

# Uma Proposta de Redução de Custos no Gerenciamento e na Manutenção de Redes de Iluminação Pública

Júlio C. Ragone, Sanderson R. Abreu

Márcio C. B. Rodrigues, Moisés V. Ribeiro,  
Danilo P. Pinto, Henrique A. C. Braga

Sistema Cataguazes Leopoldina - SCL

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

**Resumo** – A presente contribuição tem como objetivo principal apontar os casos típicos de ineficiência operacional e desperdício de materiais relacionados com a aquisição de componentes e manutenção das redes de iluminação pública. Baseado neste estudo de casos, o artigo discorre sobre uma proposta de procedimentos padronizados que visa otimizar os processos e evitar o descarte prematuro de componentes utilizados na iluminação viária. Tais procedimentos se apóiam no emprego de uma bancada de testes, projetada para realizar ensaios em uma vasta gama de dispositivos empregados nestes sistemas, facilitando a identificação de problemas, manutenção de produtos e registro recorrente de faltas em determinados pontos atendidos. Uma descrição geral da bancada, suas funcionalidades e particularidades dos testes são apresentados em seção específica. Espera-se que os novos procedimentos possam resultar na busca da excelência dos serviços prestados, minimização dos recursos dispensados na manutenção, reciclagem do quadro técnico e melhor satisfação dos usuários da rede de iluminação.

**Palavras-Chave** – Iluminação Pública, Lâmpadas de Alta Pressão, Procedimentos de Manutenção, Eficiência Energética, Racionalização de Processos.

## I. INTRODUÇÃO

A Iluminação Pública (IP) é um dos mais importantes serviços prestados pelas prefeituras, através das concessionárias de energia elétrica, às comunidades. Uma iluminação de rua eficiente, de boa qualidade, bem dimensionada e bem distribuída é fator decisivo na melhoria dos índices de segurança pública, de segurança no trânsito e da satisfação do contribuinte. Desta forma, a eficiência dos sistemas de iluminação pública está ligada diretamente à qualidade de vida dos cidadãos, de forma que ações que promovam a excelência deste sistema resultam em melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sócio-econômico do município onde é implantada [1]. Diversos trabalhos foram propostos no passado ressaltando a importância da manutenção e acompanhamento da qualidade da iluminação pública como fatores preponderantes nesta área [2-5].

As ações no setor compreendem, tradicionalmente, a troca de lâmpadas, reatores e luminárias por versões mais eficientes [1]. No entanto, pouca atenção é dispensada à gestão do sistema, seleção e acompanhamento da aquisição de componentes, padronização dos procedimentos de manutenção e monitoramento do funcionamento da instalação. Acredita-se que tais ações, se bem coordenadas e executadas,

resultem em ganhos para a concessionária, melhor eficiência energética do sistema, melhor qualidade do nível de iluminação, presteza na manutenção e, conseqüentemente, num aumento da satisfação da população atendida.

O SCL, como a maioria das concessionárias de energia elétrica do país, mantém sistemas de IP em diversos municípios que obedecem aos padrões convencionais adotados no setor. Em conseqüência, as atividades neste setor sofrem com problemas de sazonalidade, particularidades das equipes de campo, dificuldade de interação entre equipes, qualidade oscilante de determinados componentes adquiridos e ausência eventual de realimentação entre os técnicos e demais responsáveis pela aquisição de componentes e gerência do sistema. Assim, preocupada em otimizar seus recursos e ampliar o nível de satisfação de seus clientes, o Sistema Cataguazes Leopoldina (SCL) busca, agora, se aprofundar nesta questão e desenvolver uma metodologia capaz de promover um salto de qualidade, beneficiando de imediato as populações envolvidas, bem como servir de exemplo para outras concessionárias e municípios no Brasil.

Baseando-se numa análise de sucessos e problemas atuais e na proposta de técnicas que facilitem o trabalho de aquisição de produtos, acompanhamento da qualidade dos componentes adquiridos, bem como dos elementos supostamente avariados em campo, foi desenvolvida uma metodologia que visa aperfeiçoar a qualidade das redes de IP administradas pelo SCL.

Neste sentido, este trabalho pretende apresentar um relato sobre os principais problemas encontrados no gerenciamento e manutenção da Iluminação Pública e descrever o desenvolvimento de uma bancada de testes de componentes de IP que é parte integrante de uma metodologia de gestão de sistemas de iluminação pública baseada na qualidade dos componentes utilizados (lâmpadas, luminárias, ignitores, reatores, sensores de luminosidade etc.) e na excelência dos serviços de manutenção.

O desenvolvimento desta bancada vai ao encontro da necessidade da concessionária de racionalizar os recursos disponíveis para garantir a minimização de custos com manutenção e componentes utilizados nos sistemas de IP. Vale observar que importantes funcionalidades são incorporadas no equipamento proposto, dentre as quais se destaca a identificação do tipo de problema relacionado a um determinado ponto de iluminação. A bancada de teste

desenvolvida permite ao operador do sistema de IP verificar o estado de funcionamento de lâmpadas, reatores, ignitores e sensores de luminosidade, bem como facilitar a compilação dos defeitos mais comuns encontrados nestes componentes ou em determinados pontos da rede.

A Seção II resume os principais desafios enfrentados pelas equipes de triagem e recepção de componentes e pelas equipes de manutenção em campo. A Seção III descreve a bancada de testes proposta, conceituando suas funções, seus recursos e seus módulos eletrônicos principais. A Seção IV apresenta uma proposta de homogeneização de procedimentos relativos às etapas relacionadas com a iluminação pública no âmbito do SCL. Finalmente, a Seção V reúne os comentários finais e conclusões.

## II. A MANUTENÇÃO DE REDES DE IP: DESAFIOS COMUNS

A gestão dos sistemas de iluminação pública é, por vezes, bastante complexa. Uma gestão integrada das redes de IP, que visa minimização de custos de manutenção (para a concessionária) e de consumo, está diretamente relacionada a várias questões. Dentre elas, destacam-se: a escolha e aquisição de produtos, a qualidade dos componentes, a capacitação técnica dos eletricitistas que realizam as intervenções na rede e os procedimentos de manutenção adotados pela empresa concessionária.

Em relação à compra e qualidade dos componentes, destaca-se a necessidade de uma rotina de aquisição baseada em homologação criteriosa de fornecedores, realização de inspeção nas indústrias fornecedoras, obrigatoriedade de realização de ensaios (testes) para determinar se as características dos componentes estão de acordo com as normas brasileiras e se a garantia do produto atende às necessidades da concessionária. Além disso, recomenda-se a padronização de procedimentos e emprego de componentes utilizados por parte das equipes localizadas em diversos municípios.

Além destes tópicos relacionados ao processo de seleção e compra, torna-se fundamental observar:

1. os métodos de armazenamento dos componentes (novos e usados) nos almoxarifados das empresas;
2. a armazenagem dos componentes nos compartimentos dos veículos destinados às equipes de manutenção;
3. as técnicas e cuidados com o manuseio dos componentes durante a manutenção realizada;
4. o procedimento de análise após a retirada do componente da rede (verificação da garantia, vida útil do componente, ensaios para verificar as possíveis causas dos defeitos) antes do descarte definitivo.

A capacitação técnica das equipes de manutenção deve constituir prioridade para a qualidade do serviço prestado pela concessionária. Um processo continuado de capacitação (reciclagem profissional) é imprescindível. Ao discutir os processos usuais e as possibilidades de melhorias nas rotinas

de serviço, podem surgir sugestões de ações capazes de aprimorar tais serviços em todas as suas etapas de desenvolvimento. Além disso, é importante conhecer as características dos componentes e as inovações tecnológicas, sobretudo em nossos dias quando a oferta e disponibilidade comercial de novos produtos e técnicas surgem em profusão.

No âmbito da manutenção de sistemas de IP, a observância das normas e dos procedimentos de manutenção são elementos imprescindíveis para o sucesso dos serviços. Pode-se evitar a substituição e descarte indevido de componentes, bem como reduzir o tempo para a solução de determinada ocorrência. Alguns exemplos típicos de procedimentos que levam ao uso ineficiente dos recursos de uma empresa concessionária, e que seguramente poderiam ocorrer em quaisquer das empresas brasileiras do setor, merecem ser enumerados.

Nas etapas de seleção, compra, recepção e armazenagem de componentes, ainda que seja realizado um excelente critério de escolha e se opte pela aquisição de produtos fabricados por empresas bem estabelecidas inclusive em nível mundial, podem surgir eventualidades que resultem em lotes inteiros de componentes defeituosos. Se a concessionária não dispõe de procedimentos e sistemas que viabilizem a conferência da qualidade dos produtos adquiridos e se, além disso, tais componentes não vão ser aproveitados imediatamente em campo, a verificação do problema com as unidades poderá ocorrer de forma muito tardia, após o prazo de garantia do fabricante. Em consequência, a concessionária se vê no prejuízo econômico além de necessitar adquirir no curto prazo um novo lote de componentes, quando se supunha que o estoque estava bem abastecido.

No que se refere ao serviço técnico de manutenção em campo, também podem ocorrer procedimentos que levem ao desperdício de componentes. Um caso comum se relaciona à ocorrência de lâmpada apagada por motivo de curto-circuito no reator. Nesta situação, a corrente elétrica na lâmpada atinge valores muito elevados, o que resulta em dano irreversível dos eletrodos. Contudo, se na tentativa de agilizar a manutenção, o técnico substitui a lâmpada defeituosa por outra nova, esta unidade irá danificar-se da mesma forma. A fim de coibir este procedimento, a concessionária necessita treinar e reciclar continuamente seu corpo técnico, oferecendo-lhes ferramentas e condições de evitar a ação equivocada.

Outro ponto que pode resultar em ineficiência refere-se ao emprego de componentes inadequados em circuitos de iluminação já instalados. Um exemplo típico seria o uso de uma lâmpada de vapor de mercúrio (VM) em um circuito destinado a lâmpadas de vapor de sódio (VS). Tal rotina pode ocorrer quando um elemento da equipe técnica não tenha realizado treinamento adequado ou pela falta momentânea do componente necessário (neste caso, a lâmpada VS). Sabe-se que se apenas o ignitor associado ao reator da lâmpada estiver inoperante, uma lâmpada VM poderá ser alimentada por um reator VS de potência equivalente. Contudo, ensaios laboratoriais indicaram que este procedimento pode acarretar inúmeros problemas.

Se, por exemplo, uma lâmpada de vapor de mercúrio de 125W for conectada a um reator para lâmpada de vapor de sódio de 100W, a potência entregue à lâmpada cai em torno de 9%. A potência ativa consumida pelo conjunto reator-lâmpada também sofre uma redução em torno de 14% e o fator de potência é reduzido em cerca de 7%. Estes dados levam a concluir que o uso de reatores para lâmpadas VS 100W em lâmpadas de VM 125W resulta numa perda na capacidade de iluminação da lâmpada (o que resulta em nível de iluminação insatisfatório da via pública e conseqüente insatisfação de moradores), além de uma queda na qualidade de energia da rede.

Por outro lado, se uma lâmpada de vapor de mercúrio de 250W for alimentada por um reator de lâmpada de vapor de sódio de 250W, é possível verificar um aumento na potência entregue à lâmpada (em torno de 17%). Além disso, a corrente que flui nos terminais da lâmpada aumenta por volta de 19% e a potência ativa consumida pelo conjunto reator-lâmpada sofre um acréscimo em torno de 19%, ao passo que o fator de potência é reduzido em 9%. Estes resultados apontam para um funcionamento inadequado tanto do reator quanto da lâmpada, o que pode influir na redução da vida útil dos componentes, além de implicar num aumento da potência drenada e na queda da qualidade de energia da rede. Deve-se alertar que a potência adicional fornecida pela concessionária não resulta em acréscimo de receita, já que os contratos com as prefeituras são normalmente baseados na potência instalada, não computando eventuais perdas.

Ensaio com potência do reator superior à potência da lâmpada não foram realizados, porém pode-se presumir que a potência na lâmpada crescerá ainda mais, aumentando a perda de energia ou resultando em dano dos componentes. Além disso, podem ser observados tempos de estabilização do arco na lâmpada e correntes de inrush significativamente superiores aos valores nominais, quando a potência do reator VS é a mesma da lâmpada VM. Em conclusão, o adequado treinamento das equipes e o uso de componentes recomendados devem ser observados invariavelmente, sob pena de insatisfação dos usuários, baixa qualidade de energia ou ineficiência energética e de recursos da empresa concessionária.

O descarte de componentes supostamente danificados também consiste em fator que pode levar ao mau uso dos recursos da concessionária. Dependendo dos procedimentos adotados, vários componentes do circuito de iluminação podem ser substituídos no ponto de ocorrência de manutenção sem que se logre o resultado esperado, ou seja, que a iluminação seja restabelecida. Nestes casos, ajustes de conexões ou verificação de cabos interrompidos podem vir a restaurar o funcionamento do sistema. Todavia, os componentes antigos, retirados do ponto de luz, costumam ser encarados pelas equipes como defeituosos, sendo armazenados nos veículos de maneira imprópria e, posteriormente, descartados. Relés fotoelétricos e suas bases, reatores e ignitores podem ser desperdiçados nestes casos.

Ainda que se atribua defeito a determinados componentes

do sistema IP, deve-se buscar promover o registro do problema, providenciar anotação sobre a vida útil verificada e, se possível, analisar o produto em laboratório antes de descartá-lo definitivamente. Em alguns casos, pode-se imputar defeito a um relé fotoelétrico quando na realidade a sua base é que se encontra defeituosa. Outro caso tipo é o de um capacitor de correção de fator de potência em curto (ou aberto) e o técnico descarta o reator. Situação semelhante ocorre quando o problema se refere ao ignitor.

Em resumo, determinados componentes empregados na iluminação pública podem permitir reciclagem e ter sua vida útil estendida por um tempo bastante considerável. O uso de bancadas de teste simplificadas e emprego de equipamentos portáteis de campo têm sido adotados nestes casos e podem auxiliar na minimização de grande parte dos problemas mencionados aqui. Estas iniciativas ilustram a importância de tais equipamentos para o suporte às equipes técnicas e busca da qualidade dos sistemas de IP geridos pelas concessionárias.

Visando minimizar os desperdícios relacionados à manutenção de componentes de IP, novos procedimentos de manutenção foram elaborados e propostos para a SCL. Além disso, uma bancada de teste capaz de realizar vários testes em componentes de IP foi desenvolvida. A vantagem apresentada pela bancada de testes reside no fato de que a mesma é de simples operação e, além disso, realiza os testes básicos e necessários para verificar e validar as condições reais de operação dos principais componentes das redes IP. A descrição desta bancada bem como de suas funcionalidades básicas são apresentadas na seção 3.

### III. A BANCADA DE TESTES DE COMPONENTES DE IP

A bancada de testes de componentes de Iluminação Pública UFJF-SCL é um equipamento semi-automatizado, que possibilita a realização dos seguintes testes:

- Teste de reatores;
- Teste de ignitor;
- Teste de capacitor de correção de fator de potência (de reatores para IP);
- Teste de relé fotoelétrico;
- Teste da base para relés fotoelétricos;
- Teste de lâmpadas (VS e VM, nas potências utilizadas no SCL).

Além dos testes listados, a bancada possui um sistema de autoteste para os reatores utilizados (internamente) nos ensaios de lâmpadas. Possui, ainda, proteções contra sobrecargas (fusíveis e disjuntor) e contra surtos na rede (DPS). O sistema de realização dos testes combina eletrônica analógica e digital (baseada em microcontrolador PIC – Microchip) [6], proporcionando grande simplicidade na operação do equipamento.

Uma representação estilizada, destacando as principais unidades da bancada é mostrada na Figura 1, ao passo que a Figura 2 apresenta um diagrama esquemático de suas funções principais. A Figura 3 apresenta uma fotografia ressaltando o tempo superior da bancada.

Uma descrição mais detalhada das principais características dos testes disponibilizados na bancada é apresentada a seguir.

A. Sistema de Teste de Reatores

Este sistema é capaz de verificar as funções básicas das principais partes constituintes de um reator eletromagnético empregado no acionamento de lâmpadas de descarga de alta pressão (também denominadas HID, do inglês *high intensity discharge*). Um reator típico empregado no acionamento de lâmpadas de sódio é ilustrado na Figura 4, onde são destacados o elemento de correção de fator de potência (capacitor FP), a bobina reativa (ou, simplesmente, reator) e a unidade de geração de pulsos de alta tensão (ignitor). Vale observar que o ignitor é um módulo desnecessário no acionamento de lâmpadas de vapor de mercúrio.



Fig. 3 – Fotografia destacando o tempo superior da bancada.

Para verificação do comportamento das partes do reator, o operador da bancada deverá inserir o pino macho do cabo ligado ao reator na tomada fêmea relacionada ao teste que deseja realizar (capacitor FP, reator/bobina ou ignitor). Detalhes deste procedimento são indicados na Figura 1 e na Figura 3. Posteriormente, o técnico deverá ligar apenas a chave identificada com a potência e natureza do reator (se destinado a lâmpadas VS ou VM). Caso uma ou mais chaves sejam ligadas, a bancada se auto-desconecta da rede de energia.

O teste da bobina do reator verifica, basicamente, as condições da bobina dos reatores para lâmpadas VS ou VM. Seu princípio de funcionamento se baseia na medição da indutância da bobina do reator sob teste. Este valor medido é comparado, então, com valores de indutância referência para o tipo/potência de reator sob teste, obtidos empiricamente, a partir do estudo dos reatores utilizados no SCL. De acordo com o valor de indutância apresentado, a bancada sinaliza que o reator está bom ou que o reator está em curto (muitas espiras em curto). De acordo com o resultado obtido, pode-se reutilizar o reator no sistema de IP ou descartá-lo.

A Figura 5 mostra o diagrama simplificado do circuito de teste empregado na verificação de um determinado reator sob teste (UST), seja ele definido para o acionamento de lâmpadas VS ou VM. Como indicado, neste teste o reator é alimentado em baixa tensão, 24 Vac, de forma a evitar a geração de pulsos no caso de reatores para lâmpadas VS.

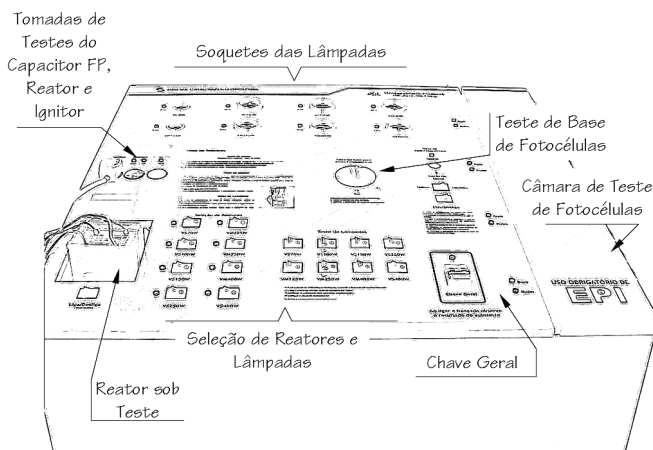


Figura 1 – Visão superior frontal da bancada de testes.

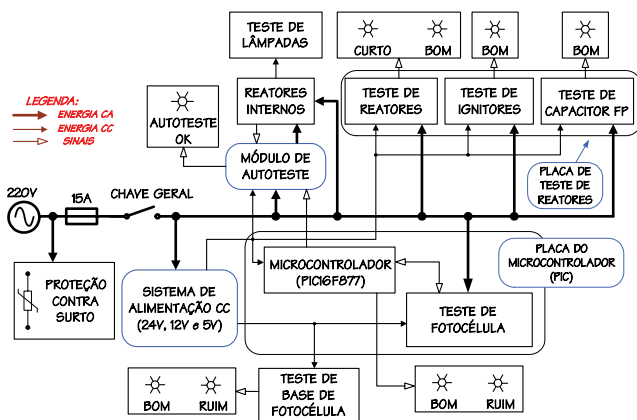


Figura 2 – Diagrama simplificado dos sistemas eletro-eletrônicos da bancada (retângulos arredondados indicam placas de subsistemas específicos).

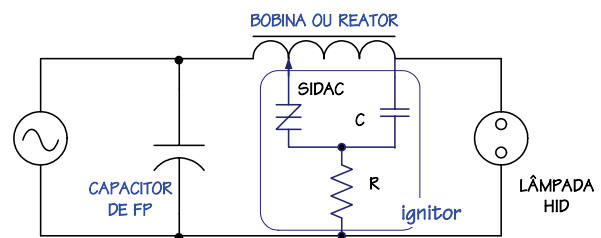


Figura 4 – Diagrama simplificado de reator convencional.

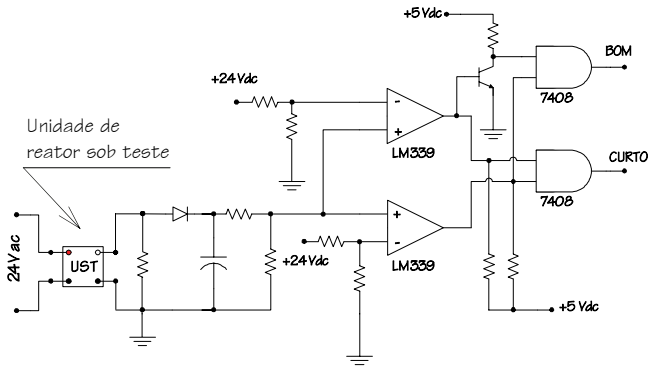


Figura 5 – Circuito simplificado de teste de reatores.

Resistores pré-determinados são usados como carga e a tensão sobre os mesmos é comparada com um determinado nível pré-definido (escolhido com base em uma amostra significativa de reatores comerciais testados). O teste poderá indicar então se a bobina está funcionando a contento (o LED BOM é aceso), se está em curto (o LED CURTO se acende) ou se a bobina está aberta (nenhum LED é aceso).

No teste do capacitor de FP o reator também é alimentado com uma tensão eficaz de 24 Vac. Neste caso, entretanto, um elemento resistivo é inserido em série com a alimentação e terminais de entrada da unidade sob teste, de forma a se verificar a tensão sobre tal elemento. Caso o capacitor de FP esteja funcionando corretamente, o nível de tensão se torna suficiente para que o LED BOM seja aceso. No caso de capacitores em fuga ou abertos, o LED não se acende.

No teste de ignitores, por outro lado, o reator precisa ser alimentado com sua tensão nominal, ou seja, 220 Vac. Tal como no teste de bobinas, a tensão nos terminais de saída do reator (operando em vazio) é convenientemente abaixada e comparada com os níveis esperados. A luz indicadora (BOM) é acesa quando o módulo ignitor está funcionando corretamente.

### B. Sistema de Teste de Lâmpadas

Na bancada é possível realizar testes com lâmpadas VS e VM nas potências utilizadas no sistema de IP das empresas do SCL, a saber: VS 70 W, VS 100 W, VS 150 W, VS 250 W, VS 400W, VM 125 W, VM 250 W e VM 400 W.

O teste de lâmpadas é extremamente simples: consiste na observação do funcionamento da lâmpada sob teste. O operador é instruído a esperar alguns minutos de forma a garantir o tempo de aquecimento convencional das lâmpadas, quando poderá concluir se a lâmpada sob teste se encontra operando normalmente.

Para evitar conclusões errôneas sobre a lâmpada que está sendo testada, a bancada possui um sistema de autoteste, que verifica as condições dos reatores (internos) utilizados. Ao ser energizada, realiza-se automaticamente o autoteste, garantindo, assim, a confiabilidade dos resultados obtidos.

### C. Teste de Fotocélulas

Este teste verifica o funcionamento de relés fotoelétricos eletrotérmicos, eletromagnéticos e eletrônicos, que são os tipos de tecnologia empregados nos relés existentes no sistema de IP das empresas do SCL.

O sistema de testes de relés fotoelétricos verifica a operação de um relé fotoelétrico em condições diurnas e noturnas. Além disso, é realizado um teste que verifica a possibilidade da existência de um curto-circuito entre terminais de entrada do relé, devido a um eventual defeito de fabricação ou choque mecânico no transporte, o que pode provocar danos à bancada ou ao sistema de IP. O teste tem a duração de cerca de 45 segundos para relés fotoelétricos de tecnologia de construção eletromagnética ou eletrônica e duração de 2 minutos para os de tecnologia eletrotérmica.

Conforme ilustrado na Figura 6, é possível realizar o teste de até quatro relés fotoelétricos simultaneamente. O operador deve abrir o compartimento escuro integrante da bancada e alojar os relés desejados nas bases disponíveis, fechando a tampa em seguida. Após pressionar o botão de início de teste, as verificações preliminares e processos de emulação de luz do dia e penumbra/noturno passam a ser executados. Os relés são testados no sentido de verificar se seus contatos são acionados com a correspondência da incidência ou não de luz.

A Figura 7 mostra o esquema de temporização do teste de fotocélulas e o diagrama simplificado do sistema, que é baseado no microcontrolador PIC16F877 da Microchip [6].

Um detalhe da placa eletrônica onde este componente é alojado é mostrado na Figura 8.



Figura 6 – Detalhe do teste de fotocélulas com o compartimento aberto.



#### D. Teste de Bases de Fotocélulas

A base (ou tomada) de um relé fotoelétrico é um ponto crítico para a manutenção do sistema de IP, pois pode apresentar mau-contatos devido à oxidação de seus terminais, causado pela umidade de seu ambiente de instalação. O sistema de testes das bases de relés fotoelétricos permite verificar a continuidade elétrica entre os cabos de conexão da tomada, que são utilizados para conectá-la ao reator. Muitas vezes, uma simples limpeza dos contatos da base possibilita sua reutilização.

#### IV. RESULTADOS PRELIMINARES

Os primeiros testes em componentes comerciais, conduzidos com o auxílio da bancada descrita na seção anterior, apontam para um funcionamento e operabilidade bastante satisfatórios, atendendo às expectativas da concessionária.

Resultados realizados em alguns reatores para lâmpadas de sódio indicaram problemas nos pulsos de ignitores quando estes haviam sido aprovados por outros equipamentos disponíveis comercialmente. Efetivamente, quando postos em funcionamento com suas respectivas lâmpadas, tais reatores não propiciaram o acendimento esperado, atestando o melhor desempenho da bancada descrita neste texto. Os demais ensaios também se revelaram objetivos, precisos e elucidativos.

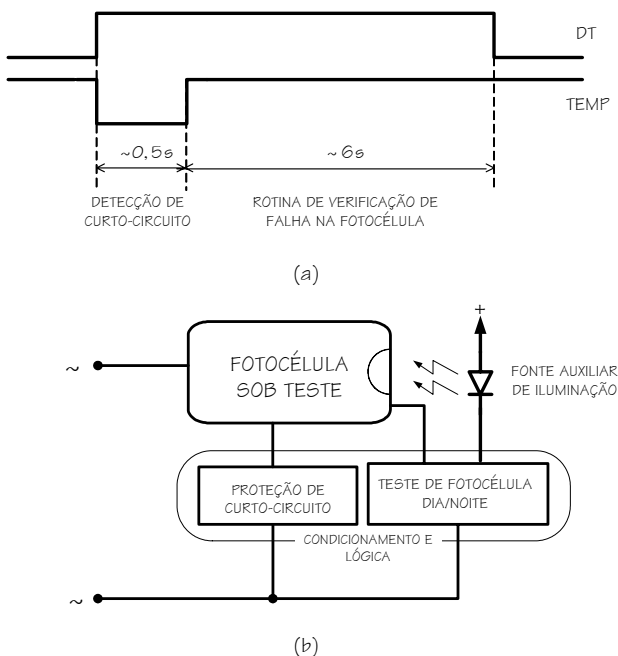


Figura 7. Detalhes do sistema de teste de fotocélulas. (a) temporização; (b) diagrama de blocos simplificado.

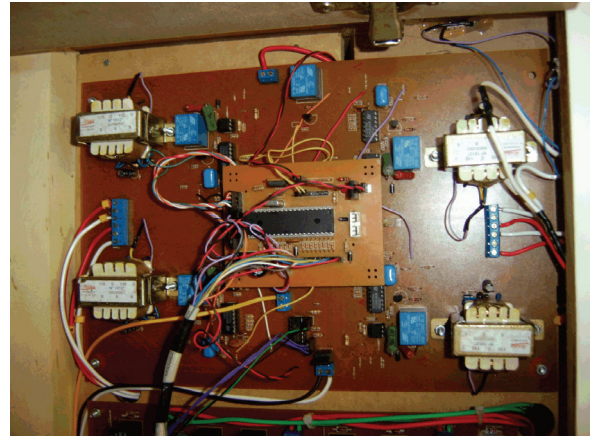


Figura 8 – Detalhe da placa eletrônica que aloja o sistema de microcontrolador baseado no PIC16F877 da Microchip.

Onze réplicas das unidades de teste foram distribuídas para atender às principais unidades de manutenção do grupo SCL, espalhadas em quatro estados brasileiros. As equipes de manutenção receberam um treinamento de operação do equipamento (Figura 9) e foram orientadas a trabalharem de forma padronizada, com o objetivo de conservar a vida útil dos componentes e evitar procedimentos equivocados em campo.

#### V. PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

De acordo com o exposto nas seções anteriores e mediante as funcionalidades e recursos viabilizados pela bancada de testes de componentes de IP, o grupo SCL passou a adotar o seguinte padrão de procedimentos no que se refere aos processos relacionados com o gerenciamento e manutenção de linhas de iluminação pública:

1. Distribuição de uma bancada de testes para cada centro regional atendido pelo SCL;
2. Registro e avaliação do funcionamento e qualidade dos componentes recém-adquiridos pelas concessionárias para uma amostra estratégica dos componentes.
3. Cuidado no manuseio e armazenagem dos produtos recém-adquiridos, em almoxarifado apropriado e, sobretudo, no transporte dos componentes em veículos operados pelos técnicos de manutenção;
4. Retorno ao laboratório de todos os componentes descartados pelas equipes de campo, ainda procurando manuseá-los com o máximo cuidado possível;
5. Registro da data de defeito e indicação, se possível, da causa do problema (envelhecimento, descarga atmosférica, vandalismo etc.);
6. Confirmação, em casos viáveis, dos defeitos registrados pelas equipes de campo com o uso da bancada de testes;
7. Realizar, quando possível, a recuperação de componentes com auxílio da bancada de testes e outros equipamentos e ferramentas de laboratório;

8. Promover cursos anuais de treinamento e reciclagem das equipes de manutenção.

O primeiro procedimento destina-se a prover equipamentos adequados aos principais centros de manutenção do grupo SCL, tendo em vista as distintas funções de recepção, conferência e manutenção de componentes de IP. Além da bancada mencionada, e mediante o cronograma da concessionária, deve-se prover os centros com alguns equipamentos de laboratório e instrumentos de campo, tais como voltímetros e amperímetros (ou multímetros) TRUE RMS, lâmpadas de prova em campo, entre outros.

O segundo procedimento suscita a questão da quantidade de unidades de determinado componente que deverá ser avaliada na etapa de recepção. Esta indagação, todavia, não possuiu uma resposta simples, já que cada componente e cada fabricante poderá requerer tratamentos distintos. Assim, sugere-se que a porcentagem destas amostras será um número construído pela experiência no emprego de determinados componentes, o que poderá variar de acordo com o fabricante. Em alguns casos, pode-se requerer avaliação de 100% das unidades adquiridas, em outros casos 10% e outros ainda 1%.

O terceiro procedimento refere-se à fragilidade que alguns componentes empregados em iluminação pública apresentam. De um modo geral, todos os componentes de IP merecem ser manipulados com extremo critério, em especial as lâmpadas de todas as marcas e potências. Além disso, os reatores que apresentam capacitores e componentes eletrônicos integrados (no ignitor, por exemplo), não devem sofrer abalos desnecessários, sob pena de problemas posteriores nos contatos e conexões.

A quarta ação sugere que nenhum componente seja descartado pelo técnico sem o conhecimento e registro pela empresa. Em muitos casos, visando agilidade ou por atuar de forma inadvertida, componentes intactos são substituídos por outros, quando o problema se restringia a um mau-contato em conexões. A troca de relés fotoelétricos, apesar de o defeito estar na base, é um exemplo corriqueiro. O elemento antigo, apesar de ainda operacional, costuma ser eliminado.

A quinta ação recomenda o registro em campo de alguns detalhes do procedimento, tais como 1) condições em que se encontrou o componente (intacto, danificado externamente, sinais de envelhecimento, vandalismo etc.); 2) possíveis causas da incidência; 3) tempo exigido na manutenção; 4) recorrência de problemas no mesmo ponto; 5) recomendações do técnico ao laboratório da concessionária. Podem ser acrescentados outros dados que deverão ser avaliados em reuniões com os técnicos de campo.

O sexto procedimento, relativo à conferência dos componentes em laboratório, pode ser adotado em todos os casos onde a unidade esteja aparentemente intacta. Lâmpadas com bulbo quebrado e componentes fundidos (em função de curto-circuito ou descargas atmosféricas) estão, conseqüentemente, descartadas desta análise.



Figura 9 – Fotografia tomada durante um treinamento de equipe de manutenção de redes de IP do grupo SCL.

A questão da reciclagem de componentes, mencionada na sétima etapa, poderá ocorrer em centros estratégicos definidos pela empresa. Substituição de capacitores danificados (em curto ou aberto) e ignitores, quando integrados em reatores, são exemplos viáveis. Maus-contatos ou substituição de varistores e LDR (fotocélula interna) em relés fotoelétricos podem constituir outra possibilidade interessante. Além da bancada de testes, outros equipamentos típicos de laboratório podem ser exigidos nesta etapa, como ferros de solda, multímetros, fontes auxiliares etc.

O treinamento e reciclagem, mencionados na última recomendação, visam à conceituação de novas tecnologias, a orientação e padronização de rotinas, bem como a identificação de procedimentos equivocados.

## VI. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Este trabalho descreveu uma cooperação universidade-empresa com os objetivos de otimizar recursos, padronizar procedimentos e evitar o desperdício de componentes empregados nos sistemas de iluminação pública geridos pelo grupo SCL. Inicialmente foram descritos eventos típicos, relacionados com estas redes de IP, que levam geralmente ao mau-uso de recursos disponibilizados pela empresa. Da etapa de aquisição e recepção de componentes até a etapa de manutenção dos pontos de luz defeituosos, culminando com o descarte de unidades supostamente danificadas, foram enumerados casos que merecem reflexão por parte das concessionárias e que justificam a adoção de medidas padronizadas no setor mencionado. Tais medidas se tornam viáveis com o auxílio de equipamentos de testes desenhados exclusivamente para atender aos critérios de objetividade, funcionalidade, precisão e, sobretudo, simplicidade de operação.

Uma bancada de testes de componentes de IP foi concebida para tal fim, sendo que seus módulos mais importantes foram descritos neste texto. Devido ao grande número de variantes e funcionalidades previstas no equipamento optou-se por concentrar a maior parte dos circuitos eletrônicos em uma placa de circuito baseada em microcontroladores programáveis do tipo PIC.

Os primeiros resultados obtidos com uso do equipamento de testes e adoção dos novos procedimentos de gerenciamento e manutenção das redes de IP no grupo SCL, apontam para uma significativa melhoria dos processos envolvendo este setor das concessionárias. Além disso, a melhor qualidade dos parâmetros de iluminação pública e a redução de perdas (econômicas e de energia) justificam o empenho do grupo SCL na definição e adoção dos procedimentos otimizados e na padronização das rotinas envolvendo desde a recepção até a manutenção em campo pelas equipes.

O emprego da bancada de testes foi muito bem assimilado pelas equipes responsáveis pelo gerenciamento e manutenção das linhas de IP, sendo que alguns lotes de componentes supostamente danificados já puderam ser reavaliados, restaurados e retornados para uso em campo.

Em função do reduzido número de incidência de defeitos nos componentes e subsistemas funcionais integrantes da bancada de testes, acredita-se que o equipamento se comporta com a robustez esperada de um produto deste tipo. Além disso, em decorrência da objetividade dos testes, simplicidade de operação e multiplicidade de funções disponíveis, verifica-se de antemão que, ao longo de sua vida útil, o sistema desenvolvido terá um importante papel no apoio às rotinas envolvidas com a iluminação pública, além de resultar em otimização dos recursos econômicos, energéticos e humanos das concessionárias.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer a colaboração do técnico de laboratório Ricardo Carvalho de Oliveira e dos bolsistas Denis Gomes Samia, Sandro Laurindo de Jesus e Carlos Henrique Nascimento, pelo apoio no desenvolvimento de determinados módulos da bancada de testes de IP. Desejam reconhecer também o suporte dos laboratórios da UFJF: Laboratório de Eficiência Energética - LEENER e Laboratório de Sistemas Eletrônicos - LABSEL, pela cessão de equipamentos empregados no desenvolvimento do projeto.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ELETROBRÁS. O Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente - RELUZ, Manual de Instruções, 2001.
- [2] CASA, G. e VERONI, F. A new way to manage public lighting. IEE Metering and Tariffs for Energy Supply, 25-28 May, No. 462, pp. 91-95, 1999.
- [3] PATERSON, J.H. The development of a street lighting fault monitoring device. IEE Colloquium on Motorway Widening: Opportunities for New Communications and Lighting, pp. 8/1 -8/3, 1991.
- [4] FINN, J. F. Servicing: A design priority. Light. Des. Appl. 3(9), pp. 28-30, 1973.
- [5] CLARK, F. Light loss factor in the design process. Illum. Eng. 63(11), pp. 575-581, 1968.
- [6] MICROCHIP Technology Inc. PIC16F87X Data Sheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers, Documento DS30292C, 2001.