

EM

ELETRICIDADE MODERNA

ARANDA EDITORA ANO 41 Nº 468 MARÇO 2013

OS AVANÇOS E AS TENDÊNCIAS DA TECNOLOGIA ELETROELETRÔNICA

**Guia de acionamentos CA de
velocidade controlada e soft-starters**

Avaliação de células fotovoltaicas

**Monitoramento de
pequenas turbinas eólicas**

**Motores: a influência
dos distúrbios de tensão**

**Disjuntores para
proteção específica
de equipamentos**

**Desempenho
dos LEDs na
iluminação pública**

**Eficiência energética
no abastecimento
de água**

**Transformador
de distribuição
regulado**

**Monitoramento
avançado de
emendas de cabos**

**Comunicação
para as redes
inteligentes**

**Proteção
contra arcos**

**Instalações
residenciais
inteligentes**

**Proteção
na geração
distribuída**

**Energia
fotovoltaica com
armazenamento**

ESPECIAL

**Feira Internacional da
Indústria Elétrica, Eletrônica,
Energia e Automação**

**EM
40
anos**

Aplicação de sistemas inteligentes em instalações elétricas residenciais

Luís Eduardo Caires,
Geraldo Francisco Burani e
Hélio Eiji Sueta, do IEE-USP

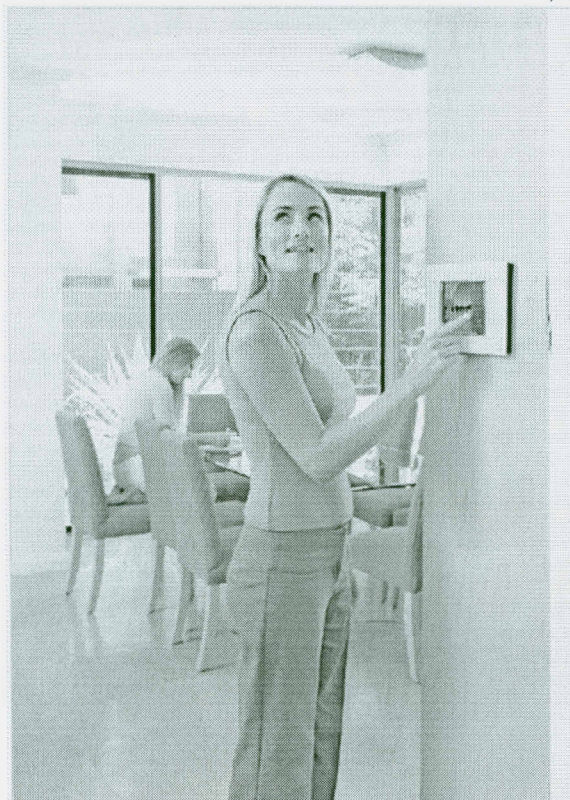
A área de automação permite a operação automática de muitos equipamentos e sistemas modernos, os quais incorporam recursos de tecnologia da informação, possibilitando gerenciar os recursos energéticos. Este artigo tem o objetivo de analisar o potencial de aplicação de dispositivos elétricos inteligentes na automação das instalações elétricas residenciais e sua possível interação com as smart grids.

A eletricidade adquiriu importância vital na sociedade moderna e tornou-se o insumo preferido em muitas aplicações, devido à facilidade com que é convertida em outras formas de energia, como calor, luz e força motriz.

O funcionamento de uma rede elétrica depende de recursos materiais e operações técnicas, e representa um custo para a sociedade. Depois das privatizações, em função dos interesses econômicos das concessionárias e consequentes pressões da sociedade pela manutenção da qualidade do serviço, as redes elétricas passaram a operar em condições mais restritas. Aumentou a exigência de desempenho econômico e de diminuição das perdas nas redes.

Esse cenário tem incentivado o desenvolvimento da chamada rede inteligente (*smart grid*) e dos edifícios inteligentes (*smart buildings*), cujos sistemas associados permitem otimizar os

recursos, haja vista que possibilitam o gerenciamento pelo lado da demanda em tempo real.



Clipsal

A aplicação do conceito de rede inteligente deve proporcionar oportunidade de mudança na forma como os consumidores residenciais administram seus recursos energéticos, particularmente a eletricidade. A perspectiva é de que eles sejam cada vez mais incentivados a participar de maneira integrada do sistema elétrico e em tempo real.

Nesse contexto, o aproveitamento das fontes renováveis, o armazenamento de energia e a automação das instalações podem se tornar alternativas viáveis frente aos custos da aquisição da energia em um mercado dinâmico.

A rede inteligente

Uma rede inteligente é caracterizada por uma estrutura de tecnologia da informação de alto nível, que pode transmitir energia e informação no modo bidirecional, envolvendo consumidores e fornecedores.

A energia elétrica recebida pelo consumidor está sujeita

a restrições legais e técnicas de um sistema já bem sedimentado no modelo atual. Entretanto, com a evolução projetada para as redes elétricas, haverá mudanças fundamentais na forma de interação entre as concessionárias e os consumidores.

Espera-se que, num futuro próximo, o consumidor seja envolvido na cadeia de controle pela chamada rede inteligente, a qual teria então a capacidade de coordenar o intercâmbio bidirecional e em tempo real de energia e informações, de modo a otimizar o aproveitamento das fontes de energia. Além disso, teria a capacidade de otimizar o desempenho das funções de proteção, minimizando os efeitos das falhas ou atuando de maneira preventiva de forma a maximizar a confiabilidade do sistema.

O deslocamento da demanda é a forma mais evidente de otimização projetada para as redes inteligentes. No sistema atual, existem períodos de picos de demanda, aos quais o sistema elétrico deve ser capaz de atender. Por outro lado, em boa parte do tempo, o sistema opera abaixo da sua capacidade. Ou seja, há uma capacidade ociosa, que poderia ser mais bem utilizada com a distribuição da demanda.

Em uma rede inteligente, o consumidor pode ser incentivado a mudar seus hábitos de consumo por meio de variações na tarifa em função do tempo, ou melhor, do nível de carga no sistema. Nesse cenário, o consumidor, particularmente o residencial, necessitaria do auxílio de um sistema automático inteligente para gerenciar seus equipamentos, a fim de obter o maior benefício possível.

O suporte técnico para um sistema com as características apontadas está, em princípio, disponível, pois foi desenvolvido para atender necessidades de automação já existentes na indústria, e alguns elementos poderiam ser aplicados às instalações residenciais, como:

- sistemas Scada;
- sistemas de comunicações; e
- sistema de medição baseado em medidor inteligente (*smart meter*).

Com o crescimento da indústria e o

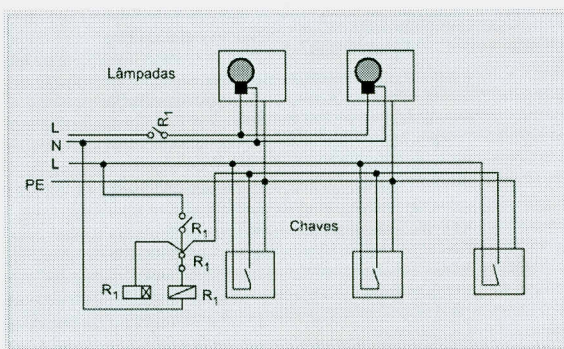


Fig. 1 – Comando elétrico para acionamento de lâmpadas a partir de diversos pontos

aumento na sofisticação do controle dos processos, a quantidade de informação proveniente dos sensores espalhados pela planta industrial tornou muito complexa a atividade de gerenciar os sistemas. Os primeiros sistemas de controle desses processos eram de telemetria, compreendendo sensores instalados em campo, ligados diretamente a medidores, permitindo aos operadores acompanhar em tempo real os valores e tomar decisões baseados nessas medições. Foi o primeiro tipo de sistema Scada utilizado pela indústria.

A sigla Scada - *Supervisory Control And Data Acquisition* é dada ao sistema que faz a aquisição e supervisão dos dados coletados em campo, e permite ao operador controlar ou decidir com base nessa informação.

A evolução, difusão e barateamento dos sistemas computacionais permitiram que a tecnologia Scada executasse comandos remotos, além do acesso aos dados dos sensores, verificando os valores de campo e sinalizando os mais críticos através de alarmes visuais ou sonoros.

O sistema Scada é muito utilizado na indústria petroquímica, geração e distribuição de energia, controle de água e efluentes e sistemas de transporte, entre outros. Em resumo, esse sistema pode ser utilizado em empresas que precisam monitorar suas instalações, as quais podem atingir desde centenas de metros a vários quilômetros de distância. E somente um sistema automático pode coletar em tempo hábil todos os dados necessários de uma grande quantidade de sensores e concentrá-los em um só lugar, permitindo a tomada de decisão por parte do operador do sistema.

No caso de uma instalação elétrica

residencial, o sistema empregado poderia se beneficiar da tecnologia existente, simplificando a operação e barateando os custos dos equipamentos.

Quando se planeja a implantação de um sistema similar ao Scada, deve-se considerar a utilização da rede de dados já existente, a fim de evitar custos adicionais com infraestrutura de comunicação, e também de redes locais de computadores, conexões a rádio ou outras já disponíveis,

tomando cuidado para que o sistema de automação não cause interferências na rede existente. Devido à disseminação das redes de informação domésticas, impulsionadas pela Internet, o suporte de comunicação para residências já está disponível no mercado.

Os medidores inteligentes têm chamado a atenção do consumidor residencial no momento da substituição dos medidores tradicionais eletromecânicos. Tais equipamentos incorporam funções antes não disponíveis e possibilitam a cobrança de multas devido ao baixo fator de potência. Embora essa tecnologia pareça recente, já existem medidores de painel com tais capacidades nas aplicações de automação industrial e que podem ser adquiridos pelo consumidor residencial. No entanto, sua implementação está restrita aos especialistas, pois não existe um sistema de prateleira direcionado ao consumidor residencial médio.

Muitos sistemas privilegiam a sofisticação, o que dificulta sua difusão. No cenário atual, a utilidade não é tão atraente quanto o conforto proporcionado por tais sistemas, haja vista que ainda não há um mecanismo efetivo para incentivo do deslocamento da demanda.

Possibilidades para automação residencial

Existem diversas possibilidades para automação de uma instalação elétrica residencial, que variam em função da necessidade do consumidor. Enquanto não são percebidas vantagens funcionais no uso dos sistemas de automação, prevalecem os requisitos de conforto e sofisticação.

Existem sistemas relativamente simples, que podem ser implementados a um custo acessível, porém demandam conhecimento de suas aplicações para serem eficazes.

Tecnologias já difundidas, como sensores de presença, interruptores crepusculares e outras automações simples, já auxiliam os consumidores residenciais a eliminar desperdícios de energia.

De modo similar, outras tecnologias de automação podem ser incorporadas nas instalações residenciais, como o CLP - Controlador Lógico Programável, que pode tornar a automação residencial simples, com operação flexível.

Existem modelos simples que incorporam capacidades funcionais sofisticadas, com custo acessível. Por exemplo, um sistema de iluminação acionado em diversos pontos de uma edificação pode ser implementado por um comando elétrico simples, como o ilustrado na figura 1.

As chaves, similares a botões de campainha, mantêm-se fechadas somente enquanto pressionadas. Quando acionadas a partir de qualquer ponto, acendem as lâmpadas. Se mantidas pressionadas por um determinado tempo, as luzes são desligadas. O número de pontos de acionamento varia de acordo com a necessidade.

A mesma solução pode ser implementada através de um CLP, conforme ilustra a figura 2. Neste caso, quando

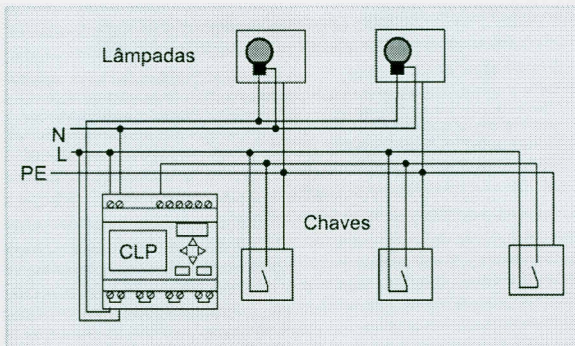


Fig. 2 – Comando elétrico para acionamento de lâmpadas a partir de diversos pontos com CLP

um interruptor é acionado, as lâmpadas se acendem; quando qualquer outro interruptor é pressionado, as lâmpadas se apagam. A vantagem dessa configuração é a possibilidade de adaptar facilmente o circuito por meio da mudança do programa do controlador lógico. Por exemplo, esse circuito pode incorporar função de temporização com a adição de um bloco lógico no programa. Além disso, esse dispositivo pode incorporar um módulo de comunicação com um computador, proporcionando novas capacidades de controle.

Neste exemplo, observa-se que existe um circuito de comando e um circuito de força representados, respectivamente, pelo circuito dos interruptores e o das lâmpadas. Esse é um ponto a ser ressaltado, pois pode-se distinguir dois elementos importantes das futuras instalações: a rede de controle e a rede de energia.

A rede de controle lida com as infor-

mações dos sensores e, por isso, pode ser constituída de condutores de pequena capacidade de condução de corrente. Por outro lado, a rede de energia é constituída por condutores principais, com seção adequada ao fornecimento da potência aos pontos de utilização. Neste exemplo, percebe-se uma mudança significativa na fiação, pois os condutores de força são instalados somente para as lâmpadas, e o

circuito de comando pode ser feito com condutores de seção reduzida. Existe ainda o problema da integração dos pontos de controle, que podem ser centralizados ou distribuídos em módulos de acionamento local.

No caso do comando centralizado, um grande número de condutores parte desse ponto da instalação, cujo número varia em função dos elementos controlados da instalação.

Os controladores lógicos programáveis oferecem muitas possibilidades de aplicações residenciais, em função das necessidades de automação. Para sua implementação, é necessário definir com precisão tais necessidades.

Para substituir os sistemas já existentes, como controle de bombas, sistemas de iluminação, controle de ventilação, há programas e ligações CLP desenvolvidos. Por sua vez, aplicações em sistemas de gerenciamento de energia com

CAIXAS DE COMANDO, GABINETES E RACKS



- Máquinas de Corte a Laser CNC • Puncionadeiras
- Prensa Viradeira CNC e Mecânica • Sistema Modular de Estampo
- Prensas Excêntricas • Equipamentos Soldas MIG, PONTO e Acabamento
- Banhos Frios Decapantes e Fosfatizantes • Pintura Eletrostática Pó
- Montagem Mecânica

metalaSer
meta'lógica

PROCURA-SE
REPRESENTANTE

São Paulo - Fone/Fax: 11 4368 7828
metalaSer@metalaSer.com.br
www.metalaSer.com.br

Porto Alegre - Fone/Fax: 51 3340 6567
metalogica@metalogica.com.br
www.metalogica.com.br

baterias e painéis solares podem requerer desenvolvimento particular em função das condições locais da instalação.

Entretanto, os sistemas baseados nos CLP geralmente podem operar de maneira autônoma, bem como em rede, de modo que as soluções adotadas podem evoluir conforme as necessidades da instalação.

Embora muitos sistemas possam, em princípio, parecer compatíveis, pode haver problemas de funcionamento entre produtos de diversos fabricantes, o que evidencia a falta de normalização para assegurar mínima compatibilidade. Desta forma, na prática, a implantação desses sistemas pode ser mais complexa e demandar mais experiência dos profissionais.

Problemas de compatibilidade aparentemente triviais podem dificultar a implementação dos dispositivos nas instalações e inibir a difusão dos sistemas de automação nas residências.

Problema de integração de sistemas

Com o objetivo de prover um sistema de controle de nível de iluminação, a fim de manter o conforto visual e otimizar o uso da energia, face ao aproveitamento da iluminação natural, foi selecionado um conjunto de luminárias LED de um fabricante e um dispositivo de controle do nível de iluminação (dimmer) de outro. A partir das informações disponibilizadas por ambos — o fabricante da luminária indicava que seu produto era dimerizável, e o do dimmer classificou-o de universal, capaz de comandar cargas resistivas, indutivas e capacitivas — supôs-se que a aplicação seria simples.

Entretanto, uma pesquisa mais apurada revelou que a luminária somente era dimerizável com equipamentos específicos. Na verdade, a luminária opera fundamentalmente com cargas resistivas. E o fabricante considera como carga indutiva um transformador de uma fonte que alimenta lâmpadas de halogênio (um tipo de lâmpada incandescente) com baixa tensão. Já a carga capacitiva é uma fonte chaveada que alimenta o mesmo tipo de lâmpada e, de forma similar, é visto pela fonte como carga resistiva. Assim, deduz-se que, na verdade, a carga controlada é uma resis-

tência, e o controle de luminosidade é feito pela variação do ângulo de condução da senoide, como se observa pelas formas de onda da corrente da figura 3.

O dimmer funciona normalmente na operação de uma lâmpada incandescente de 60 W. Já com a luminária LED não varia a luminosidade. O dispositivo não reconhece a carga da luminária LED e a desliga, indicando erro operacional.

Isso pode ser bem frustrante para o consumidor residencial, que não possui recursos para analisar o problema mais a fundo. Para solucioná-lo a partir das informações disponíveis, foi utilizado um transformador com relação unitária para que o dimmer reconhecesse a carga como indutiva e funcionasse de algum modo. Embora tenha resolvido a princípio o problema, essa solução apresentou inconvenientes, como limitação do controle da luminosidade e aquecimento do transformador, provavelmente devido a problema da qualidade de energia fornecida. Além disso, em função do baixo fator de potência e reduzido desempenho do conjunto, o transformador tinha grande volume.

Para melhorar o controle da luminosidade, foi incorporado um retificador de meia onda com filtro capacitivo no secundário do transformador isolador. Essa solução, mais recomendável sob o ponto de vista de controle, padecia dos mesmos problemas de qualidade de energia que a anterior, tendo sua viabilidade questionada.

A melhor solução encontrada foi utilizar outra luminária LED dimerizável do mesmo fabricante das luminárias originais, que, por algum motivo, foi identificada pelo dimmer como um tipo de carga dentro de suas capacidades.

A luminária e o dimmer funcionam adequadamente em separado, mas não em conjunto. O fabricante da luminária aponta o dimmer tipo *trailing edge* como adequado para seu equipamento, que dispara no momento que a corrente passa pelo zero e desliga no ângulo desejado. Outro tipo de dimmer, conhecido como *leading edge*, dispara no momento em um ângulo selecionado da senoide e desliga na passagem pelo zero.

O fabricante do dimmer

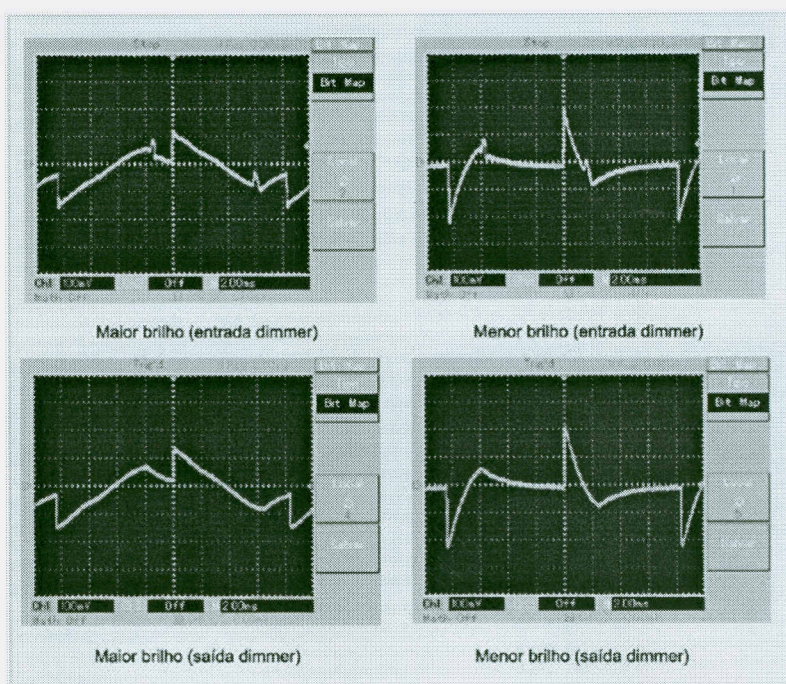


Fig. 3 – Formas de onda da corrente no circuito com dimmer

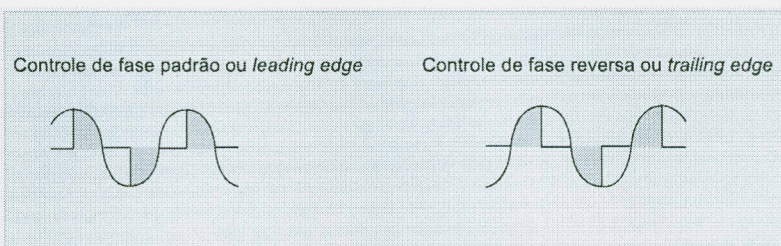


Fig. 4 – Forma de onda dos dois tipos de dimerização

aponta que seu equipamento é do tipo universal. A definição de universal dada pode ser carga resistiva, um transformador com carga resistiva ou um “transformador eletrônico”. As medições realizadas sugerem que o dimmer utiliza os dois modos de disparo combinados, ou seja, ele dispara no zero, conduz até um determinado ângulo, interrompe a corrente por um intervalo t (figura 5) e volta a conduzir depois desse intervalo até

passar pelo zero, onde reinicia o ciclo.

Segundo dados do fabricante do dimmer, esse dispositivo sonda a carga a ele conectada e automaticamente ajusta o tipo de operação. No entanto, observa-se que o dimmer não consegue se ajustar à condição correta e desliga, indicando erro. Esse ciclo foi observado na operação de uma lâmpada incandescente, onde o dimmer ligou automaticamente, conduziu por alguns segundos e depois modulou o sinal de corrente.

Dessa forma, deduz-se que o problema é causado pelo sistema automático de reconhecimento de carga, e não pela incapacidade do dispositivo em controlar a carga. O simples “truque” de colocar uma carga foi su-

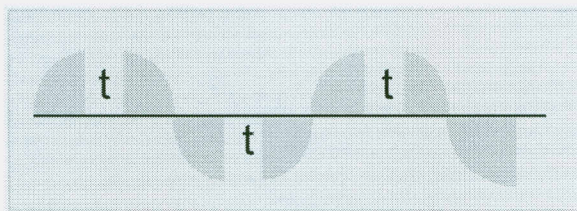


Fig. 5 – Forma de onda estimada para o dimmer fornecido

ficiente para fazer o circuito funcionar.

Esse exemplo simples indica que existem muitos detalhes operacionais para integrar os sistemas de modo satisfatório, e até as aplicações mais corriqueiras podem apresentar dificuldades dentro desse universo de sistemas de automação cada vez mais dedicados e complexos.

Considerações finais

A automação residencial pode ser uma solução interessante do ponto de vista funcional, operando dentro de uma rede inteligente, ou ao menos com a possibilidade de incentivos tarifários através da variação horária.

Enquanto isso não ocorre, as possibilidades de automação restringem-se às aplicações consagradas, onde observa-se que a substituição dos comandos elétricos por controladores lógicos programáveis (CLP) resulta numa redução econômica da fiação dos circuitos elétricos. Não obstante, tais dispositivos podem ser empregados para realizar automações mais complexas, pois agregam funções facilmente

implementáveis através de programas.

Alguns desses dispositivos têm a possibilidade de se comunicar com computadores através de redes locais, o que possibilita a implantação do sistema em camadas sobrepostas e sua evolução conforme as necessidades.

Embora existam muitas soluções disponíveis no mercado para a automação, a questão da compatibilidade entre os equipamentos dos diversos fabricantes muitas vezes dificulta a aplicação e tende a restringir as opções para sua instalação no lado do consumidor. Dessa forma, o consumidor residencial teria de optar por soluções compatíveis com a filosofia de determinado fabricante e adquirir sistemas completos.

Mesmo aplicações simples, aparentemente triviais, podem apresentar dificuldades de implementação e desestimular o consumidor médio. Além disso, atualmente não se percebe uma necessidade para a automação, além das tradicionais (em suma, conforto), de modo que a difusão e a evolução dos sistemas mais sofisticados ainda têm grande potencial inexplorado. Com a

aplicação de novas modalidades tarifárias, que incentivem o deslocamento da demanda, a evolução da automação residencial pode se tornar interessante para um maior número de consumidores.

Referências

- [1] Caires, L. E.: *Aplicação de redes inteligentes nas instalações elétricas residenciais*. São Paulo, 2012. 183p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [2] Almeida, Rafael Máximo de Almeida: *Sistema Scada e aplicação*. Fortaleza, 2009. 68p. Monografia (Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- [3] Philips: *eW Cove Powercore Na Essência/White Product*. Disponível em: www.ala-inc.net/img/products/ed/color-kinetics/025.pdf. Maio de 2012.
- [4] Philips: *Application Note Recommended Dimmers for eW Powercore fixtures*. Disponível em: www.color-kinetics.com/support/notes/AN-eW_Cove_Dimming.pdf. Maio de 2012.
- [5] Philips: *Deco LED eW Cove Powercore*. Disponível em: www.akerlampadas.com.br/pdf/eW_Cove_Powercore.pdf. Maio de 2012.
- [6] Schneider: *Universal dimming actuator REG-K/230/100W- Operating instructions*. Disponível em: www.iqmarket.sk/files/products/doc/Schneider_Electric/V6493_561_00_GB.pdf. Maio de 2012.
- [7] Lutron: *For your information... Guide to Dimming Low-Voltage Lighting #19*. Disponível em: www.lutron.com/ResourceLibrary/362219.pdf. Maio de 2012.

Trabalho apresentado no XIV Enie - Encontro Nacional de Instalações Elétricas, realizado de 14 a 16 de agosto de 2012, em São Paulo, SP.