



**POR MAURO DONIZETI BERNI,**

PESQUISADOR DAS ÁREAS DE MEIO AMBIENTE E ENERGIA DO NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (NIPE), DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP-SP).  
E-MAIL: MAURO\_BERNI@YAHOO.COM.BR.

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS SISTEMAS INDUSTRIAIS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Equipamentos e hábitos de uso analisados sob o ponto de vista da eficiência energética demonstram, em inúmeros casos, ser “economicamente viáveis”, ou seja, “ter custo de implantação menor que o do custo da energia”

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, está na pauta de nosso dia a dia, por conta da prolongada crise hidrológica vivenciada e a consequente necessidade de usinas termelétricas na base para fazer frente à demanda. O agravante dessa situação conjuntural tem sido sentido por toda a sociedade, com a elevação dos custos de geração e, por conseguinte, das tarifas praticadas no setor elétrico. Ambientalmente também há reflexos, com consideráveis impactos que tornam a matriz elétrica brasileira mais fóssil e geram emissão de gases de efeito estufa.

Serviços de energia, como a iluminação artificial industrial, podem ser proporcionados com menor consumo de energia elétrica, o que terá repercussões positivas econômicas, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de uso analisados sob o ponto de vista da eficiência energética demonstram, em inúmeros casos, ser “economicamente viáveis”, ou seja, “ter custo de implantação menor que o do custo da energia”.

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas e ao rendimento de um conjunto de elementos, entre os quais se destacam: lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição, cores das superfícies internas, mobiliário, necessidades de iluminação do ambiente e utilização da luz natural. No momento, vê-se renascer o interesse na promoção das boas práticas de projeto de iluminação natural por razões de eficiência energética vis-à-vis a elevação das tarifas de fornecimento de energia elétrica.

O uso otimizado da luz natural no ambiente industrial, principalmente de dia, pode, pela substituição

da luz artificial, trazer uma contribuição significativa para a redução do consumo de energia elétrica, incluindo a melhoria do conforto visual e o bem-estar dos usuários. A luz natural oferece uma variabilidade e uma qualidade mais agradáveis e apreciadas que o ambiente de iluminação artificial. Aberturas, em geral, proporcionam aos ocupantes o contato visual com o mundo exterior e permitem também o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir uma sensação de bem-estar e um maior relacionamento com o ambiente no qual estamos inseridos. Como complementação, tem-se a iluminação artificial.

A eficiência energética de um sistema de iluminação artificial está diretamente relacionada à eficiência luminosa ( $\emptyset$ ) da fonte de luz, que é caracterizada pela relação entre o fluxo luminoso ( $\emptyset$ ) emitido e a potência (W) requerida. A eficiência das fontes de luz contribui diretamente para a própria eficiência energética do sistema de iluminação. Outro ponto fundamental nos projetos de eficiência energética em sistemas de iluminação diz respeito à reprodução das cores. Como as fontes artificiais emitem luz em faixas diferentes e específicas do espectro visível, reproduzem as cores de maneira diferente, em função de suas características técnicas e construtivas. Por esse motivo, devem ser selecionadas as que se adaptam às necessidades específicas de cada ambiente e atividade na indústria.

Outro aspecto também associado às características técnicas e construtivas das fontes de luz é a vida útil. A eficiência, o rendimento luminoso e a vida útil são os aspectos que mais contribuem para um bom sistema

de iluminação artificial, merecendo, portanto, grande atenção, tanto na elaboração de projetos quanto nas reformas do sistema de iluminação.

Na iluminação artificial industrial podem ser utilizadas lâmpadas que produzem uma descarga elétrica de alta intensidade em seu interior – tecnologia High-Intensity Discharge (HID). As lâmpadas de descarga são divididas em lâmpadas de baixa pressão (mercúrio fluorescente e sódio) e de alta pressão (mercúrio, sódio, mista e vapores metálicos). O LED Light Pipe é um sistema de tubos ópticos de policarbonato cristal com Optical Lighting Film (OLF), filme empregado na distribuição da luz através do processo de reflexão interna total. Isso garante uniformidade e suavidade à propagação da luz, além de evitar qualquer tipo de sombreamento ou aquecimento do ambiente. Recursos de iluminação com menor consumo de energia, tais como lâmpadas de indução magnética, combinam alta qualidade com elevada eficácia e lâmpadas de vida longa. Em comparação com a antiga lâmpada incandescente, a de indução magnética é cerca de quatro vezes mais eficiente e no mínimo 20 vezes mais durável.

Esses sistemas proporcionam redução dos custos em consumo de energia e manutenção, especialmente nas instalações onde a iluminação é de difícil acesso e manutenção. Recursos em pesquisas de tecnologias de iluminação, incluindo sistemas de fibra óptica e tubos de luz que utilizam uma variedade de fontes de luz, como lâmpadas de enxofre, LEDs e sistemas híbridos de iluminação natural/artificial, oferecem inúmeras vantagens industriais.

Os Light-Emitting Diodes (LEDs – diodos emissores de luz) são vistos como a solução para a iluminação do futuro. Em vez de filamentos aquecidos em vácuo, como nas lâmpadas incandescentes, ou através da ionização de um gás, como nas lâmpadas fluorescentes, os LEDs são lâmpadas de estado sólido. Além de terem durabilidade muito superior à das melhores lâmpadas fluorescentes compactas atuais, consomem uma quantidade de energia muito menor. LEDs operam em baixa tensão (< 33V) e oferecem segurança para os usuários durante sua instalação e operação, com vida útil de mais de 50 mil horas.

Os Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs – diodos orgânicos emissores de luz) são a última palavra nesse

mundo novo dos LEDs, porque podem ser fabricados de forma mais rápida e barata. Os LEDs tradicionais utilizam os mesmos materiais empregados na construção dos chips de computador, os chamados semicondutores, ao passo que os OLEDs são construídos com materiais à base de carbono, que podem ser produzidos em larga escala em indústrias químicas tradicionais. Pesquisadores do laboratório Pacific Northwest, nos Estados Unidos, sintetizaram um novo material que aumenta a eficiência energética dos OLEDs em 25%. O material emite uma luz azul profunda e pode ser a base para a construção de OLEDs brancos.

Em projetos de eficiência energética de sistemas de iluminação industrial, devem-se considerar também os benefícios da iluminação remota, que incluem a redução de calor nas áreas, resultando em menor carga de refrigeração; melhoria da segurança na eliminação da iluminação relacionada com a fiação elétrica e equipamentos instalados em áreas molhadas ou explosivas; possibilidade de utilização de outras fontes de luz não convencionais mais eficientes, mais específicas e esteticamente agradáveis, além de reduzidos custos de instalações e manutenção.

No projeto, o cálculo da iluminação artificial interna parte do princípio de que existe um nível ideal de iluminação para cada tipo de tarefa no ambiente industrial que pode ser calculado levando-se em conta o iluminamento médio geral, produzido pela somatória das fontes de luz no ambiente (método da iluminância média geral), ou a contribuição das diversas fontes de luz para determinado ponto no ambiente (método ponto a ponto).

De maneira geral, na elaboração de um projeto novo ou retrofit de iluminação artificial interna, deve-se atender aos seguintes requisitos: nível de iluminação adequado em função das características de utilização do ambiente e de acordo com as normas técnicas que recomendam os níveis de iluminação; iluminação uniforme dos planos de trabalho, evitando grandes diferenças de luminâncias dentro do campo visual, que podem causar ofuscamento e impressão de mal-estar; correta reprodução de cores dos objetos e ambientes iluminados; utilização de equipamentos energeticamente eficientes disponíveis no mercado e adaptação do sistema de iluminação às características da estação de trabalho. ■

Em comparação com a antiga lâmpada incandescente, a de indução magnética é cerca de quatro vezes mais eficiente e no mínimo 20 vezes mais durável