



## **PROJETO APLICADO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS: ILUMINAÇÃO PÚBLICA A LED NO CAMPUS DA UFJF**

**Danilo P. Pinto** – danilo.pinto@ufjf.edu.br

**Fernando J. Nogueira**– fernando.nogueira@engenharia.ufjf.br

**Edmar S. Silva**– edmar.salvador@engenharia.ufjf.br

**Henrique A. C. Braga**– henrique.braga@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia

Endereço: Rua José Lourenço Kelmer s/n – Campus Universitário, Bairro São Pedro.

36036-900 – Juiz de Fora - MG

**Claudio R. B. S. Rodrigues** – claudio.rodrigues@ifsudestemg.edu.br

IFSudeste MG – Campus Juiz de Fora – Núcleo de Eletrônica e Automação

Rua Bernardo Mascarenhas 1283, Bairro Fábrica

36080-001 – Juiz de Fora - MG

**Resumo:** *O objetivo deste trabalho é apresentar um projeto de engenharia e o desenvolvimento de competências técnicas e transversais na formação de engenheiros eletricitistas e na formação de mestres e doutores em engenharia elétrica através de um projeto prático de iluminação pública empregando LEDs no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora.*

**Palavras-chave:** *Aprendizagem baseada em projetos, Diodo emissor de luz, Iluminação pública.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A iluminação de estado sólido (SSL – *solid-state lighting*) é o tipo de iluminação de interiores e exteriores que emprega diodos emissores de luz (LEDs - *light emitting diodes*). Características como elevada eficácia luminosa, podendo chegar a 150 lm/W (DUPUIS&KRAMES, 2008), longa vida útil, podendo chegar a até 100.000 horas (LAUBSCH *et al.*, 2010), excelente resistência mecânica, elevado índice de reprodução de cores, possibilidade de controle da intensidade luminosa (dimerização), facilidade de implantação de um sistema de telegestão e capacidade de emissão de luz branca são fatores que contribuem para a aplicação dessa tecnologia em iluminação pública. Apesar de que vários projetos experimentais têm sido implantados em algumas cidades do mundo na última década, a iluminação pública (IP) empregando LEDs não está totalmente difundida, em especial pelo elevado custo das luminárias e por questões suscitadas quanto à qualidade e durabilidade (NOGUEIRA, 2013).

A Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), por meio da pesquisa desenvolvida pelo Núcleo de Iluminação Moderna (NIMO) da Faculdade de Engenharia no âmbito do projeto de cooperação técnico-financeira com a Eletrobrás (Convênio ECV 312/2009),



implantou um sistema de iluminação viária empregando luminárias LEDs no início do ano 2012. Tal sistema, instalado na quarta plataforma do campus universitário (Faculdade de Engenharia), emprega 44 luminárias SSL com potência de 157 W, que foram usadas na substituição das antigas luminárias empregando lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão 250 W (HPS - *high pressure sodium*) (RODRIGUES, 2012). Considerando a potência adicional consumida pelo reator eletromagnético, necessário para o funcionamento da lâmpada de sódio, o sistema a LEDs propicia uma economia de energia da ordem de 40%, apresentando sobre a via e calçadas uma condição de iluminação muito similar à condição de iluminação anterior.

A iluminação externa atual do campus da UFJF emprega, basicamente, luminárias HPS com potências de 250 W e 400 W. Ainda que do ponto de vista da norma NBR 5101 – Iluminação Pública (ABNT, 2012) a maior parte dos ambientes estejam em conformidade com os limites mínimos estabelecidos (e, em alguns casos, superam estes limites com boa folga), a iluminação baseada em lâmpadas a vapor de sódio em alta pressão se apresenta muito difusa, prioriza tons de amarelo e possui uma capacidade muito reduzida de reprodução de cores, o que não contribui para o destaque dos principais elementos arquitetônicos e a exuberante vegetação do entorno.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto de IP a LED no Campus da UFJF como um problema de engenharia atual, real, complexo, incompleto, com solução não fechada, capaz de auxiliar no desenvolvimento de competências técnicas e de competências transversais – “trabalho em equipe, gestão de conflitos, liderança, comunicação, gestão de tempo, entre outras, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais ambientais e culturais com visão ética e humanística” (PINTO *et al.*, 2013) na formação de graduados, mestres e doutores em engenharia.

O artigo está estruturado como segue: a seção 2 apresenta o problema, a seção 3 delimita o projeto, a seção 4 apresenta os antecedentes, a seção 5 apresenta as etapas do desenvolvimento do projeto, a seção 6 apresenta os resultados e observações, seção 7 discute o aprendizado baseado em projetos e competências desenvolvidas. As conclusões, na seção 8, encerram o trabalho.

## **2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

O problema que se apresenta é o “desenvolvimento de um projeto luminotécnico para um novo sistema de IP utilizando LEDs do campus da UFJF” em todos os ambientes externos (Figura 1).

O novo sistema de IP deve valorizar o ambiente, garantir a segurança dos transeuntes, ter níveis adequados de iluminância, reduzir custos de manutenção, reduzir o consumo de energia, entre outras características impostas pelo “cliente”.

Com base nas observações *in loco* e medições realizadas, observa-se que a grande maioria dos ambientes do campus da UFJF encontra-se atendido com níveis de iluminância bem superiores aos mínimos exigidos pela norma em vigor. De certa forma, esta condição se explica pela importância dos ambientes, não somente para atender às atividades universitárias como também para caracterizar o destaque que se espera deste patrimônio público, devido sua inserção no município de Juiz de Fora (sendo parte do cotidiano da vida da população residente, contribuindo para atividades esportivas e atraindo visitantes).



Figura 1 – Representação do Campus da UFJF.

(Indicação completa dos pontos: <http://www.ufjf.br/sri/ufjf/mapa-do-campus-ufjf/>)

Apesar dos níveis de iluminância estarem elevados, existe diversas áreas do campus nos quais são necessárias intervenções pela inclusão de novos pontos de iluminação, a fim de se adequar as vias de trânsito de veículos e de pedestres ao nível mínimo de uniformidade previsto pela norma de iluminação pública NBR 5101 (NBR, 2012). Além disso, é necessário adicionar pontos de iluminação em locais estratégicos com o objetivo de aumentar a segurança no ambiente universitário.

O projeto de iluminação pública a LED se orienta nas premissas:

- 1) combate ao desperdício de energia – redução do consumo de energia e da demanda no horário de ponta do sistema elétrico;
- 2) prolongada vida útil dos componentes da IP a LEDs;
- 3) redução da periodicidade e gastos com a manutenção dos pontos de iluminação;
- 4) redução da poluição luminosa (iluminação não solicitada de espaços, vegetação e abóboda celeste) ;
- 5) pautar-se pelo economicamente correto e ecologicamente sustentável, evitando o iluminamento excessivo, além da capacidade de percepção natural do olho humano, tendo como base as normas técnicas em vigor.

Após a implantação, esperada para o ano de 2013, a UFJF se tornará, provavelmente, o primeiro campus universitário do país a empregar a iluminação de estado sólido na totalidade de suas vias de circulação.

### 3. DELIMITAÇÕES DO PROJETO

Tendo em vista a recente implantação de projetos de iluminação em determinados ambientes do campus universitário, foram excluídos do presente projeto as seguintes localidades: praça cívica; estacionamento da reitoria; iluminação do lago no centro do campus.

Um novo projeto de iluminação decorativa e arbórea, com características específicas, está sendo desenvolvido para o centro do campus, bem como a iluminação de fachada da reitoria. A iluminação especial de pórticos e fachadas está sendo desenvolvida com orientação de profissionais de arquitetura e interação com os



profissionais da área de iluminação. Porém estes projetos não fazem parte do escopo deste trabalho.

Foram considerados neste estudo os novos projetos para efeito de quantificação de luminárias e pontos de IP, a saber: estacionamento do Instituto de Artes e Design (IAD); acesso à Faculdade de Economia e seus estacionamentos; novo almoxarifado e setor de transportes; nova reitoria; novo acesso e estacionamentos na plataforma do Centro de Ciências da Saúde (CCS).

#### **4. ANTECEDENTES**

Este trabalho toma como base os projetos de pesquisa e desenvolvimento e o projeto de cooperação com a Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras), onde se destacam os estudos para implantação do projeto piloto do sistema de IP empregando LEDs na Faculdade de Engenharia através de avaliações elétricas e fotométricas de diversas luminárias LED comerciais. Além disso, envolveu-se com o monitoramento do sistema piloto de IP empregando LEDs implantado; o acompanhamento do sistema piloto através das medições realizadas para avaliação do comportamento do sistema e o histórico de manutenção e problemas encontrados durante a avaliação do mesmo. Por fim, tais atividades contribuíram para o desenvolvimento da competência técnica de uma equipe de alunos de graduação, mestrado e doutorado em engenharia elétrica e professores atuantes no NIMO.

#### **5. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

A equipe técnica se pautou por analisar as condições que exigem níveis de iluminação mais intensos (objetivando destaque do entorno ou questões de segurança), verificar as possibilidades de aproveitamento dos componentes do atual parque instalado e garantir que o projeto seja exequível pelo emprego de luminárias LEDs disponíveis comercialmente.

De modo a amparar a execução coordenada deste projeto com embasamentos experimentais e orientações normativas, a equipe definiu o desenvolvimento das atividades mostradas a seguir.

##### **5.1. Avaliação e medições das condições atuais**

O sistema atual é composto por luminárias com lâmpadas HPS, que possuem reatores eletromagnéticos incorporados ao corpo da luminária. Este sistema é responsável por toda a iluminação do campus da UFJF.

Nesta etapa foram analisados os dados de pontos de IP existentes no campus (quantidade e potência das lâmpadas, tipo etc.) e realizadas medições em vários pontos do campus para avaliar os níveis atuais de iluminância (mínima, média, máxima e fator de uniformidade). As medições foram realizadas em horários onde não houvesse interferência de outras fontes luminosas.

As medições foram realizadas de acordo com a NBR 5101 de 04/04/2012, que estabelece métodos para medir malhas de iluminância e calcular valores médios e de uniformidade. A malha de iluminância com os pontos de medição é construída levando em consideração o número de faixas de rolamento na via, a largura da faixa de



rolamento, o vão entre postes (distância) e largura da calçada. O equipamento utilizado para realizar as medições foi o luxímetro de precisão Optronik Digilux 9500.

### **5.2. Simulações dos ambientes não amparados por medições prévias**

Para a obtenção dos parâmetros luminotécnicos de áreas não contempladas com medições em campo, empregaram-se simulações computacionais baseadas em um aplicativo orientado à iluminação de espaços internos e externos. Assim, adotou-se o utilitário DIALUX, disponibilizado pela empresa DIAL GmbH (DIAL, 2012) como software padrão de simulação computacional de iluminação viária. Este programa conta com distribuição gratuita, sendo reconhecido internacionalmente como padrão profissional para projetos de iluminação. As simulações foram efetuadas levando-se em consideração as características do ponto avaliado (luminária padrão com lâmpada de sódio 400 W ou 250 W, altura da luminária, projeção do braço, vão entre os postes) e o fator de manutenção do fluxo luminoso, que é utilizado para quantificar a depreciação de luminosidade que ocorre na luminária.

### **5.3. Determinação das exigências mínimas especificadas pelas normas em vigor**

A norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 5101 preconiza que as vias públicas sejam iluminadas de acordo com as exigências de circulação de pedestres e fluxo de veículos, onde quanto maior o fluxo de veículos e pedestres, maior será o nível de luminosidade exigido. A Tabela 1 apresenta os valores mínimos de iluminância e fator de uniformidade definidos pela norma técnica para as diversas áreas do campus. Vale a pena ser ressaltado que algumas áreas do campus não possuem níveis de luminosidade previstos em normas nacionais, como por exemplo, escadas e estacionamentos.

### **5.4. Justificativas e definição dos níveis de iluminância desejados**

A partir dos resultados de medições em campo e simulações computacionais efetuadas nos ambientes característicos no interior do campus da UFJF, foram definidos os níveis de luminosidade e uniformidade do projeto luminotécnico.

Tendo em vista as exigências de segurança e valorização do entorno (arquitetônico e vegetação) e a manutenção dos atuais níveis de luminosidade como exigência no projeto, convencionou-se adotar os níveis de iluminância média e uniformidade para os distintos ambientes do campus da UFJF conforme descritos na Tabela 1.

### **5.5. Identificação dos casos especiais, pontos escuros e melhorias recomendadas**

A equipe do projeto em conjunto com o setor de segurança efetuou uma varredura em todo o campus da UFJF para identificar pontos considerados vulneráveis devido a baixa luminosidade ou ausência de iluminação artificial.

Nesta etapa identificou-se pontos onde deveriam ser instalados pontos de IP, como os espaços entre os galpões, pontos escuros existentes entre os blocos das faculdades e próximo a áreas que demandam maior segurança por conter equipamentos essenciais para o funcionamento da universidade.

Além das melhorias propostas no projeto já existente, em conjunto com os técnicos da Pró-reitoria de infraestrutura se discutiu as necessidades de melhorias demandadas pelos diversos institutos e órgãos da UFJF e a iluminação de diversas novas áreas em

expansão no interior do campus, como novos institutos, vias de trânsito de veículos e pedestres, estacionamentos, escadas e a nova reitoria.

Tabela 1 - Níveis de iluminância propostos.

<b>Ambiente</b>	<b>Nível de iluminância média mínimo segundo a NBR 5101</b>	<b>Uniformidade mínima segundo a NBR 5101</b>	<b>Nível de iluminância média proposto no projeto</b>	<b>Uniformidade mínima (<math>U_0</math>)</b>
<b>Anel Central</b>	15	0,2	> 50	> 0,6
<b>Vias de Acesso</b>	5	0,2	> 30	> 0,5
<b>Vias Locais</b>	5	0,2	> 20	> 0,4
<b>Calçadas do Anel Central</b>	10	0,2	>40	>0,4
<b>Calçadas das Vias de Acesso</b>	3	0,2	>20	>0,4
<b>Calçadas das Vias Locais</b>	3	0,2	>15	>0,4
<b>Estacionamentos e Escadas</b>	*	*	> 20	> 0,3

### 5.6. Simulações dos distintos ambientes empregando as configurações propostas

Simulações dos distintos ambientes adotando as novas luminárias LEDs foram efetuadas em função das alturas de montagem previstas, projeção e inclinação de braços, inclinação horizontal das luminárias, características e potência dos modelos, distanciamento e reposicionamento dos pontos de luz.

Foram realizadas simulações para cada um dos ambientes típicos presentes no campus da UFJF a fim de comprovar os níveis de iluminamento e uniformidade previstos em projeto com diferentes tipos de luminárias, específicas para cada ambiente.

O cálculo do fator de manutenção utilizado para quantificar a depreciação da luminária LED ao longo de sua vida útil levou em consideração o fator de depreciação de fluxo luminoso dos LEDs e o fator de depreciação por deposição de detritos na superfície óptica da luminária. Para o ambiente típico do campus da UFJF, de baixa poluição, prevendo uma manutenção por limpeza na metade da vida útil dos LEDs e utilizando luminárias que possuem fator de depreciação do fluxo luminoso dos LEDs de 85%, adotou-se o valor de 0,7 para o fator de manutenção de suas simulações. Com isso, é possível garantir através dos resultados de simulação que no final da vida útil das luminárias LED, as áreas previstas neste projeto terão os níveis de iluminância média estabelecidos na Tabela 1.

Os arquivos eletrônicos de fotometria (IES) utilizados para se efetuar as simulações foram os das luminárias da empresa General Electric (GE) Iluminação, obtidos no website da própria empresa (GENERAL ELECTRIC, 2012). Essas luminárias foram escolhidas por terem sido utilizadas no projeto piloto de iluminação empregando LEDs no anel viário da Faculdade de Engenharia da UFJF. Porém, tais simulações poderiam ser feitas com quaisquer outras marcas de luminárias LED.

A Figura 2 mostra um exemplo de curvas de distribuição luminosa (cores falsas) geradas para um trecho típico atendido no projeto.

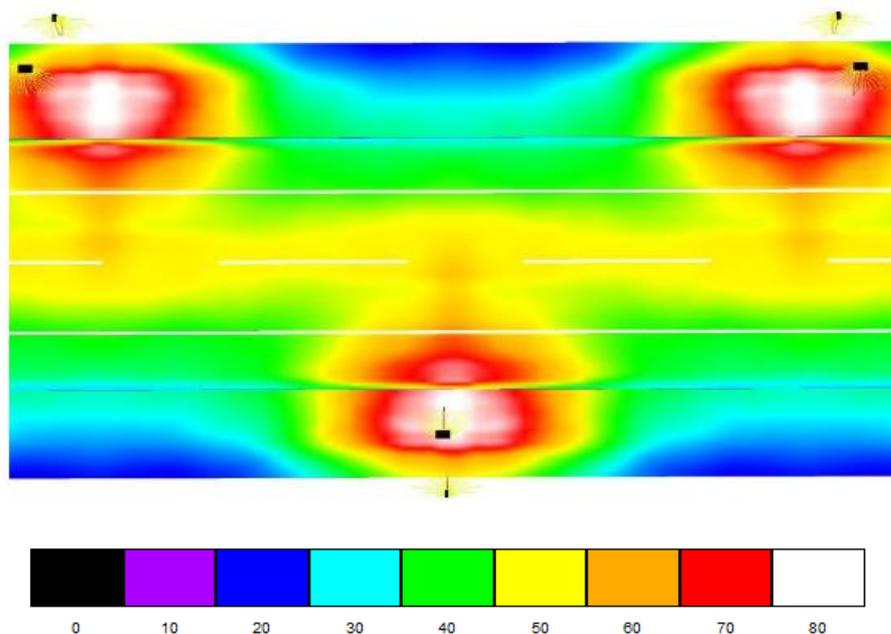


Figura 2 – Diagrama de cores falsas da região do anel viário de acesso ao campus da UFJF, empregando posteamento de 10m, braço de 3m com inclinação 0°, luminária LEDs de 257 W (figura gerada pelo aplicativo Dialux).

### 5.7. Especificação dos componentes para o processo licitatório

Após as simulações dos níveis de iluminamento nas diversas áreas previstas e os diversos ensaios elétricos e fotométricos efetuados em diferentes tipos de luminárias LED, foi possível definir as especificações para amparar o processo licitatório de compra das luminárias LED e outros componentes do sistema de IP, como proteções e sistemas auxiliares:

- Arranjo geométrico dos LEDs livre;
- Acionamento eletrônico (driver) integrado ao corpo da luminária e de acordo com as normas NBR 16026 e NBR IEC 61347-2-13;
- Exigência de ensaio em laboratório nacional especializado (2 amostras, 1000h), empregando goniofotômetro, de modo a garantir condições eletro-fotométricas satisfatórias;
- Fluxo luminoso inicial;
- Driver com fator de potência superior a 0,92 e distorção harmônica de corrente inferior a 20%;
- Garantia mínima para o conjunto (driver e LEDs) de 5 anos;
- Distribuição de intensidade luminosa longitudinal em relação à via classificada como média; distribuição de intensidade luminosa transversal em relação à via classificada como Tipo I (Norma ABNT 5101);



- Grau de proteção mínimo IP 65 para o conjunto óptico e IP 43 para o compartimento do driver;
- Proteção elétrica contendo fusível e protetor contra surtos de tensão;
- Vida útil mínima dos módulos de LED de 50.000h.

### **5.8. Avaliação da implantação de um sistema de telegestão de IP**

Os sistemas de telegestão são ferramentas utilizadas com o intuito de gerir, controlar e monitorar redes de IP. Esses sistemas de telecomunicações permitem gerir as luminárias individualmente ou em grupo, fazendo pleno uso dos seus parâmetros operacionais. Com isso, é possível ter acesso à condição de cada ponto de iluminação, com informações de consumo, tempo de utilização, ocorrências de defeitos, parâmetros elétricos de funcionamento, entre outras informações (CARDOSO, 2011). Também é possível atuar diretamente no funcionamento do ponto de iluminação, efetuando-se o acionamento ou desligamento da luminária, e controle do fluxo luminoso, ajudando na eficiência do sistema de iluminação empregando LEDs.

O projeto luminotécnico prevê a implantação de um sistema de telegestão das luminárias visando maior economia de energia durante toda a vida útil das luminárias LED instaladas. Com isto será possível efetuar a dimerização das luminárias nos horários de menor movimento (entre 0:00h e 6:00h), trazendo grandes benefícios ao sistema de iluminação da UFJF, como economia na conta de energia elétrica e aumento da vida útil das luminárias. Vale a pena ser ressaltado que o custo de implantação deste sistema representa menos de 10% do custo das luminárias.

### **5.9. Treinamento de manutenção para sistemas de IP empregando LEDs**

Por se tratar de uma tecnologia recente, não existem no Brasil muitos sistemas de iluminação de vias públicas com LEDs. Por conseguinte, não existem também equipes de manutenção devidamente preparadas para os desafios impostos pela nova tecnologia, uma vez que as luminárias à base de LED possuem características diferentes das luminárias convencionalmente utilizadas em IP. Por isso, é necessário que a equipe de técnicos da UFJF seja capacitada para a realização da manutenção e instalação dos equipamentos, através de um treinamento específico.

## **6. RESULTADOS DAS OBSERVAÇÕES**

A Tabela 2 apresenta um resumo comparativo entre o sistema de IP existente com luminárias HPS e o sistema a ser implantado com luminárias LED.

A diferença entre os sistemas atual contendo 697 pontos de iluminação HPS e o novo projeto contendo 1333 pontos de iluminação empregando LEDs se deve principalmente pelo novo projeto englobar áreas ainda em expansão no campus da UFJF (em construção ou em fase de conclusão de obras civis) e determinados pontos dentro das áreas existentes que necessitavam de novos pontos de iluminação visando maior segurança ou destaque arquitetônico. Porém deve ser ressaltado que mesmo com um incremento de mais de 90% em relação ao número de pontos de iluminação existentes atualmente, houve uma elevação menor do que 7% no total da potência instalada (211 kW do sistema HPS para 225 kW do sistema LED), mostrando o potencial de economia de energia da tecnologia LED.

Tabela 2 – Resumo geral do projeto luminotécnico de IP empregando LEDs.

	<b>Situação Atual</b>	<b>Projeto Novo</b>
<b>Tecnologia empregada</b>	HPS	LED
<b>Número de pontos de IP</b>	697*	1333**
<b>Potencia total instalada (kW)</b>	211 ***	225 ***
<b>Potências das luminárias (W)</b>	70/100/250/400	67/76/90/130/165/202/209/222
<b>Dimerização/Telegestão</b>	não	sim

\* Locais atendidos: Anel Viário Central, Pórtico Sul, Antigo ICHL, ICB, ICE, CGCO, Engenharia, FAEFID, Saúde, Novo ICH, Sociais, Reitoria, Praça Cívica e Pró-infra.

\*\* Locais atendidos: Todos os descritos em \*, acrescentando-se: Economia, Pórtico Norte, Nova Reitoria, Garagem, Almoxarifado e IAD.

\*\*\* Considerando o rendimento mínimo para os reatores de acordo com a NBR 13593.

Vale mencionar que, com a redução programada do nível de iluminação devido a dimerização prevista no novo sistema de IP (conforme descrito no item 5.8), pode-se esperar uma redução do consumo de energia elétrica após a implantação do novo sistema empregando LEDs. Deve ser ressaltado que o nível de dimerização proposto fora dos horários de pico garante níveis apropriados de iluminação, de modo que não prejudica a segurança no campus. Estima-se que em comparação a um mesmo sistema empregando lâmpadas HPS, a economia do novo sistema de IP empregando luminárias LED em conjunto com o sistema de telegestão seja de pelo menos 40%.

Outro ponto importante mostrado na Tabela 2 é a maior variedade de potências das luminárias LED, sendo assim possível iluminar diferentes ambientes de forma adequada sem que haja desperdício de energia. O que poderia ser observado como um ponto negativo do projeto, ter um maior gasto e diferentes componentes em estoque, pode ser justificado pelo compromisso entre a qualidade na iluminação e o número de modelos de luminárias, devido à grande diversidade de ambientes do Campus.

Com a elevada vida útil das luminárias LED, espera-se que ocorra uma queda na periodicidade e conseqüentemente nos gastos de manutenções nos pontos de IP. Porém, é necessário que haja uma reciclagem da equipe de manutenção de forma a se adequar as necessidades desta nova tecnologia.

A iluminação com LEDs é caracterizada por ser do tipo direcional, diferente da iluminação utilizando lâmpadas HPS que promove um espalhamento muito mais desordenado da iluminação (o que contribui para o desperdício de energia e iluminação de pontos não desejados e poluição luminosa). Portanto, para se garantir a qualidade da iluminação e que os níveis de iluminação definidos neste projeto sejam realmente alcançados, torna-se imprescindível a poda das árvores próximas aos pontos de IP.

O sistema de IP empregando LEDs também necessita, para seu correto funcionamento e garantia da vida útil dos componentes, que os pontos de iluminação sejam aterrados apropriadamente. Portanto, é necessário que em todos os pontos de IP do campus sejam realizados aferição e adequação dos elementos de aterramento.

O novo projeto empregando LEDs também visa realçar os detalhes arquitetônicos e naturais em todo o campus devido ao maior índice de reprodução de cores da tecnologia



LED, que propiciará melhor visibilidade, conforto e segurança a todos os usuários do campus da UFJF.

Atendendo às sugestões do “cliente” (Reitoria e PROINFRA) os circuitos de IP devem ser independentes (separados de outras cargas).

## **7. APRENDIZADO BASEADO EM PROJETOS**

A aprendizagem baseada em projetos (PjBL) possibilita o aprendizado da interação necessária ao trabalho em equipe, tanto entre seus membros como com o ambiente onde estão inseridos, o fortalecimento das habilidades, a aquisição dos conhecimentos técnicos, o desenvolvimento de atitudes e comportamentos que lhes permitam lidar com os ambientes de trabalho, após a conclusão dos estudos (NOORDIN, M. K.; NASIR, A. N.; ALI, D. F. & NORDIN, M. S., 2011).

No geral, pode-se dizer que consiste em um método de ensino-aprendizagem que envolve os alunos através de atividades de pesquisa/desenvolvimento, onde trabalham de forma autônoma e colaborativa, sob a supervisão de um tutor, ao longo de um período de tempo, em torno de tarefas complexas, resultando em produtos realistas. (PINTO *et al.*, 2012).

O problema considerado é um problema real e atual. Combater o desperdício de energia se justifica por si só (PINTO *et al* 2010). A forma de utilização da energia se trata de um problema de educação ambiental, pois toda utilização de energia provoca algum impacto ambiental. Além disso, a iluminação pública está intimamente ligada ao desenvolvimento das comunidades e a melhoria na segurança, problemas atuais que afligem a população dos centros urbanos. Não menos importante, a utilização de novas tecnologias, visando o aprimoramento dos sistemas, tornando-os mais eficientes.

O problema é considerado incompleto, pois não se tem conhecimento de todas as variáveis, e aberto, pois a solução não é única. Pode-se atender a parâmetros básicos como iluminância média e uniformidade a partir de configurações distintas de posicionamento dos pontos de IP, potência de luminárias, tamanho dos braços das luminárias, altura de postes, fotometria das luminárias dentre outras variáveis.

O desenvolvimento do projeto luminotécnico de IP empregando LEDs descrito neste trabalho permitiu que os participantes do projeto (alunos e professores) desenvolvessem competências profissionais de caráter transversal, especialmente as associadas ao trabalho em equipe, de acordo com os seguintes impactos esperados: 1) Reforço da capacidade de realizar trabalho em equipe; 2) Desenvolver a capacidade de gerenciamento de conflitos na equipe; 3) Reforço do senso de responsabilidade perante as tarefas; 4) Melhorar a capacidade de supervisão de trabalhos; 5) Desenvolver um trabalho sob a ótica de um projeto; 6) Estimular o sentido de liderança; 7) Aprimorar a capacidade de comunicação; 8) Fortalecer a auto-confiança; 9) Aprimorar a capacidade de análise do trabalho da equipe; 10) Aprimorar a capacidade de avaliação do trabalho da equipe; 11) Estimular a capacidade de gerenciar de equipes de trabalho.

A avaliação da participação, obtida por autoavaliação e discussão com os professores, buscou a percepção dos alunos (graduação e pós-graduação) sobre a necessidade e importância das competências transversais para a realização de projetos, na atividade profissional. Destacou-se: aprendizagem interdependente, solução de problemas e criatividade, trabalho em equipe e relações interpessoais, comunicação clara e objetiva, integrar conhecimentos, integração da graduação com a pós graduação, comprometimento da equipe técnica e senso de responsabilidade, cumprimento de cronograma (administração do tempo), contato com empresas e com outras equipes



técnicas (equipe de engenheiros da UFJF e equipe técnica de empresas), gestão de conflitos e de interesses.

## 8. CONCLUSÕES

Na solução do projeto, utilizou-se a estratégia PjBL na busca de uma solução exequível, viável técnica e economicamente, com um tempo determinado para obtenção da solução, atendendo às características impostas pelo “cliente”, tais como circuitos independentes para a alimentação das cargas de IP, redução do consumo de energia e da demanda no horário de ponta, otimização de recursos da manutenção, dentre outros, o que exigia comunicação com outras equipes de técnicos e engenheiros, coordenando as diversas atividades de projeto.

Portanto, as competências transversais desenvolvidas foram imperativas para a busca da melhor solução para o problema proposto e a resolução dos diversos conflitos dos integrantes das equipes de projeto, bem como a articulação com as demais atividades de projetos.

O projeto de engenharia é único, os diversos projetos/problemas enfrentados diariamente são distintos. O Engenheiro necessita da capacidade de inferir novos conhecimentos, a partir dos conteúdos técnicos.

Apesar de a prática profissional do engenheiro estar ligada diretamente ao desenvolvimento de projetos, a formação acadêmica em engenharia (em especial na graduação) nem sempre contribui para o desenvolvimento destas competências transversais, indispensáveis para o exercício da profissão.

No Brasil, quem forma para a docência é a pós-graduação (mestrado e doutorado), de modo que a participação em projetos com estas características, envolvendo equipes multidisciplinares (com a participação de professores, graduandos, alunos dos cursos de mestrado e doutorado), se torna uma iniciativa extremamente benéfica para a formação dos participantes. Assim, tais atividades constituem um momento ímpar, fortalecendo o trabalho de pesquisa e qualificando para a docência, capacitando os participantes na atuação como tutores e professores, por meio do emprego de metodologias ativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 5101. **Iluminação Pública**. 2012.

CARDOSO, A. **Gestão de Iluminação Pública**. Seminário de Iluminação Pública Eficiente UFJF-PROCEL. Juiz de Fora, 2011.

DIAL. **Software de iluminação Dialux**. Disponível em: <<http://www.dial.de/DIAL/en>> Acesso em: julho de 2012.

GENERAL ELECTRIC. **Arquivo Eletrônico de Fotometria**. Disponível em <<http://www.gelightsolutions.com>> Acesso em: Janeiro, 2012.

KRAMES, M.R.; SHCHEKIN, O.B.; MUELLER-MACH, R.; MUELLER, G.O.; LING ZHOU; HARBERS, G.; CRAFTORD, M.G.; , "Status and Future of High-Power Light-Emitting Diodes for Solid-State Lighting," Display Technology, Journal of , vol.3, no.2, pp.160-175, June 2007.



LAUBSH, A.; SABATHIL, M.; BAUR, J.; PETER, M.; HAHN, B. "High-Power and High-Efficiency InGaN-Based Light Emitters." IEEE Transactions on Electronic Devices. Vol. 57, no. 1, pp. 79-87, January, 2010.

NOGUEIRA, Fernando J. ; BRAGA, Henrique A. C. ; UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, Faculdade de Engenharia. Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs em Iluminação Pública, 2013. 192p, il. Dissertação (Mestrado).

NOORDIN, M. K.; NASIR, A. N.; ALI, D. F.; NORDIN, M. S. Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison. Proceedings of the IETEC'11 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011.

PINTO, D. P.; BRAGA, H. A. C. & CASAGRANDE C. G. A Disciplina e o Laboratório de Eficiência Energética da UFJF: Formação, Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia para o Combate ao Desperdício de Energia. In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação ed. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção, v.1, p. 139-156, 2010.

PINTO, D. P.; GOMES, F. J.; CARVALHO, D.; HATTUM-JANSSEN, N.; LIMA, R. M.: Implantação da Estratégia P<sup>2</sup>BL NA FE/UFJF: Relato, Análise e Avaliação. Artigo aprovado para apresentação no Project Approaches in Engineering Education – PAEE 2013, Eindhoven - Holanda, julho de 2013.

RODRIGUES, Claudio R. B. S.; BRAGA, Henrique A. C. ; UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, Faculdade de Engenharia. Contribuição ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública, 2012.209p, il. Tese (Doutorado).

## ABSTRACT

**Abstract:** *The main goal of this paper is to present a complete engineering project case (external area luminous design: street lighting) and promote technical abilities as well as cross skills among electrical engineering scholars of different educational levels. Bachelor, master and doctoral students have been involved in a public lighting actual design, employing light-emitting diodes luminaires being adopted at the academic campus of the Federal University of Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. Though the practice of professional engineering is directly related to the development of projects, the academic training in engineering (particularly at the undergraduate level) does not always contribute to unfold those cross skills, which are indispensable for the exercise of profession.*

**Key-words:** *Project-based learning, Light Emitting Diodes, Public Lighting.*