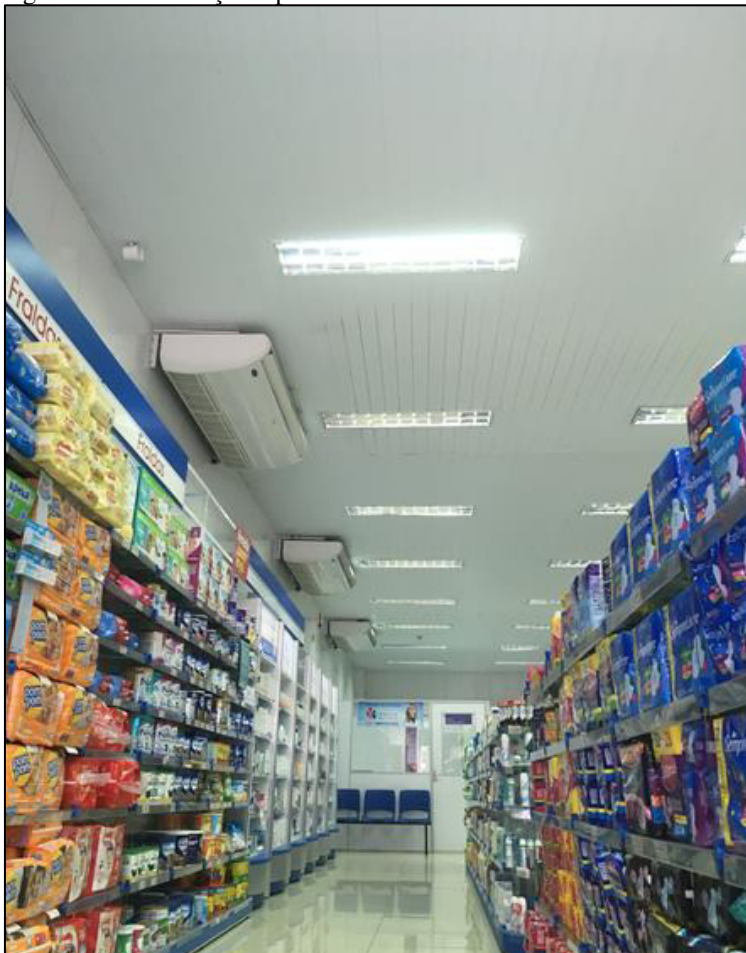
Tabela 16 - Fontes de calor típicas em uma farmácia

Fonte de calor	Taxas médias de dissipação de calor (W)
Pessoas - Nível de atividade: Caminhando ou parado em pé	145 W
Iluminação – Supermercado com lâmpadas fluorescentes	21 W/m <sup>2</sup>
Equipamentos	
Monitores médios	70 W
Máquinas de vendas de bebidas refrigeradas	575 a 960 W
Caixas registradoras	48 W

Fonte: NBR 16401-1 (ABNT, 2008).

Na norma não consta o valor para a dissipação de calor com iluminação em farmácias. Logo, utilizou-se a taxa referente a supermercados, já que estes também devem possuir níveis de iluminamento a fim de contribuir com as atividades realizadas e auxiliar na fácil identificação dos produtos dispostos no local.

Figura 31 – Iluminação e produtos



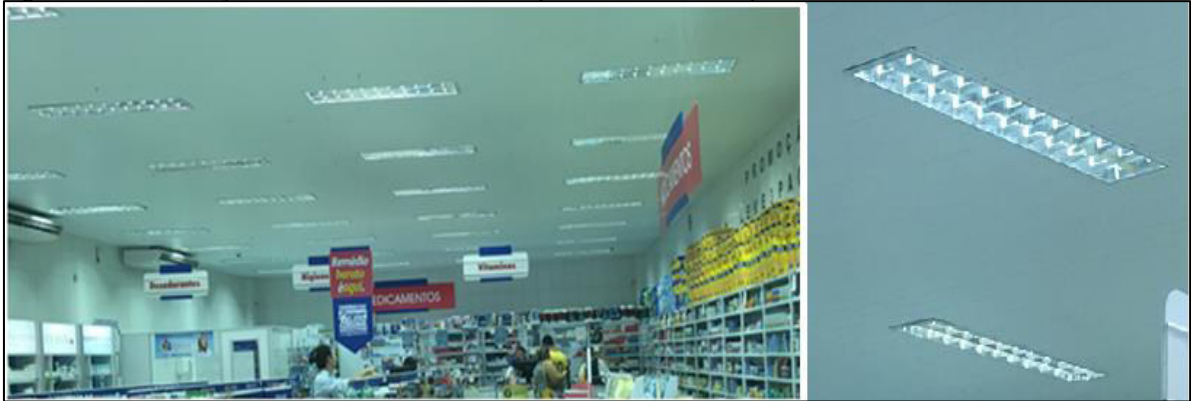
Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Conforme se observa na figura 31, o ambiente possui teto e paredes em cor clara, sendo constituídos de forro do tipo PVC (policloreto de vinila) e lajota cerâmica de cor branca, respectivamente. O piso possui cor bege. Logo, as cores dos materiais são de boa

refletância contribuindo com a iluminação do ambiente.

Observou-se que na farmácia em questão há uma boa disposição das lâmpadas no teto, distribuídas em 4 fileiras com 8 luminárias em cada. Cada luminária comporta 2 lâmpadas do tipo fluorescente, que é boa alternativa quanto ao consumo de energia e a eficiência luminosa, como visto na tabela 6 da seção 3.1.1.1. Contudo, como a maioria destes estabelecimentos funcionam 24 horas por dia, é interessante a substituição destas lâmpadas fluorescentes por suas LEDs equivalentes, já que estas consomem menos energia, irradiam menos calor e tem vida útil bem superior, a depender do fabricante.

Figura 32 - Distribuição das luminárias no teto e tipo de luminária, respectivamente



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

O tipo de luminária utilizado é do tipo reflexivo que contribui para uma melhor e mais uniforme distribuição da luz, contudo, a peça é embutida no teto, o que torna o aproveitamento do seu fluxo luminoso muito menor, diminuindo o rendimento do sistema de iluminação, conforme visto na tabela 7 da seção 3.1.1.2. Fazendo-se uma simples análise, é notado que estão sendo necessárias 64 lâmpadas fluorescentes tubulares para manter o ambiente bem iluminado, o que mostra que este tipo de luminária não é eficiente quanto a sua distribuição de luz.

Figura 33 - Lâmpadas muito próximas do ar condicionado



Fonte: Arquivo pessoal (2017)



Em relação ao ar condicionado, tem-se instalados 3 aparelhos do tipo split na parede do lado esquerdo do estabelecimento. A sensação térmica do ambiente é agradável onde conclui-se que o dimensionamento do sistema está correto, tanto para o conforto das pessoas que transitam no recinto quanto para o armazenamento de medicamentos e outros produtos que necessitam de temperatura de conservação adequadas.

Entretanto, como mostrado na figura 33, as luminárias ficam muito próximas às saídas de ar do ar condicionado, sendo fontes de calor constante e fazendo com que o aparelho intensifique seu trabalho de esfriar o ambiente para dissipar o calor. Isto resulta em um maior consumo de energia do ar condicionado, como visto em 3.2.3.

Figura 34 - Porta do estabelecimento aberta



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A porta do estabelecimento permanece boa parte do tempo aberta, implicando em uma entrada de calor do ambiente externo para o interno ocasionando o aumento da carga térmica do recinto, e logo, aumentando o consumo de energia do ar condicionado. Apesar de possuir como proteção solar externa um toldo, conforme figura 30, as portas e janelas de vidro simples da fachada não possuem nenhum tipo de proteção solar interna, fazendo com que raios solares adentram o ambiente em várias horas do dia contribuindo para o aumento da carga térmica do mesmo.

Apesar de possuir grandes aberturas transparentes na fachada por onde entra bastante claridade no ambiente, o estabelecimento não faz uso de nenhum tipo de sistema de automação como dimmers e relés fotoelétricos, a fim de reduzir o consumo com a diminuição da intensidade da luz ou o próprio desligamento da lâmpada quando o ambiente estiver com níveis de iluminação natural adequados às atividades realizadas no local, conforme visto em 3.4.1 e 3.4.3.

### 4.3 Salão de Beleza

Figura 35 - Fachada do estabelecimento



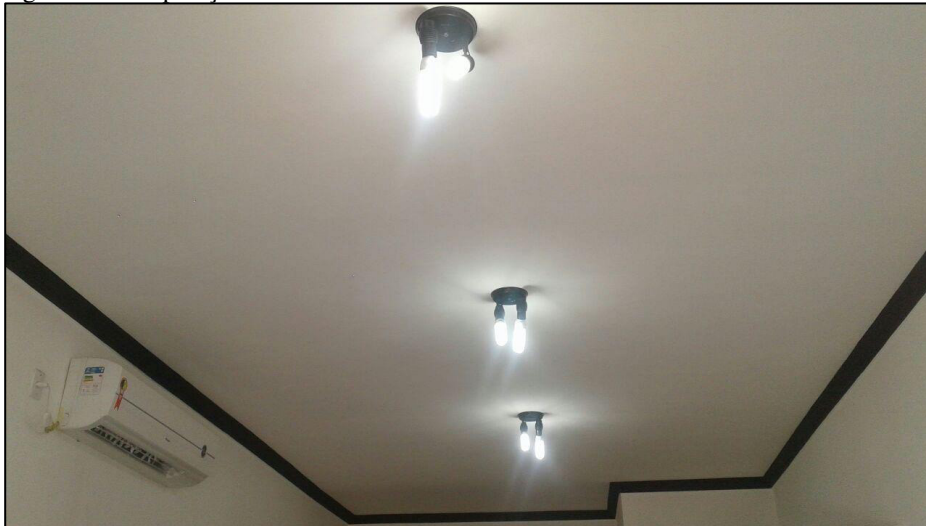
Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A energia consumida em um salão de beleza, geralmente, vem do uso de sistemas de iluminação e ar condicionado e equipamentos como secador, chapinha e estufas de esterilização.

Na norma NBR ISO/CIE 8995-1 tem-se que a iluminância média para Cabeleireiros é de 500 lux que são os valores mínimos e máximos atribuídos a uma barbearia. Um projeto de iluminação em salões de beleza deve proporcionar um bom nível de iluminação para atender as tarefas realizadas nestes locais, garantir boa visualização das cores já que diversos procedimentos operam com diferentes pigmentos como esmaltação e tintura de cabelos, e proporcionar conforto visual para os ocupantes do recinto.

O estabelecimento em questão oferece serviços de manicure e pedicure, serviços para cabelo, maquiagem e depilação, necessitando de níveis de iluminação e temperatura adequadas a estas atividades. A porta de entrada possui uma película que impede a penetração direta dos raios solares no ambiente interno, contribuindo para aproveitamento da iluminação natural e diminuindo o calor proveniente do sol.

Figura 36 - Disposição das luminárias



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

O ambiente possui piso, paredes e teto em cor clara, tendo bons índices de reflexão e colaborando para uma boa iluminação do local, conforme visto em 3.5.2. O teto dispõe de 3 spots com 2 lâmpadas fluorescentes compactas em cada, que são boa alternativa para um baixo consumo com iluminação.

Figura 37 - Ar condicionado com Selo Procel



Fonte: Arquivo pessoal (2017)



O salão possui apenas um aparelho de ar condicionado, sendo este do tipo split, e que possui selo do Procel. De acordo com a proprietária, o aparelho também possuía selo do Inmetro de classificação “A”, constituindo assim um produto eficiente.

O aparelho possui capacidade de refrigeração de 24000 Btus/h, pois apesar de o estabelecimento possuir dimensões reduzidas, possui grande fluxo de pessoas e aparelhos como secador e chapinha que emanam bastante calor sempre que usados.

Figura 38 - Ocupação rotineira do estabelecimento



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

A condensadora do ar condicionado fica instalada conforme a figura 39, sem a presença de proteções solares, conforme foi indicado em 3.2.3, podendo assim contribuir com um aumento do consumo de energia do ar condicionado, já que o fluido circulante na condensadora será aquecido.

Figura 39 – Unidade condensadora do ar condicionado sem proteção contra o sol



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

#### 4.4 Supermercado

Figura 40 - Fachada do estabelecimento



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Analisando o consumo energético em um supermercado, percebe-se que seus gastos estão relacionados principalmente a refrigeração e sistema de ar condicionado, somado à iluminação e uso de equipamentos no caixa.

De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 em 5.3.58, os níveis de iluminância para a atividade de varejo são:

Tabela 17 - Iluminância média para um supermercado de acordo com o tipo de atividade

<b>Tipo de atividade</b>	<b>Iluminância média (lux)</b>
Área de vendas pequena	300
Área de vendas grande	500
Área da caixa registradora	500
Mesa do empacotador	500

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

Um correto dimensionamento de iluminação em supermercados deve garantir a qualidade na exposição dos produtos, favorecer as atividades realizadas no ambiente, bem como, garantir conforto visual aos ocupantes.

Quanto aos sistemas de ar condicionado, a norma NBR 16401-1 em seu anexo C, considera que as cargas térmicas em um supermercado seriam:

Tabela 18 - Fontes de calor típicas em um supermercado

Fonte de calor	Taxas médias de dissipação de calor (W)
Pessoas - Nível de atividade: Parado em pé, trabalho moderado, caminhando	130 W
Iluminação – Supermercado com lâmpadas fluorescentes Supermercado com lâmpadas a vapor metálico	21 W/m <sup>2</sup> 30 W/m <sup>2</sup>
Equipamentos Monitores médios Máquinas de vendas de bebidas refrigeradas Caixa registradora Expositor refrigerado, por metro cubico de interior Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por metro quadrado de superfície Refrigerador (grande) por metro cúbico de interior Congelador (grande)	70 W 575 a 960 W 48 W 640 W 2930 W 690 W 540 W

Fonte: NBR 16401-1 (ABNT, 2008).

Figura 41 - Disposição das luminárias no teto e produtos no interior do supermercado em prateleiras e balcões expositores abertos



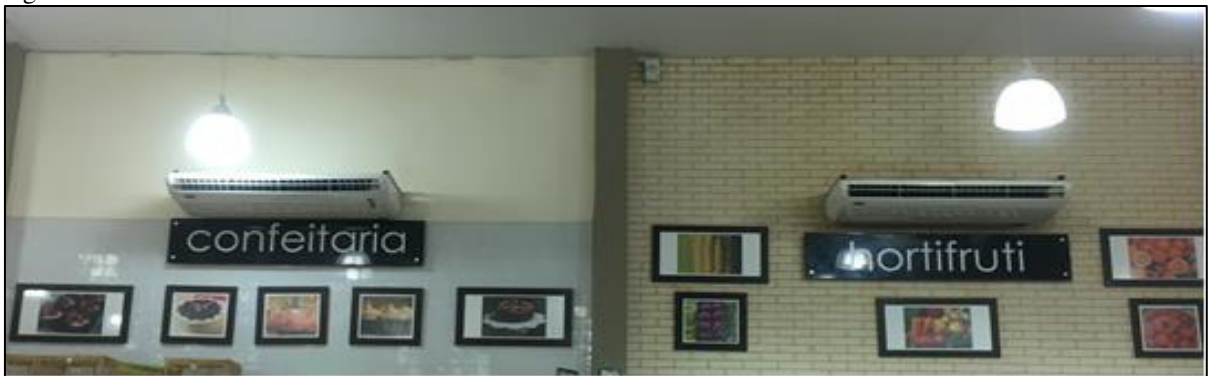
Fonte: Arquivo pessoal (2017)

O supermercado em questão possui piso em cor bege, teto com forro do tipo PVC e paredes com diversas tonalidades e materiais de cobertura, variando entre pintura na cor bege/marrom, texturas e utilização de cerâmica. O estabelecimento possui 30 lâmpadas ordenadas no teto em 5 fileiras com 6 lâmpadas cada, todas do tipo vapor metálico que são boa alternativa para este tipo de instalação por possuírem bom índice de reprodução de cores, como visto em 3.1.1.1. As luminárias são transparentes e de material plástico. Como visto em 3.1.1.2 as luminárias abertas e com materiais reflexivos teriam melhor aproveitamento da iluminação.

Esteticamente a variação dos tons nas paredes é agradável, porém, é notável que o ambiente, mesmo possuindo várias lâmpadas dispostas no teto, é escuro. Somado à baixa refletividade das cores utilizadas nas coberturas das paredes (como mostra a tabela 12 na seção 3.5.2), os conjuntos lâmpadas-luminária estão arranjados no teto de modo a ficarem muito altos em relação às prateleiras da loja, dificultando a visualização dos produtos.

Em alguns pontos específicos, foi necessária a utilização de iluminação local direcionada a determinados produtos.

Figura 42 - Ar condicionados e luminárias



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

Devido às altas cargas térmicas presentes nestes tipos de estabelecimentos, o aqui analisado possui 8 aparelhos de ar condicionado, do tipo *split*, dispostos nas paredes laterais do ambiente que possuem 4 aparelhos cada.

Figura 43 - Balcões expositores do tipo fechado



Fonte: Arquivo pessoal (2017)

O supermercado em análise possui balcões frigoríficos do tipo aberto e do tipo fechado, a depender do produto neles utilizado. A utilização de balcões expositores unicamente do tipo fechado acarretaria menores gastos com energia, já que estes perdem menos temperatura para o ambiente exterior.

#### **4.5 Algumas considerações**

Das diversas ferramentas existentes para tornar uma edificação mais eficiente, percebeu-se que o uso de automação, integrada ao sistema de iluminação por exemplo, não é explorado na residência e estabelecimentos visitados. Além disso, a iluminação natural só é aproveitada na residência, enquanto que os estabelecimentos não usam esta estratégia para obter redução nos gastos com energia elétrica.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho veio como uma proposta de identificar metodologias de eficiência energética para os ambientes residenciais e micro e pequenas empresas, focando nos potenciais usos finais da energia nestes ambientes. Somado a isso, considerou-se como as variáveis climáticas, humanas e da envoltória do edifício interferem no seu gasto energético.

Recentemente, é nítida a importância da preocupação com o consumo de energia elétrica, sendo esta a perspectiva onde se fundamentou este trabalho: oferecer as mesmas condições ambientais, mantendo o conforto dos usuários, com um melhor desempenho energético da edificação, ocasionando menores custos com energia.

Dos diversos mecanismos existentes para a promoção de um edifício mais eficiente, observou-se que nos ambientes estudados, os sistemas de iluminação e ar condicionado são os principais aliados na instalação por constituírem as duas maiores cargas energéticas. Em conjunto com os demais equipamentos presentes nestes edifícios, é necessário pensar na melhor escolha destes produtos no mercado. Neste aspecto, o site do Inmetro é um importante aliado, por conter tabelas com dados sobre os equipamentos que contém Selo Procel quanto ao seu nível de eficiência e consumo, sendo um fácil acesso ao consumidor para mantê-lo informado quanto às características do equipamento. Observou-se que a vida útil do equipamento não é apresentada nestas tabelas, sendo este um aspecto a ser melhorado.

Pôde se verificar com as pesquisas sobre a utilização eficiente dos diversos equipamentos presentes nas residências e os típicos dos estabelecimentos comerciais, que as concessionárias de energia do país e as cartilhas do SEBRAE mantém uma importante iniciativa quanto a divulgação de materiais que citam medidas quanto a diminuição do consumo dos produtos instalados nestes locais, de modo a conscientizar, uma população que em sua maior quantidade é leiga no assunto, sobre ações simples e eficazes no modo de interagir com estes equipamentos.

Ao analisar uma residência e três estabelecimentos quanto as diversas metodologias de otimização no consumo de energia elétrica neste trabalho indicadas, observou-se alguns aspectos importantes como, por exemplo, a ausência da utilização de iluminação natural nos estabelecimentos visitados. As residências, em geral, fazem bom uso deste artifício, porém, os estabelecimentos comerciais não adotam técnicas que minimizem seus custos com iluminação durante o dia, tirando proveito da iluminação natural. A farmácia aqui apresentada, era provida de janelas e portas de vidro que permitiam considerável

quantidade de raios solares penetrando no ambiente, porém, mantinha todas as suas luzes acesas durante todo o período de funcionamento (24 horas/dia). O salão e o supermercado não tinham aberturas transparentes que permitiam a iluminação natural.

A ventilação natural também é explorada apenas na residência, mas, isto é compreensível pela funcionalidade dos estabelecimentos aqui apresentados, como por exemplo o supermercado e a farmácia que precisam manter os seus produtos em temperaturas dentro de uma faixa de valores que só será alcançada com a correta climatização do ambiente, sendo necessário o uso contínuo de ar condicionado.

Quanto ao uso de equipamentos, percebeu-se que existe um entendimento por parte dos proprietários de obter equipamentos que garantam o menor consumo de energia, sendo estes classificados com selo “A” na etiqueta ENCE. A adoção de lâmpadas econômicas e condizentes com o ambiente em que estão instaladas também mostra a percepção do consumidor quanto as tecnologias que favoreçam a eficiência energética.

A ausência de sistemas de automação nas instalações visitadas é um fato a ser considerado nos resultados desta pesquisa. Como todos os edifícios estão situados em uma cidade tropical com bons índices de iluminação solar durante todo o ano, a utilização de dimmers para controlar a intensidade luminosa das lâmpadas quando o ambiente estiver com a presença de iluminação natural seria uma boa estratégia na redução de gastos com energia. Na residência, em locais como banheiro e corredor também poderiam ser adotados sensores de presença que manteriam ligadas as lâmpadas destes locais somente na presença de ocupantes.

Ao final deste trabalho, observa-se a importância de um aprofundamento sobre a temática da eficiência energética, uma vez que um consumo de energia de maneira mais eficiente gera inúmeros benefícios para o consumidor e para a sociedade como um todo. As iniciativas que visam a conscientização do público em geral sobre o tema devem ser encorajadas para que o consumidor seja esclarecido sobre o assunto e tenha fácil acesso a medidas mais eficazes no uso da energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Eficiência Energética: a busca da articulação entre ações de incentivo. **Revista Eficiência Energética**, ago. 2013. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/revista\\_pee\\_2013.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/revista_pee_2013.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Programa de Eficiência Energética**. [São Paulo]: ANEEL, 2015.

ALVAREZ, André Luiz Monteiro. **Uso racional e eficiente de energia elétrica**: metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. 1998. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

AR CONDICIONADO. **Tipos de ar condicionado e as suas diferenças**. 2016. Disponível em: <<http://arcondicionado.pro.br/tipos-de-ar-condicionado-e-as-suas-diferencas/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (ABESCO). **O que é uma ESCO?** 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-uma-empresa-esco/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15215**: Iluminação natural. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1**: Projetos das instalações. – NBR 16401-1. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

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

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 07 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME; EPE, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **CONPET**: ação local, benefício global. 2012. Disponível em: <[http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt\\_br/conteudo-gerais/conpet.shtml](http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml)>. Acesso em: 07 jun. 2017.



\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. **Guia para efficientização energética nas edificações públicas Versão 1.0 outubro 2014**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

BRITO, Vanessa. Lançamento do Programa Sebrae de Eficiência Energética para pequenos negócios. **Agência Sebrae de Notícias**, 2015. Disponível em: <<http://www.mt.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/MT/lancamento-do-programa-sebrae-de-eficiencia-energetica-para-pequenos-negocios,1392ed77f94ac410VgnVCM2000003c74010aRCRD>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

CLIC AR CONDICIONADO. **Ar condicionado Midea vita frio Split Inverter 18.000 Btus - 220V**. 2017. Disponível em: <<http://www.clicarcondicionado.com/produto/ar-condicionado-midea-vita-frio-split-inverter-18000-btus-220v-42mkcb18m5-38mkcb18m5/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

COMPANHIA ENERGETICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Energia inteligente**: Guia do melhor consumo, dicas de economia de energia e segurança com a rede elétrica. Minas Gerais: CEMIG, 2014.

CONSUL. **O que é BTU e Tabela de Medidas (Relação BTUs e M<sup>2</sup>)**. 2016. Disponível em: <[http://www.aunimaq.com.br/portal/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=47](http://www.aunimaq.com.br/portal/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=47)>. Acesso em: 15 jun. 2017.

COSTA, Mauro César Maggioni; DINIZ, José Henrique. **Eficiência Energética**. Minas Gerais: SENGE, 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2007.

DIAS, César Luiz de Azevedo. **Domótica**: aplicabilidade às edificações residenciais. 2004. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

ELETROBRAS. **Resultados Procel 2016- ano base 2015**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2016.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICA (EPE). **Nota Técnica DEA 12/16**: avaliação da eficiência energética e geração distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024). Rio de Janeiro: EPE, 2016.

\_\_\_\_\_. **Projeção da demanda elétrica de energia elétrica 2017-2026**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%20001\\_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026\\_VF.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

FABI, V.; et al. **Description of occupant behaviour in building energy simulation**: state-of-art and concepts for improvements, TEBE Research Group, Department of Energetics, Politecnico di Torino, Corso Duca degli ICIEE, Department of Civil Engineering, Technical Univ. [S.l.: s.n.], 2011.

\_\_\_\_\_. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. **Build. Environ.**, v. 58, p. 188-198, dez. 2012.

FORNARI, Andrea; ZECCHINI, Sara (coord.). **Eficiência energética nos edifícios residenciais**. Lisboa: Enerbuilding, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). As micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil 2001. **Estudos e Pesquisas Informação Econômica**, Rio de Janeiro, n. 1, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **A eficiência energética e o novo modelo do setor energético**. 2001. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/down\\_loads/escos/EE\\_Novo%20Modelo.pdf](http://www.inee.org.br/down_loads/escos/EE_Novo%20Modelo.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Etiqueta de eficiência energética**. 2016. Disponível em: <[http://www2.inmetro.gov.br/pbe/a\\_etiqueta.php](http://www2.inmetro.gov.br/pbe/a_etiqueta.php)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **O Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2017a. Disponível em: <[http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca\\_o\\_programa.php](http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Selo PROCEL de Economia de Energia. **Condicionadores de Ar Split Hi-Wall**. 2017b. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall\\_indicenovo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Selo PROCEL de Economia de Energia. **Condicionadores de Ar Split Hi-Wall**. 2017c. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_janela\\_indice-novo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_janela_indice-novo.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Selo PROCEL de Economia de Energia. **Condicionadores de Ar Split Cassete**. 2017d. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_cassete\\_indice-novo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_cassete_indice-novo.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014. 366 p.

LIGHT ESCO. **Serviços de Energia e Infraestrutura**. 2012. Disponível em: <[http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas-do-Grupo/light-esco\\_servicos-de-energia-e-infraestrutura.aspx](http://www.light.com.br/grupo-light/Empresas-do-Grupo/light-esco_servicos-de-energia-e-infraestrutura.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2017.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914p.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático**. [S.l.]: Osram, 2001.

\_\_\_\_\_. **Soluções em LED**: catalogo de lâmpadas LED. [São Paulo]: Osram, 2015.

\_\_\_\_\_. **Catálogo reatores eletrônicos**: OSRAM Reatores. 2017. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/produtos/reatores/index.html>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

PEDRINI, Aldomar. **Integration of Low Energy Strategies ti the early Stages of Design Process of Office Buildings in Warm Climate**. Austrália: [s.n.], 2003.

PROGRAMA NACIONAL DA RACIONALIZAÇÃO DO USO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL (CONPET). **Consulte o modelo de equipamento contemplado com o Selo CONPET**. 2012. Disponível em: <[http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt\\_br/conteudo-gerais/selo-conpet.shtml](http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/selo-conpet.shtml)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de iluminação eficiente: PROCEL-Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2002.

SANTIAGO JÚNIOR, Jose Valdir; EIRAS, Maurício Edson; BOCCASIUS, Paulo Adolfo Daí Pra. **Cartilha 4 Programa Sebrae de eficiência energética – Uso inteligente da energia, administrando a energia elétrica: Estudos de Casos**. Cuiabá: Sebrae, 2003. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/85424E0B5CDA190803256FD4004A9F2B/\\$File/NT0003140A.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/85424E0B5CDA190803256FD4004A9F2B/$File/NT0003140A.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2017.

SANTOS, A.H.M.; et al. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 596 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Comércio e Serviços: economize energia para lucrar mais**. São Paulo: Sebrae-SP, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Sustentabilidade nos pequenos negócios, eficiência energética**. [S.l.]: Sebrae, 2015b.

\_\_\_\_\_. **Lei geral das micro e pequenas empresas: entenda as diferenças entre microempresa, pequena empresa e MEI**. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-as-diferencas-entre-microempresa-pequena-empresa-e-mei,03f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Expectativas do mercado. **Boletim Estudos & Pesquisas**, n. 58, jun. 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/estudos-e-pesquisas-junho-2017.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

SEBRAE SANTA CATARINA. **Programa Sebrae de eficiência energética**. 2003. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=1639&%5E%5E>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

SOCIEDADE DE ENGENHARIA DE ILUMINAÇÃO DA AMÉRICA DO NORTE. Illuminating Engineering Society of North America. **The IESNA Lighting Handbook**. 9. ed. Nova Iorque: IESNA, 2000.

VINE, E. An International Survey of the Energy Service Company (ESCO) Industry. **Energy Policy**, n. 33, p. 691-704. 2005.

WEB AR CONDICIONADO. **Entenda o que é COP e EER, e saiba como calcular**. 2015. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/entenda-o-que-e-cop-e-eer-e-saiba-como-calcular>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

YOSHINO, Rui Tadashi; SOUZA, Regiane Máximo. **Barreiras aos programas de conservação de energia no Brasil**. São Paulo: Universidade de Franca, 2003.

YU, Z.; et al. A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption. **Energy Build.**, v. 43, n. 6, p. 1409–1417, jun. 2011.