

# EFICIÊNCIA E QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO DO CAMPUS - SANTA MÔNICA - UFU

Gabriel S. Zanatta, Lucas M. R. Rodrigues, Rafael G. Nascimento,  
Vitor B. C. de Souza, Sérgio F. de P. Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT), Uberlândia-MG  
gabriel.s.zanatta@gmail.com, luksmanuel@hotmail.com, rafaelgilynascimento@gmail.com,  
vitor\_-batista@hotmail.com, sergio@eletrica.ufu.br

**Resumo** - O presente artigo aborda sobre os resultados obtidos através de simulações realizadas no software Dialux no qual se fez o estudo de dois casos: o primeiro teve como objetivo avaliar a situação atual da iluminação do campus Santa Mônica visando obter informações à cerca de sua qualidade e seu respectivo consumo energético. O segundo estudo foi destinado à implementação de melhorias na disposição dos postes e na troca de lâmpadas buscando a otimização da qualidade da iluminação, reduzindo a incidência de penumbras no perímetro do campus e reduzindo o consumo energético. Paralelamente, foi realizada uma avaliação econômica na qual foi possível quantificar a redução de gastos relacionados à energia elétrica e quanto seria o tempo de retorno para um investimento realizado nesta otimização. Os resultados obtidos mostram que o investimento na melhoria é algo viável e necessário visto que na atual situação, encontram-se falhas em sua topologia e trazendo com isso, problemas não somente relacionados à qualidade da iluminação, como também do ponto de vista da segurança pública do Campus.

**Palavras-Chave** – Iluminação Pública, Eficiência Energética, Qualidade da Iluminação.

## EFFICIENCY AND QUALITY OF ILLUMINATION IN THE CAMPUS – SANTA MÔNICA - UFU

**Abstract** - This article discusses the results obtained through simulations in Dialux software in which it made the study of two cases: the first was to evaluate the current situation of campus lighting Santa Monica to obtain information about their quality and their energy consumption. The second study was destined to the implementation of improvements in the arrangement of pole arms and lamp replacement seeking to optimize the lighting quality, reducing the incidence of shadows in the campus perimeter and reducing energy consumption. At the same time, an economic evaluation in which it was possible to quantify the reduction of expenses related to electricity and how much would be the payback time for an investment made in this optimization. The results shows that investment in improvements is something feasible and necessary as the current situation there are many failures in your topology and bringing with it

problems not only related to the quality of lighting, as well as the public safety in the Campus.

**Keywords** – Public Illumination, Energetic Efficiency, Illumination Quality.

### I. INTRODUÇÃO

A preocupação com o consumo energético e o avanço na tecnologia de dispositivos visando o aumento da eficiência energética vem crescendo nas últimas décadas. Com isso, a busca pela substituição de dispositivos que representam grande parcela no consumo energético de um determinado local se torna passível de estudo.

A luz é um item primordial na vida de um ser humano e está diretamente relacionada à qualidade de vida deste, logo, se torna imprescindível o estudo de melhorias a respeito de como se dá o melhor uso deste que é vital para o convívio em uma sociedade.

O Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, atualmente, utiliza um complexo sistema de iluminação externa, seja das ruas seja das áreas externas aos diversos prédios de sua infraestrutura.

Esta iluminação, em grande parte, é decorrência de projetos datados do final da década de 1980. Durante todo este período de funcionamento, basicamente, somente lâmpadas foram trocadas, mantendo a distribuição e tipo dos postes. Em contrapartida o Campus, neste período, praticamente dobrou sua área construída, com impactos diretos no trânsito de veículos e pessoas.

Diante desta conjuntura, este sistema de iluminação proporciona oportunidades direcionadas à avaliação de sua qualidade, no que tange à aspectos luminotécnicos, e da eficiência energética dos aparatos empregados. O objetivo é trazer melhorias para a iluminação e redução do consumo energético no perímetro do campus. . Portanto, o presente artigo está focado nos estudos das condições luminotécnicas atuais e, também, na análise do emprego de novas tecnologias de iluminação. Para tanto, o trabalho está fundamentado em quatro partes: levantamento de dados; simulação computacional da situação vigente; estudo de implantação de novas tecnologias e análises econômicas.



XIV CEEL - ISSN 2178-8308  
03 a 07 de Outubro de 2016  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

## II. COLETA DE DADOS

A primeira etapa compreende a realização de um extensivo trabalho de campo destinado à coleta de informações referentes aos dados luminotécnicos de cada tipo de poste. Para tanto, foi necessária uma varredura detalhada por todas as ruas do campus, pois a documentação disponível estava desatualizada.

A Tabela 1 resume os diferentes tipos de postes e lâmpadas atualmente em utilização.

Tabela 1 – Quantidade e tipos de postes encontrados no perímetro do Campus

Tipos de poste	Potência (W)	Quantidade
Poste Simples	84	512
Poste simples com refletor	511	76
Refletores em blocos	427	160
Refletores simples	427	67
Poste simples com dois refletores	938	7
Poste simples com três refletores	1365	1
Poste com quatro pétalas	336	6
Poste circular	90	37
Poste 4,5m	170	62

Além da catalogação dos postes, lâmpadas e reatores, durante os trabalhos, foram realizadas medições de nível de iluminação em alguns pontos. Este procedimento, além de permitir a averiguação da condição atual, permite uma comparação com simulações computacionais para a determinação da modelagem mais adequada. De acordo com a norma NBR5101-2002 [1], as medições devem ser realizadas a 15 cm do chão, a uma distância de 1 m para cada ponto medido, empregando um luxímetro na escala mais baixa. A Figura 2 ilustra os pontos de medição utilizados.

Foram escolhidos alguns postes instalados ao longo do perímetro do campus, de modo a obter valores de luminosidade para cada tipo de poste encontrado. Além disso, foram realizadas mais de uma medição para um mesmo tipo de poste, tornando possível uma avaliação da diferença nos valores de luminosidade devido a seus respectivos estados de conservação (sujeira, lâmpadas queimadas). Com isso, foi possível a criação de gráficos que demonstram o quanto o estado de um poste é capaz de afetar na iluminação de um recinto. Um exemplo de como esta diferença é notável pode ser visualizada na Figura 1.

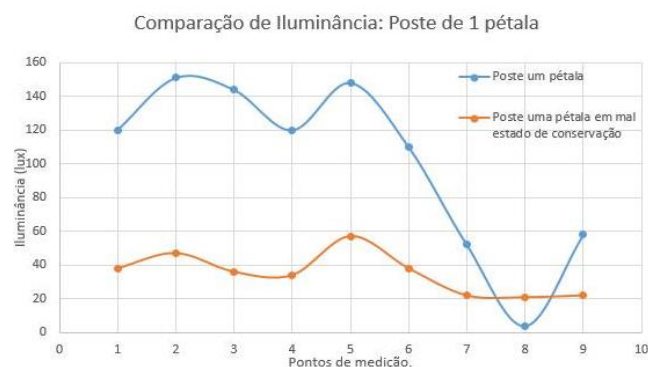


Figura 1- Comparação de iluminação de poste em relação a seu respectivo estado de conservação.

De posse do novo mapa de iluminação do Campus através dos valores obtidos com o luxímetro foi possível a realização de simulações computacionais visando à determinação/averiguação de pontos não adequados quanto ao nível de iluminação e, também, a avaliação/proposta de novos sistemas de iluminação.

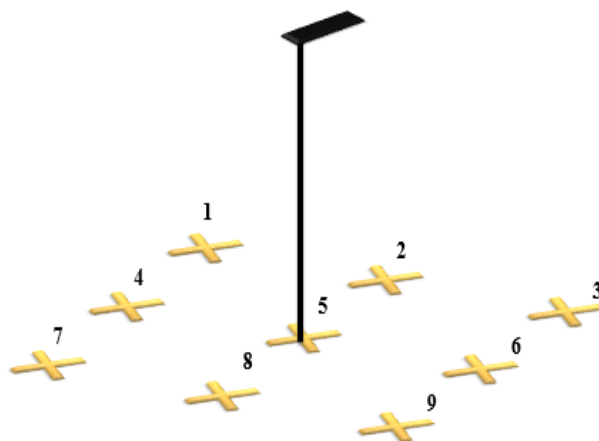


Fig. 2. Método de medição com o uso de luxímetro.

## III. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para o estudo da qualidade da distribuição luminosa no campus, diversos programas podem ser utilizados. No presente trabalho o *software* Dialux foi escolhido. Esta ferramenta, além de gratuita, é extremamente profissional, com uma ampla gama de ferramentas e opções que permitem a geração de qualquer situação desejada atendendo as mais variadas condições reais de aplicação e, portanto, é adequado às necessidades de trabalho impostas pelo projeto. Neste programa é possível a modelagem dos mais variados equipamentos de iluminação, desde lâmpadas e postes até refletores, e das mais variadas marcas e modelos, possibilitando o teste de cada material e, conseqüentemente, a escolha do melhor para a respectiva aplicação, conforme exemplo mostrado na Figura 3.

No início da simulação foi verificado que a mesma não seria capaz de ser representada em uma única parte devido à dimensão do campus, exigindo muito processamento computacional. Decidiu-se, portanto, realizar a repartição da planta em diversas áreas, gerando-se várias simulações. Cada parte foi simulada fazendo uso de equipamentos que geram resultados tão próximos quanto possível para que a simulação da situação atual esteja o máximo de acordo com os dados colhidos em campo.



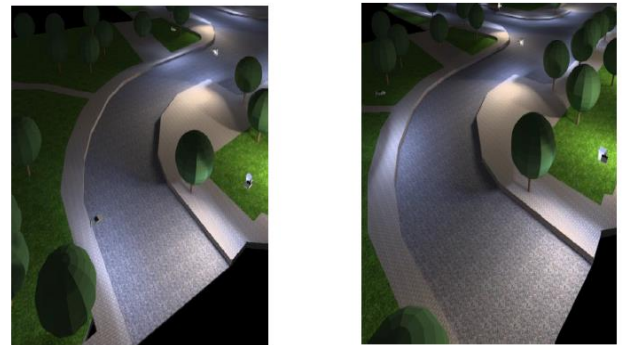
Fig. 3. Exemplo de simulação.

Os equipamentos utilizados foram os listados na Tabela 1 (postes de uma e duas pétalas, de luminária circular e refletores). Estes quando colocados na planta, foram meticulosamente focados para a direção em que sem encontram em campo. Colocados os itens de iluminação e as respectivas características do local onde se deseja medir a iluminação, foi possível obter curvas isométricas respectivas ao decaimento da luminosidade de acordo com a distância. Assim tornou-se possível identificar os pontos onde a iluminação ficava aceitável e onde se encontrava em péssimas condições. Na maioria dos casos percebeu-se que, devido a uma má distribuição dos postes existentes, fez-se necessário a realização de uma nova disposição para obter uma distribuição mais uniforme e trazendo com isso a redução de penumbras existentes ao redor do campus.

Em contrapartida à iluminação precária em certas áreas, também foram detectadas áreas onde o nível de iluminação era excessivo e até por vezes, ofuscante. Casos como esses podem ser facilmente encontrados principalmente com o mau posicionamento e excesso de refletores em certos pontos. Nestes casos a iluminação ficava concentrada apenas em um local, contribuindo pouco na iluminação geral. Para estas situações, as soluções mais indicadas são: o posicionamento mais adequado, não deixando que o foco do refletor ficasse direcionado para o rosto da pessoa que esteve circulando no recinto e a retirada dos refletores excedentes.

As Figuras 4 e 5 demonstram um exemplo em que se pode observar a melhoria da área iluminada de uma região do campus, visto que, com a alteração da posição dos postes, pode-se obter uma distribuição mais uniforme da

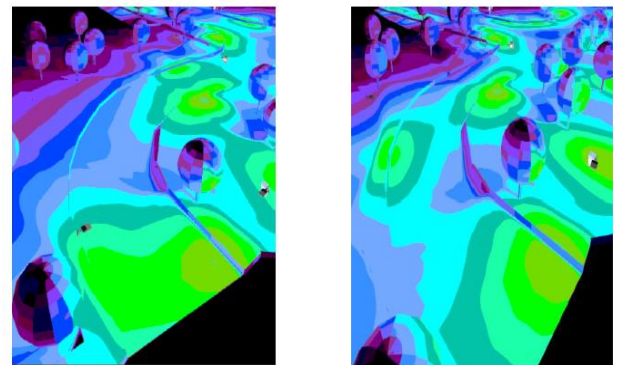
iluminância. A área esverdeada se refere ao local onde a iluminação está mais incidente.



Antes

Depois

Fig. 4. Rearranjo de postes para melhoria da distribuição luminosa.



Antes

Depois

Fig. 5. Curvas isométricas para a situação atual e otimizada.

Aplicando as condições atuais de iluminação do campus no Dialux obtivemos as curvas isométricas de luminosidade da planta simulada para todos os trechos relacionados à circulação de pedestres e veículos. Para que as simulações ficassem mais próximas da realidade os dados luminotécnicos foram ajustados para valores próximos dos medidos em campo como os da Figura 1 visto anteriormente.

A partir disso podem-se observar os locais onde há presença de penumbras onde a iluminância é menor do que a permitida pela norma [1]. Assim se fez necessária a otimização da disposição dos postes. Foram identificados também os pontos onde a iluminância é excessiva. Os postes e refletores encontrados nestes pontos foram transferidos para locais que estavam menos iluminados e com isso obteve-se uma melhor uniformidade na distribuição luminosa.

#### IV. SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS

Em complemento às adequações propostas no tópico anterior, os estudos também englobaram a avaliação da substituição das lâmpadas atuais (de tecnologia antiga) pelas modernas lâmpadas LED, como mostrado na Figura 6. Vale

ressaltar que todas as análises consideram a continuidade do emprego dos atuais postes.

A substituição por lâmpadas LED é uma forte tendência em projetos luminotécnicos, pois esta apresenta inúmeras vantagens, principalmente em termos de durabilidade e economia, além de possuir um melhor IRC (Índice de Reprodução de Cor) que as atuais.

Os materiais escolhidos tiveram como critério o baixo consumo e também o fato de apresentarem valores próximos de iluminância em relação ao sistema atual, visto que a mesma se encontra dentro da faixa de valores aceitos pela norma [1] e, portanto, não sendo necessária, uma otimização do nível de iluminância.



Fig. 6. Lâmpada LED – 60W/6500K - INDUSPAR.

Para as características da lâmpada mostrada na Figura 6, obteve-se uma distribuição luminosa em software com valores de iluminância próximos dos obtidos durante as medições realizadas durante o trabalho de campo. Um exemplo de medida está indicado pela Tabela 2.

Tabela 2 – Dados obtidos em medições para poste com uma folha.

Poste uma folha (lux)		
120	151	144
120	148	110
52	4	58

Para esta situação, foi averiguada uma proximidade entre os valores medidos e simulados conforme mostram as Figuras 7 e 8.

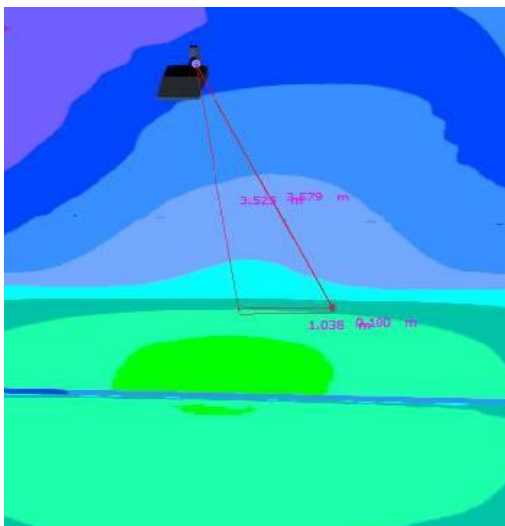


Fig. 7. Curva isométrica para poste de uma folha.

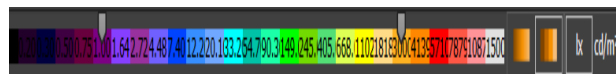


Fig. 8. Faixa de valores de iluminância

Para um ponto logo abaixo do poste, temos um valor simulado igual a 149 lux enquanto para a medição em campo foi obtido um valor de 148 lux. Para os outros valores percebe-se pela Figura 8, que se encontram próximos dos valores medidos, visto que a medição conforme já citada, foi realizada em pontos com distância de 1 metro em relação ao ponto logo abaixo do poste (vide Figura 1).

Além da troca das lâmpadas, fez-se necessário uma substituição do tipo de luminária para postes com 4,5 metros de altura, pois para este tipo de poste, é necessário o uso de lâmpadas de 150W, a qual não se encontra em mercado, uma de LED para a mesma condição, a não ser que seja utilizada uma luminária específica como mostrada na Figura 9.



Fig. 9. Luminária LED – 151W/5000K – CONEXLED.

Além de postes, o presente trabalho visa à substituição de refletores, vistos que estes também contribuem com uma parcela significativa no consumo de energia. Para tanto se fez a escolha do refletor demonstrado pela Figura 10.



Fig. 10. Refletor LED - 150W - Branco Frio – NEOSOLARENERGIA.

Com a substituição das lâmpadas e refletores o uso de reatores não é mais necessário tornando assim o consumo ainda menor.

## V. ANÁLISE ECONÔMICA

Por fim, depois de realizada a coleta de dados e simulações computacionais, tornou-se necessário a realização de um estudo acerca da economia proveniente da substituição das lâmpadas atuais pelas LED's. O objetivo é levantar informações a cerca do valor gasto com energia no Campus, para o sistema atual de iluminação, mostrado na Tabela 3.

Este processo consistiu em determinar o número de lâmpadas e suas respectivas potências para determinação da demanda total e assim o consumo diário. De acordo com o contrato de tarifação, da própria universidade com a concessionária, foram feitos cálculos para o levantamento do gasto mensal somente com iluminação. O tipo de tarifação é, segundo profissionais em engenharia elétrica da UFU, a tarifação Azul para o nível de tensão de 13,8 KV. Este tipo de contrato possui algumas características específicas. De acordo com [2], essas características são cobranças diferenciadas para horários do dia quando o consumo é maior (horário de ponta) e menor (fora de ponta). Além disso, a época do ano também influencia no valor desta tarifa. Épocas de pouca e de muita chuva são respectivamente denominadas de período seco e período úmido onde, no primeiro o preço do quilowatt é maior e no último o preço é menor [3]. Outro fator que influencia no preço da tarifação é a bandeira, que pode ser vermelha, amarela ou verde, e que no presente momento se encontra na verde e, portanto, não causando acréscimo no preço da energia.

Sabendo dos parâmetros usados para tarifação da energia e de posse do tempo e horário de funcionamento do sistema de iluminação ficou definido o preço que seria pago pelo quilowatt. O sistema se encontra ligado em média das 18 às 6 horas (12 horas por dia) destas, três estão dentro do horário de ponta e nove fora.

Tabela 3 – Despesa Mensal e Anual do Campus com iluminação para a atual situação

Despesas mensal e anual com iluminação - Situação Atual			
Período Seco		Período Úmido	
Ponta	R\$ 275,68	Ponta	R\$ 275,68
Fora de Ponta	R\$ 592,00	Fora de Ponta	R\$ 592,00
Total Mensal (30 dias)		R\$ 26.030,45	
Total Anual		R\$ 312.365,35	

Para ter um parâmetro de comparação foram levantados dados da demanda de energia para a situação pós-otimizada, para que fosse possível calcular os gastos referentes a esta nova situação, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Despesa Mensal e Anual do Campus com iluminação para nova situação

Despesas mensal e anual com iluminação - Situação Otimizada			
Período Seco		Período Úmido	
Ponta	R\$ 131,94	Ponta	R\$ 131,94
Fora de Ponta	R\$ 284,33	Fora de Ponta	R\$ 284,33
Total Mensal (30 dias)		R\$ 12.458,11	
Total Anual		R\$ 149.497,30	

Assim a comparação pôde ser realizada entre os dois casos, obtendo-se o valor de economia de energia, mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Valor obtido de economia de energia para nova situação

Economia Anual	R\$ 162.868,05
----------------	----------------

Com as lâmpadas selecionadas para o projeto e com base nos seus valores de mercado, é possível calcular o preço total de investimento, como visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Preço total da implementação do projeto

Preço dos materiais	R\$ 722.206,08
Preço da instalação	R\$ 10.000,00
Preço do projeto	R\$ 732.206,08

Baseando-se nestes valores é possível calcular o retorno financeiro, através do método Valor Presente Líquido (VPL), que permite analisar com credibilidade a viabilidade do projeto, a partir de estimativas iniciais do investimento e retornos futuros.

Adotando a taxa de juros SELIC de 14,15% ao ano, de acordo com [7], aplica-se o método referido.

Tabela 7. Cálculo do VLP

Taxa de Juros Anual	14,15%
Investimento Inicial	R\$ 732.206,08
Economia Anual	R\$ 162.868,05

Fluxo de Caixa	
Ano 01	-R\$ 569.338,03
Ano 02	R\$ 162.868,05
Ano 03	R\$ 162.868,05
Ano 04	R\$ 162.868,05
Ano 05	R\$ 162.868,05
Ano 06	R\$ 162.868,05
Ano 07	R\$ 162.868,05
VPL	R\$ 61.408,70

De acordo com a tabela acima, tem-se o retorno financeiro do projeto ao longo de 7 anos.

## VI. CONCLUSÕES

Ao final do projeto os resultados demonstraram que a substituição do atual sistema de iluminação do campus pelas lâmpadas e reatores LED's, além da melhoria da distribuição de postes a fim de se obter uma distribuição mais uniforme da luminosidade traz diversos benefícios, não somente do ponto de vista luminotécnico, como também do ponto de vista da segurança pública do campus, visto que a ocorrência de criminalidades está diretamente relacionada a locais onde há incidência de luz é menor. Através da análise econômica obteve-se um valor para o tempo de retorno aproximado de 4,5 anos, que é um tempo relativamente pequeno, visto que, o sistema otimizado, além dos benefícios que gera para a iluminação, é um sistema que exigiria baixa manutenção, tendo seus equipamentos uma vida útil superior a 5 anos, fazendo com que assim, a implementação desta otimização

seja um processo viável e necessário que refletiriam positivamente à todos os usuários dependentes deste sistema.

## REFERÊNCIAS

- [1]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5101-2002: Iluminação Pública — Procedimento. ABNT, 2002.
- [2]. BRASIL. Procel. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Manual de tarifação da energia elétrica. Rio de Janeiro, 2001. 44 p.
- [3]. VALORES DE TARIFAS E SERVIÇOS. 2016. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores\\_de\\_tarifa\\_e\\_servicos.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx)>. Acesso em Jun. 2016.
- [4]. INDUSPAR. Disponível em: <<http://www.induspar.com/lampada-led-60w-industrial-6500k-bivolt/>>. Acesso em Jun. 2016.
- [5]. CONEXLED. Disponível em: <<http://www.conexled.com.br/cld-m150/>>. Acesso em Jun. 2016.
- [6]. NEOSOLARENERGIA. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/refletor-led-150w-160-graus-branco-frio-lr150fb.html>>. Acesso em Jun. 2016.
- [7]. HISTÓRICO DAS TAXAS DE JUROS. 2016. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp#notas>>. Acesso em Set. 2016