

Capítulo VIII

Automação e eficiência energética

Por José Roberto Muratori e Paulo Henrique Dal Bó*

Nos últimos anos, as questões relativas à preservação ambiental tomaram espaço nas mídias especializadas e trouxeram à tona vários conceitos de preservação dos recursos naturais. Nos anos 1980, já tínhamos nas escolas a divulgação de temas ligados à preservação ambiental e que na época eram chamados de ecologia. Em meados de 1992, ocorreu na cidade do Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), que ficou mais conhecida como ECO-92. Esta conferência tinha como objetivo principal buscar meios de conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação e proteção dos ecossistemas da Terra. Mais recentemente, estes temas voltaram a ter maior relevância por meio da difusão do conceito de sustentabilidade e eficiência energética. Atualmente, as empresas, tanto grandes redes de supermercados como construtoras, buscam formas de atrelar a sua imagem institucional a elementos ligados à sustentabilidade.

Então, podemos nos perguntar, como a automação residencial pode contribuir neste aspecto? Ou mais especificamente, como a automação residencial pode colaborar para a redução do consumo de energia elétrica?

Bem, vários métodos podem ser implementados por sistemas de automação para que possamos de alguma forma reduzir os gastos com energia elétrica. O primeiro deles é bem simples: toda lâmpada acesa desnecessariamente pode ser desligada e assim contribuir para a redução do consumo de energia elétrica em uma residência.

Toda família tem, em sua residência, este

personagem, que muitas vezes é considerado “o chato” e que passa pelos cômodos apagando as luzes e reclamando da “conta de luz”. Mesmo uma casa estando toda automatizada, não há como fugir da premissa de que toda lâmpada ligada consome energia elétrica. Então, cabe a nós, usuários domésticos, estarmos sempre atentos aos consumos desnecessários mesmo que os sistemas de automação possam estar de alguma forma zelando por isso.

Algumas soluções

Um equipamento bastante simples, que pode ser adotado e com baixo custo, é a utilização de sensores de presença para ligarem automaticamente as luzes. Porém, muitas vezes é muito mais efetivo o uso de sensores de “não presença” para apagarem automaticamente as luzes quando não for detectada a presença de pessoas naquele ambiente. Estes conceitos devem ser empregados com muita cautela, pois há muitas situações em que podemos ter o acionamento ou desligamento indevido, como o clássico exemplo de aplicações em banheiros. Os sensores de presença se mostram muito eficazes, principalmente em edifícios em que a circulação de pessoas é mais constante. Se combinados com uma função de temporização, como as famosas minuterias, podemos alcançar resultados ainda melhores.

Uma questão bastante interessante é a utilização de sistemas de aquecimento solar para residências. Resumidamente, estes sistemas são compostos por placas coletoras que aquecem a água que passa pelo seu interior e pelo boiler, ou caldeira, que armazena

a água aquecida para uso posterior. Na maioria dos sistemas, a circulação de água é feita pelo efeito denominado “termo-sifão” sem a necessidade de bomba de circulação.

Como o sol não é uma fonte de energia constante, nem sempre haverá aquecimento suficiente nos coletores solares. Dessa forma, a água armazenada no boiler terá uma redução na sua temperatura podendo esfriar completamente, deixando o morador sem água quente para o banho.

Contudo, os boilers possuem isolantes térmicos que têm a missão de reduzir ao máximo esta perda de calor fazendo a água permanecer quente por longos períodos de tempo. Entretanto, dependendo do consumo e das condições climáticas, por exemplo, vários dias nublados consecutivos, haverá a necessidade de aquecer a água armazenada no Boiler. Neste caso, utiliza-se um dispositivo interno ao boiler denominado “apoio elétrico”.

O apoio elétrico do boiler nada mais é do que uma ou mais resistências instaladas internamente ao reservatório que têm a missão de aquecer a água no seu interior quando a temperatura interna da água estiver baixa. Para fazer este controle, a forma mais simples é a utilização de um termostato instalado internamente ao reservatório e que é ligado em série com o banco de resistências.

Dessa forma, estando ligado o circuito de alimentação do apoio elétrico, normalmente em 220 V, as resistências somente serão ligadas se a temperatura da água estiver abaixo de um determinado valor (função do termostato). Assim, caso o sol não aqueça

suficientemente a água durante o dia, automaticamente esta será aquecida pelas resistências elétricas.

Este breve descritivo serve para esclarecer por que há moradores que se queixam do consumo excessivo de energia elétrica em suas residências, mesmo tendo investido em um sistema de aquecimento solar.

Vamos imaginar uma família de quatro pessoas em que o hábito de banho, isto é, a utilização de água quente, seja no período da manhã, entre 6h e 8h. Considere que, no dia anterior, o nível de insolação tenha sido alto e que os coletores solares conseguiram encher completamente o boiler com água quente. Neste caso, mesmo estando o apoio elétrico do boiler ligado (habilitado), o termostato impedirá que as resistências liguem, pois a água já está quente o suficiente. Neste caso, não haverá consumo de energia elétrica. Portanto, toda a água quente que será gasta no banho da família foi produzida exclusivamente utilizando o aquecimento solar.

Entretanto, considere agora que, no dia anterior, o nível de insolação foi baixíssimo (dia nublado e frio) e que os coletores solares não conseguiram encher o boiler com água quente. Como o apoio elétrico do boiler está ligado (habilitado) e a água está fria, o termostato permitirá que as resistências liguem iniciando o consumo de energia elétrica. Portanto, toda a água quente que será gasta no banho da família foi produzida utilizando o aquecimento elétrico.

Isto não é um grande problema, uma vez que um chuveiro elétrico convencional também consome energia elétrica para aquecer a água

do banho. Porém, um chuveiro elétrico só consumirá energia elétrica durante o período de tempo em que permanecer ligado.

A questão fundamental a ser considerada em sistemas de aquecimento solar de água é o fato de que, como relatado anteriormente, em dias nublados e frios o sistema permanecerá aquecendo a água sem que ela seja consumida de imediato.

Voltando ao nosso exemplo, como o perfil de consumo da família é o de utilizar a água quente no período da manhã, as resistências elétricas do boiler irão aquecer a água durante todo dia e a madrugada, ao mesmo tempo em que as condições climáticas tendem a esfriar esta mesma água que está sendo aquecida (pela energia elétrica). Neste exemplo, o sistema mostra-se ineficiente, pois desperdiça energia elétrica para produzir água quente desnecessariamente.

Nesse sentido, a automação residencial pode auxiliar muito o sistema de aquecimento solar por meio da implantação de um simples programador horário que irá habilitar e desabilitar o apoio elétrico do boiler, inibindo o acionamento das resistências nos momentos em que a água não está suficientemente quente para o banho e, portanto, não será consumida neste momento.

Esta é uma implementação simples, bastando utilizar uma saída do controlador de automação residencial ou um simples programador horário autônomo para acionar uma contatora que será ligada em série com o circuito de alimentação do apoio elétrico do boiler. No nosso exemplo, considerando que o apoio elétrico consegue aquecer toda a água do boiler em três horas, bastaria programar a contatora para ligar às 3h e desligar às 6h. Dessa forma, se garante que a família tenha água quente para o banho no horário desejado e se otimiza o consumo de energia elétrica.

“Master off”

Em uma residência 100% automatizada, uma função bastante interessante é a utilização do cenário “desliga tudo”

ou também conhecido como “master off”. Como o nome sugere, esta cena irá desligar cargas pré-programadas e que possam permanecer desligadas durante a ausência do morador, como iluminação, aquecedores, ares-condicionados, bombas de circulação, etc. Não serão desligados, obviamente, os circuitos de tomadas, principalmente aqueles relativos à alimentação de geladeiras e freezers. Deve-se ter bom senso na escolha dos equipamentos que serão desligados, pois muitos equipamentos eletrônicos podem perder a sua programação se ficarem longos períodos sem alimentação, por exemplo, no caso de uma viagem da família. Mas, de qualquer forma, este é um recurso muito interessante, já que garante que nenhuma carga ficará ligada desnecessariamente.

Iluminação e economia de energia

Talvez o recurso de automação residencial mais divulgado pelos fabricantes para demonstrar a economia de energia elétrica na iluminação seja o recurso de dimerização de lâmpadas. A dimerização é feita por meio do controle da potência entregue para a lâmpada, proporcionando uma variação de 0 a 100%.

Pode-se dimerizar lâmpadas dos tipos:

- incandescentes, halógenas e dicroicas (filamentos);
- fluorescentes com reatores dimerizáveis (0-10V);
- alguns tipos mais recentes de Leds.

Para efetuar o controle de potência em lâmpadas de filamento, são empregados triacs, que são componentes semicondutores nos quais podemos controlar o início da sua condução de energia para a lâmpada (ângulo de disparo). As formas da onda senoidal durante a dimerização de lâmpadas de filamento para os principais níveis de dimerização são mostradas na Figura 1.

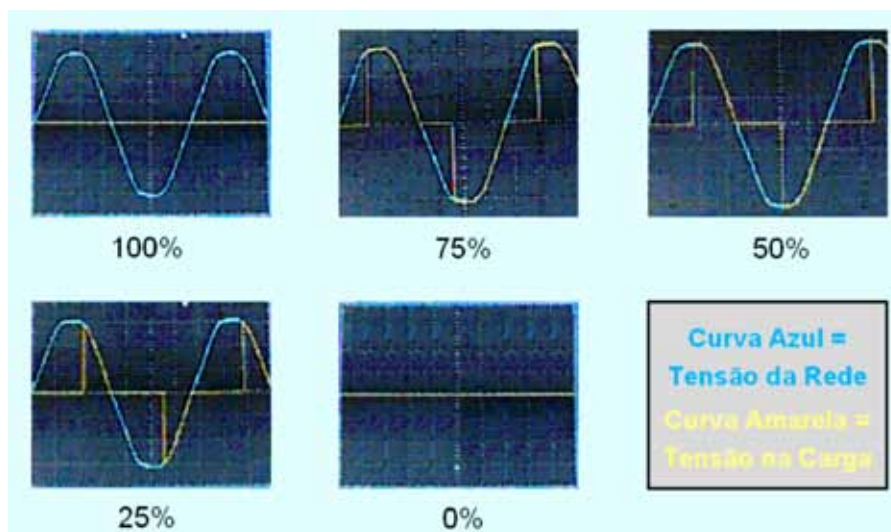


Figura 1 – Formas da onda senoidal durante a dimerização de lâmpadas de filamento.

Em 100%, a tensão na carga é igual à tensão da rede (senoide completa). Já em 50% de regulação de potência, temos os disparos (condução) feitos exatamente na metade dos semiciclos positivo e negativo.

Observe que, para 25% ou 75% de regulação, os disparos são feitos não exatamente em um quarto dos semiciclos positivo e negativo, pois a potência de 25% ou 75% será representada pela função integral desta curva (área).

Para entender as relações entre dimerização e eficiência energética, é preciso entender alguns conceitos importantes sobre lâmpadas:

- potência consumida
- fluxo luminoso
- eficiência luminosa

A potência consumida na lâmpada é diretamente proporcional à potência regulada pelo dimmer, conforme mostrado na Figura 2.

Potência regulada pelo dimmer	Potência consumida pela lâmpada	Potência economizada pela lâmpada
90 %	90 %	10 %
75 %	75 %	25 %
50 %	50 %	50 %
25 %	25 %	75 %

Figura 2 – Relação entre regulação do dimmer e consumo de potência.

Muitos fabricantes apenas invertem este discurso para demonstrar o percentual de potência economizada na lâmpada. Ou seja, se regulamos um dimmer para 90%, temos 10% de economia de energia e veremos que a variação do fluxo luminoso será imperceptível.

O fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte em sua tensão nominal de funcionamento, sendo que a unidade de medida é o lúmen (lm).

É importante ter em mente que, ao programar um canal de dimmer para um determinado valor, estamos ajustando o nível de potência que será entregue para a lâmpada e não um fluxo luminoso específico. Lembre-se que o fabricante do equipamento não conhece o modelo da lâmpada e da luminária que estará sendo utilizada.

A eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz e a potência por ela consumida, sendo que a unidade de medida é o lúmen/watt (lm/W). Na Figura 3, temos um gráfico muito interessante que mostra a eficiência luminosa obtida para diferentes tipos de lâmpadas.

Observe que as lâmpadas incandescentes são as grandes “vilãs” da história devido ao fluxo luminoso gerado versus o grande consumo de energia que ela exige. Estas lâmpadas são muito pouco eficientes do ponto de vista energético embora sejam ainda amplamente utilizadas devido ao seu custo de produção ser muito baixo.

Vamos entender agora as relações proporcionadas pela dimerização quanto à redução do nível de luminosidade, o consumo de potência e o aumento da vida útil da lâmpada.

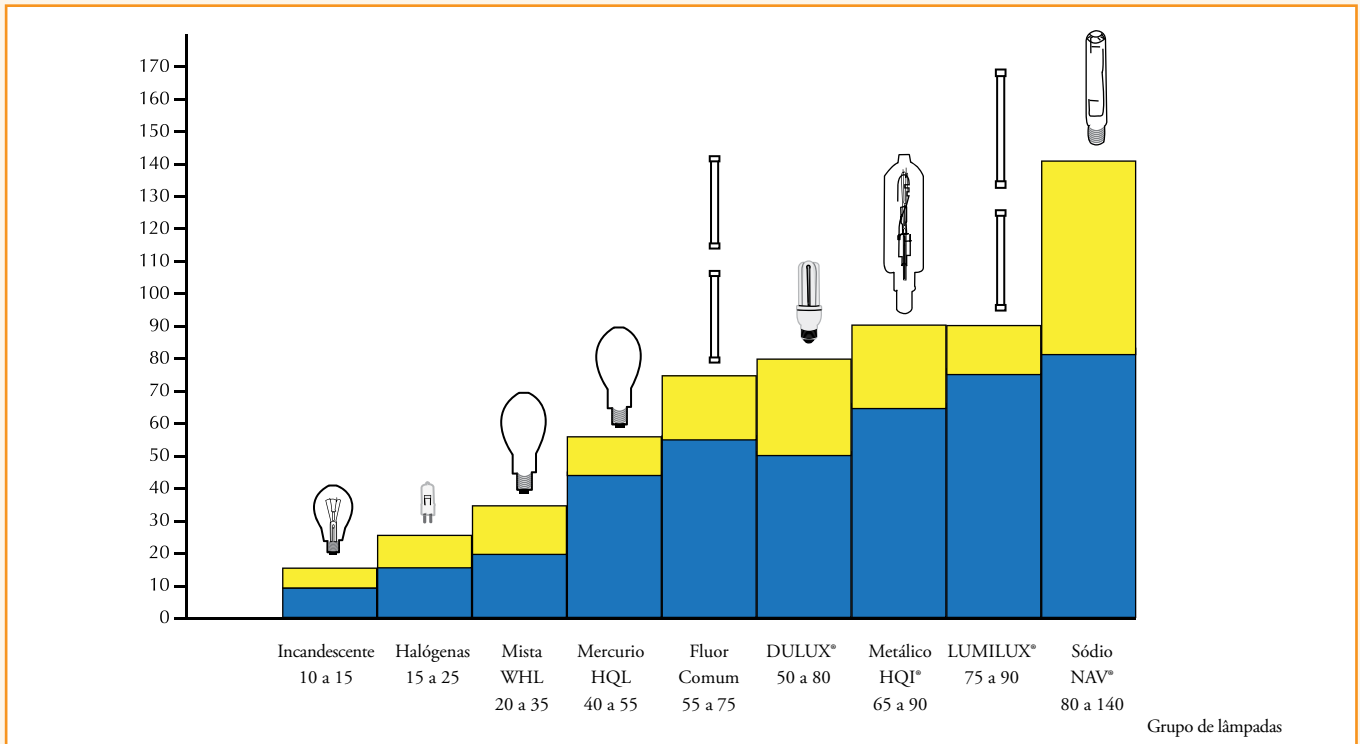


Figura 3 – Eficiência luminosa para diferentes tipos de lâmpadas.

Redução do nível de luminosidade	Potência consumida na lâmpada	Potência economizada pela lâmpada	Aumento da vida útil da lâmpada
90 %	90 %	10 %	2 vezes
75 %	80 %	20 %	4 vezes
50 %	60 %	40 %	20 vezes
25 %	40 %	60 %	> 20 vezes

Figura 4 – Relações entre nível de luminosidade, potência consumida e vida útil da lâmpada.

A tabela da Figura 4 é muito utilizada por fabricantes e projetistas luminotécnicos para demonstrar os benefícios da dimerização. Contudo, é muito importante observar que a primeira coluna da tabela diz respeito ao percentual de redução do nível de luminosidade (ou fluxo luminoso) e não à regulação de potência do dimmer. Este detalhe é fundamental, pois, ao não se atentar a este ponto, pode-se tomar conclusões erradas sobre esta tabela.

Para entender mais claramente estas relações, vamos analisar um exemplo simples:

Considere que, em uma mesma luminária, estão instaladas duas lâmpadas de 100 W e iremos proporcionar uma dimerização com redução do nível de luminosidade em 50%. Pergunta-se: O consumo dessas duas lâmpadas equivaleria ao consumo de uma única lâmpada de 100 W ligada a 100%?

A resposta é: não, pois cada lâmpada de 100 W teria 60% de potência consumida na lâmpada, ou seja, estaria consumindo 60 W. Portanto, as duas lâmpadas juntas consomem 120 W, o que é maior do que os 100 W consumidos por uma única lâmpada.

Dessa maneira, conclui-se que a redução do nível de luminosidade não é proporcional à potência economizada na lâmpada, considerando que a eficiência do filamento não é linear, conforme os dados mostrados na tabela da Figura 4.

A norma ABNT NBR 14671:2001 intitulada “Lâmpadas com filamento de tungstênio para uso doméstico e iluminação geral similar – Requisitos de desempenho” traz, no seu Anexo H (informativo), um estudo sobre a “Influência da tensão elétrica de energização no desempenho da lâmpada incandescente”. De acordo com a norma, “a tensão elétrica aplicada a uma lâmpada incandescente (que depende das características do ponto de consumo) está intimamente ligada ao desempenho da lâmpada quando em serviço, podendo alterar a potência dissipada, o fluxo luminoso produzido, a temperatura de trabalho do filamento, a eficiência luminosa e a vida útil da lâmpada”.

A Figura 5 nos mostra as relações entre estas grandezas para um ensaio de uma lâmpada de filamento de 100 W sendo alimentada por uma tensão de 127 V.

Tensão elétrica (V)	Potência elétrica (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida média (h)
127	100	1620	16,2	750
124	96	1438	15,5	1000
120	92	1343	14,6	1600
115	86	1161	13,5	2850

Fonte: NBR14671:2001

Figura 5 – Desempenho de uma lâmpada de 100 W em diferente tensão de utilização.

Algumas conclusões importantes podem ser observadas:

- Quanto maior for a tensão elétrica de projeto escolhida, maiores serão o fluxo luminoso e a eficiência luminosa;
- Quanto menor for a tensão elétrica, maior será a vida média e menor será a potência elétrica (consumo).

A grande diversidade de tensões de rede é um dos principais problemas no projeto de lâmpadas incandescentes no Brasil. A principal dificuldade seria na Grande São Paulo, onde coexistem, principalmente, redes de 115 V, 120 V e 127 V (entre fase e neutro). O problema é que esta tensão elétrica de utilização está dentro de um intervalo muito extenso. Considerando estes fatos, a ABNT NBR 14671 apresenta a tensão elétrica de 127 V como a única opção de tensão elétrica para os consumidores na faixa de 110 V a 127 V.

Para efetuar o controle de potência em lâmpadas fluorescentes, é necessária a utilização de um reator dimerizável, ou seja, um reator específico para esta aplicação. Estes reatores possuem uma entrada de tensão (0 a 10 V), que corresponderá ao nível de energia que será entregue para a lâmpada e, conseqüentemente, à variação do seu fluxo luminoso.

Embora as lâmpadas fluorescentes apresentem uma boa eficiência luminosa (vide Figura 3), um dos fatores que têm

limitado a sua aplicação com dimerização são o custo maior dos controladores de automação e, principalmente, o custo dos reatores dimerizáveis que, muitas vezes, tornam a relação custo/benefício proibitiva quando comparada com as novas aplicações com Leds.

Medidores inteligentes – o futuro está chegando

Novas aplicações destinadas a garantir o máximo de eficiência nas instalações elétricas residenciais estão surgindo com grande velocidade, estimuladas pela onda do “smart grid”. Conforme as concessionárias de energia conhecem melhor o padrão de consumo de seus clientes, poderão implementar políticas de incentivo, seja pela redução de tarifas em horários de pico ou planos de fidelização (isto já é possível em países com políticas energéticas mais avançadas).

No entanto, independentemente do posicionamento das concessionárias em relação a este tema, os consumidores residenciais já dispõem de uma gama bem variada de equipamentos que podem ser instalados imediatamente em suas casas, garantindo o melhor aproveitamento da energia.

Estes novos produtos, os quais vamos denominar genericamente como “medidores inteligentes” (ou smart meters, em inglês), podem ser plugados nos diferentes pontos de consumo da residência (ou no quadro geral, opcionalmente) e mandam informações (normalmente por protocolos de transmissão sem fio) para controladores no interior



Figura 6 – Exemplos de sistemas de medição de energia residencial.

da residência. Este “controlador” pode até ser um simples PC carregado com um software adequado para manipular as informações recebidas.

Com os medidores mais simples, o consumidor poderá armazenar seus dados sobre consumo e utilizá-los para estatísticas, para comparativos, enfim para saber como anda o seu consumo de energia em relação à sua vizinhança ou a outras famílias em situação similar. Estas comparações vão permitir avaliar se o consumo de seus equipamentos domésticos está dentro das especificações médias ou se precisam de ajustes ou até trocas. Aquecedores, climatizadores, chuveiros, geladeiras, máquinas de lavar e secar, enfim, qualquer equipamento cujo consumo possa afetar o gasto mensal de energia poderá ser monitorado dessa forma.

Alguns exemplos de sistemas de medição de energia residencial podem ser vistos nas imagens da Figura 6.

Este tipo de aplicação é considerado como “stand alone” e sua eficácia vai depender da dedicação que o consumidor tem ao avaliar os dados obtidos. Soluções muito mais eficientes serão obtidas se integrarmos estes medidores a sistemas de automação residencial. Neste caso, os “alertas” informados pelos medidores poderão resultar em ações específicas, como desligar sistemas de aquecimentos, reduzir níveis de iluminação e outras ações similares. Muitos destes medidores lançados ultimamente no mercado trabalham com protocolos de transmissão já conhecidos e que permitem uma integração simples com uma variedade significativa de sistemas de automação residencial já existentes.

Obviamente, a introdução destes medidores no mercado brasileiro ainda será tímida, pois talvez o principal incentivo à sua adoção tivesse de partir das nossas concessionárias de energia. Se as concessionárias avaliassem a sua instalação, obteriam também um excelente retorno, conseguindo acompanhar melhor as curvas de consumo de energia dos seus consumidores, podendo distribuir a energia com mais eficiência e menores custos para manutenção de suas redes. Para se ter uma ideia deste mercado em países mais evoluídos, a expectativa é de que no ano de 2014 o mercado norte-americano residencial deva consumir 17 milhões de medidores inteligentes, o que corresponde a mais de 15% do total de residências do país.

Na questão do uso mais eficiente da energia em ambientes domésticos, o futuro da automação residencial está apenas começando...

**JOSÉ ROBERTO MURATORI é engenheiro de produção formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com especialização em administração de empresas pela Fundação Getúlio Vargas. Foi membro-fundador da Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside), a qual dirigiu por cinco anos. É consultor na área de automação e palestrante.*

PAULO HENRIQUE DAL BÓ é engenheiro eletrônico pela Universidade Mackenzie e pós-graduado em automação industrial pela FEI. É professor do curso de pós-graduação na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec-SP) e diretor técnico da Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside).

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o
e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br