

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CURITIBA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA**

**ANDRÉ RAFAEL CARDOSO
LIVIA PETRECHI BARRETO
TIAGO MACHADO**

**ESTUDO DA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS UTILIZANDO AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2014**

**ANDRÉ RAFAEL CARDOSO
LIVIA PETRECHI BARRETO
TIAGO MACHADO**

**ESTUDO DA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS UTILIZANDO AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, do curso de Engenharia Industrial Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador (a): Prof. Esp. Paulo Sérgio Walenia

**CURITIBA
2014**

ANDRÉ RAFAEL CARDOSO
LÍVIA PETRECHI BARRETO
TIAGO MACHADO

Estudo da melhoria da eficiência energética em edificações residenciais utilizando automação residencial

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2014.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Ma.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Paulo Sergio Walenia, Prof. Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Paulo Sergio Walenia, Prof. Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Emerson Rigoni, Prof. Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gerson Máximo Tiepolo, Prof. Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica

À Deus, fonte primal de força.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao professor Paulo Sergio Walenia pela inestimável atenção e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Somos gratos aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Registramos aqui também a nossa gratidão aos nossos familiares e amigos pela compreensão relacionadas as nossas ausências durante o tempo que dedicamos a este trabalho.

RESUMO

CARDOSO, André. Estudo da melhoria da eficiência energética em edificações residenciais utilizando automação residencial. 2014. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta um estudo dos tipos de cargas elétricas encontradas em uma residência e verifica tecnologias de automação residencial aplicáveis às mesmas. São vistas também boas práticas e procedimentos usuais para melhorar a eficiência energética.

O objetivo é efficientizar o uso da energia elétrica em edificações residenciais utilizando a automação como principal aliada. Para isso é necessário pesquisar todas as cargas de uma residência e identificar quais delas justificam a busca por alternativas de uso mais eficiente.

Dentre os diversos equipamentos alguns como: chuveiro, lâmpadas, aquecedores e refrigeradores, representam os maiores níveis de consumo, sendo estes os principais alvos em uma abordagem de melhoria da eficiência energética.

Várias tecnologias foram encontradas e em muitas das vezes há um benefício direto no uso da energia elétrica assim como por vezes há um acréscimo em conforto para o usuário final.

Palavras chave: Eficiência Energética, Automação Residencial, Métodos de Eficiência Energética.

ABSTRACT

CARDOSO, André. Improving Energy Efficiency in residences using automation: a study. 2014. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Elétrica: Ênfase Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This work presents a study about the kind of electrical loads found in a residence and revises several types of technology related to automation in homes. There also a study concerning the best methods and procedures to improve the energy efficiency.

The goal is to make efficiency the usage of electrical power inside residential buildings using automation as the most important partner. To achieve this goal is necessary to research all loads of a residence and identify which one justify a new alternative for an efficiency usage of the energy.

Some equipment like: shower, lamp, heating systems and refrigerators represents the biggest levels of energy consumption which turn these loads as the main targets in one action of improving energy usage.

Many technologies were found and sometimes there are directly benefits of using this technologies to make the energy use more efficient and those practices also increases the user comfort.

Keywords: Energy Efficiency, Automation, domotics, Energy Efficiency procedures.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CFL	- Lâmpada Fluorescente Compacta - <i>Compact Fluorescent Lamp</i>
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IESNA	- Sociedade De Engenharia De Iluminação Da América Do Norte - <i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
IPARDES	- Instituto Paranaense De Desenvolvimento Econômico E Social
LED	- Diodo Emissor de Luz - <i>Light-emitting diode</i>
LEED	- Liderança em Projeto Ambiental e Elétrico - <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NEMA	- Associação Nacional De Fabricantes Elétricos - <i>National Electrical Manufacturers Association</i>
MME	- Ministério de Minas e Energia
PROCEL	- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
USGBC	- Conselho De Edifícios Verdes Dos Estados Unidos - <i>United States Green Building Council</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de Energia no Setor Residencial (1000tEP)	5
Figura 2 - Pesquisa de usos e posses de equipamentos.	9
Figura 3 - O coletor solar.....	12
Figura 4 – Combinação de aquecimento solar e gás de passagem.....	13
Figura 5 - Um chuveiro em corte	15
Figura 6 - Sistema individual de condicionamento de ar.....	17
Figura 7 - Ar condicionado do tipo <i>Split</i>	18
Figura 8 - Ar condicionado <i>Self Contained</i>	19
Figura 9 – Percentuais de Consumo de Energia por categoria de produtos.	21
Figura 10 – Comparativo entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional.....	24
Figura 11 - Perfis de Consumidores Residenciais.....	25
Figura 12 – Valores de fatura para os consumidores residenciais	25
Figura 13 – Alguns exemplos de chaves ou interruptores para iluminação.	30
Figura 14 – Alguns exemplos de dimeres.	31
Figura 15 - Relação entre nível de tensão e tempo de vida de uma lâmpada incandescente.	32
Figura 16 - Potência de entrada vs. potência de saída de uma lâmpada comum de 40 watts dimerizável.....	33
Figura 17 - Relação da iluminação gerada em função do nível de controle do dimer em 7 LEDs diferentes, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente compacta dimerizável.	34
Figura 18 - Brastemp BRV80 com compartimento para retirar bebidas.	41
Figura 19 - Flatshare Fridge, conceito apresentado pela Electrolux Lab Design 2008.	41
Figura 20 - Termostato programável VisionPro IAQ.....	42
Figura 21 - Nest Learning Thermostat.....	43
Figura 22 – Aplicativo de celular para controle do termostato da Nest.	44
Figura 23 – Tomada Inteligente.....	45

Figura 24 - Alguns Exemplos de Réguas de Tomadas Inteligentes	45
Figura 25 - Exemplos de Relés Horários.....	46
Figura 26 - Esquema de ligação de um Relé Horário.....	47
Figura 27 – Abordagem de Etapas para Melhoria de Edificações.....	48
Figura 28 – Abordagem do Sistema de Iluminação de uma Edificação	50
Figura 29 – Elementos chave para o gerenciamento de energia em iluminação	51
Figura 30 – Diagrama de um Sistema de Iluminação.....	54
Figura 31 – Eficiência Luminosa de alguns tipos de lâmpadas.....	59
Figura 32 - Exemplo de acionamento de luminárias para aproveitamento da luz natural	62
Figura 33 - Controle Direto de Cargas	65
Figura 34 - Comportamento da corrente com o dimer e sem o dimer.....	67
Figura 35 - Software para dimensionamento de equipamentos de ar-condicionado.	70
Figura 36 - Cargas sem o uso de régua inteligente.....	72
Figura 37 - Régua inteligente com sensor de carga.....	73
Figura 38 - Régua inteligente com sensor de carga e temporizador	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo e quantidade de consumidores de energia elétrica – 20116	
Tabela 2 - Domicílios particulares permanentes, por posse de geladeira.....	16
Tabela 3 - Valores de EER típicos de aparelhos de ar-condicionado	20
Tabela 4 – Principais cargas e consumos de aparelhos em modo de espera.	22
Tabela 5 - Comparativo entre Chaveamento e Dimerização.....	52
Tabela 6 – Comparativo entre abordagens de controle local e central	53
Tabela 7 – Comparação entre sistemas manuais e automáticos.....	55
Tabela 8 - Níveis de Iluminância Residencial conforme NBR 5413/1992	57
Tabela 9 - Níveis de Iluminância, Temperaturas de Cor e Índices de Reprodução de Cor para ambientes residenciais.....	57
Tabela 10 – Níveis de Iluminância conforme a idade dos ocupantes.....	58
Tabela 11 – Economia anual por cenário de utilização	74
Tabela 12 – Quadro resumo de melhorias na eficiência nas cargas de uma residência.....	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	TEMA.....	1
1.1.1	<i>Delimitação Do Tema</i>	<i>1</i>
1.2	PROBLEMA E PREMISSAS.....	4
1.3	OBJETIVOS.....	4
1.3.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>4</i>
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>4</i>
1.4	JUSTIFICATIVA.....	4
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	7
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2	CARGAS DE UMA RESIDÊNCIA	9
2.1	CONCEITOS BÁSICOS	9
2.2	ILUMINAÇÃO	10
2.2.1	<i>Fluxo Luminoso</i>	<i>10</i>
2.2.2	<i>Iluminância.....</i>	<i>10</i>
2.2.3	<i>Eficiência Luminosa.....</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>Índice De Reprodução De Cor (IRC).....</i>	<i>11</i>
2.2.5	<i>Ofuscamento</i>	<i>11</i>
2.3	AQUECIMENTO DE ÁGUA	11
2.4	CARGAS MOTRIZES	15
2.4.1	<i>Geladeira</i>	<i>15</i>
2.4.2	<i>Sistemas De Ar-Condicionado</i>	<i>16</i>
2.5	CARGAS EM STAND-BY.....	20
2.6	TARIFAÇÃO	22
2.6.1	<i>Tarifa Branca</i>	<i>23</i>
3	AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	27
3.1	INTRODUÇÃO AO CONTROLE.....	28
3.1.1	<i>Definições Básicas De Controle.....</i>	<i>28</i>
3.2	AUTOMAÇÃO EM ILUMINAÇÃO	29
3.2.1	<i>Chaveamento</i>	<i>29</i>
3.2.2	<i>Dímeros</i>	<i>30</i>
3.2.3	<i>Controle De Presença</i>	<i>35</i>
3.2.4	<i>X-10</i>	<i>36</i>
3.2.5	<i>Sensores De Presença.....</i>	<i>36</i>
3.3	AUTOMAÇÃO EM AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	37
3.3.1	<i>Controle Direto de Cargas e Utilização de boilers</i>	<i>37</i>
3.3.2	<i>Alternativas de automação para o caso dos chuveiros.....</i>	<i>38</i>
3.4	AUTOMAÇÃO EM CARGAS MOTRIZES.....	40
3.4.1	<i>Geladeira</i>	<i>40</i>
3.4.2	<i>Ar-Condicionado.....</i>	<i>42</i>
3.5	AUTOMAÇÃO EM CARGAS EM STAND-BY.....	44
3.5.1	<i>Técnicas De Controle De Cargas Em Espera.....</i>	<i>44</i>
4	PROPOSTAS PARA MELHORIA	48
4.1	MELHORIAS EM ILUMINAÇÃO	49
4.1.1	<i>Programa Energy Star®.....</i>	<i>49</i>
4.1.2	<i>Práticas Energy Star.....</i>	<i>49</i>
4.1.3	<i>Abordagem Manual IESNA</i>	<i>50</i>
4.1.4	<i>Programa Procel Edifica.....</i>	<i>61</i>

4.1.5	<i>Acionamento Dos Circuitos</i>	62
4.2	MELHORIAS EM AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	63
4.3	MELHORIAS EM CARGAS MOTRIZES.....	69
4.3.1	<i>Ar-condicionado</i>	69
4.4	MELHORIAS EM CARGAS EM STAND-BY.....	70
4.4.1	<i>O USO DE RÉGUAS E TOMADAS INTELIGENTES</i>	71
4.4.2	<i>CENÁRIO: HOME ENTERTAINMENT CENTER</i>	71
4.5	RESUMO DAS MELHORIAS.....	74
5	CONCLUSÃO	76
5.1	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	77
6	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

1.1.1 Delimitação Do Tema

O mundo vem enfrentando diversos desafios no que diz respeito a garantir um desenvolvimento baseado em medidas que visem ao abastecimento energético sustentável, otimizando o uso dos recursos naturais. Nesse contexto, a eficiência energética se apresenta como uma das soluções que agregam mais benefícios, tanto ambientais, como econômicos e sociais. (PROCEL, 2012).

O conceito de eficiência energética está relacionado com a conservação de energia que, segundo Reis:

A conservação de energia elétrica pode ajudar a preservar o meio ambiente e, desta forma, aumentar também, a qualidade de vida. A conservação de energia pode ser conseguida com medidas, tanto do lado da oferta, com a racionalização da produção e distribuição, como do lado da demanda (REIS, 2005, pg. 81).

Sola (2004, p. 01) ainda acrescenta, tratando-se do sistema elétrico como um todo, que “a necessidade de um sistema elétrico confiável e o aumento nas perdas de energia e pressões ambientais intensificaram as ações de eficiência energética na geração, distribuição e no consumo final.”.

Ribeiro (2005, p. 4), afirma que se entende por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas, que reduza os custos com energia e/ou aumente a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração. Políticas estas, que podem ser resumidas em: Planejamento Integrado dos Recursos, Eficiência na Geração, Transmissão e Distribuição e Eficiência no uso final.

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, está na pauta no mundo desde os choques do petróleo na década de 70, quando ficou patente que as reservas fósseis não seriam baratas para sempre, nem o seu uso seria sem prejuízos para o meio ambiente (EPE, 2008).

Por decorrência, o governo brasileiro instituiu, em 30 de dezembro de 1985, o PROCEL, que é sigla de Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, coordenado pelo MME – Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás, destinado a promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício (PROCEL, 2012).

Em 2001 o Brasil vivenciou uma crise de abastecimento no setor elétrico. Duas consequências positivas sobressaíram desta crise: a forte participação da sociedade na busca da solução e a valorização da eficiência no uso de energia (ROCHA, 2005).

A criação da certificação de gestão energética, a ISO 50001, em 2011, é mais uma prova de que entidades de todo o mundo estão unindo esforços no sentido de combater o desperdício de energia e promover o uso eficiente e racional desse insumo (GOMES, 2012)

O modelo de gerenciamento energético tem como objetivo eficientizar [sic] a produtividade, fazendo o mesmo ou mais com menos energia elétrica possível. Nesse sentido, os sistemas de controle e de gerenciamento de energia são ferramentas criadas para auxiliar os profissionais a administrarem a qualidade da energia, o consumo e os custos com eletricidade (GOMES, 2012).

Com o emprego de técnicas de automação predial é possível garantir uma utilização racional de energia e um provimento contínuo de dados que, analisados adequadamente, viabilizam o gerenciamento e a operação parcimoniosos dos serviços ou funções da edificação, bem como a sua alta integridade (BRAGA, 2007).

A automação residencial (domótica) surgiu de conceitos da automação industrial. Contudo, como a escala industrial não convém à realidade residencial, conceitos novos foram nascendo exclusivamente para a automação residencial, afinal, grandes centrais controladoras, pesados sistemas de cabeamento e lógicas complexas são desnecessárias em residências (SENA, 2005).

Na década de 70, a qual foi considerada um marco para a automação, foram lançados nos EUA os primeiros módulos inteligentes de automação, chamados X-10 (comunicação de compatíveis através da linha elétrica).

Já na década de 80, houve o desenvolvimento da informática pessoal

com interfaces amigáveis e operações muito fáceis, então novas possibilidades para automação residencial surgiram (PAIVA, 2007).

Ao final da década de 90, com o advento da telefonia celular e da internet, houve um despertar ainda maior dos consumidores pelo conforto, facilidades estas que, expuseram uma maior comodidade e economia de tempo em atividades cotidianas (PAIVA, 2007).

Segundo Paiva, 2007, são cada vez mais frequentes as consultas de incorporadores imobiliários que gostariam de usufruir da automação em seus novos empreendimentos.

Nos últimos anos, o mercado de automação residencial cresce a uma média de 35% ao ano em número de projetos. tais como: cabeamento estruturado para dados, voz e imagem, sistemas de segurança, áudio e vídeo, controle de iluminação, cortinas e venezianas automáticas, utilidades (como aspiração central, irrigação, piso aquecido e outras) e em especial, o uso da automação para eficiência energética. (PAIVA, 2007)

Segundo Osório, 2010, nos Estados Unidos, foram aproximadamente 5 milhões de residências de alguma forma automatizadas e movimentado um mercado de US\$ 1,6 bilhão de dólares em 1998, US\$ 3,2 bilhões para o ano de 2002, e de 10,5 bilhões em 2008.

No Brasil, segundo Osório, 2010, estimou-se um potencial de 2 milhões de residências apenas para o estado de São Paulo e faturamento de US\$ 100 milhões no ano de 2004.

Com isso, por meio da automação residencial, além do conforto, segurança, entre outros benefícios, os quais providos pelo controle de sistemas automatizados figura a possibilidade de utilizar a energia com eficiência. A operação automática de atividades das mais simples até as mais complexas, também podem ser realizadas de maneira mais eficiente e econômica. (OSÓRIO, 2010)

Conforme o Procel Edifica, estima-se um potencial de redução de consumo de energia elétrica de aproximadamente 30% com a implementação de ações de eficiência energética nos sistemas de iluminação, ar condicionado e intervenções arquitetônicas. Este percentual se eleva para 50% em edificações novas. (PROCEL, 2012).

1.2 PROBLEMA E PREMISSAS

Tomando-se como base os dados abordados sobre eficiência energética e automação predial, deseja-se verificar se é possível reduzir o consumo de energia elétrica utilizando-se conceitos de automação predial.

Pode-se sugerir que após mapeados os focos de desperdício de energia elétrica, estes podem ser amenizados usando-se diversos tipos de controles, diferentes dispositivos de automação e novas lógicas causando uma redução do consumo, tornando a edificação mais eficiente energeticamente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo, levantando boas práticas para reduzir o consumo de energia em uma residência, utilizando sistemas de automação e controle, tornando-a mais eficiente do ponto de vista energético.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar ações para melhoria da eficiência energética em residências, considerando as principais cargas elétricas presentes.
- Estudar as diversas tecnologias de automação residencial.
- Verificar dentre as tecnologias de automação residencial as quais que viabilizam o uso eficiente da energia elétrica em residências.

1.4 JUSTIFICATIVA

Diante do racionamento de energia elétrica, acontecido em 2001, o tema de eficiência energética passou a ter importância ainda maior em todos os setores da sociedade. As certificações prediais, normas e programas governamentais são indicativos de que se trata de um tema importante e que tem sido alvo de estudo e busca de melhorias nos últimos anos.

De acordo com o gráfico mostrado na Figura 1, retirado do Balanço Energético do Paraná, realizado pela COPEL, nota-se um aumento no uso de

eletricidade nas residências do estado nos últimos anos. Este levantamento, que trouxe seus dados mais recentes do ano de 2009, logo após a crise financeira mundial do segundo semestre de 2008. Contudo, as medidas anticíclicas colocadas em prática pelo Governo Federal resultaram na elevação do consumo das famílias. Isso se reflete no consumo de energia, que apresentou elevação de 1,6% em relação ao ano anterior. O consumo de eletricidade teve um incremento de 5,3% em 2009, graças à elevação no patamar de consumo das famílias nas classes D e E, conforme pode ser visualizado na Figura 1. (COPEL, 2011)

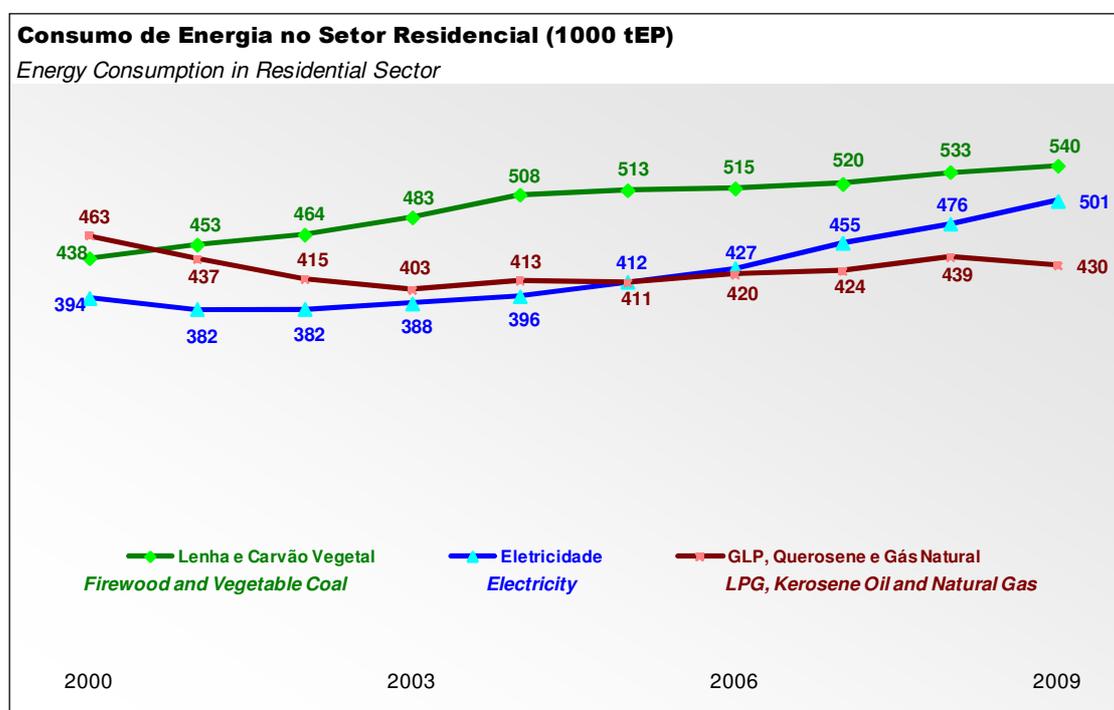


Figura 1 - Consumo de Energia no Setor Residencial (1000tEP)

Fonte: (COPEL, 2011)

Então, por ser um setor que é bastante representativo no consumo de energia, como se pode observar na tabela 1, seu aumento de consumo, referendado pelos dados acima, justifica uma investigação acerca de eficiência energética no setor residencial.

CONSUMO E NÚMERO DE CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA – 2011		
CATEGORIAS	CONSUMO (Mwh)	CONSUMIDORES
Residencial	1.567.804	631.099
Setor secundário	1.097.907	12.112
Setor comercial	1.367.632	74.807
Rural	1.157	105
Outras classes	380.872	7.255
Consumo livre (Indústria)¹	245.824	7
TOTAL	4.661.196	725.385

Tabela 1 - Consumo e quantidade de consumidores de energia elétrica – 2011

FONTE: (COPEL,2011)

A otimização no uso da energia não é uma ação que deve ser tomada sem um estudo aprofundado como base. O estudo de otimização visa analisar métodos do uso eficiente de energia levando em conta fatores observados na prática, pois é possível ter redução no consumo de energia elétrica em várias áreas, porém algumas vezes a otimização será cara demais e não se justifica, a exemplo de se trocar toda a iluminação de uma garagem por lâmpadas de LED, ou então utilizar um sistema de aquecimento solar em um local em que se utiliza a água aquecida poucas vezes. Para casos como esses, compensa realizar um trabalho de conscientização, mudança de procedimentos e outros meios que reduzam o tempo em que aquele equipamento ficará ligado.

¹ Refere-se ao consumo de energia elétrica da autoprodução da indústria. Inclui os consumidores atendidos por outro fornecedor de energia e os que possuem parcela de carga atendida pela COPEL Distribuição e a outra parcela por outro fornecedor.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho está composto pelas seguintes etapas:

1ª etapa: Revisão bibliográfica da literatura, consistindo de livros, teses, monografias, dissertações, sites de programas de eficiência energética, sites e documentos governamentais com o objetivo de verificar formas de reduzir o consumo de eletricidade em residências.

2ª etapa: Revisão bibliográfica da literatura, consistindo de livros científicos, teses, monografias e dissertações sobre os conceitos de automação predial com a finalidade de descobrir tecnologias aplicáveis e suas características.

3ª etapa: Com as técnicas estudadas para melhorar a eficiência dos sistemas, aliadas ao conhecimento das tecnologias disponíveis para automatizar tarefas, serão expostas alternativas de como utilizar a automação residencial e suas tecnologias para tornar o consumo de energia pelas cargas mais eficiente e de maneira autônoma.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos:

Capítulo 1: Delimitação do tema de eficiência energética, refletindo sobre a importância de ações para a melhoria desta no setor residencial, justificando com dados atuais relacionados.

Capítulo 2: Apresentação de conceitos básicos relacionados com as principais cargas elétricas encontradas em residências, que podem ser alvo de melhoria na eficiência. Há também um estudo sobre o sistema tarifário aplicável a consumidores residenciais.

Capítulo 3: Descrição de conceitos de automação residencial, definições relativas a controle e tecnologias aplicáveis a cada uso final de energia, mostrando soluções de automação

Capítulo 4: Neste capítulo haverá a conexão entre o que foi descoberto e sua aplicação, em outras palavras, vai ser definida qual técnica de automação será aplicada em determinada situação não eficiente de consumo energético.

Capítulo 5: Discussão das conclusões obtidas com o estudo e propostas de trabalhos futuros.

2 CARGAS DE UMA RESIDÊNCIA

Para que se possa verificar onde estão os principais focos de melhoria na eficiência energética em uma residência, se faz necessário uma revisão das principais cargas de uma residência.

Neste trabalho, foi usado como base o levantamento mostrado na Figura 2 em que são expostos os principais usos finais de energia elétrica em um domicílio.

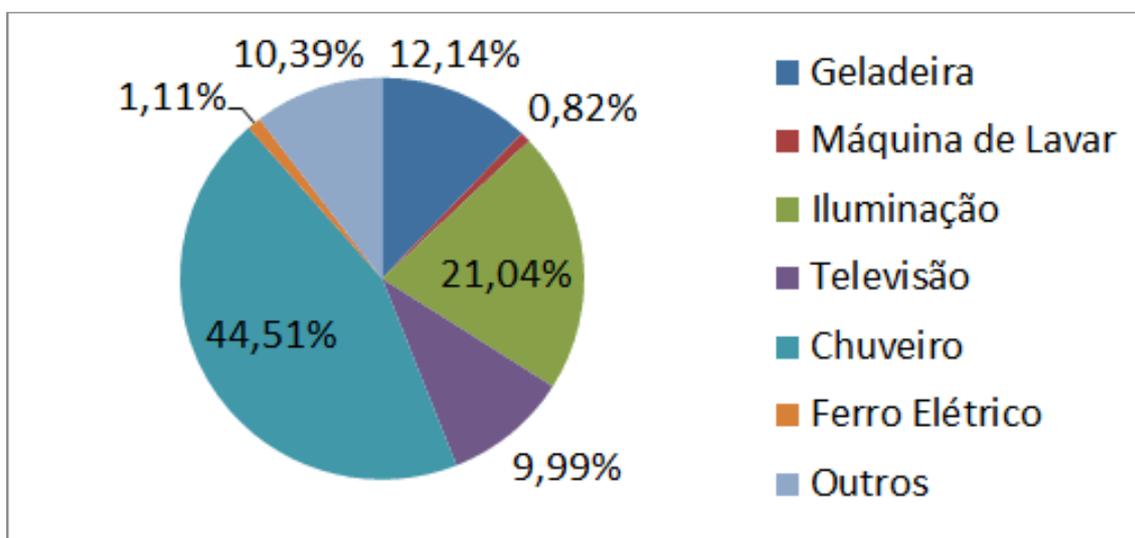


Figura 2 - Pesquisa de usos e posses de equipamentos.

FONTE: (COPEL, 2011)

São estes as cargas de iluminação, cargas motrizes (refrigerador e ar-condicionado), aquecimento de água e as demais cargas plugadas, dando ênfase a cargas em modo de baixa potência, as quais ficam conectadas o tempo todo.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

É importante destacar alguns conceitos iniciais, tais como Energia, que seria, de acordo com Boylestad (2004, p. 81) a relação dada pela seguinte equação:

$$\text{Energia (kWh)} = \text{potência (W)} \times \text{tempo (h)} / 1000$$

Outro conceito importante a ser destacado é rendimento energético, o qual é estabelecido como: (SORIA, 2009, p. 09)

$$\eta = \text{Produto} / \text{Recurso} = \text{Efeito útil} / \text{energia fornecida}$$

O sistema internacional expressa energia em J (joules), sendo mais comumente usada, para sua forma de energia elétrica, em quilowatts-hora (kWh). (SORIA, 2009, p. 09)

2.2 ILUMINAÇÃO

2.2.1 Fluxo Luminoso

Segundo Krause (2002, p. 80) o conceito de Fluxo Luminoso é de grande importância para os estudos de iluminação, representando uma potência luminosa emitida por uma fonte, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen (lm).

2.2.2 Iluminância

Iluminância é o fluxo luminoso, dado em lumens, incidente numa superfície por unidade de área. Sua unidade é o lux. (...) O melhor conceito sobre iluminância talvez seja uma densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Isto permite supor que existe um valor ótimo de luz para quantificar um projeto de iluminação. Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à iluminância foram tabelados por tipo de atividade. (KRAUSE, 2002, p.80)

2.2.3 Eficiência Luminosa

Eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo

luminoso emitido em lumens, pela potência consumida em watts. (KRAUSE, 2002, p.81)

2.2.4 Índice De Reprodução De Cor (IRC)

O índice de reprodução de cor representa a capacidade de reprodução da cor de um objeto diante de uma fonte de luz. O IRC faz uma correspondência entre a cor real de um objeto e a que ele está apresentando diante da fonte de luz. (KRAUSE, 2002, p.82)

2.2.5 Ofuscamento

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto como um ofuscamento inabilitador. (ASSOCIAÇÃO..., 2013, p. 6)

2.3 AQUECIMENTO DE ÁGUA

Os sistemas ou dispositivos de aquecimento de água (chuveiro elétrico) não só fazem parte das cargas de uma residência como também são responsáveis por 44,51% do consumo energético de uma casa.

De acordo com AGÊNCIA DE CONSERVAÇÃO..., 2013, para aquecer a água, os sistemas aquecedores podem ser de armazenamento de água, os quais envolvem cilindros de água quente) ou sistemas de fluxo contínuo (que aquecem a água quando a mesma atravessa-os). Uns sistemas são mais eficientes que outros, e o quesito eficiência ainda pode variar entre modelos do mesmo tipo porque a aplicação para a qual vão ser implementados tem o poder de tornar o uso eficiente ou ineficiente.

Os sistemas de aquecimento até então mais conhecidos são os elétricos, a gás, e os que utilizam a energia solar como combustível. Como sistemas auxiliares, *wetback* (queima de madeiras), bombas de aquecimento (as quais na realidade não aquecem de fato, elas transferem calor) podem ser

usados para complementar o sistema de aquecimento já existente como o sistema exemplificado na Figura 3 (AGÊNCIA DE CONSERVAÇÃO...,2013).

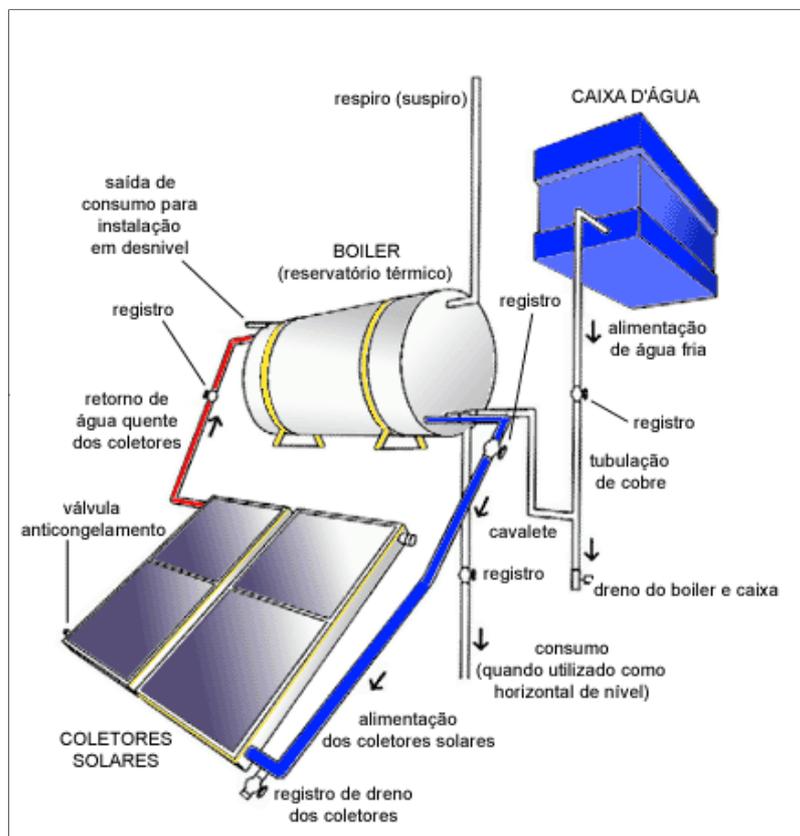


Figura 3 - O coletor solar

Fonte: SOLETROL, 2013.

O aquecimento de água por meio de um sistema solar é composto basicamente por coletores solares e reservatório térmico. As placas coletoras realizam a absorção da radiação solar, e o calor coletado pelas placas é transferido para a água. O reservatório, também nomeado de Boiler, é o local onde a água aquecida fica armazenada (AGÊNCIA DE CONSERVAÇÃO...,2013).

O funcionamento dos sistemas convencionais consiste na circulação de água através do processo natural chamado de termossifão. Esse processo natural ocorre por conta da diferença de densidade entre a água fria e a água morna, a água coletada fica mais quente e menos densa que a água do reservatório, então a água fria ocupa o lugar da água mais aquecida, fazendo com que a água quente se desloque nos dutos direcionados às torneiras e

chuveiros. Por outro lado, ao invés do processo natural, a circulação da água pode ocorrer utilizando-se de motobombas, ou seja, circulação forçada ou bombeada. O processo de circulação forçada, mais comumente, é utilizado em piscinas e sistemas de aquecimento de grandes volumes (SOLETROL, 2013).

A energia solar é um recurso que não está disponível em todo o tempo ou sempre quando há a sua necessidade, esse fato justifica a maioria dos sistemas de aquecimentos solares possuírem um sistema de aquecimento auxiliar como o sistema representado na Figura 4. Os sistemas de aquecimento são sistemas elétricos ou a gás, porém também existe a possibilidade de simplesmente o chuveiro elétrico ser utilizado (SOLETROL, 2013).

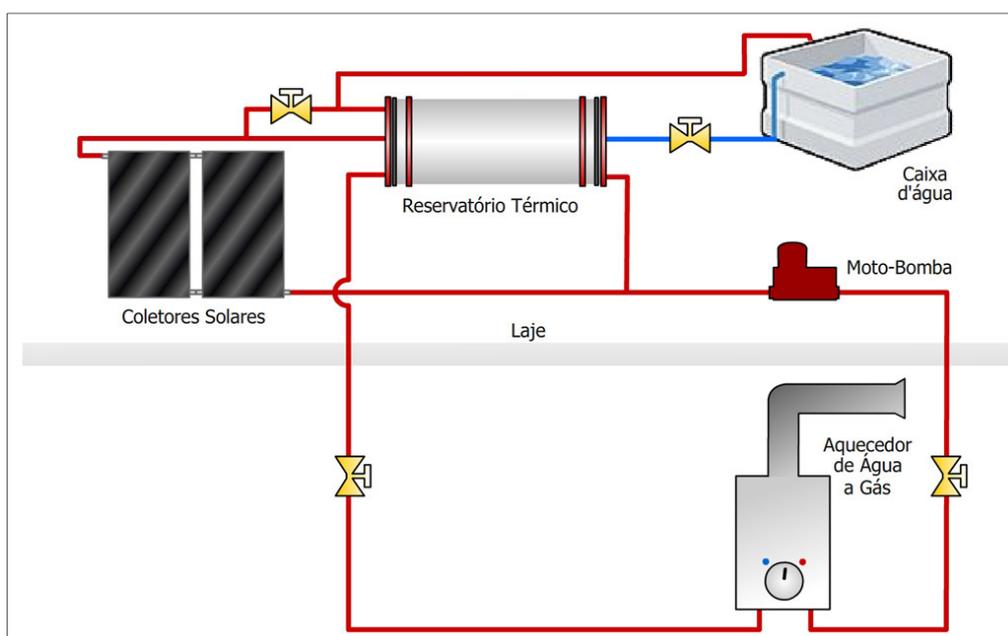


Figura 4 – Combinação de aquecimento solar e gás de passagem

Fonte: (TEKHOUSE, 2013).

Existem dois tipos de aquecedores, os aquecedores por acumulação e os aquecedores por passagem. Os aquecedores por passagem frequentemente operam para um número restrito de pontos de água quente. Eles podem ser mecânicos, eletrônicos e até mesmo controlados digitalmente (FORTE, 2013).

A combinação dos dois tipos de aquecedores também pode trazer conforto e benefícios em relação ao consumo e a escolha de adquirir um deles ou a combinação de ambos deve ser feita levando-se em consideração a construção do banheiro e instalação do sistema, consumo de energia elétrica, consumo de água, e manutenção. Essa combinação é chamada de central térmica pelas empresas que realizam esse tipo de instalação e esta é basicamente formada por um aquecedor de passagem ligado a uma bomba e a uma central de acumulação (FORTE, 2013).

Os aquecedores de passagem e acumulação podem ser elétricos ou a gás. Os aquecedores elétricos de passagem são os chuveiros elétricos, aquecedores de torneiras, como por exemplo. Os aquecedores elétricos de acumulação são os boilers, possuem formato similar aos aquecedores a gás. As desvantagens dos aquecedores de passagem e acumulação são o consumo elevado e o custo elevado desses equipamentos (FORTE, 2013).

Em casas onde não existem sistemas completos para aquecimento de água das torneiras e chuveiros, comumente encontram-se chuveiros elétricos para o aquecimento do banho pelo menos (INSTITUTO...,2013).

Os chuveiros elétricos como os da Figura 5 possuem câmaras onde a água entra em contato com o dispositivo de aquecimento o qual é ligado à rede de energia. A corrente da rede de energia passa pelo dispositivo de aquecimento quando a torneira é aberta e o diafragma do chuveiro é pressionado pela água. A temperatura da água depende da potência elétrica dissipada na resistência (INSTITUTO...,2013).

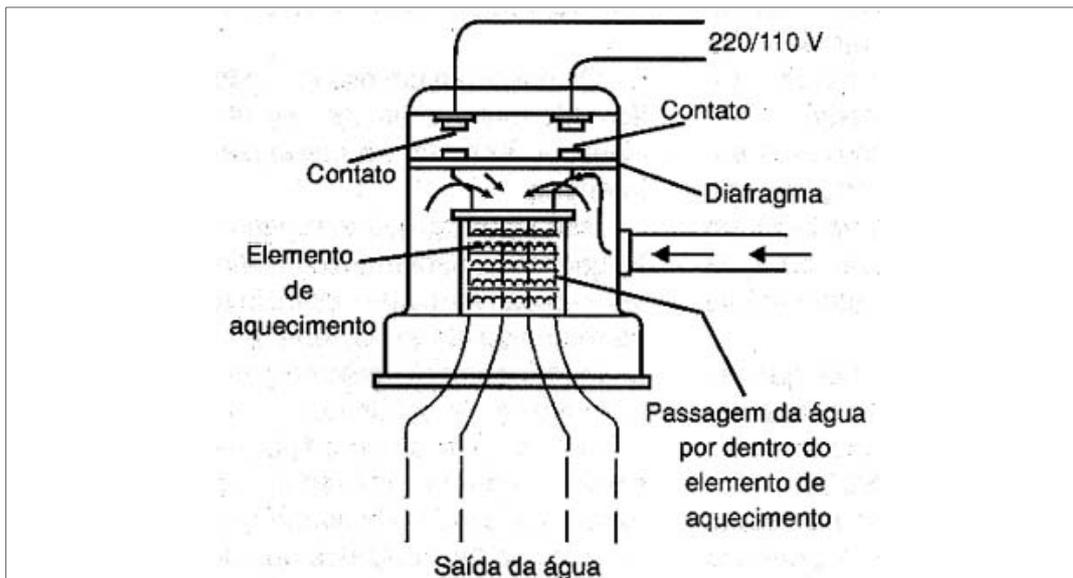


Figura 5 - Um chuveiro em corte

Fonte: (INSTITUTO...,2013)

A resistência, ou o comprimento da mesma, pode controlar a temperatura para “verão” ou “inverno” através de um botão que quando acionado regula o tamanho dessa resistência (INSTITUTO...,2013).

2.4 CARGAS MOTRIZES

No contexto de cargas residenciais compreendem-se como principais cargas motrizes equipamentos como geladeira e ar-condicionado. A importância no uso racional da energia elétrica neste setor se deve ao fato de que somente a geladeira é responsável por 12,14% do consumo residencial de energia, conforme demonstrado na figura 2, sendo esta, portanto a terceira maior carga consumidora de energia de uma residência.

2.4.1 Geladeira

Considerado um eletrodoméstico essencial a geladeira está presente em mais de 90% dos lares Brasileiros desde 2007 segundo pesquisa do IBGE, conforme a tabela 2:

Ano	Geladeiras/Domicílio (%)
2001	85,11
2002	86,64
2003	87,26
2004	87,25
2005	87,86
2006	88,99
2007	90,58
2008	92,06
2009	93,31
2011	95,75

Tabela 2 - Domicílios particulares permanentes, por posse de geladeira.

Fonte: IBGE, 2011.

O avanço tecnológico trouxe melhorias significativas no consumo energético dos refrigeradores domésticos as quais estão relacionadas principalmente com a eficiência do compressor e também com o nível de isolamento térmico dos refrigeradores. Tal melhoria inspirou um programa governamental no Brasil, e também em outros países no mundo como Itália, México, Colômbia e Cuba, que incentivou a troca de geladeiras antigas por geladeiras novas pela população de baixa renda. O programa se estendeu por todos os estados do país e atingiu a marca de 628.297 aparelhos trocados entre março de 2008 até março de 2012 (AGÊNCIA NACIONAL..., 2012).

2.4.2 Sistemas De Ar-Condicionado

Condicionamento de ar é um processo onde simultaneamente condiciona-se distribui o ar para um espaço condicionado e ao mesmo tempo controla e mantém a requerida temperatura, umidade, movimentação do ar, limpeza do ar, nível de ruído e pressão diferencial com limites predeterminados

para saúde e conforto dos ocupantes ou processamento de produto do espaço interno. (WANG, 1999 seção 9-1)

Existem vários sistemas de condicionamento de ar, também conhecidos como sistemas HVAC – *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado), dentre eles o tipo mais usado em construções residenciais é sistema de ar condicionado individual:

O sistema de ar condicionado individual normalmente emprega em um único pacote um sistema de condicionamento de ar instalado em uma janela, preso a uma parede ou em uma unidade externa para servir a um único cômodo conforme demonstrado na “Figura 6 - Sistema individual de condicionamento de ar.”. Isso significa que o dispositivo é fabricado e construído em um único pacote pronto para ser instalado e utilizado. (WANG 1999, seção 9-3)

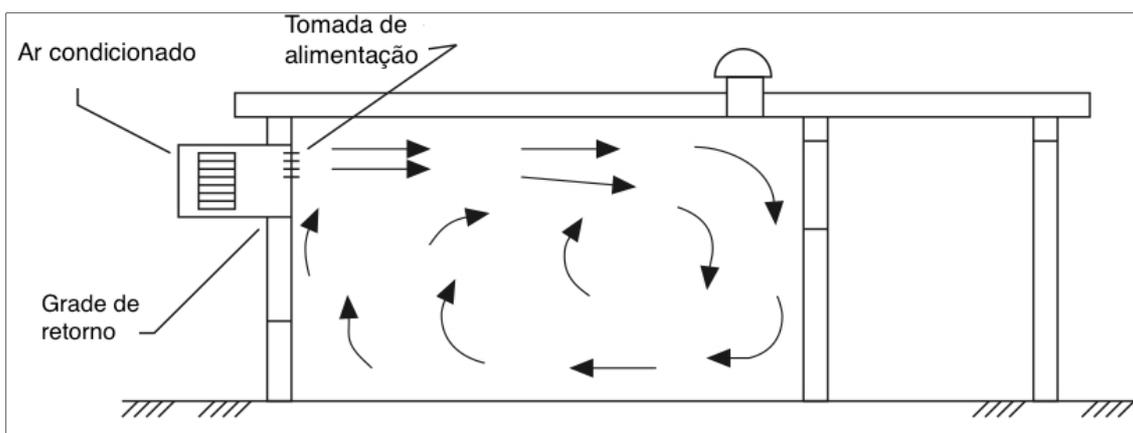


Figura 6 - Sistema individual de condicionamento de ar.

Fonte: Adaptado de (Wang 1999 seção 9-1)

Segundo Braga, 2007, os principais aparelhos para instalações de pequena e média capacidades que são cada vez mais utilizados, devido à economia no consumo de energia elétrica são: aparelhos de janela, *splits* e *self contained*.

Aparelhos do tipo janela são compactos e portanto mais simples de serem instalados. Seu uso se restringe a pequenos ambientes que não possuem grandes exigências na qualidade e movimentação de ar ou no nível de ruído. São fabricados com capacidades que variam de 7.500 a 30.000

BTU/h (ALVAREZ, 1998).

Aparelhos do tipo *split* são divididos em duas unidades: condensador e evaporador representados respectivamente de cima para baixo na Figura 7. O condensador é instalado em uma área externa ao ambiente, este bombeará o fluído refrigerante para o evaporador. O evaporador é colocado no ambiente a ser climatizado e deste sairá a ventilação necessária para refrigerar o ambiente. Estes equipamentos, se comparados aos aparelhos de janela, apresenta nível de ruído reduzido e são produzidos com capacidades que variam de 7.500 a 60.000 BTU/h (ALVAREZ, 1998).

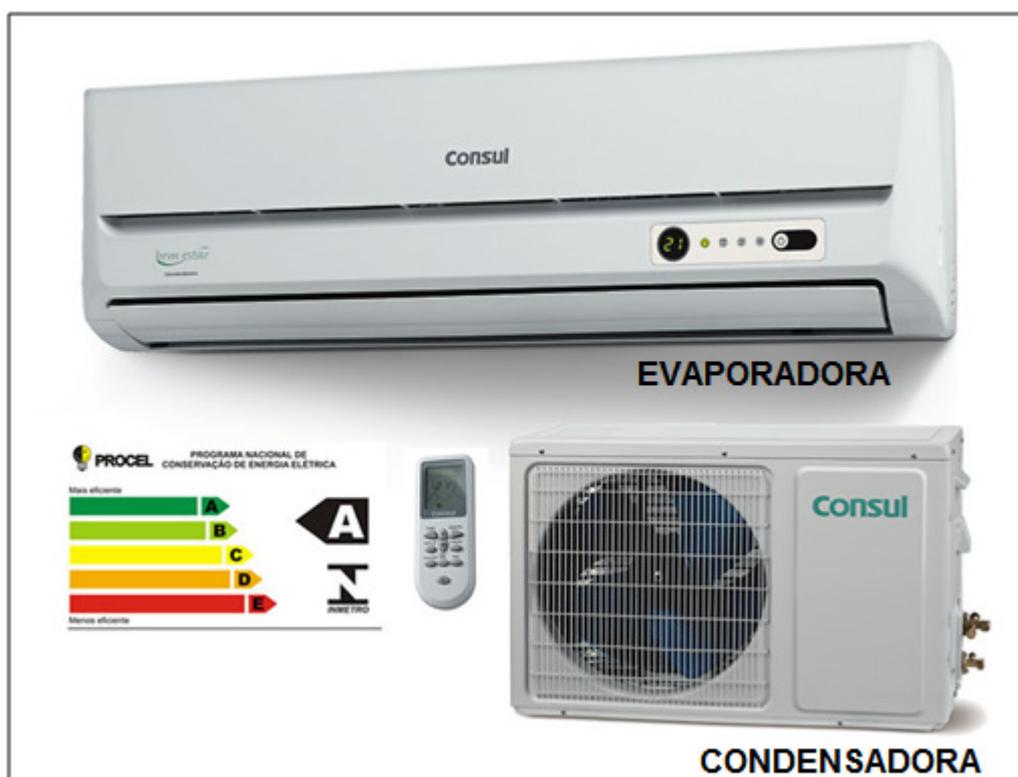


Figura 7 - Ar condicionado do tipo *Split*.

Fonte: CONSUL, 2014

Os sistemas *self contained* geralmente são dotados de uma rede de dutos que atendem a maiores capacidades. Estes podem ser de condensação a ar ou a água, sendo que este último requer uma linha alimentadora de água. Os aparelhos do tipo *self contained* exemplificados na Figura 8 são produzidos com capacidade variando de 60.000BTU/h até 216.000 BTU/h (BRAGA, 2007).



Figura 8 - Ar condicionado *Self Contained*.

Fonte: TRANE,2014.

A escolha da tecnologia de refrigeração empregada afeta diretamente no consumo de energia e portanto, na eficiência no sistema. Para verificação da taxa de eficiência energética - Eq. 1 EER (*ENERGY EFFICIENCY RATE*) - dos aparelhos de refrigeração de ambiente é necessário fazer uma relação entre o fluxo de calor retirado do ambiente e a potência elétrica demandada (ALVAREZ, 1998).

$$EER = \frac{\text{Capacidade de Refrigeração}}{\text{Demanda Média do Aparelho}} \left(\frac{\frac{BTU}{h}}{W} \right)$$

Eq. 1 EER (*ENERGY EFFICIENCY RATE*)

Os valores de EER típicos para alguns aparelhos de ar-condicionado estão expostos na tabela 3:

Tipo de Equipamento	Capacidade [BTU/h]	EER [BTU/h/W]
Aparelho de janela	15.000	7,9
Aparelho de janela	18.000	9,5
Aparelho de janela	30.000	9,7
<i>Split</i>	40.000	7,2
<i>Split</i>	90.000	13,0
<i>Self contained a ar</i>	90.000	7,3
<i>Self contained a água</i>	100.800	10,6

Tabela 3 - Valores de EER típicos de aparelhos de ar-condicionado

Fonte: Adaptado de (PROCEL, 2001).

Além da escolha correta na tecnologia do aparelho, segundo o manual de Conservação de Energia, 2006, da Eletrobrás alguns fatores devem ser considerados na realização de um projeto de condicionamento de ar, alguns deles são:

- Possibilidade do controle de temperatura (termostato)
- Iluminação do ambiente: lâmpadas incandescentes podem aquecer o ambiente, fazendo com que a energia gasta para resfriar o ambiente seja desperdiçada.
- Incidência de raios solares.
- Isolamento térmico

Fonte: (PROCEL, 2001 p.344)

2.5 CARGAS EM STAND-BY

Alguns aparelhos eletroeletrônicos somente são desligados completamente quando desconectados das tomadas. Enquanto conectados, consomem potência elétrica continuamente. Este consumo é chamado potência em modo de espera ou modo de baixa potência (LABORATÓRIO...,

2013).

O Laboratório Nacional de *Lawrence Berkeley*, publicou, em 2008, um estudo, à pedido do governo do Estado da Califórnia, E.U.A., relacionado ao comportamento de consumo dos aparelhos eletroeletrônicos instalados nas residências, a fim de verificar o consumo em modo de espera (em inglês *stand-by* ou *low-power mode*).

Segundo Laboratório..., (2008, p. 2), uma casa na Califórnia possui em torno de 44 produtos com um ou mais de um modo de espera. Metade da energia gasta em modo de espera concentra-se em quatro categorias: aparelhos *set-top* (categoria esta que engloba os receptores de televisão via satélite e à cabo), áudio, vídeo e telas. O gráfico da Figura 9 mostra o percentual das categorias encontradas:

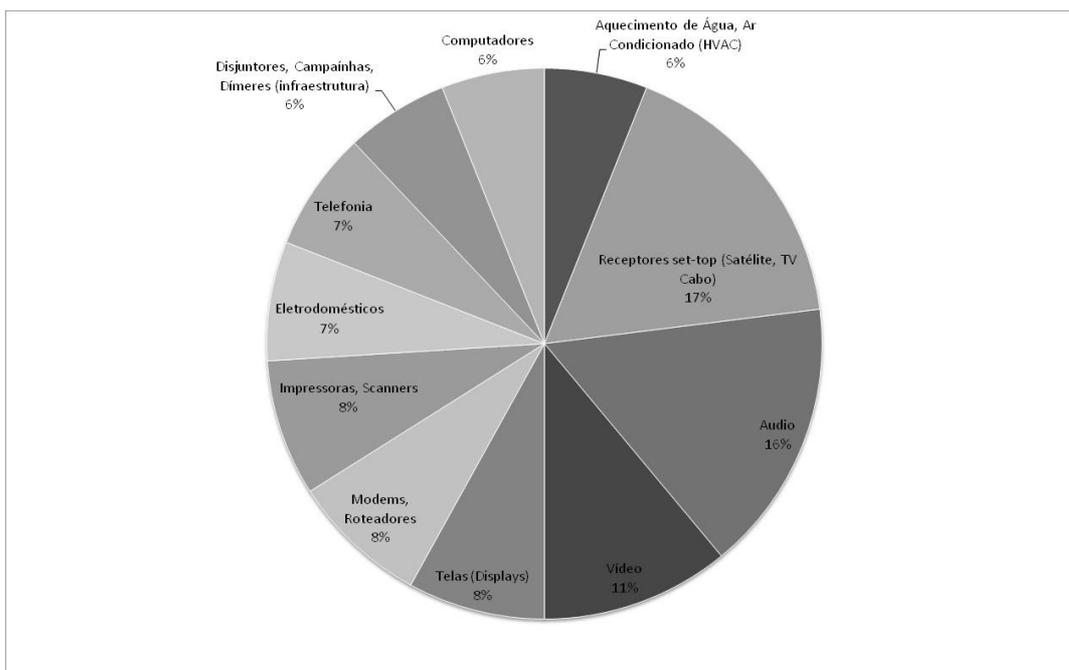


Figura 9 – Percentuais de Consumo de Energia por categoria de produtos.

FONTE: Adaptado de Laboratório..., (2008, p. 2)

A Tabela 4 – Principais cargas e consumos de aparelhos em modo de espera mostra as cargas mais importantes em termos de consumo em baixa potência, indicando a quantidade de energia por ano gasta por determinada carga, qual a potência média de cada carga e o percentual frente ao total gasto

pelas cargas em modo de espera:

Cargas	Energia (kWh/ano)	Potência (W)	Percentual do Total
Receptor de TV via Satélite	58	7	6%
Receptor de TV via Cabo	50	6	5%
Televisor (Tubo de Raios Catódicos)	47	5	5%
Gravadores de Video (DVR)	38	4	4%
Sistemas de Som (Mini)	38	4	4%
Computador de Mesa	37	4	4%
Sistemas de Som	33	4	3%
Telefones sem fio	33	4	3%
Central do Ar Condicionado	27	3	3%
Forno de Microondas	26	3	3%

Tabela 4 – Principais cargas e consumos de aparelhos em modo de espera.

FONTE: Adaptado de Laboratório..., (2008, p. 3)

A definição para potência em modo de espera é, segundo Laboratório..., (2008, p. 3), é a menor potência usada por um aparelho enquanto conectado à rede. No estudo das casas na Califórnia, o total destas potências foi de 54 W. Outros modos de baixa potência resultaram num total de 58 W. O consumo total, então, de aparelhos em baixa potência em casas na Califórnia ficou em 112 W, que, segundo o estudo, impacta em um consumo de 980 kWh/ano. (LABORATÓRIO..., 2008, p. 3).

Laboratório..., (2008, p. 3) também destacou que o consumo possui tendência de aumento, podendo chegar em 132 W, o que resultaria em um consumo de 1.160 kWh/ano.

2.6 TARIFAÇÃO

Segundo Agência Nacional..., 2013, o conceito de tarifa de energia elétrica pode ser definido como:

“A tarifa regulada de energia elétrica aplicada aos consumidores finais corresponde a um valor unitário, expresso em reais por quilowatt-hora (R\$/kWh). Esse valor, ao ser multiplicado pela quantidade de energia consumida num determinado período, em quilowatt (kW), representa a receita da concessionária de energia elétrica.”.

De acordo com Soria (2008, p. 115), o sistema tarifário é dividido em dois grandes grupos, conforme a tensão de fornecimento com que os consumidores são atendidos pela concessionária de energia elétrica.

Consumidores com tensões de fornecimento abaixo de 2,3 kV fazem parte do grupo B e os consumidores atendidos em tensão igual ou superior fazem parte do grupo A. (SORIA, 2008, p. 115)

Os consumidores residenciais fazem parte do grupo B-1, utilizando o sistema convencional, o qual, segundo Soria (2008, p.115), é uma tarifação monômnia, em que somente é faturado o consumo da energia elétrica, independente do horário em que é utilizada.

Segundo Agência Nacional..., (2014), a partir de Março de 2014, o consumidor residencial poderá enquadrar-se em outro perfil de consumo, a tarifa branca, vista com detalhes adiante. Contudo, esta data de adesão pode ser alterada, pois depende de resultados da audiência pública 043/2013, realizada pela ANEEL.

2.6.1 Tarifa Branca

2.6.1.1 Características da tarifa branca

Segundo Agência Nacional..., (2013), A Tarifa Branca é uma nova opção de tarifa que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo. Ela é oferecida para as instalações em baixa tensão.

Com a Tarifa Branca, o consumidor passa a ter possibilidade de pagar valores diferentes em função da hora e do dia da semana conforme demonstrado na Figura 10.

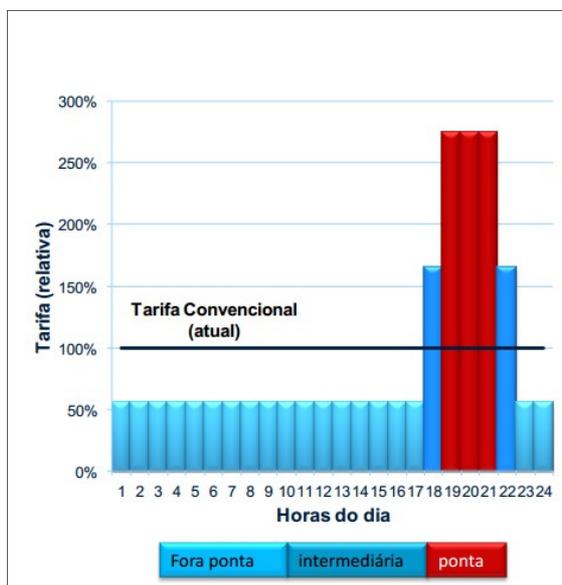


Figura 10 – Comparativo entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional.

FONTE: Agência Nacional..., 2013

2.6.1.2 Simulações de Consumo com Tarifa Branca

Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia fora do período de ponta, diminuindo fortemente o consumo na ponta e no intermediário, a opção pela Tarifa Branca oferece a oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida. (Agência Nacional..., 2013)

A Agência Nacional de Energia Elétrica realizou simulação de consumo de dois consumidores residenciais com o uso de tarifa convencional e com a adoção de tarifa branca.

Os valores de fatura de energia dos dois consumidores com os perfis de consumo vistos na Figura 11 são expostos abaixo, tendo-se em conta a tarifa convencional e a tarifa branca.

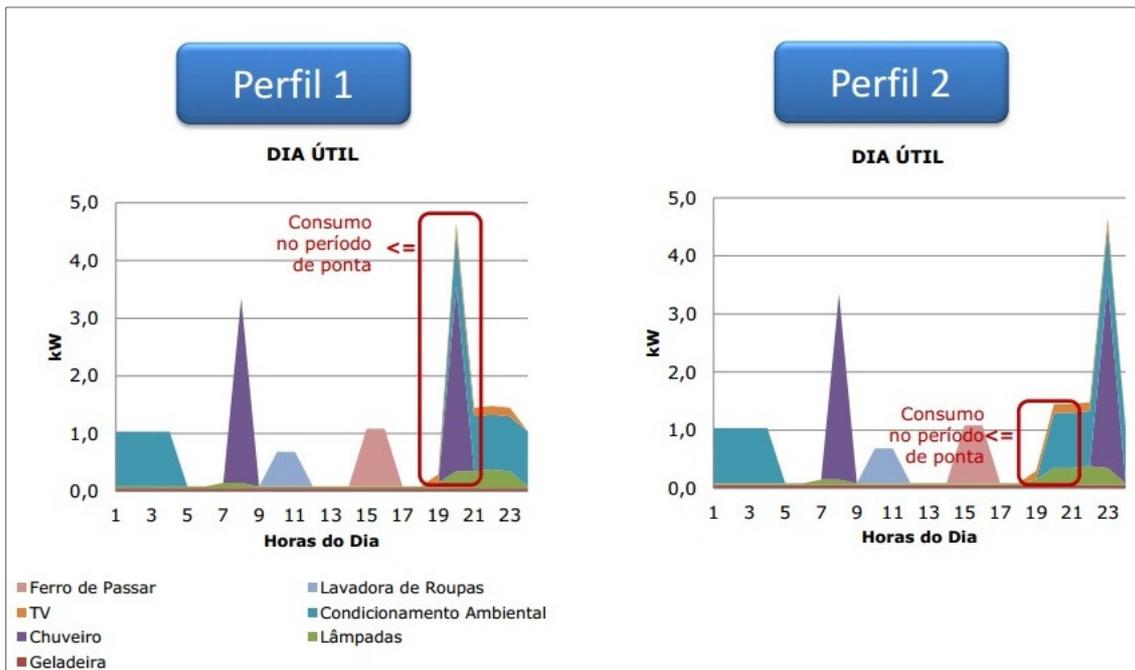


Figura 11 - Perfis de Consumidores Residenciais

FONTE: Agência Nacional..., 2013

Como exemplo, têm-se dois valores de tarifas para consumidores residenciais conforme demonstrado na Figura 12.

Perfil 1				Perfil 2			
TARIFA CONVENCIONAL				TARIFA CONVENCIONAL			
	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)		Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)
Energia	610,20	0,28478	173,77	Energia	610,20	0,28478	173,77
Tributos				Tributos			
Aliquota	23,80%		Valor a pagar (R\$)	Aliquota	23,80%		Valor a pagar (R\$)
Valor (R\$)	54,28		228,05	Valor (R\$)	54,28		228,05
TARIFA BRANCA				TARIFA BRANCA			
	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)		Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor (R\$)
Fora Ponta	449,30	0,22419	100,73	Fora Ponta	516,50	0,22419	115,79
Intermediária	26,65	0,32629	8,69	Intermediária	26,65	0,32629	8,69
Ponta	134,25	0,51792	69,53	Ponta	67,05	0,51792	34,73
Tributos				Tributos			
Aliquota	23,80%		Valor a pagar (R\$)	Aliquota	23,80%		Valor a pagar (R\$)
Valor (R\$)	55,89		234,85	Valor (R\$)	49,73		208,95

Figura 12 – Valores de fatura para os consumidores residenciais

FONTE: Agência Nacional..., 2013

De acordo com a conceituação apresentada, com a tarifa branca, cargas que estiverem sendo alimentadas durante o horário de ponta sofrerão tarifação mais alta. Justifica-se então, a utilização de técnicas de automação a fim de proporcionar economia. Esta economia pode proporcionar um alívio de carga no sistema elétrico durante o horário de pico.

Levando em consideração o que foi visto, relacionado às cargas de uma residência, na sequência serão estudados conceitos e técnicas de automação aplicáveis às cargas acima descritas.

Então, vistos alguns conceitos relevantes acerca das cargas encontradas em residências, no capítulo 3, serão vistos alguns conceitos sobre automação, desde conceituação básica até aplicações de automação para as cargas elétricas de uma residência vistas até aqui.

3 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Com automação residencial o que se objetiva é integrar dispositivos e tecnologias para que acionamentos e controles ocorram de maneira automatizada, fornecendo ao usuário maior conforto e eficiência. Segundo Dias (2004 p. 10), o gerenciamento do consumo de energia e água, os controles de iluminação, acesso, climatização, comunicação, informática etc, integrados e comandados por um sistema de automação, tem demonstrado a possibilidade de tornar o ambiente de trabalho e de casa muito mais produtivo, saudável e eficiente.

Segundo Dias (2004, p. 15), o sistema domótico é composto de uma rede de comunicação que permite a interconexão de uma série de dispositivos, equipamentos e outros sistemas, com o objetivo de obter informações sobre o ambiente residencial e o meio em que ele se insere, e efetuando determinadas ações a fim de supervisioná-lo ou gerenciá-lo. A automação residencial será o método utilizado para evitar desperdícios de energia nestes dispositivos.

Através da automação residencial, toda a iluminação de uma casa pode ser controlada além do interruptor convencional de parede. Sistemas inteligentes podem acentuar os detalhes arquitetônicos de uma sala ou criar ambientes especiais para a utilização do home-theater ou para a leitura de um livro, por exemplo. Economia de eletricidade é outra vantagem, pois a intensidade de luz é regulada conforme a necessidade e as lâmpadas não precisam operar com seus brilhos máximos como acontece normalmente. (BOLZANI, 2004, p.80).

Segundo Bolzani (2004 p. 80) historicamente os equipamentos de controle de iluminação sempre foram o ponto de partida no processo de automação de uma casa. Com sensores de luminosidade e ocupação integrados a uma programação que se ajuste ao tipo de ambiente é possível alcançar redução em torno de 30% e 50% no consumo de energia das lâmpadas.

Neste estudo, não somente iluminação, mas outras cargas serão abordadas.

3.1 INTRODUÇÃO AO CONTROLE

O controle tem sido de grande importância em diferentes aplicações, entre elas sistemas de veículos espaciais, sistemas de direcionamento de mísseis, sistemas robóticos e similares, máquinas-ferramentas nas indústrias manufatureiras, projetos de sistemas de piloto automático na indústria aeroespacial e no projeto de carros e caminhões na indústria automotiva. O controle também é utilizado em operações industriais como o controle de pressão, temperatura, umidade, viscosidade e vazão. Portanto, o controle automático contribui com o avanço da engenharia e da ciência, e os avanços do controle trazem muitos meios de otimização dos sistemas dinâmicos, melhoram a produtividade, diminuem o trabalho árduo de operações manuais repetitivas, e também eficientizar o uso da energia (OGATA, 2005, p. 1).

3.1.1 Definições Básicas De Controle

3.1.1.1 Variável controlada e variável manipulada

A variável controlada é a grandeza que é medida e controlada, normalmente ela é a saída do sistema. A variável manipulada é a grandeza modificada pelo programador a fim de afetar o valor da variável controlada. A variável manipulada é a variável que sofre as alterações para que a variável controlada seja a saída desejada do sistema. (OGATA, 2005, p. 2)

3.1.1.2 Sistemas a controlar ou plantas

A planta ou o sistema é uma parte de um equipamento, eventualmente um conjunto de itens de uma máquina, que funcionam conjuntamente com o objetivo de realizar uma dada função (NISE, 2002, p. 2).

3.1.1.3 Processos

O processo é toda operação a ser controlada (NISE, 2002, p. 10).

3.1.1.4 Sistemas

Um sistema é a intervenção de componente que agem juntamente para atingir o mesmo resultado. Um sistema não deve apenas ser atrelado a componentes físicos, sistemas também são abstratos, como por exemplo, os sistemas econômicos. (OGATA, 2005 p. 2)

3.1.1.5 Distúrbios

Os distúrbios são sinais que tendem a afetar de maneira adversa o valor da variável de saída do sistema (NISE , 2002 p. 8).

3.1.1.6 CONTROLE COM REALIMENTAÇÃO

No controle com realimentação ou malha fechada uma operação na presença de distúrbios tende a diminuir a diferença entre a saída de um sistema e alguma entrada de referência (OGATA, 2005 p. 2).

3.2 AUTOMAÇÃO EM ILUMINAÇÃO

3.2.1 Chaveamento

O chaveamento é, segundo Leslie (1996, p. 191) realizado por dispositivos chamados chaves ou interruptores como os da Figura 13, que são controles que realizam a energização e desenergização da lâmpada ou

luminária. Estas operações, em geral, podem ser feitas manualmente. Contudo, existem equipamentos que realizam o chaveamento de maneira autônoma, tais como fotocélulas, sensores de movimento e/ou presença e temporizadores.

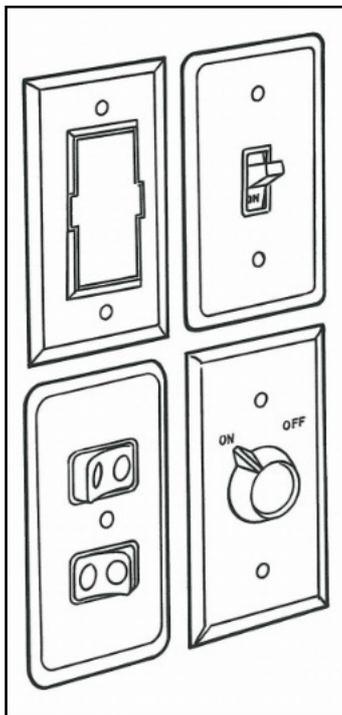


Figura 13 – Alguns exemplos de chaves ou interruptores para iluminação.

Fonte: LESLIE, 1996, p. 191

3.2.2 Dímeres²

A dimerização consiste no controle da intensidade luminosa de uma fonte. Hoje os dímeres possuem dois propósitos, conservação de energia e efeito estético. O controle de luminosidade é largamente utilizado no mundo todo. Estima-se que somente nos Estados Unidos existem aproximadamente

² Embora esta tradução não seja comum, a mesma está incluída no Dicionário Caudas Aulete (aulete.uol.com.br) (dí.mer) sm.

1. Elet. Aparelho que permite regular a intensidade de um feixe luminoso. [F.: Do ing. dímer.]

150 milhões de dimeres instalados em residências nas mais diversas aplicações, como na Figura 14 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., 2010 pag 4).

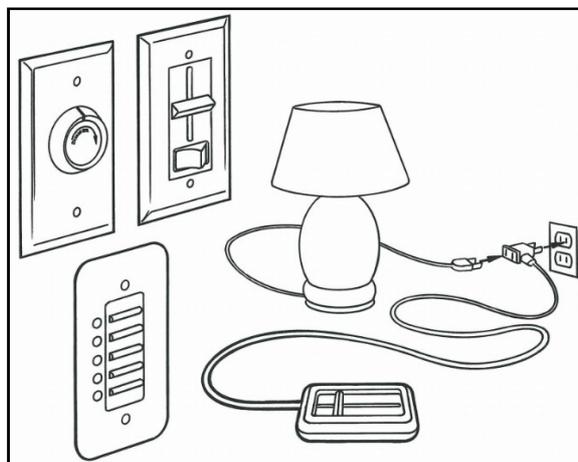


Figura 14 – Alguns exemplos de dimeres.

Fonte: LESLIE, 1996, p. 194

3.2.2.1 Dimeres em lâmpadas incandescentes

Lâmpadas incandescentes podem ter sua luminosidade alterada com a diminuição da tensão aplicada no filamento da lâmpada. Quando a tensão é diminuída menos potência é dissipada, menos luz é produzida e a temperatura da cor também decresce conforme representado na Figura 15. Um benefício adicional é o aumento da vida útil da lâmpada. Por exemplo, quando uma lâmpada incandescente opera em 80% da sua tensão nominal a sua vida útil é acrescida em 20% (SOCIEDADE..., 2000 p. 247).

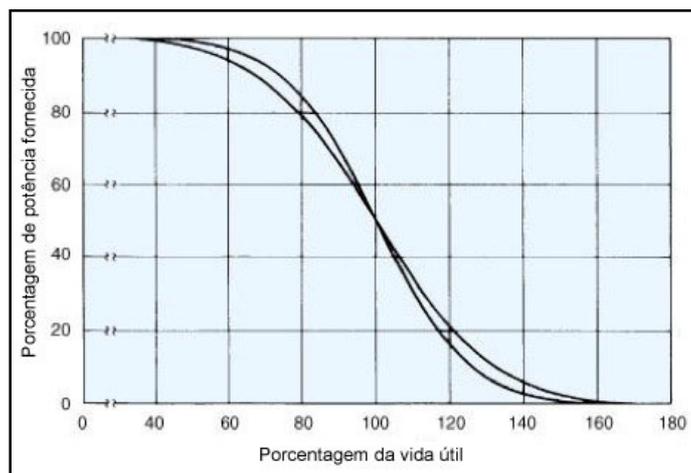


Figura 15 - Relação entre nível de tensão e tempo de vida de uma lâmpada incandescente.

FONTE: Adaptado de SOCIEDADE..., 2000 p. 247

Na década de 50, reostatos eram utilizados como dímeros, regulando somente a corrente aplicada na lâmpada, método extremamente ineficiente. Hoje a maioria dos dímeros são eletrônicos, utilizando tiristores e transistores que dissipam baixa potência. Dímeros modernos são eficientes e reduzem a potência conforme a fonte é dimerizada. Tiristores operam em alta velocidade alternando a tensão da lâmpada entre os níveis ligado e desligado. Essa operação dos tiristores pode causar interferência eletromagnética em outros equipamentos eletrônicos assim como podem causar ruído no filamento da lâmpada (SOCIEDADE..., 2000 p. 247).

3.2.2.2 Dímeros em lâmpadas fluorescentes

Vários modelos de lâmpadas fluorescentes são dimerizáveis. Dimerizar uma lâmpada fluorescente difere da dimerização de lâmpadas incandescentes em dois pontos chave. Primeiramente dímeros de lâmpadas fluorescentes não possuem nível zero de iluminação como nas lâmpadas incandescentes. Porém, existem produtos que diminuem para até 25% da iluminação máxima da lâmpada. Segundo, quando uma lâmpada fluorescente é dimerizada a temperatura da cor varia substancialmente se comparada com as lâmpadas

incandescentes (SOCIEDADE..., 2000 p. 267).

A dimerização é realizada através da diminuição da corrente eficaz da lâmpada. Para ser realizado é preciso iniciar fornecendo a tensão nominal e manter uma tensão estritamente necessária a cada metade de um ciclo de 60Hz (SOCIEDADE..., 2000 p. 268).

A maioria dos sistemas atuais de dimerização de lâmpadas fluorescentes incorpora um reator que utiliza alta frequência (de 20 a 50 kHz) alternando a corrente da lâmpada. Reatores dimerizáveis eletrônicos são mais eficientes que os antigos autotransformadores utilizados internamente aos reatores antigos para dimerizar lâmpadas fluorescentes (SOCIEDADE..., 2000 p. 268).

A maioria dos reatores eletrônicos fornece economia de energia aproximadamente proporcional a redução da iluminação da lâmpada. Isso se torna mais evidente então a partir de 25% da iluminação nominal, conforme pode ser conferido no gráfico da Figura 16. Além disso, é importante notar que a vida útil da lâmpada também é estendida e a vibração da lâmpada também é reduzida (SOCIEDADE..., 2000 p. 268).

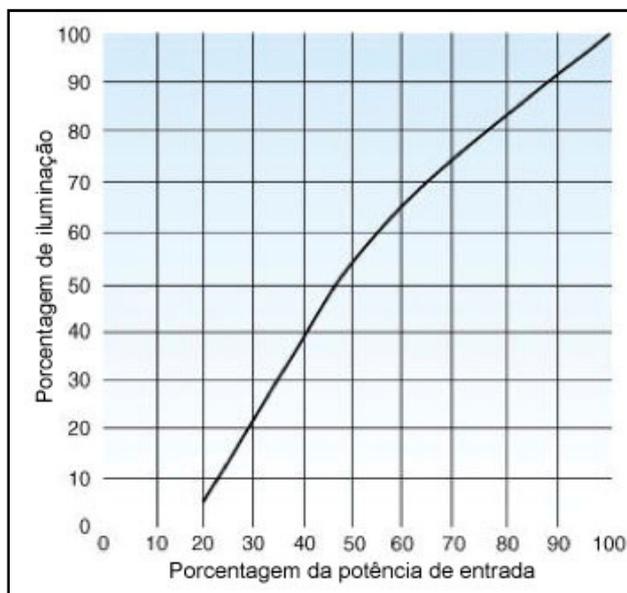


Figura 16 - Potência de entrada vs. potência de saída de uma lâmpada comum de 40 watts dimerizável.

FONTE: Adaptado de SOCIEDADE..., 2000 p. 247

A *performance* de um sistema de dimerização de uma lâmpada fluorescente talvez não seja satisfatória se a lâmpada não for corretamente

dimensionada de acordo com o reator e o método de controle. Existe a necessidade de seguir a recomendação do fabricante, caso contrário os efeitos de economia de energia pode não ser alcançado e a vida útil da lâmpada pode ser diminuída (SOCIEDADE... 2000 p. 268).

3.2.2.3 Dímeres em lâmpadas leds

Todos os LEDs são dimerizáveis, porém, alguns controladores utilizados em LEDs de potência não são. Portanto é necessário verificar a possibilidade de dimerização do *driver* quando adquirir um equipamento com esta tecnologia. Além disso, os LEDs não variam a temperatura de cor quando dimerizados, diferentemente das lâmpadas incandescentes. O comportamento do LED quando dimerizado varia muito de um fabricante para outro.

Em março de 2011, nos Estados Unidos, o Centro de Pesquisa em Iluminação (Lighting Research Center) realizou um teste com diferentes modelos de lâmpada, a maioria LEDs e um dímer comum. O resultado obtido pode ser conferido no gráfico da Figura 17:

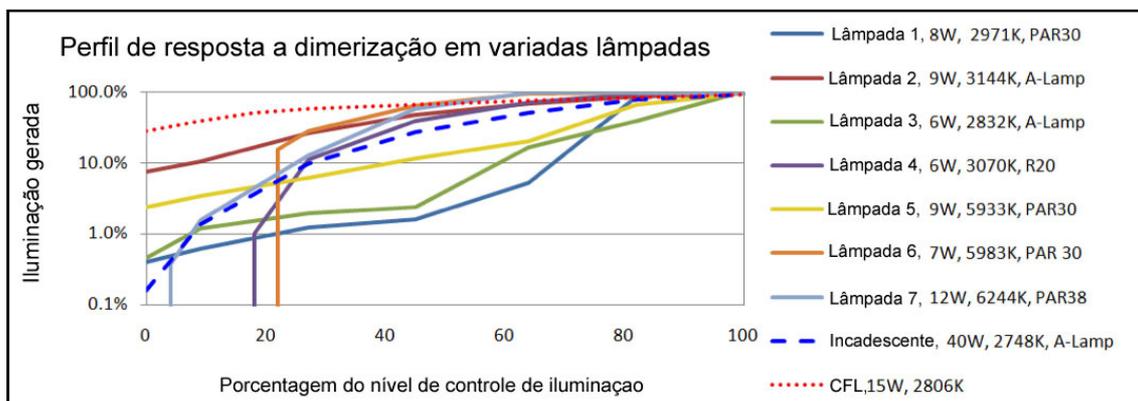


Figura 17 - Relação da iluminação gerada em função do nível de controle do dímer em 7 LEDs diferentes, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente compacta dimerizável.

FONTE: Adaptado de ASSIST..., 2011

No gráfico da Figura 17, é possível perceber que a lâmpada fluorescente compacta testada possui uma resposta não muito suave, trabalhando quase que em estágios. Já as lâmpadas de LED, possuem um

comportamento que varia de acordo com a temperatura de cor e a potência. É possível perceber que a lâmpada 7 é a que possui o comportamento mais suave e fiel ao comportamento da lâmpada incandescente. É interessante notar também o comportamento das lâmpadas 4 e 6 que não geram iluminação quando a porcentagem do nível de controle de iluminação é abaixo de 20%.

3.2.3 Controle De Presença

As chaves ou interruptores, temporizadores, sensores de movimento/presença, sensores de luz, e centrais de controle são alguns dos dispositivos que realizam o controle/automação da iluminação de uma casa. O uso apropriado desses dispositivos implementados em algum controle projetado pode eficientizar o uso da energia. (LESLIE, 1996, p. 189)

Os controles de iluminação em residências podem ser controles manuais, automáticos ou ainda, tanto manuais como automáticos.

As chaves ligam e desligam as lâmpadas, os dimeres basicamente variam a potência de saída das lâmpadas.

Ambos os dispositivos quando instalados, sua classificação de controle é dada como manual.

Por outro lado, os sensores de presença - que tanto podem ligar, desligar ou controlar a potência de saída de uma lâmpada quando é detectada uma presença - e os sensores de luz - podem ligar, desligar ou controlar a potência de saída de uma lâmpada na presença ou não de luminosidade, seja vinda de outras fontes de luz ou natural, - são dispositivos que, quando instalados, sua classificação de controle é dada como automática. (LESLIE, 1996, p. 189)

O controle de ligar ou desligar ou controle de potência de saída, pode causar uma redução no consumo energético, tornando também, o consumo mais conveniente e previsível. Todos os projetos de iluminação possuem pelo menos um interruptor para que exista algum tipo de controle.

Para que de fato exista economia, o sistema de controle de iluminação deve ser projetado com a lâmpada adequada à luminária escolhida, assim como o controle deve estar de acordo com o tipo de lâmpada e necessidade. Por exemplo, em uma casa onde vive uma pessoa com algum tipo de

deficiência física deve se prever o controle assegurando que seja acessível. (LESLIE, 1996, p. 189)

3.2.4 X-10

Os dispositivos que utilizam a tecnologia X-10 de comunicação já são desenvolvidos há mais de duas décadas, segundo Bolzani, (2004, p. 81), e utilizam a própria rede elétrica existente para acionar os pontos de iluminação e tomadas. Estes módulos possuem duas formas básicas de funcionamento: uma tomada especial, que substitui as convencionais, ou um módulo externo que é conectado às tomadas. Estes módulos são endereçados de maneira que os controladores possam identificá-los e o controle possa ser feito. Estes controladores podem atuar de duas maneiras nos módulos: chaveamento liga-desliga ou dimerização.

3.2.5 Sensores De Presença

Os sensores de presença, na forma e projeto mais simples, ligam as luzes quando alguma presença é detectada e apagam as luzes quando não é mais detectada nenhuma presença. Existem dois tipos básicos de sensores de presença, os ultrassônicos e os infravermelhos. Os sensores infravermelhos detectam mudanças no campo calorífico infravermelho quando um movimento acontece. Já os sensores ultrassônicos detectam qualquer mudança na frequência ultrassônica causada por algum movimento. (LESLIE, 1996, p. 189)

O sistema de controle, em sua implementação final, permite uma combinação de diferentes dispositivos de controle de iluminação. Por exemplo, pode-se usar um sensor de presença e um dimer quando se deseja apenas reduzir a intensidade da luz em um ambiente quando este estiver vazio. Outra combinação que pode resultar em um controle interessante é o uso do sensor de presença juntamente com um sensor de luz, e quando algum movimento é detectado a luz é acesa assim como a mesma pode ser apagada quando a luz do sol é detectada. (LESLIE, 1996, p. 189)

Os sensores de presença, além de economizarem energia, também

aumentam o tempo de vida útil das lâmpadas. Possuem uma aplicabilidade vasta tanto em ambientes externos quanto internos, mas podem ser especialmente empregados em ambientes que a ocupação é baixa ou por pouco tempo de duração, como banheiros, quartos de visitas ou áreas externas. Quando é utilizado um acionador manual de luz aliado a um detector de presença para o desligamento da luz, a vida útil da lâmpada aumenta significativamente se, na residência em que esse controle foi feito, existirem cachorros, crianças pequenas e objetos móveis. (LESLIE, 1996, p. 189)

Os sensores de presença, tanto o infravermelho como o ultrassônico, podem detectar grandes corpos caminhando, entretanto, para a detecção de pequenos corpos realizando pequenos movimentos, tais como ler, escrever, virar páginas, digitação, o mais adequado são os ultrassônicos. (LESLIE, 1996, p. 189)

3.2.5.1 Temporizadores (*timers*)

Os temporizadores – ligam ou desligam as lâmpadas conforme tempo programado – quando implementados, o controle pode tanto ser manual como automático. As centrais de controle são manipuladas manualmente em algum local da edificação, contudo, seu controle é realizado pelas centrais, podendo ser todos automáticos e em qualquer local da residência. (LESLIE, 1996, p. 189)

3.3 AUTOMAÇÃO EM AQUECIMENTO DE ÁGUA

3.3.1 Controle Direto de Cargas e Utilização de boilers

A tecnologia do controle direto de carga envolve um medidor leitor de temperatura e o controle. Os desligamentos ocorrem por conta de sinais dos sistemas de controle que são enviados a um relé, no local onde deseja-se controlar a carga. A estratégia de controle é composta das variáveis observadas, variáveis controladas e parâmetros de comparação. No caso do

controle direto de cargas com foco em sistemas de aquecimento de água, as variáveis observadas são potência (objetivo diário), energia (objetivo do mês), temperatura; as variáveis controladas são os aquecedores; e o parâmetro de comparação é uma determinada temperatura ideal adotada (M.S, 2006, p.242).

Em geral, os controladores, utilizados para esse tipo de processo automático de controle de carga, consistem de portas paralelas, e uma placa mãe de um computador que é capaz de administrar as alterações ou quaisquer mudanças no número de moradores da casa, assim como no número de cargas ou aquecedores de água (M.S, 2006, p.242).

O programa, por exemplo, pode ser escrito em Visual C++ , porém todos os programas possuem seus algoritmos baseados em fluxogramas que descrevem a lógica real. Além dos fluxogramas, também utilizam-se os diagramas de blocos. O circuito de interface entre o PC e a carga consiste principalmente de um opto – acoplador e um fusível. O opto – acoplador é usado para isolar a fonte de corrente alternada da fonte de corrente contínua (M.S, 2006, p.242).

Os boilers são cilindros que possuem revestimento térmico para evitar a perda de calor e um termostato para conseguir manter a temperatura dentro de valores limites (DRB, p.3).

Um programador horário pode habilitar / desabilitar o funcionamento elétrico do boiler inibindo o acionamento das resistências. Nessa solução de automação utiliza-se uma saída de um controlador de automação residencial ou um programador horário autônomo, os quais, tanto um quanto o outro, vão acionar uma contatora ligada em série com o circuito do apoio elétrico do boiler (MURATORI, p.41, 2011).

3.3.2 Alternativas de automação para o caso dos chuveiros

Os sensores eletromagnéticos são usados para a captação da presença ou não de uma pessoa durante o banho (UOL, 2014).

O sensor capacitivo é capaz de detectar objetos metálicos e não metálicos como papel, vidro, plástico entre outros. Ele é formado por dois eletrodos concêntricos de metal que correspondem a um condensador ligado a

um circuito oscilador. A detecção ocorre quando um objeto está no campo eletrostático e a capacidade é alterada, então o oscilador assim que chegar em alguma determinada amplitude muda o estado da saída (INSTITUTO FEDERAL, 2014).

Além dos sensores eletromagnéticos, existem também os dispositivos que regulam a temperatura da água com base na temperatura ambiente, esses dispositivos são os termopares (UOL, 2014).

A medição de temperatura por meio do termopar se dá por conta de dois condutores metálicos diferentes soldados por uma extremidade chamada de junta de medição. A outra extremidade do fio é ligada a um instrumento de medição de força eletromotriz. Quando existe uma diferença de temperatura entre os fios do termopar, por meio dos efeitos termoelétricos uma tensão de circuito aberto é gerada. Os valores de tensão fornecidos pelo termopar são muito pequenos (ordem de milvolts), portanto para que uma medida seja feita com maior precisão utiliza-se amplificadores operacionais para amplificar os valores de tensão (GOMES, p.3, 2010).

Outro dispositivo de automação também capaz de efficientizar o uso da energia é o dimer. Uma vez instalado em um chuveiro, o dimer viabiliza o uso da potência na medida certa que é necessária, por exemplo, um superaquecimento da água do banho pode ser evitado através de um dimer (SOCIEDADE..., 2013).

Os dímers usam potenciômetros de baixa corrente e funcionam por meio de um circuito eletrônico. Com o dimer, ao invés de controlar o fluxo da água, controla-se a temperatura da mesma. A instalação desse tipo de controle é muito simples (INSTITUTO..., 2013).

O dimer controla eletronicamente a diferença de potencial a qual o chuveiro está submetido. O controle da ddp conseqüentemente acarreta em um controle de corrente e portanto de consumo de energia elétrica (ALMENDROS, p.20).

3.4 AUTOMAÇÃO EM CARGAS MOTRIZES

3.4.1 Geladeira

Para compreender onde é possível automatizar processos no uso das geladeiras com o intuito de evitar desperdícios energéticos é necessário observar os principais hábitos que geram estas perdas.

Seguindo o manual do Procel 2013, com as principais dicas para se evitar o desperdício de energia em refrigeradores, observa-se que, em alguns itens, existe a possibilidade de usar conceitos de automação com a finalidade de melhorar a eficiência energética desta carga, são eles:

- Não abra a porta sem necessidade ou por tempo prolongado.
- No inverno, a temperatura interna do refrigerador não precisa ser tão baixa quanto no verão. Regule o termostato.
- Durante o inverno, regule o termostato para uma posição mínima.

Percebe-se que a abertura da porta dos refrigeradores é uma das principais causas do desperdício de energia, sendo este um dos possíveis alvos a serem atacados em um processo de automação.

Verificam-se aqui duas possibilidades de automação:

- I. Geladeira com mecanismo automático de retirada e colocação dos itens de maior procura.
- II. Cortina de vento ao redor da porta da geladeira para evitar vazamento do ar refrigerado no interior da geladeira.

Ambas as possibilidades dependem de uma implementação feita diretamente no produto pelo fabricante. Algumas marcas já fabricam geladeiras com compartimentos exclusivos para retiradas de bebidas como o refrigerador apresentado na Figura 18.



Figura 18 - Brastemp BRV80 com compartimento para retirar bebidas.

Fonte: Catálogo Brastemp, 2014.

Há também conceitos com portas em formatos distintos para evitar o vazamento do ar refrigerado como o da Figura 19, porém não foi encontrado nenhum estudo comprove a economia efetiva deste tipo de produto.



Figura 19 - Flatshare Fridge, conceito apresentado pela Electrolux Lab Design 2008.

Fonte: Electrolux Lab Design, 2008.

3.4.2 Ar-Condicionado

Por ser uma carga de expressivo consumo os aparelhos condicionadores de ar precisam ser controlados de maneira a entrarem em funcionamento somente quando necessário. Este controle pode ocorrer de duas maneiras, automática ou pelo usuário. Para o controle robusto de um equipamento de ar-condicionado utilizam-se os termostatos.

3.4.2.1 Termostato programável

Os termostatos programáveis permitem o controle dos sistemas de resfriamento de maneira automática, utilizando valores de temperatura, dia e hora definidos pelo usuário. Muitos equipamentos de ar-condicionado no mercado já possuem esta função embutida, mas também é possível encontrar termostatos para controle de centrais de refrigeração mais complexas como o termostato representado na Figura 20.



Figura 20 - Termostato programável VisionPro IAQ.

Fonte: Honeywell, 2014

3.4.2.2 Termostato inteligente

Um termostato inteligente pode se comunicar e receber comandos a partir de outros dispositivos. Essa característica de comunicação os difere dos termostatos programáveis. (Adaptado de FRAUNHOFER, 2011).

Recentemente uma empresa estadunidense de nome Nest Labs™ ganhou destaque no mercado mundial com seus termostatos inteligentes. A empresa se iniciou no mercado em 2010 e com dois anos de atuação foi comprada pelo valor de US\$ 3,2 bilhões de dólares por outra empresa americana, a Google™. Seu principal produto o Nest Learning Thermostat™ representado na Figura 21, conecta-se à internet via redes wireless e pode ser controlado a partir de aplicativos para celular como demonstrado na Figura 22. (Fonte: Google, 2014).



Figura 21 - Nest Learning Thermostat

Fonte: Nest Labs, 2014

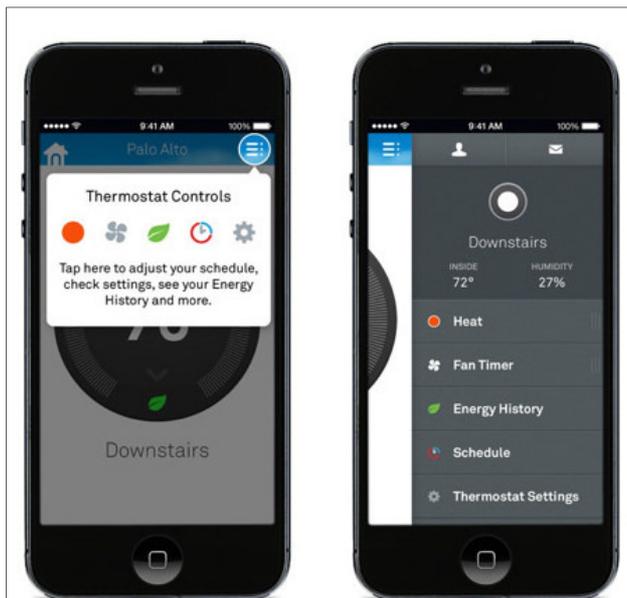


Figura 22 – Aplicativo de celular para controle do termostato da Nest.

Fonte: Nest Labs, 2014

3.5 AUTOMAÇÃO EM CARGAS EM *STAND-BY*

3.5.1 Técnicas De Controle De Cargas Em Espera

Dentre as alternativas existentes que se aplicam em controle de cargas em modo de espera, pode-se citar:

- O uso de tomadas inteligentes, conhecidas como *smart outlets*.
- O chaveamento de um circuito através de um relé horário.

3.5.1.1 Tomadas inteligentes

Segundo Mrazovac et al. (2011, p. 01) as mais novas soluções de controle para aparelhos eletrodomésticos são baseadas em tomadas inteligentes, que permitem o controle da alimentação do dispositivo, medição de potência e comunicação de dados com dispositivos. A Figura 23 mostra um exemplo de tomada inteligente:



Figura 23 – Tomada Inteligente.

Fonte: BELKIN, 2013

Uma outra solução é o uso de réguas de tomadas inteligentes, que partilham do mesmo princípio de funcionamento, como as réguas da Figura 24.



Figura 24 - Alguns Exemplos de Réguas de Tomadas Inteligentes

Fonte: ECOVA, 2013

De acordo com Ecova (2009, p. 5), as réguas de tomadas inteligentes empregam sensores de carga, controles remotos, sensores de ocupação e temporizadores para, automaticamente, desligar cargas que não estiverem em

USO.

É importante ressaltar que o emprego de tomadas ou réguas de tomadas inteligentes é aceito como uma solução de eficiência energética, pois, conforme a EDP, 2013:

“para evitar desperdícios de energia, (...), já existem no mercado tomadas inteligentes que controlam e eliminam os consumos em *standby*, detetando automaticamente quando um equipamento entra em modo *standby*, cortando o fornecimento de energia elétrica.” (EDP, 2013)

3.5.1.2 Relés horários

“São aplicados para manobra e controle de tempo de funcionamento em sistemas de iluminação, sistema de irrigação, estufas, bombeamentos d’água, piscinas, sinos escolares, placas de publicidades, etc.” (SIEMENS, 2013)

Relés horários como os da Figura 25 podem ser utilizados para controle e chaveamento de cargas diversas, podendo controlar um circuito de tomadas de uso geral em uma residência, por exemplo.



Figura 25 - Exemplos de Relés Horários

Fonte: SIEMENS, 2013

Com o uso de um relé horário, pode-se fazer com que determinadas

tomadas de um circuito fiquem desligadas durante a noite, por exemplo.

Na Figura 26, vê-se um esquema de ligação de um relé horário (FINDER, 2011, p.7).

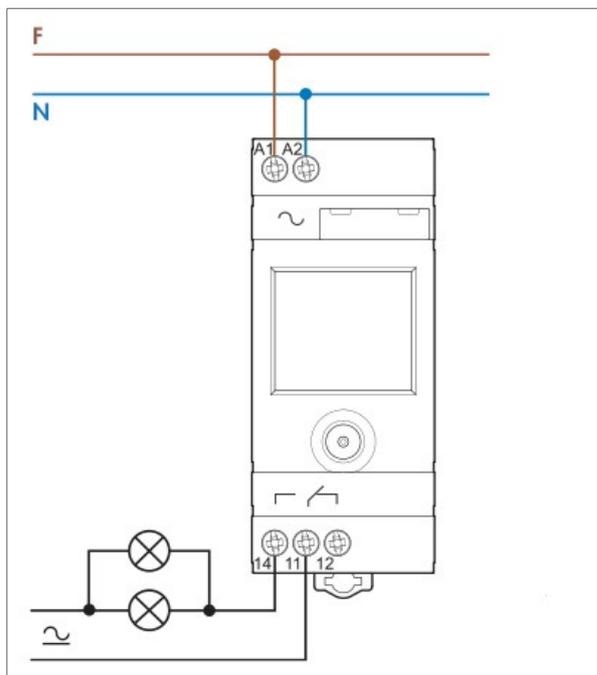


Figura 26 - Esquema de ligação de um Relé Horário

Fonte: FINDER, 2011, p.7

Então, neste capítulo, foram apresentadas algumas técnicas de automação aplicáveis às cargas de uma residência. Diante deste contexto, no próximo capítulo, serão expostas algumas alternativas para melhoria da eficiência energética, tendo como base as automações aplicáveis.

4 PROPOSTAS PARA MELHORIA

O programa *Energy Star®* publicou, em 2008, o Manual de Melhorias em Edificações do Programa *Energy Star*, (*Energy Star® Building Upgrade Manual*) com o objetivo de auxiliar os interessados em planejar e implantar melhorias no consumo de energia em edificações existentes (AGÊNCIA..., 2006, p.3).

Este manual define algumas etapas para a melhoria dos sistemas de uma edificação, conforme a Figura 27:

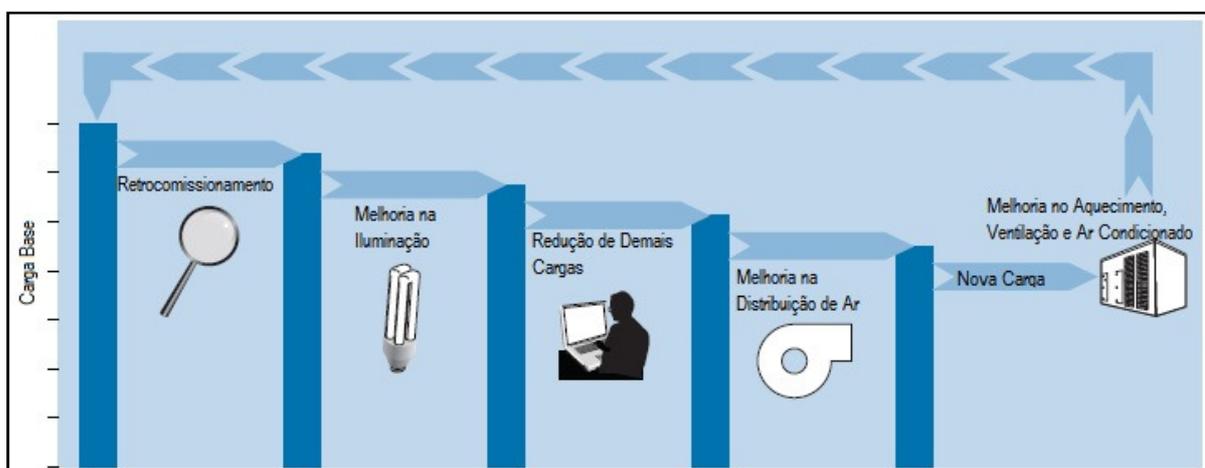


Figura 27 – Abordagem de Etapas para Melhoria de Edificações

Fonte: Adaptado de (AGÊNCIA..., 2008, p. 1-4)

Esta abordagem tem como objetivo a melhoria de uma edificação como um todo, passando por um retrocomissionamento dos sistemas existentes, melhorias na iluminação e demais cargas, na distribuição de ar na edificação, culminando como etapa final uma melhoria no sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AGÊNCIA..., 2008, p. 1-4).

Tomando como base a abordagem da Energy Star serão apresentadas propostas de melhorias para as cargas presentes em uma residência, como iluminação, cargas motrizes, aquecimento e demais cargas em modo *stand by*.

4.1 MELHORIAS EM ILUMINAÇÃO

Diversos programas governamentais de eficiência energética identificam a iluminação de ambientes como um possível foco de melhoria na eficiência energética de uma instalação, tais como o programa Energy Star, presente nos Estados Unidos e o Procel no Brasil. Também é importante citar o manual da Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte, por ser um das principais referências na área de iluminação, reconhecida no mundo inteiro.

4.1.1 Programa Energy Star®

A Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA) mantém, desde 1991, um programa de colaboração entre o governo dos Estados Unidos e fábricas de equipamentos que objetiva tornar mais fácil a empresas e consumidores o consumo de energia de maneira mais eficiente, poupando o meio ambiente e economizando recursos, chamado *Energy Star®*. (AGÊNCIA..., 2006, p.2)

4.1.2 Práticas Energy Star

A Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (2008, p. 6-3) coloca os seguintes pontos-chave para que a melhoria na iluminação tenha como resultado um sistema mais eficiente:

- Projetar o sistema para que se tenha a quantidade apropriada de luz para as tarefas que serão realizadas no ambiente.
- Distribuir a luz com a finalidade de prevenir ofuscamento.
- Utilizar a luz natural quando possível, contudo evitar a iluminação direta e instalar os comandos para reduzir o uso de luzes artificiais em detrimento da luz natural.
- Utilizar fontes de luz o mais eficientes possíveis, como lâmpadas fluorescentes de alto desempenho para ambientes comerciais, substituir o uso de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas e lâmpadas de descarga de alta intensidade quando

aplicável.

- Usar comandos automáticos para desligar ou dimerizar as luzes quando apropriado.
- Planejar e executar o comissionamento dos sistemas de iluminação a fim de se certificar do correto funcionamento dos mesmos e manter cronogramas regulares de recomissionamento.
- Planejar os sistemas preocupando-se também com as manutenções futuras, incluindo planos de troca, limpeza e o descarte correto de lâmpadas e reatores obsoletos.

Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (2008, p. 6-8) ilustra um método de abordagem do sistema de iluminação como um todo, através da Figura 28:

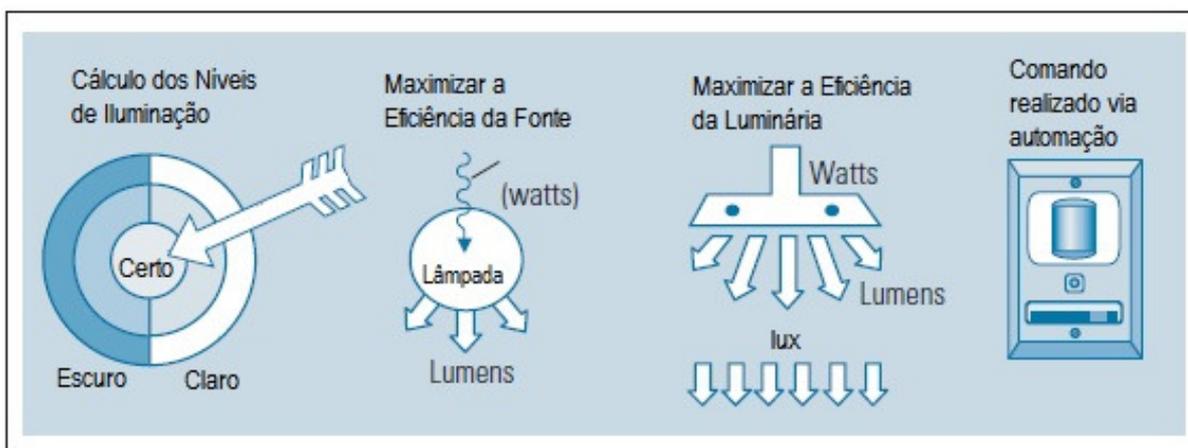


Figura 28 – Abordagem do Sistema de Iluminação de uma Edificação

Fonte: Adaptado de (AGÊNCIA... 2008, p. 6-4)

4.1.3 Abordagem Manual IESNA

A Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte (IESNA) vem publicando, desde 1947, um manual de referência em iluminação para uso pelos profissionais de iluminação, chamado Manual de Iluminação da Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte (*IESNA Lighting Handbook*).

No tocante ao gerenciamento de energia elétrica aplicada à iluminação,

destacam-se alguns pontos chave, vistos na Figura 29:



Figura 29 – Elementos chave para o gerenciamento de energia em iluminação

Fonte: Adaptado de (SOCIEDADE..., 2000, p. 869)

4.1.3.1 Técnicas de controle da iluminação

“A seleção das técnicas de controle é particularmente importante ao processo de especificação de um sistema de iluminação.” (SOCIEDADE..., 2000, p.886)

Segundo ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., 2013, o controle de iluminação tem um papel central em sistemas de iluminação, provendo o acionamento manual por uma chave ou um ajuste fino do nível de iluminação por um *dímer*.

As técnicas de controle podem ser divididas, segundo SOCIEDADE..., 2000, p. 886, em três categorias:

- Chaveamento e Dimerização, cujos conceitos já foram expostos

anteriormente.

- Controle Local ou Central
- Grau de Automação

A tabela 5, adaptada de ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., (2013), procura guiar o desenvolvedor de um sistema de iluminação quanto aos pontos positivos e negativos do chaveamento e da dimerização:

Método	Chaveamento	Dimerização
Uso primário	Gerenciamento de Energia	Necessidades Visuais
Função Básica	Ligar e Desligar luzes	Mudar a quantidade de luz em suaves transições entre níveis de iluminação
Benefícios	Economia nos custos	Satisfação do usuário, flexibilidade e economia nos custos
Vantagens	Custo baixo e comissionamento simples	Pode prover vários níveis de iluminação dentro de uma faixa estabelecida, maior aceitação do usuário devida às leves transições entre os níveis
Desvantagens	Baixa aceitação de usuários em espaços designados para tarefas fixas devido a mudanças abruptas nos níveis de iluminação	Alto custo de instalação, pode requerer comissionamento mais sofisticado.

Tabela 5 - Comparativo entre Chaveamento e Dimerização

Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., 2013

4.1.3.2 Controle local ou central

Os controles de iluminação, segundo SOCIEDADE..., 2000, p.888, podem ser implementados em edificações usando uma abordagem local, um sistema central ou uma combinação de ambos.

Um sistema local é dividido em zonas independentemente controladas, com tamanho e geometria de acordo com a planta do local, por exemplo. Os

sensores são conectados diretamente à iluminação localmente, ao invés de serem conectados a uma central. (SOCIEDADE..., 2000, p.889)

Os sistemas centrais combinam várias zonas de iluminação de uma área. Alguns sistemas microcontrolados podem realizar o controle de iluminação e também o controle do ar-condicionado, por exemplo. (SOCIEDADE..., 2000, p.889)

A tabela 6 traz algumas ponderações relacionadas à escolha do método de controle da iluminação ser local ou central:

Método de Controle	
Dividir a edificação em diversas zonas para controle, cada zona constituindo uma carga instalada controlada por um controlador único.	
Local	Central
Cada zona operada por seu ponto de controle, independente das demais.	Todas as zonas operadas por um único ponto central
Custo baixo, comissionamento menos sofisticado.	Maiores capacidades, flexibilidade, bastante potencial de economia.
O esquema de controle pode ser projetado com sistemas locais e um sistema centralizado, trabalhando em conjunto, em camadas. Ambos os sistemas, local quanto o central podem ser integrados em sistemas de automação predial, para controle de iluminação em conjunto com demais sistemas, por exemplo, ar condicionado.	

Tabela 6 – Comparativo entre abordagens de controle local e central

Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., 2013

4.1.3.2.1 Sistemas integrados

Segundo SOCIEDADE..., 2000, p.888, uma das maiores vantagens de um sistema de iluminação é que a iluminância pode ser ajustada automaticamente para um nível desejado, de acordo com a tarefa a se executar.

Alguns componentes são comuns a todos os sistemas de controle de iluminação:

“Todos os sistemas de controle de iluminação contém três componentes principais: um controlador de potência, um circuito lógico e um sensor. A comunicação e cabeação são responsáveis por interligar esses componentes. O controlador, com, o *dímer*, relé ou chave é o principal responsável de um sistema de controle que altera a iluminância da fonte. O circuito lógico é a inteligência que decide quando se deve iluminar e o quanto. Este recebe informação de um

sensor, como um fotossensor, temporizador ou um sensor de movimento.” (SOCIEDADE..., 2000, p.888)

Um exemplo de um sistema integrado pode ser visto na Figura 30:

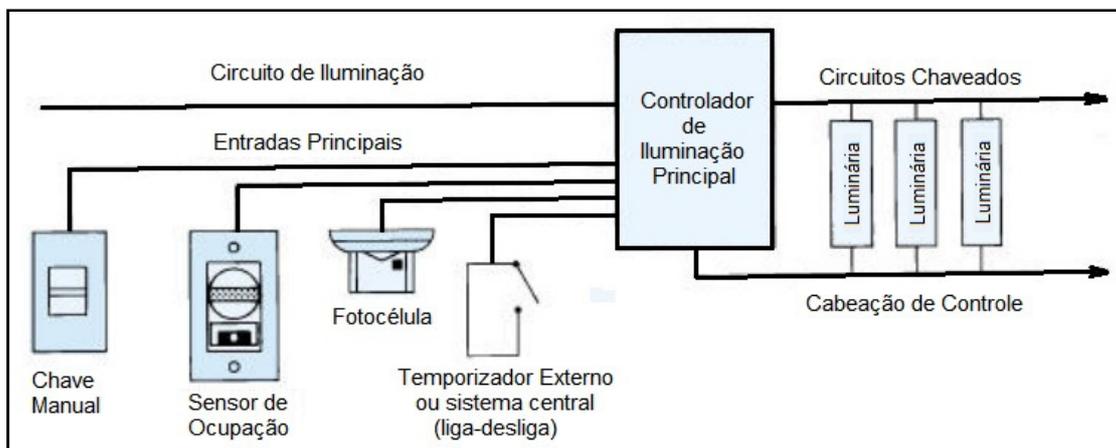


Figura 30 – Diagrama de um Sistema de Iluminação

Fonte: Adaptada de SOCIEDADE..., 2000, p.889

4.1.3.2.2 Grau de automação

Os controles podem variar em grau de automação, indo de controles manuais (chaves instaladas em paredes) até altamente automatizados. Em termos de conservação de energia, controles automáticos reduzem o consumo, pois independem da vontade humana. (SOCIEDADE..., 2000, p.889)

A tabela 7 mostra uma comparação entre sistemas manuais e automáticos, de acordo com o método e estratégia adotada (ASSOCIAÇÃO NACIONAL..., 2013)

Método	Estratégia	Sistema Manual versus Automático
Chaveamento	Sensores de Presença	Ligam ou desligam as luzes automaticamente , de acordo com a ocupação do espaço.
	Desligamento automático em horário determinado, programado em painéis de comutação, temporizados ou por sistema de automação.	Ligam ou desligam as luzes automaticamente , de acordo com o agendamento ou desocupação do espaço de maneira previsível.
	Desligamento programado automático de cargas selecionadas em picos de demanda, temporizados ou por sistema de automação.	Desliga uma ou duas lâmpadas automaticamente em uma luminária, para corte na demanda em períodos de pico.
	Chaveamento por interruptores simples, em duas camadas, separando os circuitos.	Ligam ou desligam os circuitos de iluminação manualmente, para ligar todas as lâmpadas, apenas metade ou desligar todas.
	Chaveamento em diversos níveis, usando fotocélulas e relés de baixa tensão.	Desligam as luzes automaticamente de acordo com a quantidade de luz ambiente disponível.
Dimerização	Controle dimerizável de cargas com caixa embutida em parede ou <i>dímeres</i> remotos	Ajuste de quantidade de luz manual , baseado na necessidade ou preferência pessoal.
	Controle dimerizável de grandes cargas com estações de controle centrais e painéis de dimerização.	Ajuste de quantidade de luz manual , baseado na necessidade ou preferência pessoal.
	Uso de luz ambiente com fotocélulas, controladores e reatores dimerizáveis.	Ajuste de quantidade de luz automático para manter nível de iluminância adequado em conjunto com luz ambiente.
	Controle de Picos de Demanda com painéis dimerizáveis e programação ou controle dos dispositivos.	Ajuste de quantidade de luz automático durante picos de demanda e/ou manual baseado em ordem externa para redução de carga.

Tabela 7 – Comparação entre sistemas manuais e automáticos

Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO NACIONAL... 2013

4.1.3.3 Níveis corretos de iluminação

As necessidades de iluminação de um espaço devem ser definidas, para que se possa otimizar o emprego e gerenciamento da energia. Pode-se requerer iluminação para simples orientação espacial ou para tarefas visualmente críticas. Então, é necessário que a iluminação seja alvo de estudo nos pontos a seguir (SOCIEDADE..., 2000 p. 868):

- Iluminância adequada no plano de trabalho.
- Um balanceamento adequado da iluminância entre o plano de

trabalho e o entorno.

- Controle do ofuscamento direto e indireto.
- Um índice de reprodução de cores adequado aceitável à tarefa executada naquele espaço.

Quando a natureza e local das tarefas são identificadas, é possível reduzir os valores de iluminância nos entornos e, por consequência, o consumo de energia, fazendo com que a iluminação fique mais seletiva. (SOCIEDADE..., 2000 p. 868).

Krause (2002, p. 92) destaca os seguintes pontos para um bom projeto de iluminação:

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

A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, trata especificamente de iluminância para ambientes de trabalho. Ocorrendo, então, um vazio normativo para a área residencial.

Contudo, a norma anterior, NBR 5413, possui os seguintes níveis de iluminância recomendada (ASSOCIAÇÃO..., 1992, p. 11) para áreas residenciais, expostos na tabela 8:

Cômodo	Iluminância Recomendada (lux)
Salas de Estar	
Geral	100 - 150 - 200
Local (leitura, escrita, bordado, etc.)	300 - 500 - 750
Cozinhas	
Geral	100 - 150 - 200
Local (fogão, pia, mesa)	200 - 300 - 500
Quartos de dormir	
Geral	100 - 150 - 200
Local (espelho, penteadeira, cama)	200 - 300 - 500
Hall, escadas, despensas, garagens	
Geral	75 - 100 - 150
Local	200 - 300 - 500
Banheiros	
Geral	100 - 150 - 200
Local (espelhos)	200 - 300 - 500

Tabela 8 - Níveis de Iluminância Residencial conforme NBR 5413/1992

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO..., 1992, p. 11

Tratando-se de iluminação residencial, temos, conforme Costa (2005, p. 493) alguns níveis de iluminância recomendada para ambientes, colocados na tabela 9:

	Iluminância Recomendada		TCC (K)	IRC (mínimo %)
	Geral (lux)	Complementar (lux)		
Áreas de Circulação	50		2700-3000	85
Escadarias	150		2700-3000	85
Ambientes Externos	15	30	4000	60
Salas de Estar	150		2700	100
Leitura e escrita		300	2700	85
Salas de Jantar	150	200	2700	100
Escritórios Normais	150	300	3000	85
Escritórios com Computador	100	300	3000	85
Dormitórios	100	200	2700	100
Penteadeira		300	2700	100
Cozinhas	100		2700-3000	85
Balcão de Preparo de Alimentos		300	3000	85
Garagens, Despensas, Lavanderias, Áreas de Serviço	50	100	3000-4000	85
Banheiro	100		2700	85
Espelho do Banheiro		300	2700	100

Tabela 9 - Níveis de Iluminância, Temperaturas de Cor e Índices de Reprodução de Cor para ambientes residenciais

Fonte: COSTA, 2005, p. 493

Blitzer (2005, p. 07) alternativamente apresenta, na tabela 10, os seguintes níveis de iluminância para interiores residenciais, utilizando como parâmetro a idade do público que utilizará o espaço:

Cômodo	Níveis de Iluminância (lux)		
	Abaixo de 25 anos	Entre 25 a 65 anos	65 anos ou mais
Area de Refeições	50	100	200
Salas de Estar	40	80	160
Cozinha	150	300	600
Escritório em Casa	250	500	1000
Vias de Passagem	20	40	80
Banheiro (Barbear)	150	300	600
Sala de Leitura ou Estudo	250	500	1000
Cozinha (Balcões)	375	750	1500
Oficina de Hobbies	500	1000	2000

Tabela 10 – Níveis de Iluminância conforme a idade dos ocupantes

Fonte: Adaptado de (BLITZER, 2005, p. 07)

4.1.3.4 Eficiência da fonte luminosa

Uma iluminação eficiente começa com o maior uso possível de luz solar. Depois disto, deve-se considerar o melhor conjunto de lâmpada, reator e luminária, que irá fornecer os níveis e a qualidade da iluminação desejada. (AGÊNCIA..., 2008, p.6-12).

A fonte de luz mais eficiente é o sol, tendo uma eficiência de cerca de 140 lm/W, sendo interessante, quando comparados com um sistema eficiente, que possui uma eficiência de 90 lm/W. (AGÊNCIA..., 2008, p.6-13).

Nos sistemas de iluminação artificial, Krause (2002, p. 85), afirma que a eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais destacam-se, entre outros:

- Lâmpadas
- Luminárias
- Reatores
- Circuitos de distribuição e controle

Para a iluminação residencial, o sistema Liderança em Projetos Ambientais e Eletricos (*Leadership in Environmental and Energy Design* –

LEED) para residências recomenda o uso de lâmpadas compactas fluorescentes como medida de redução no consumo de energia. (CONSELHO..., 2007, p.71).

Segundo Blitzer, (2005, p.25) as lâmpadas compactas fluorescentes servem para luminárias redondas, quadradas, de parede e de embutir. Possuem reator integrado, substituem as lâmpadas incandescentes com economia de 80% nos custos de energia e asseguram uma vida útil dez vezes maior. Um resumo da eficiência luminosa de vários tipos de lâmpada pode ser encontrado na Figura 31:

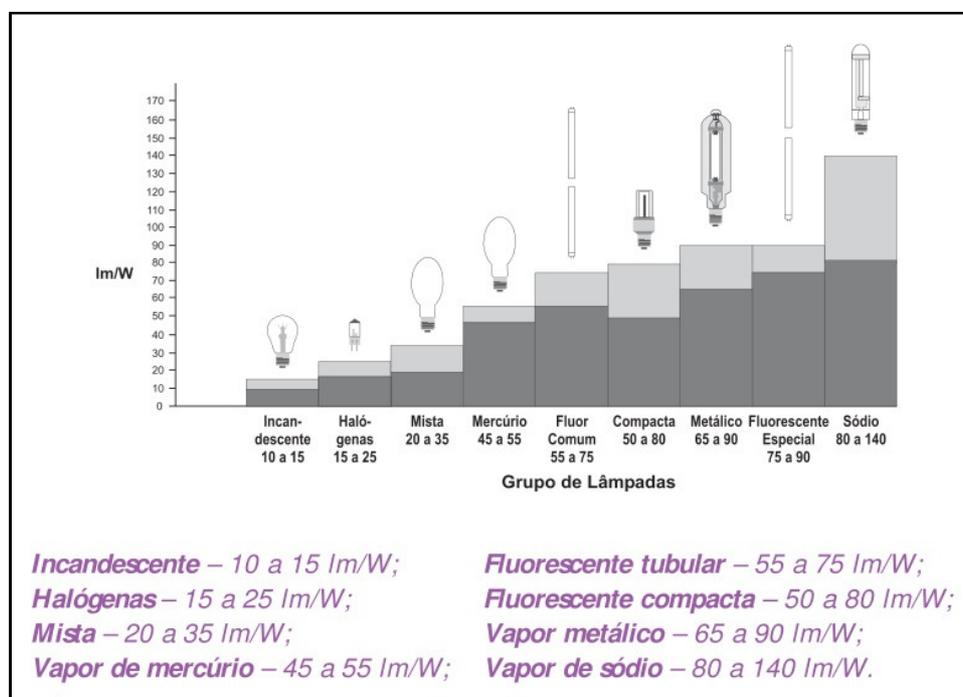


Figura 31 – Eficiência Luminosa de alguns tipos de lâmpadas

Fonte: KRAUSE, 2002, p. 82

4.1.3.5 Luminárias eficientes

Segundo Krause (2002 p. 90), uma luminária eficiente otimiza o desempenho do sistema de iluminação artificial. Ao avaliar uma luminária, sua eficiência e suas características de emissão são de considerável importância. A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela relação entre a luz emitida pela mesma e a luz emitida pela lâmpada.

Para obter o melhor uso de uma fonte eficiente de luz, é essencial considerar também a eficiência e a distribuição de luz da luminária que emitirá a luz a partir da fonte. (AGÊNCIA..., 2008, p.6-22)

Leslie (1996, p. 143) aponta que uma luminária eficiente direciona a maior parte da luz emitida pela lâmpada para o exterior, ressaltando que, para uma melhor eficiência, a lâmpada usada também seja compatível com a luminária. A eficiência de uma luminária projetada para os parâmetros de uma lâmpada incandescente pode ser significativamente diminuída se uma lâmpada fluorescente compacta for instalada na mesma.

4.1.3.6 Controle automático da iluminação

Segundo Sociedade..., 2000, p.881, o uso de controles voltados aos sistemas de iluminação prevê reduções no uso de energia, por meio da redução de potência ou da redução de tempo de uso. Isto decorre, porque estes controles não ficam baseados na iniciativa humana. (SOCIEDADE..., 2000, p.889)

Estratégias de controle de gerenciamento de energia podem aumentar significativamente a qualidade de um espaço. (SOCIEDADE..., 2000, p.881). A seguir, serão vistas, com detalhes, algumas destas estratégias.

4.1.3.6.1 Agendamento previsível

Quando a atividade de um espaço ocorrer em uma rotina fixa de tempo, as luminárias no espaço podem ser operadas em uma escala fixa do mesmo modo. Esta estratégia, segundo Sociedade..., (2000, p.882), podem reduzir o consumo de energia em até 40%, eliminando desperdícios com luzes acesas em áreas desocupadas.

4.1.3.6.2 Agendamento imprevisível

Em casos de áreas que não seguem uma rotina de uso e são usadas esporadicamente, técnicas de controle automático locais podem ser mais eficientes do que o acionamento puramente manual da iluminação. O uso de sensores de ocupação e/ou movimento pode levar a reduções de até 60% em algumas áreas. (SOCIEDADE..., 2000, p.882)

4.1.3.6.3 Iluminação natural

Em áreas em que parte da iluminação desejada pode ser suprida pela iluminação natural, reduzir a potência na iluminação artificial reduz o consumo de energia. (SOCIEDADE..., 2000, p.882)

Tanto a redução de potência por dimerização ou por chaveamento (vistas adiante) podem ser usadas para este caso. (SOCIEDADE..., 2000, p.882)

4.1.3.6.4 Iluminação dedicada à tarefa

Com o uso de uma estratégia de iluminação voltada à tarefa, a iluminação pode ser ajustada, para prover iluminação local, conforme necessário. Então, pode-se diminuir os níveis em áreas em que não é necessário uma iluminância alta. Esta estratégia resulta em um uso eficiente de energia sem sacrificar a qualidade visual dos ocupantes. (SOCIEDADE..., 2000, p.882)

4.1.4 Programa Procel Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. (PROCEL INFO, 2013)

Dentre os requisitos avaliados no processo de etiquetagem de edifícios

pelo PROCEL Edifica, destaca-se a iluminação. Um conceito abordado na parte de iluminação e que merece destaque, estando relacionado à eficiência na iluminação, é o acionamento dos circuitos para um melhor aproveitamento da luz natural.

4.1.5 Acionamento Dos Circuitos

Segundo o manual RTQ-C do PROCEL Edifica, é determinado que as luminárias localizadas próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente, para o caso em que a iluminação natural possa suprir a iluminância adequada ao plano de trabalho. (PROCEL, 2013)

As luminárias não precisam estar necessariamente alinhadas umas as outras, mas o sistema deve estar alinhado à janela, sendo assim, o posicionamento das luminárias é outro importante fator no projeto luminotécnico.

A Figura 32, traz um exemplo de acionamento independente de luminárias próximas às janelas:

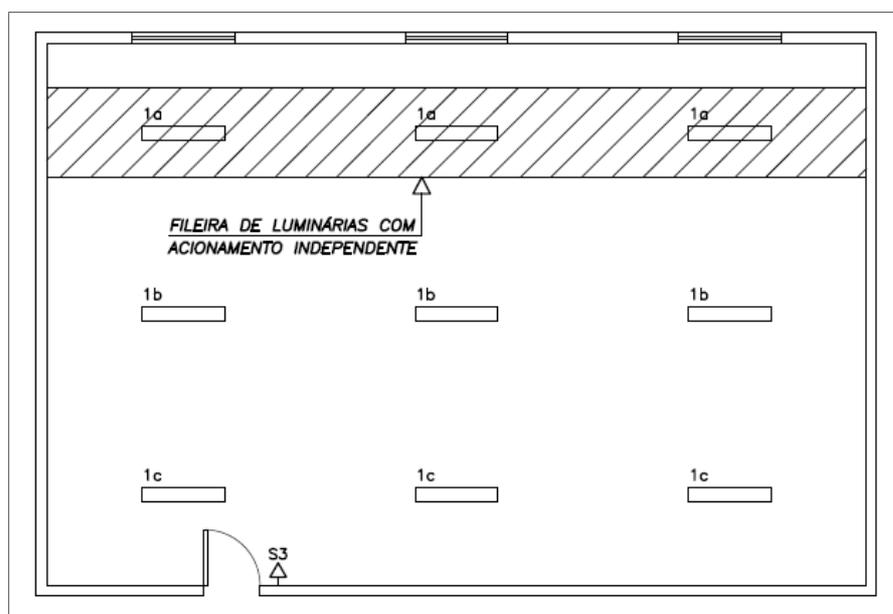


Figura 32 - Exemplo de acionamento de luminárias para aproveitamento da luz natural

Fonte: OLIVEIRA et al., 2013, p. 63

4.2 MELHORIAS EM AQUECIMENTO DE ÁGUA

O uso eficiente da energia elétrica, quando tratamos de dispositivos e equipamentos integrados em um sistema para aquecimento de água, pode advir do controle/automação que realiza o chaveamento entre o ligamento e desligamento dos sistemas de aquecimento de água, mais chamado de controle de carga. Após um desligamento os aquecedores/sistema de aquecimento são acionados novamente e o indesejado efeito conhecido como *pay back* pode gerar pico no sistema elétrico (ERICSON, 2006, p. 4).

Um programa de controle de carga em sistemas de aquecimento de carga para estudos e obtenção dos resultados é feito quando consumidores disponibilizam –se como cobaias, esses consumidores em geral possuem o interesse em reduzir seus custos financeiros com o consumo de energia elétrica, e em alguns programas os consumidores também recebem um desconto a mais em troca da participação. Como por exemplo, acontece nos Estados Unidos, os consumidores recebem um desconto de dois dólares cada mês durante um ano se utilizam um controle que desliga o sistema de aquecimento durante seis horas por dia tanto em dias quentes como em dias frios. Nos Estados Unidos e também na Austrália respectivamente, houveram economias de 330 MW em situações de pico para 280.000 consumidores e 389 MW envolvendo 355.000 consumidores (ERICSON, 2006, p. 4).

Quando o controle de carga automatizado é implementado juntamente com o uso da energia nos horários diferenciados a redução do valor do consumo chega a atingir 53% a mais do que apenas implementar o controle de carga (ERICSON, 2006, p. 4).

O desligamento automático em determinado(s) intervalo(s) do dia deve ser bem programado e principalmente levar em conta alguns fatores, como por exemplo, quando após um desligamento e então a alimentação é novamente acionada, um efeito de pico indesejado pode ocorrer no sistema elétrico (ERICSON, 2006, p. 4).

O tanque componente do sistema de aquecimento possui o termostato alguns centímetros acima do fundo do tanque e ativa o ligamento conforme as diferenças de temperatura. Alguns tanques são condicionados para manter o

aquecimento por mais ou menos tempo, o que significa que o aquecimento pode ser feito em um determinado período do dia e usado em algum outro período qualquer (ERICSON, 2006, p. 4).

O grupo de consumidores em relação ao qual é interessante o controle de carga é o grupo que possui um alto consumo e/ou uso do sistema de aquecimento. O grupo que consome baixa quantidade de energia não se torna interessante porque os efeitos de pico que surgem nos momentos pós-desligamentos acabam trazendo mais prejuízos do que vantagens (ERICSON, 2006, p. 4).

O melhor desempenho do controle no caso de sistemas de aquecimento depende de vários fatores e parâmetros que influenciam os sistemas de aquecimento (ERICSON, 2006, p. 4).

O fator de capacidade de aquecimento tem sua influência quando analisa-se um grupo de consumidores do mesmo tamanho e consumo energético semelhante, os aquecedores de baixa capacidade de aquecimento precisam de um tempo maior e uma demanda menor para restaurar a energia do que os aquecedores com alta capacidade (ERICSON, 2006, p. 4).

A temperatura de entrada no tanque também tem a sua parcela de contribuição como fator influenciador. A baixa temperatura de entrada contribui com um aumento do tempo de aquecimento, e a alta temperatura de entrada contribui com uma diminuição do tempo de aquecimento (ERICSON, 2006, p. 4).

A frequência de uso da água aquecida é outro influenciador uma vez que em cada lugar do mundo a frequência tem uma quantidade diferente (ERICSON, 2006, p. 4).

O tempo de consumo da água aquecida influencia porque, como por exemplo, em horários de saída para o trabalho e chegada do trabalho o compartilhamento dos sistemas de aquecimento de água é grande e então o desligamento energético pode ocorrer exatamente nesses períodos com a finalidade de economia de energia (ERICSON, 2006, p. 4).

O tanque sempre vai conter um volume de água abaixo do dispositivo aquecedor que está sem aquecimento. Portanto, se o posicionamento do dispositivo aquecedor (design do aquecedor) estiver na horizontal o volume de água sem aquecimento é maior do que o volume de quando o posicionamento

é inclinado para baixo. Como o posicionamento do termostato é logo abaixo do dispositivo aquecedor, um simples uso de água aquecida para lavar as mãos pode acarretar o acionamento do termostato uma vez que a água quente é retirada e usada para lavar as mãos e a água fria sobe (ERICSON, 2006, p. 4).

A Figura 33 mostra um mapa de consumo de dois grupos domiciliares com n aquecedores. A desconexão começa em t_0 e termina em t_1 . A área branca indica que o aquecimento está em funcionamento, a área sombreada representa que além do aquecimento estar ligado também há consumo de água quente, a área preta mostra o período de recuperação de energia. A Figura 33 (a) representa uma família que possui um nível elevado de consumo de água quente. O primeiro aquecedor é afetado apenas ligeiramente pelo desligamento. Entre os aquecedores, 10 estavam em estado de transição e foram afetados pelo desligamento, 5 assim que reconectaram contribuíram com o efeito *pay back*. Neste caso a demanda adicional devido ao *pay back* é metade do valor de demanda reduzida por conta da desconexão (ERICSON, 2006, p. 4).

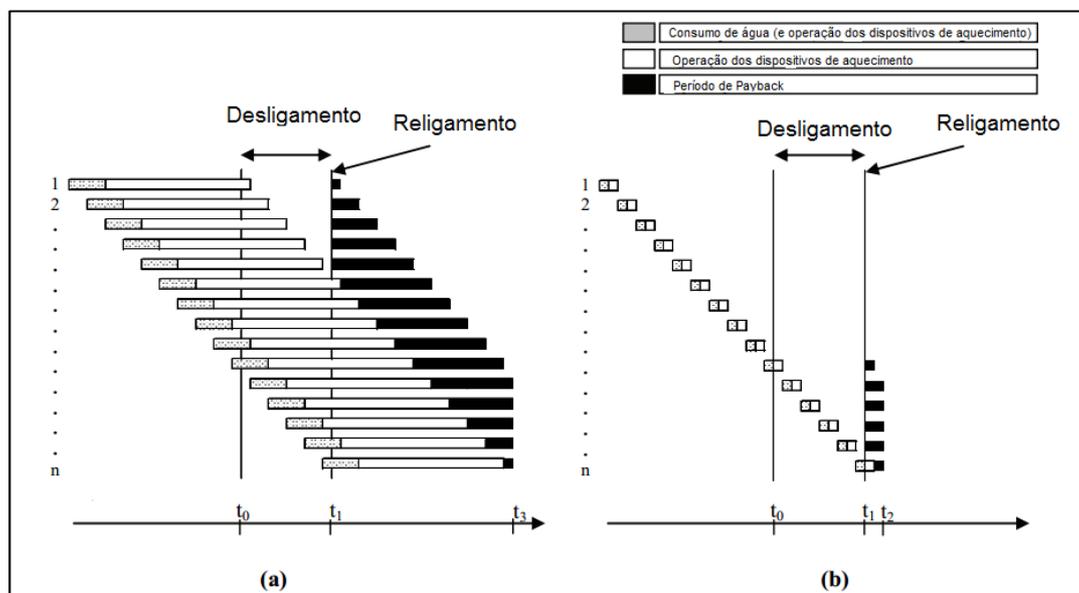


Figura 33 - Controle Direto de Cargas

Fonte: ERICSON, 2006, p.4

A Figura 33 (b) ilustra o caso de uma família que possui um nível baixo

de consumo de água quente. A desconexão neste caso não surte muito efeito ou um efeito considerável, a contribuição para a redução da carga do sistema é insignificante. Apenas um aquecedor é desligado em um intervalo de tempo, 5 deles operam recuperando a energia quando reconectados (*pay back*). O tamanho da área de retorno para esse caso é o mesmo que o dos casos em que ocorre grande demanda de energia. A demanda para o *pay back* é cinco vezes o valor da redução da demanda durante a desconexão (ERICSON, 2006, p. 4).

O controle de carga, para tornar mais eficiente o uso da energia elétrica feita pelos aquecedores e sistemas de aquecimento de água, pode portanto trazer diferentes resultados por conta dos diferentes fatores influenciadores existentes (ERICSON, 2006, p. 4).

Vistos os resultados acima sobre aquecedores do tipo boiler será verificado agora como se comporta um chuveiro com e sem a utilização de dimeres.

A utilização dos dimeres pode ser avaliada com base em uma análise de duas situações diferentes: utilização do chuveiro sem o dímer e utilização do chuveiro com o dímer (ALMENDROS, 2010, p.20).

No aquecimento de água do chuveiro, ou seja, a temperatura da água, sem a instalação do dímer, possui valores em patamares de corrente constante, então alternar entre “frio”, “morno”, e “quente” não traz um resultado realmente significativo na temperatura, o que é determinante é a vazão da água (ALMENDROS, 2010, p.20).

Quando o dímer é instalado no chuveiro a corrente deixa de ser constante em patamares, não existindo mais a restrição entre apenas “frio”, “morno”, e “quente” (ALMENDROS, 2010, p.20).

Por meio da Figura 34 observa-se que sem o dímer as correntes são pré – determinadas e com o dímer o aumento da corrente é progressivo (ALMENDROS, 2010, p.20).

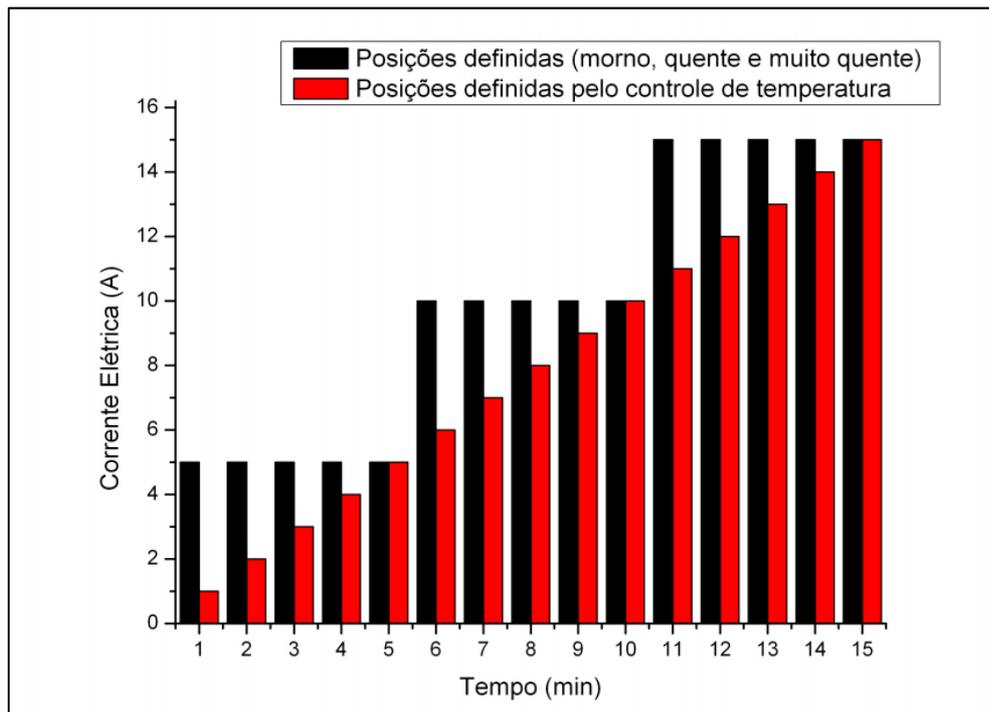


Figura 34 - Comportamento da corrente com o dimer e sem o dimer

Fonte: (ALMENDROS, 2010 p.20).

Os chuveiros elétricos consomem energia elétrica apenas quando permanecerem ligados, diferentemente dos boilers elétricos, os quais possuem as resistências elétricas aquecendo água durante todo o dia e a madrugada enquanto as condições de clima tiverem tendência a esfriar a água. Porém utilizando-se a automação como ferramenta pode-se otimizar o uso do boiler. (MURATORI, 2011, p.41)

Como os sensores eletromagnéticos são usados para a captação da presença ou não de uma pessoa durante o banho, quando existe alguém abaixo do chuveiro o aquecimento de água é acionado e o canal da água é liberado imediatamente. Esta alternativa evita o desperdício de energia e também de água quando por algum motivo o chuveiro ficou desligado sendo que não existe a intenção de uso (UOL, 2014).

Além de serem econômicos no quesito custo, os termopares também são considerados sensores precisos (GOMES, 2010, p.3).

A regulação da temperatura tomando-se como base a temperatura ambiente, evita que, por exemplo, em dias quentes a temperatura da água esteja em um temperatura mais quente desnecessariamente (UOL, 2014).

Porém o desempenho esperado do termopar nem sempre pode ser comprovado quando a condição se resume a ambientes diversos e aplicações rigorosas de operação (GUAPYASSU, 2007).

O dímer, como uma solução apontada para o caso de aquecimento de água do chuveiro, pode ser um dispositivo que contribui para a eficiência energética ou não porque deve-se levar alguns fatores em conta. No caso em que os banhos não são longos e muito quentes durante todo o tempo, com o uso do dímer pode-se controlar a temperatura tanto modificando a vazão da água pelo chuveiro como controlar a melhor temperatura utilizando-se do dímer, então é possível obter-se uma economia de energia considerável, assim como o custo com o dímer e o custo com a sua instalação são pagos com a economia de energia nos primeiros meses. Porém, quando o usuário utiliza-se do chuveiro com o dímer sem a consciência em economizar água e energia, ou seja, toma banhos longos e quentes durante todas as estações do ano de maneira excessiva, o dímer pode ser um vilão, e ao invés de auxiliar na economia de energia ele vai piorar esse cenário (ALMENDROS, 2010, p.20).

Falando-se em controle direto de cargas, quando uma família possui um nível elevado de consumo de água quente, o efeito de *pay back* é metade do valor da demanda reduzida advinda do controle. Por outro lado, quando analisa-se uma família que possui um nível baixo de consumo de água quente, o efeito de *pay back* é cinco vezes o valor da redução da demanda, sendo portanto não eficiente para esse caso. O controle direto de cargas pode ser mais eficiente ou não quando os fatores influenciadores são levados em conta, ou seja, há casos em que por conta de fatores influenciadores a eficiência energética do controle direto de cargas pode ser potencializada ou não potencializada (ERICSON, 2006, p. 4).

O usuário, em muitas vezes não vai apenas levar em conta a eficiência energética, outro fator importante é o financeiro. Comparando-se um banho de duração de oito minutos e levando-se em conta o custo com água, energia elétrica e gás, o banho com chuveiro elétrico é R\$0,22, com aquecimento solar é R\$0,35, com aquecimento a gás é R\$0,58, com aquecimento híbrido (solar + chuveiro elétrico) é R\$0,22, e utilizando-se do boiler é R\$0,78. Assim, o chuveiro ser considerado o grande vilão não faz mais todo o sentido, e os pré-conceitos relacionados aos custos/benefícios de sistemas de aquecimento de

água tornam-se inválidos. O que o usuário consegue ver como os mais eficientes são os sistemas híbrido e o chuveiro (ABINEE, 2009, p.2).

Então, conforme visto fica evidente que a automação é um aliado importante nos sistemas de aquecimentos de água especialmente em situações de alto gasto energético.

4.3 MELHORIAS EM CARGAS MOTRIZES

Conforme descrito no item 3.4.1 a aplicação de tecnologias para melhoria da eficiência energética dos refrigeradores deve ser feita a nível de produto, pelo fabricante, portanto serão descritas aqui somente propostas de melhorias para sistemas de ar-condicionado, onde existe um vasto campo de aplicação de tecnologias de automação visando efficientizar o uso desta carga.

4.3.1 Ar-condicionado

Seguindo o manual do Procel 2013 as principais dicas para se evitar o desperdício de energia em refrigeradores são:

- Dimensione adequadamente o aparelho para o tamanho do ambiente.
- Evite o frio excessivo, regulando o termostato.
- Desligue o aparelho quando o ambiente estiver desocupado.
- Mantenha janelas e portas fechadas quando o aparelho estiver funcionando.

No primeiro item do manual do Procel observa-se uma possibilidade de automação no dimensionamento correto dos equipamentos de refrigeração. Através de uma busca na internet podem ser encontrados vários softwares de dimensionamento, como por exemplo, o simulador da fabricante brasileira de equipamentos condicionadores de ar Springer™ demonstrado na Figura 35 que levam em consideração todos os fatores que influenciam no dimensionamento de potência de um equipamento de ar-condicionado.



Figura 35 - Software para dimensionamento de equipamentos de ar-condicionado.

FONTE: Springer, 2014.

Estes softwares seguem a norma brasileira ABNT NBR 16401-1 que trata do dimensionamento e instalação de ar-condicionado em sistemas centrais e unitários e que é baseada nas publicações da Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado (em inglês *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*).

Já nos itens dois, três e quatro do manual do Procel observa-se uma possibilidade de automação e controle da carga através de relés horários e controle de potência. Segundo Braga, 2007 também é possível automatizar os sistemas de ar-condicionado utilizando controladores com estratégias que levam em consideração e atuam nos estados de portas e janelas, mantendo-as fechadas e abertas conforme necessidade. Assim como também pode-se fazer o uso de termostatos inteligentes descritos no item 3.4.2.2.

4.4 MELHORIAS EM CARGAS EM STAND-BY

Conforme visto no item 2.5 as cargas em *Stand-by* representam um valor significativo de consumo de energia, este fato motivou o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem a redução do gasto energético desnecessário.

4.4.1 O USO DE RÉGUAS E TOMADAS INTELIGENTES

Um estudo conduzido pela empresa de gerenciamento de energia Ecova, no ano de 2009, afirma que as réguas de tomadas inteligentes, desligando automaticamente cargas que não estão sendo utilizadas no momento, provem economia de energia nos setores comerciais e residenciais (ECOVA, 2009, p. 5).

O estudo conduzido pela Ecova procurou testar réguas existentes no mercado para determinar os potenciais ganhos de energia com seu uso.

Estudos anteriores citados pela Ecova mostram que, em 1997, em avaliação realizada pelo fabricante Wattstopper, uma régua de energia inteligente com sensor de presença poderia diminuir gastos de energia em até 300 kWh. (ECOVA, 2009, p. 13)

A IT-Energy, empresa dinamarquesa de pesquisa energética, estimou que réguas de energia inteligentes ligadas tendo como carga principal computadores, poderiam diminuir 90 kWh, em média, o consumo de energia. Para televisores na carga principal, a média de energia economizada ficaria em 56 kWh, variando de 26 kWh a 137 kWh anuais. (ECOVA, 2009, p. 13)

A Ecova citou também, estudo da Pacific Gas & Co. em 2007, o qual expõe uma economia de 16 a 26%, sendo 70 kWh a 184 kWh, em estações de trabalho com computadores na carga principal. (ECOVA, 2009, p. 13)

Segundo a Ecova, foi importante verificar que dentre as réguas existentes no mercado consomem de 0 a 1,8W apenas estando ligadas, sem nenhum equipamento.

4.4.2 CENÁRIO: *HOME ENTERTAINMENT CENTER*

A Ecova, ilustrou em seu estudo o uso residencial de uma régua de energia, para o cenário de um *home entertainment center*, composto por dois consoles de *vídeo-game*, um gravador de vídeo digital (DVR), um modem ADSL, um roteador, um *vídeo-cassete*, um *subwoofer* e um reproduzidor de vídeo digital (DVD).

Estas cargas foram medidas em uso e em *stand-by*. O gravador de vídeo digital, que serve para a gravação agendada de programas, é desligado

em um dos cenários do teste. O desempenho de régua inteligente foi avaliado, para este cenário, mostrando os resultados na Figura 36 (ECOVA, 2009 p. 17):

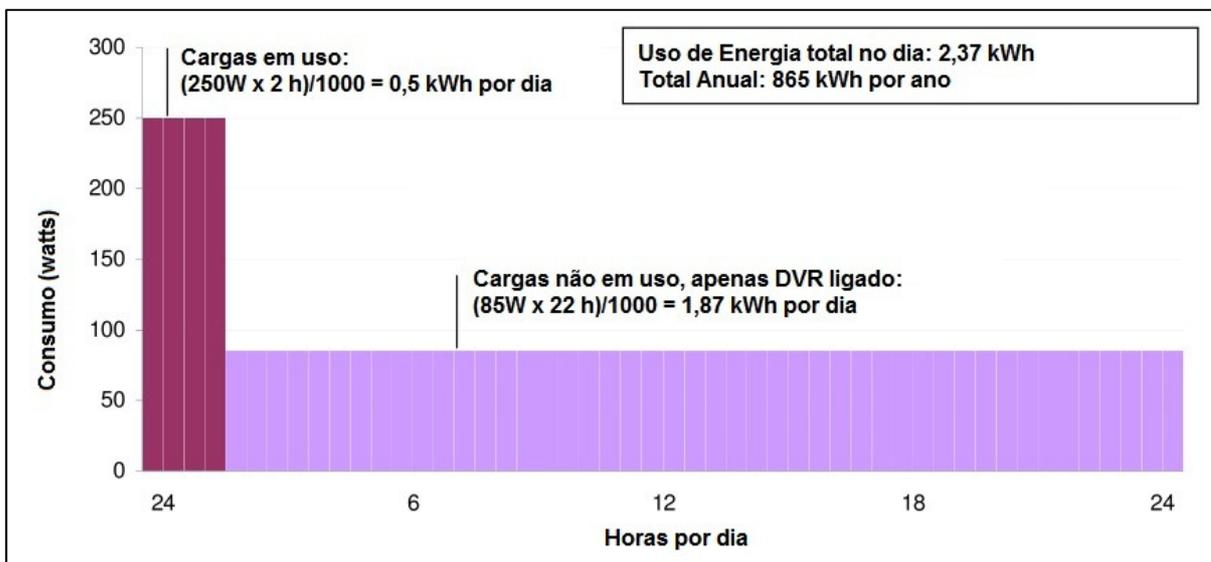


Figura 36 - Cargas sem o uso de régua inteligente

Fonte: Adaptado de (ECOVA, 2009, p. 17)

Nota-se que apenas por estarem conectados à rede, as cargas consomem 1,87 kWh diários.

No primeiro cenário de teste das régua, utiliza-se uma régua sensível a carga, que funciona desligando algumas tomadas “escravas” quando carga não é detectada em uma tomada de referência. A tomada de referência, neste caso, é conectada ao televisor.

Os resultados apresentados para o cenário são demonstrados na Figura 37:

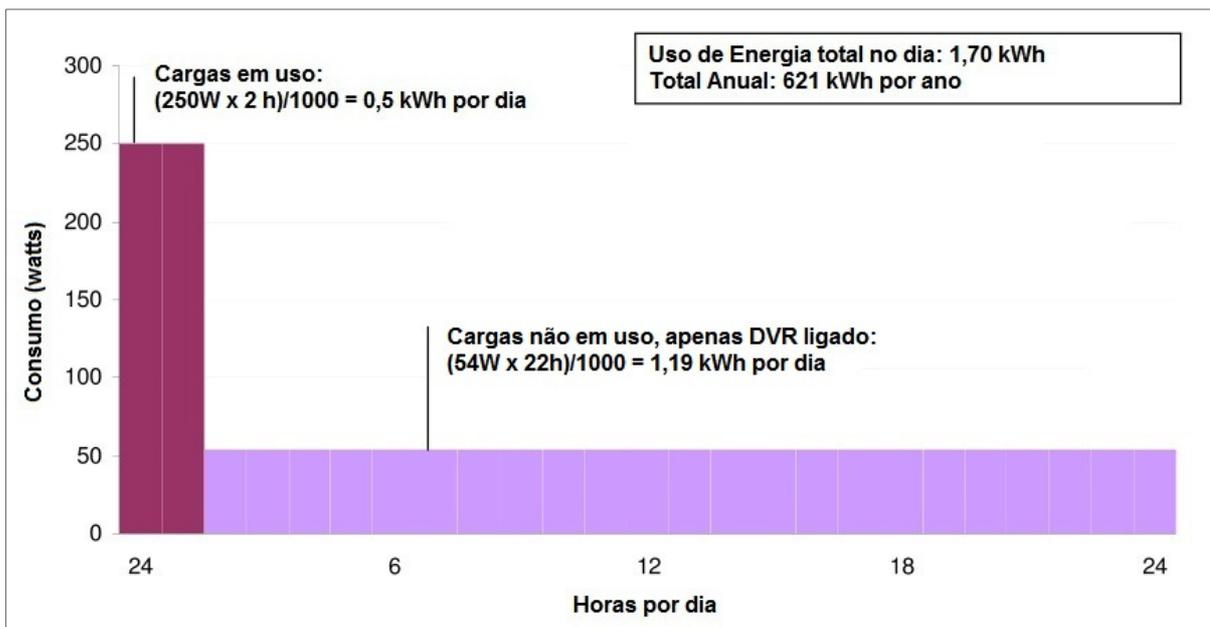


Figura 37 - Régua inteligente com sensor de carga

Fonte: Adaptado de (ECOVA, 2009, p. 18)

A seguir, foi testada uma régua inteligente com sensor de carga aliado a um temporizador, que força o desligamento do DVR, que era mantido ligado em caso de eventual utilização, conforme demonstrado na Figura 38.

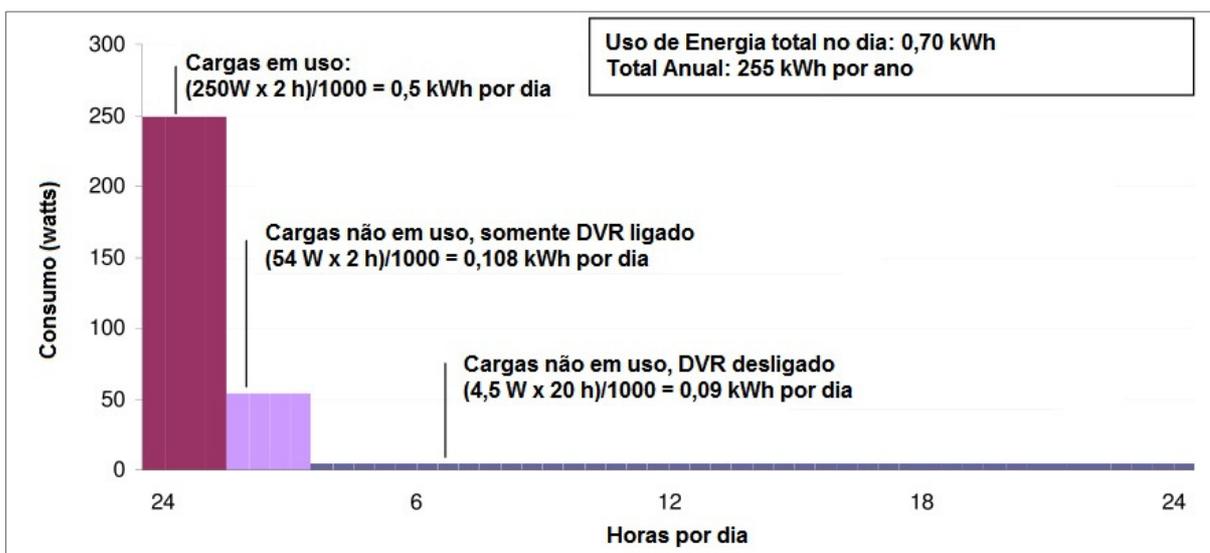


Figura 38 - Régua inteligente com sensor de carga e temporizador

Fonte: Adaptado de (ECOVA, 2009, p. 18)

Um resumo pode ser visto na tabela 11:

Cenário	Economia anual por régua (kWh)
Régua Inteligente	244 kWh
Temporizador	366 kWh
Régua Inteligente e temporizador	610 kWh

Tabela 11 – Economia anual por cenário de utilização

Fonte: Adaptado de (ECOVA, 2009, p. 19)

Segundo Ecova (2009, p. 18), os dados sugerem que a utilização de uma régua com sensor de carga traz economia significativa de energia. Contudo, se um temporizador é aliado ao sistema, esta economia é ainda maior.

No estudo, para os valores de época, o tempo de retorno de investimento para uma régua inteligente aliada ao timer seria, aproximadamente de quatro meses. (ECOVA, 2009, p. 19).

4.5 RESUMO DAS MELHORIAS

Analisando cada comportamento de carga e seus respectivos cenários de melhoria, vistos até aqui neste capítulo, pode-se montar um quadro-resumo das melhorias relacionadas à cada carga estudada, conforme exposto na tabela 12:

Sistema	Técnica de Automação	Estimativa de Energia Economizada	
		%	kWh
Iluminação	Chaveamento ou Dimerização	40% ou 60%, de acordo com o tipo de agendamento	Variável
Aquecimento de Água	Chaveamento ou Dimerização	Até 53%, sendo com controle direto de carga e horários reduzidos	Variável
Cargas Motrizes	Controle por Termostato	Variável	Variável
Cargas em <i>Stand-by</i>	Chaveamento com controle de presença	16% a 26% em estações de trabalho com computadores	No cenário de uso de régua inteligentes, varia de 244 a 610kWh.

Tabela 12 – Quadro resumo de melhorias na eficiência nas cargas de uma residência

Fonte: Autoria Própria

Neste quadro resumo, pode-se verificar as principais melhorias que a automação pode proporcionar às cargas de uma residência, baseadas nos estudos de caso e literatura verificada.

As cargas consideradas como variável na tabela 12, a melhoria é verificada especificamente nos casos. Não se obteve, na pesquisa, um valor fechado para esta economia de energia.

Relacionado a custos, cabe dizer que como alguns equipamentos não estão presentes ainda para venda no mercado brasileiro, optou-se por deixar a análise somente em termos energéticos, não financeiros.

5 CONCLUSÃO

O estudo da área de eficiência energética mostra-se como um amplo cenário para melhoria. Buscou-se encontrar, através de literatura, qual o papel da automação dentro de um contexto residencial, a fim de melhorar o aproveitamento de energia elétrica.

Das ferramentas existentes para tornar edificações mais eficientes do ponto de vista energético, a automação mostrou-se uma aliada bastante presente nas abordagens de melhoria estudadas.

Analisando a natureza da carga envolvida, se faz necessário destacar que os resultados de melhoria que foram almejados não independem de fatores externos, tais como temperatura, localização geográfica, fatores humanos, dentre outros.

Contudo, pode-se verificar que para as cargas instaladas nas residências são encontrados diversos cenários de melhoria energética, melhoria esta que é proporcionada pela automação.

As cargas de iluminação ocupam um papel de destaque no contexto residencial. São diversas as abordagens vistas para eficiência nessa área, todas empregando o uso de automações simples, como sensores de presença e temporizadores. Por ser de um grau de automação baixo, existem diversas oportunidades em iluminação, valendo-se da vantagem de que os dispositivos empregados estão disponíveis no mercado, com preços acessíveis e de simplicidade na instalação.

Ao estudar o aquecimento de água, foi interessante verificar que, sendo uma das cargas mais presentes nas residências e a de maior consumo, existem alternativas para diminuir o consumo de um chuveiro elétrico, tais como sensores do tipo termopar, sensores de presença e dimeres.

Relacionado ao aquecimento de água nos demais pontos do domicílio, o sistema de controle direto de carga, mostrou-se muito eficiente em casos com muito tempo de uso.

Para as cargas motrizes, foi verificado que o maior foco para melhoria seria no próprio desenvolvimento do produto, como no caso dos refrigeradores, deixando em segundo plano alternativas diretas para o usuário, a fim de melhorar o aproveitamento de energia. Já para o caso de condicionamento de

ar, o qual possui um perfil de alto consumo de energia, afetando diretamente o conforto do usuário, existem alternativas em que a automação pode ser aplicada e que apresentam bons resultados. É importante destacar que, neste contexto, uma boa alternativa reflete na melhoria no conforto do usuário e no ganho econômico de energia elétrica.

No tocante às outras cargas ligadas às tomadas, foi surpreendente verificar o consumo de equipamentos em modo de baixa potência, sendo considerados "vilões" silenciosos no consumo de uma residência. Uma automação simples de desligamento como tomadas inteligentes, régua inteligente e relés horários, proporcionam uma boa economia.

Num contexto financeiro, é importante verificar que, no cenário atual de tarifação para o setor residencial, existe um resultado consolidado e conhecido, para ações de eficiência energética. No caso de uma eventual mudança de tarifação, como a tarifa branca, o cenário deverá ser alterado e alvo de estudos futuros.

5.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Depois de realizados os estudos das diversas cargas foram identificados alguns pontos nos quais são necessários estudos mais aprofundados os quais podem obter resultados bastante interessantes do ponto de vista energético e também do ponto de vista econômico.

Com relação ao aquecimento de água, diversos autores classificam o uso de variados sistemas de energia como aliados importantes. Uma proposta de trabalho futuro seria desenvolver um sistema que gerencie mais de uma fonte de aquecimento de água.

Para as cargas em *stand-by* uma proposta interessante de trabalho futuro seria um controle centralizado dos circuitos de uma residência através de um quadro de relés.

Considerando uma mudança de tarifação é necessário levar em consideração que uma ação que economize energia em períodos de tempo em que o preço da energia é maior, poderá ser ainda mais efetiva, quando comparado com uma tarifa de preço único. Uma proposta para futuros

trabalhos seria justamente avaliar os efeitos desta mudança de tarifação nas cargas que ficam ligadas ininterruptamente, tais como o refrigerador.

6 REFERÊNCIAS

ABINEE. **Estudo revela qual o sistema mais econômico para tomar banho.** 2009. 3f. Revista Abinee. 2009. Disponível em <<http://www.abinee.org.br/informac/revista/51g.pdf>>. Acesso em: 2 fev 2014.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **ENERGY STAR Building Upgrade Manual.** Washington, 2008. Disponível em: <https://www.energystar.gov/ia/business/EPA BUM_Full.pdf> Acesso em 27 mai 2013.

AGÊNCIA DE CONSERVAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA NOVA ZELÂNDIA. **Choose the right water heating system for your needs .** Disponível em <<http://www.energywise.govt.nz/your-home/water/water-heating-systems>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Combate ao desperdício gera economia de 2,5 milhões de MWh/ano.** 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5704&id_area=90> Acesso em 30 nov. 2013.

_____. **Disposições Comerciais: Tarifa Branca.** Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/043/apresentacao/apresentacao_-aneel.pdf> Acesso em 27 dez. 2013.

_____. **Tarifas: Consumidores Finais - Conceituação.** Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=92&idPerfil=2&idiomaAtual=0>> Acesso em 12 jan 2014.

_____. **Espaço do Consumidor: Tarifa Branca**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=781&idPerfil=4>> Acesso em 12 jan 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: **Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR ISO/CIE 8995-1: **Iluminação de Ambientes de Trabalho. Parte I - Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 16401-1: **Instalação de ar-condicionado – Sistemas Centrais e unitários. Parte 1: projetos das instalações**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES ELÉTRICOS NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Introduction to Lighting Controls**. Disponível em <<http://www.lightingtaxdeduction.org/technologies/intro-lighting-controls.html>>. Acesso em 26 ago. 2013.

_____. **Solid State Lighting for Incandescent - Replacement - Best Practices for Dimming**, osslyn Virginia, 2010.

ALMENDROS, Felipe Magalhães. **As medidas para melhor aproveitamento da energia ao se utilizar um chuveiro elétrico equipado com dimmer**. 23f. Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F530_F590_F690_F895/F530_F590_F690_F895_2010_sem1/FelipeA-David_RF2_530.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2014.

ALVAREZ, A. L. (1998). **Uso Racional de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação de Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - EPUSP . São Paulo, SP.

ASSIST, Alliance for Solid-State Illumination System and Technologies. **Dimming LED Integral Lamps**, 2 de março de 2011

BASTOS, F.C. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**, COPPE, UFRJ, 2011.

BELKIN. **WeMo Switch**. Disponível em <http://www.belkin.com/us/F7C027-Belkin/p/P-F7C027/> Acesso em 16 nov 2013.

BOLZANI, C.A.M. **Residências inteligentes: domótica, redes domésticas, automação residencial**, 1ª edição, São Paulo; Livraria da Física, 2004.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 10.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

BRAGA, Laura Caixeta. **Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade de Minas Gerais, 2007. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8D2JQU/laura_caixeta_braga.pdf?sequence=1 > Acesso em 08 jan. 2013.

CONSELHO DE EDIFICIOS VERDES DOS ESTADOS UNIDOS. *U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*. **LEED for Homes Rating System**. 1.ed. Washington. 2007.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Balço Energético do Paraná: 1980/2009**. Curitiba, 2011. Disponível em <<http://www.copel.com>> Acesso em 16 fev. 2013.

COSTA, Gilberto José Correa da. **Iluminação econômica: Cálculo e Avaliação**. 3.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

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

DRB. **Sistemas de Água Quente**. 10f. Disponível em < <http://www.drb-assessoria.com.br/aula11.pdf> >. Acesso em: 2 fev. 2014.

ECOVA. **Smart Plug Strips**. Disponível em < <http://efficientproducts.org/product.php?productID=24>> Acesso em 16 nov 2013.

_____. **Smart Plug Strips: Draft Report**. Portland, 2009. 32 p. Disponível em: <<http://efficientproducts.org/reports/smartplugstrip/Ecos-Smart-Plug-Strips-DRAFT-Jul2009-v2x.pdf>> Acesso em 20 nov 2013.

EDP. **Consumos Standby**. Disponível em <<http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/equipamentos-eficientes/lazer-trabalho/consumos-stand-by>> Acesso em 16 nov 2013.

ELETROBRAS; PROCEL. **Relatório de resultados do Procel 2012 - ano base 2011**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>> Acesso em 28 jan. 2013.

_____, PROCEL INFO. **Etiquetagem em Edificações**. Disponível em < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={623FE2A5-B1B9-4017->

918D-B1611B04FA2B}&Team=¶ms=itemID={C46E0FFD-BD12-4A01-97D2-587926254722}%3BLumisAdmin=1%3B&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}}>. Acesso em: 24 set. 2013.

_____, **Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C, RAC-C**, 2001, 159p, Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAenfcAL/manual-rtq-c-rac-c>>. Acesso em 24 set. 2013.

ELECTROLUX LAB DESIGN. **Stefan Buchberger – At last: a fridge for people who live with several roommates**, 2008.
<<http://group.electrolux.com/en/stefan-buchberger-at-last-a-fridge-for-people-who-live-with-several-roommates-1985>> Acesso em: 29 fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; Brasília : MME : EPE, 2007. Disponível em < <http://www.epe.gov.br>> Acesso em 15 fev. 2013.

ERICSON, Torgeir. **Direct load controlo of residential water heaters**. 2006. 34f. Artigo. Statistics Norway, 2006. Disponível em: < <http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/DP/dp479.pdf>> . Acesso em: 15 nov. 2013.

FINDER. **Catálogo do Fabricante: Programadores Horários**. Disponível em <<http://gfinder.findernet.com/assets/Series/79/S12PT.pdf>> Acesso em 01 dez 2013.

FORTE, Fernando; FERRAZ Rodrigo Marcondes. **Quais são os tipos de aquecedores de água existentes? Qual deles é o melhor?** Disponível em <<http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/quais-sao-os-tipos-de-aquecedores-de-agua-existentis-qual-deles-e-o-melhor.jhtm>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

FUPAI, 2006. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá 596p.

GOOGLE INVESTOR RELATIONS. **Google to acquire Nest**, Mountain View 13 janeiro de 2014. Disponível em <<https://investor.google.com/releases/2014/0113.html>>. Acesso em 29/01/2014.

GOMES, Anderson Tomé. Pesquisa: Automação e Gerenciamento de Energia. **O setor elétrico**., São Paulo, ano 7, Ed. 83, p. 67, dez. 2012.

GOMES, Breno Henrique Tavares; FREIRE, Carolina da Silva; SÁ, Larissa Mota. **Medição de temperatura de caldeiras usando termopar**. 2010. 4f. Artigo. Universidade Petrobrás e IF Fluminense. 2010. Disponível em <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1819>>. Acesso em: 2 fev. 2014.

GUAPYASSU, Carlos. **Um termopar é um termopar! Ou não?**. 2007. Artigo. Disponível em <http://www.profibus.org.br/artigos/med_temperatura.html>. Acesso em: 2 fev. 2014.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Como funciona o chuveiro elétrico**. Disponível em <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletrica-domiciliar/2936-el033.html>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Aula 3: Sensores**. São Paulo. Disponível em <www.cefetsp.br/edu/brinca/robotica_arquivos/Aula_3.ppt>. Acesso em: 2 fev. 2014.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **CADERNO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE**

CURITIBA. Curitiba Dezembro de 2012. Disponível em < [http://www.ipardes.gov.br/cadernos/ Montapdf.php?Municipio=80000](http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=80000) > Acesso em 10 de mar. de 13.

KRAUSE, Cláudia et al. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica.** Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>> Acesso em 23 jan. 2013.

LABORATÓRIO NACIONAL DE LAWRENCE BERKELEY. **Low Power Mode Energy Consumption in California Homes.** Berkeley, CA, 2008. Disponível em: < <http://www.energy.ca.gov/2008publications/CEC-500-2008-035/CEC-500-2008-035.PDF> > Acesso em 02 nov. 2013.

LESLIE, Russel P. et al. **The Lighting Pattern Book for Homes.** 2.ed. Nova Iorque, Rensselaer Polytechnic Institute: McGraw-Hill, 1996.

MACISAAC Dan, Kanner Gary, Graydon Anderson, **Basics Physics of the Incandescent Lamp,** 1999. Disponível em: < <http://physicsed.buffalostate.edu/pubs/TPT/TPTDec99Filament.pdf> > Acesso em 11 ago 2013.

Ministério de Minas e Energia, **Plano Nacional de Eficiência Energética, Premissas e Diretrizes Básicas,** 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>> Acesso em 07 jul. 2013.

MRAZOVAC, Bojan et al. Towards Ubiquitous Smart Outlets for Safety and Energetic Efficiency of Home Electric Appliances. In. IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2011, Berlin. **Artigo.** IEEE, 2011.

Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6031795&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6031795 >

> Acesso em 11 nov 2013.

M.S.,Majid; H.A, Rahman; M.Y., Hassan; C.A., Ooi. **Demand Side Management Using Direct Load Control for Residential**. 2006. 5f. Artigo – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica da Malásia, Malásia, 2006. Disponível em <
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&tp=&arnumber=4339346&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D4339346> >. Acesso em: 25 jan. 2014.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique Dal. **Automação e eficiência energética**. 2011. 8f. Fascículo – Automação Residencial. São Paulo. 2011. Disponível em <
http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed69_fasc_automacao_res_cap8.pdf >. Acesso em: 24 jan. 2014.

NISE, Norman S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. 3.ed.Rio de Janeiro. LTC: 2002.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 4.ed.São Paulo. Prentice Hall: 2005.

OLIVEIRA, Guilherme et al. **Realização de uma auditoria com base nas disposições estabelecidas por um selo de eficiência energética e proposta de adequações construtivas ao bloco D da UTFPR**. 2013. 145f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

OSÓRIO, Arnóbio de Souza et al. **Automação Residencial**. 2010. 15f. Trabalho para a disciplina Instalações Elétricas. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010. Disponível em:
<http://www.aureside.org.br/temastec/automacao_residencial_final.pdf>
Acesso em 12 fev. 2013.

PAIVA, Lenardo Silvera. **Metodologia para a Implantação de Automação Residencial**. 2007. 83f. Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2007/LEONARDO%20%20PAIVA.pdf>>. Acesso em 13 fev. 2013.

PHILIPS, **Pagina de Suporte - Reatores** <http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_reatores.wpd > Acesso em 11 ago 2013

PROCEL – Programa Nacional de conservação de energia elétrica. **Dicas de economia de energia para um mundo melhor**. Ministério de Minas e Energia, 2013. Disponível em: <<http://www.eletrabras.com/elb/main.asp?TeamID=%7B6751E537-0EC0-4B83-BE03-82831A153042%7D> > Acesso em 01 dez. 2013.

_____, **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**. Itajubá: FUPAI 2001.

REIS, Lineu et al. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

RIBEIRO, Zenilda Barbosa. **Parâmetros para Análise de Projetos de Eficiência Energética em Eletricidade**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa Internidades de Pós-Graduação em Energia (EP,FEA,IEE,IF), Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Parametros_para_analise_de_projetos_de_eficiencia_energetica_em_eletricidade.pdf> Acesso em 31 jan. 2013.

ROCHA, Leonardo Resende. **Gestão energética: guia técnico PROCEL**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

SOLA, Antonio. KOVALESKI, João. **Eficiência energética nas indústrias: cenários & oportunidades**. In. XXIV ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 2004, Florianópolis. **Artigos**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2004. Disponível em: < <http://pessoal.utfpr.edu.br/luizpepplow/arquivos/81.pdf>> Acesso em 30 jan 2013.

SOLETROL. **Como Funciona um Aquecedor Solar**. Disponível em <<http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

SAMSUNG ELETRONICS, **Application Note rev 1.0 for LM561B** <http://www.samsung.com/global/business/business-images/led/file/family/lighting/201303/Application_guide_LM561B_rev1.0-1.pdf> Acesso em 23 ago 2013.

SENA, Diane Cristina Souza. **Automação Residencial**. 2005. 109f. Projeto de Graduação. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. Disponível em: <http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2005_2/dianecristinasouza_sena.pdf> Acesso em 13 fev. 2013.

SIEMENS. **Catálogo do Fabricante: Dispositivos Modulares**. Disponível em <<http://www.industry.siemens.com.br/buildingtechnologies/br/pt/produtos-baixa-tensao/comando-manobra-medicao/Documents/Dispositivos-Modulares-2012-v2.pdf>> Acesso em 01 dez 2013.

SOCIEDADE DE ENGENHARIA DE ILUMINAÇÃO DA AMÉRICA DO NORTE. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **The IESNA Lighting Handbook**. 9. ed. Nova Iorque: 2000.

SOCIEDADE DO SOL. **Manual de Instrução de Manufatura e Instalação Experimental do Aquecedor Solar de Baixo Custo**. 2013. Disponível em < http://www.sociedadedosol.org.br/site/asbc/asbc_online.htm#4.5>. Acesso em: 26 jan. 2014.

SORIA, Ayres Francisco da Silva. **Eficiência Energética**. Curitiba: BASE Livros Didáticos: 2009.

TEKHOUSE. **Como Funciona Aquecedor a gás por acumulação**. Disponível em < <http://www.tekhouse.com.br/?go=comofunciona&categoriaID=3&itemID=14>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

UOL. **Chuveiros inteligentes reduzem consumo de água e energia**. Disponível em < <http://aprendiz.uol.com.br/content/dojecoswic.mmp> >. Acesso em : 25 jan. 2014.

WALENIA, Paulo Sérgio. **Projetos Elétricos Prediais**. Curitiba: BASE Editorial, 2010.

WANG, S.K e Lavan, Z. **“Air-Condition and Refrigeration” Mechanical Engineering Handbook**. Ed. Frank Kreth, Boca Raton: CRC Press LLC, 1999