

O ESTUDO DE FOTOMETRIA NO LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA UFCG

Edson Guedes da Costa – edson@dee.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica.

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó.

58.109-970 – Campina Grande – Paraíba – Brasil.

Flávio Bezerra Costa – flabc@click21.com.br.

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica.

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó.

58.109-970 – Campina Grande – Paraíba – Brasil.

George R. Soares de Lira – george_lira@yahoo.com.br

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica.

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó.

58.109-970 – Campina Grande – Paraíba – Brasil.

Resumo: *A atualização tecnológica sempre foi um dos objetivos da atual estrutura curricular do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG, visando adequar o perfil do profissional por ele formado à realidade e as novas tendências do mercado de trabalho. Este trabalho apresenta a experiência do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG obtida no curso de Laboratório Instalações Elétricas, em especial o ensino de fotometria. O Laboratório se constitui em uma disciplina independente da disciplina teórica, integraliza 15 horas aulas e têm no seu conteúdo fotometria, instalações prediais e comandos industriais. Aos melhores alunos de cada turma é oferecido um curso de automação industrial com o emprego de controladores lógicos programáveis (CLP's). A massificação dos computadores, o desenvolvimento de programas computacionais e de métodos numéricos permitiu desenvolver técnicas para serem utilizadas no ensino de fotometria. O conteúdo fotometria é ministrado no laboratório através de medições experimentais, comparações entre níveis de iluminamentos calculados utilizando a metodologia da ABNT e a média dos pontos medidos. Um problema prático de iluminamento é proposto para os alunos. No trabalho também são mostrados estudos de casos resolvidos com a utilização de rotinas computacionais desenvolvidas pelos alunos. Conclui-se, desse modo, que com uma constante atualização do programa das disciplinas às novas tecnologias, é possível motivar e melhorar o nível técnico-científico dos alunos.*

Palavras-chave: *Fotometria, iluminamento, ensino, instalações elétricas.*

1. Introdução

A atualização tecnológica sempre foi um dos objetivos da atual estrutura curricular do Curso de Engenharia Elétrica da UFCG, visando adequar o perfil do profissional por ele formado à realidade e as novas tendências do mercado de trabalho. Os alunos são incentivados desde o início do curso, à utilização de softwares didáticos e de simulação, e na maioria das disciplinas salas de aulas informatizadas são utilizadas.

A metodologia aplicada ao Laboratório de Instalações Elétricas (LIE) pode ser considerada motivante para o aluno, pois o aluno é agente direto do aprendizado. Nas suas

atividades ele deixa de ser um mero espectador para ser o desenvolvedor das atividades. O pré-requisito para o experimento de instalações prediais e comandos industriais é que o aluno adquira o material didático que contém as instalações que serão realizadas no laboratório com o embasamento teórico respectivo a cada instalação, além do mais, o aluno só pode, de fato, realizar as montagens após uma aula teórica de aproximadamente vinte minutos, seguida por uma avaliação geral para identificar alunos que não leram o guia do experimento.

Uma parte da disciplina Laboratório de Instalações Elétricas é dedicada a instalações prediais em que o aluno aprende a fazer de emenda de condutores à instalação de lâmpadas incandescente acionadas por interruptores tree-way e four-way. As atividades desenvolvidas são muito simples e não podem ser consideradas atividades de um futuro engenheiro mas como são muito práticas torna-se motivante. Contudo, antes de iniciar qualquer trabalho o aluno é treinado para que fique apto a realizar determinada tarefa sem que ocorra risco de choques elétricos e não danifique equipamentos. A segurança do aluno no laboratório é considerada de alta prioridade.

O espaço físico do LIE é dividido cabines. Cada cabine, comporta no máximo dois alunos que são acompanhados por monitores, técnicos e professor. As cabines devem estar desenergizadas enquanto o aluno realiza as montagens. No final de cada montagem um monitor, ou o próprio professor verifica se determinada montagem está correta, e só então, a cabine é energizada e o aluno explica o que foi feito. Para o Laboratório de Instalações a turma é dividida, de maneira que o número de alunos não exceda o limite suportado pelo LIE, que em instalações prediais abriga 6 cabines totalizando 12 alunos por turma. O aluno tem em média quatro semanas para concluir as instalações prediais e em seguida será submetido a uma avaliação, que consiste na montagem de alguns itens do experimento ou uma combinação dos mesmos e identificação e correção de defeitos pré-definidos.

Outra parte da disciplina Laboratório de Instalações Elétricas é dedicada ao estudo e projeto de comandos elétricos para automatizar equipamentos e sistemas elétricos, e possui metodologia semelhante ao experimento de instalações prediais. As montagens são realizadas no Laboratório de Comandos Elétricos que é composto por bancadas, nas quais podem-se fixar diversos equipamentos (ex. relés, contactores, chaves, motores para diversas aplicações, etc.) e condutores necessários à realização da montagem do experimento.

Inicialmente, o aluno é familiarizado com os tipos mais comuns de comandos elétricos no que se refere ao acionamento e controle de máquinas elétricas, ou seja, estuda-se como acionar alguns motores monofásicos em suas várias configurações físicas e elétricas, em seguida, vê-se como acionar motores trifásicos e seus variantes. Após o estudo inicial, têm-se uma breve introdução a técnicas de automação destes equipamentos utilizando relés temporizados que permitiram, por exemplo, acionamentos em cascata de motores elétricos. Neste estágio da disciplina, o aluno poderá projetar seus próprios comandos elétricos, além de poder migrar para os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) que utilizam a mesma filosofia dos comandos elétricos tradicionais, isto é, programação de relés.

O estudo de fotometria realizado na disciplina possibilita ao aluno aprender os conceitos básicos relativos à luminotécnica, às normas da ABNT relacionadas à fotometria e estimula os alunos a desenvolver algoritmos para solucionar os diversos problemas propostos no decorrer do curso. Inicialmente, os alunos aplicam técnicas recomendadas pela ABNT (NBR 5382) para obtenção dos níveis de iluminação em recinto previamente escolhido. Quando da obtenção dos níveis de iluminação, o recinto é malhado (40 cm x 40 cm, aproximadamente) e as medições são realizadas. Os pontos de medição recomendados nas normas passam a ser um subconjunto da região malhada. De posse dos dados o aluno obterá o iluminamento médio de um dado recinto seguindo as recomendações da ABNT e também possibilitará a construção de curvas isolux. Assim, o aluno poderá fazer uma análise não só quantitativa dos níveis do iluminamento mas também qualitativa, pois nem sempre um valor médio de iluminamento, que satisfaça a norma, resultará em condições adequadas de iluminação do ambiente com resultados e análises mais consistentes.

Em outra etapa do experimento, o objetivo é obter a curva fotométrica de um arranjo projetor-lâmpada utilizando-se a intensidade luminosa a partir do iluminamento medido com o luxímetro (Lei de Lambert).

Numa etapa final é proposto ao aluno desenvolver um projeto de iluminação utilizando o conhecimento teórico adquirido, principalmente no que diz respeito às curvas de isolux e fotométrica, pois a partir delas o aluno poderá ver se seu projeto proporcionou o iluminamento desejado e o ajudará a escolher (entender) o conjunto luminária-lâmpada que melhor se adequará a suas necessidades.

São disponibilizados computadores no Laboratório de Sistemas de Elétricos do Departamento de Engenharia Elétrica para o desenvolvimento do projeto de iluminação. Computadores conectados a Internet facilita o processo de aprendizagem, pois um dos objetivos do projeto de fotometria é fazer com que o aluno pesquise na Internet, nas páginas dos fabricantes de lâmpadas e luminárias, as características técnicas dos equipamentos elétricos que serão utilizados, e com isso, o aluno terá a oportunidade de conhecer novos equipamentos e ampliar os seus conhecimentos e sua aplicação.

2. Estudo da Fotometria

Para um melhor entendimento do trabalho é necessário definir alguns conceitos importantes na área de luminotécnica.

- Luz é o aspecto da energia radiante que um observador humano constata pela sua sensação visual, determinado pelo estímulo da retina ocular;
- Fluxo luminoso (lúmens, lm) é radiação total emitida por uma fonte luminosa dentro da faixa de radiação visível;
- Intensidade luminosa (candela, cd) é o fluxo luminoso irradiado na direção de um dado ponto;
- Iluminamento (lux, lx) é o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma determinada superfície a uma certa distância da fonte. Essa é a grandeza que medimos com o luxímetro;
- Curva isolux é a representação da distribuição de iluminamento em função das dimensões do local onde se deseja obter a curva;
- Curva fotométrica é a representação da distribuição da intensidade luminosa em função dos ângulos de um plano, situados a uma mesma distância da fonte luminosa.

3. Um problema prático de iluminamento

Um dos campos de maior aplicação da iluminação está voltado para o setor público, tais como a iluminação de praças, avenidas, campos de esporte, entre outros. A iluminação de uma cidade é uma das características mais marcantes e que influencia diretamente a vida das pessoas que moram, trabalham ou transitam por estas áreas. Por outro lado, uma cidade bem iluminada pode servir como modelo e orgulho para seus habitantes. Para se elaborar um projeto de iluminação de uma área urbana, é preciso levar em consideração as necessidades técnicas, econômicas e sociais.

Para aproximar os alunos de um problema prático de fotometria e dos paradigmas de programação é proposta a confecção de uma rotina computacional para cálculo de iluminamento. O problema proposto é modificado a cada semestre. No semestre 2003.2 foi proposta a iluminação de praças públicas. As dimensões da praça, o número e altura dos postes, as luminárias e lâmpadas são dados de entrada do programa e devem estar de acordo com as normas. As escolhas das lâmpadas, das luminárias e dos postes são fatores decisivos e devem ser obtidos na Internet ou em manuais ou catálogos disponibilizados pelos fabricantes. Entre vários tipos de lâmpadas que se encaixam no perfil de iluminação pública, devem-se escolher lâmpadas que forneçam boa qualidade e eficiência (economia).

O grau de iluminamento na praça é avaliado por meio das curvas isolux geradas pelo programa. A avaliação impõe que nenhum ponto da praça deve ficar com iluminamento inferior a 40% ou superior a 3 vezes o iluminamento médio que deve está de acordo com as normas da ABNT.

A avaliação do desempenho do aluno no experimento é feita por um relatório escrito e por uma defesa oral. Assim, cada aluno tem a oportunidade defende seu trabalho, explicar as suas motivações e escolhas, possibilidades de correções de pequenas falhas, interação entre o professor e aluno e além do mais, diminui a probabilidade de se ter trabalhos “bem parecidos”.

3.1 Estudo de caso 1:

Uma das soluções utilizadas para resolver o problema de fotometria proposto e descrito anteriormente, utilizou os conhecimentos de fotometria, as características técnicas de uma luminária e de uma lâmpada a vapor mercúrio produzidas por uma empresa de renome mundial, com fluxo de 12700 lm e o software MATLAB® para implementar a rotina necessária à obtenção da distribuição do iluminamento da praça proposta. Na Figura 1 é mostrada a curva fotométrica utilizada nos cálculos de iluminamento da praça.

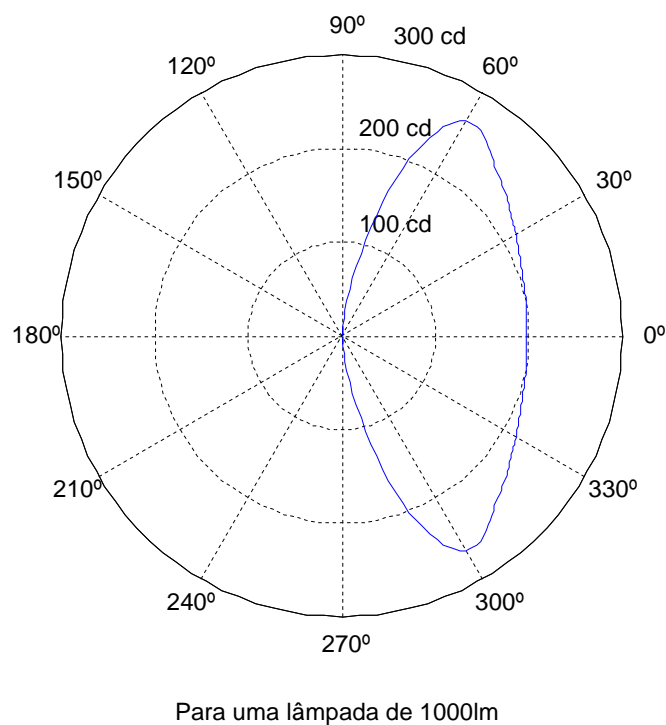


Figura 1 – Curva fotométrica da luminária

Inicialmente, a praça foi dividida numa grade com células de 3m² para que fosse possível mapeá-la.

Na Figura 2 pode-se observar a configuração do problema para uma simples pétala, auxiliando na compreensão da solução proposta. Onde vê-se a disposição do poste, a inclinação da pétala com relação a horizontal, a distância d que separa a projeção da pétala, no plano x-y que forma a praça, e seu foco.

Baseado no número de pétalas informado pelo usuário, os ângulos entre as mesmas são calculados (equação (1)). O valor do ângulo de inclinação (ϕ) da luminária foi adotada como sendo igual a 15° . De posse do valor da inclinação da pétala e da altura do poste pode-se encontrar seu foco.

$$angpetalas = 360^\circ \div numpetalas \quad (1)$$

Em seguida projeta-se o foco nos eixos x e y (solo da praça). Estas projeções na direção dos eixos x e y permitem encontrar as componentes dos focos das diversas luminárias (se for o caso), na direção dos eixos, e conseqüentemente à distância entre foco e projeção da luminária no solo. Utilizando a Lei de Lambert (equação (2)), encontrar-se o iluminamento nos diversos pontos da praça.

$$E = \frac{I \cdot \cos(\alpha)}{d^2}, \quad (2)$$

onde E é o iluminamento, I é a intensidade luminosa, α é ângulo entre o foco e um ponto da grade (na qual foi dividida a praça).

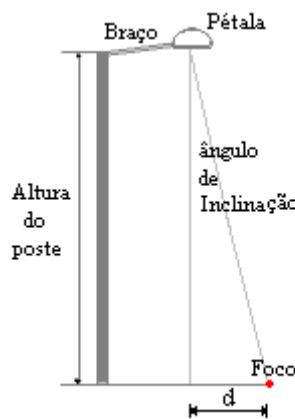
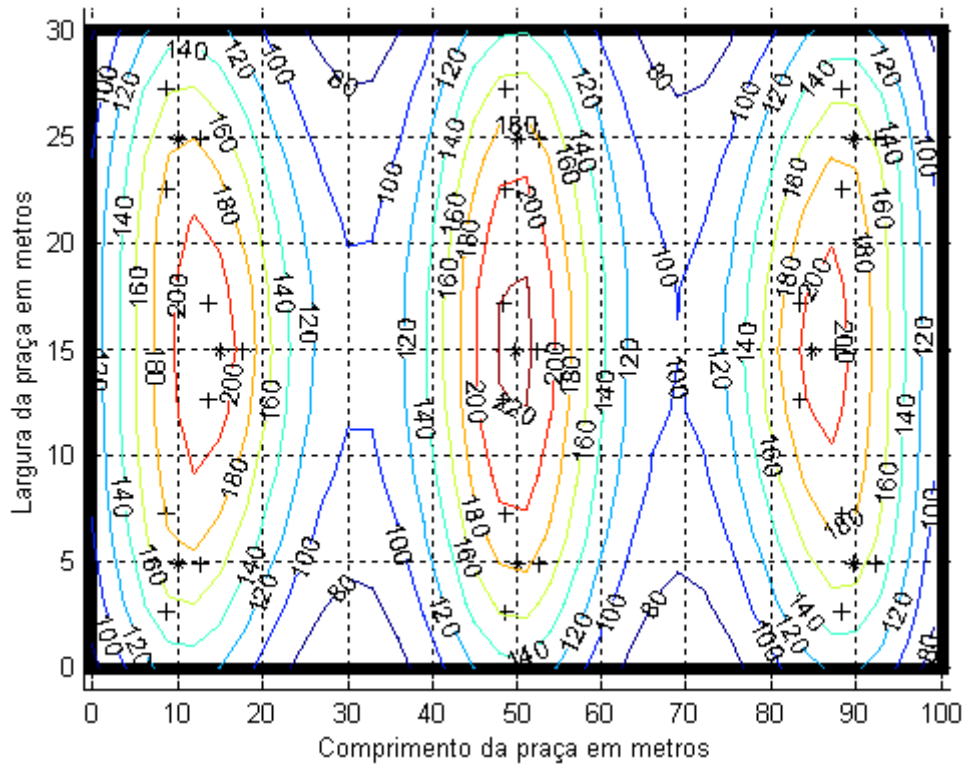
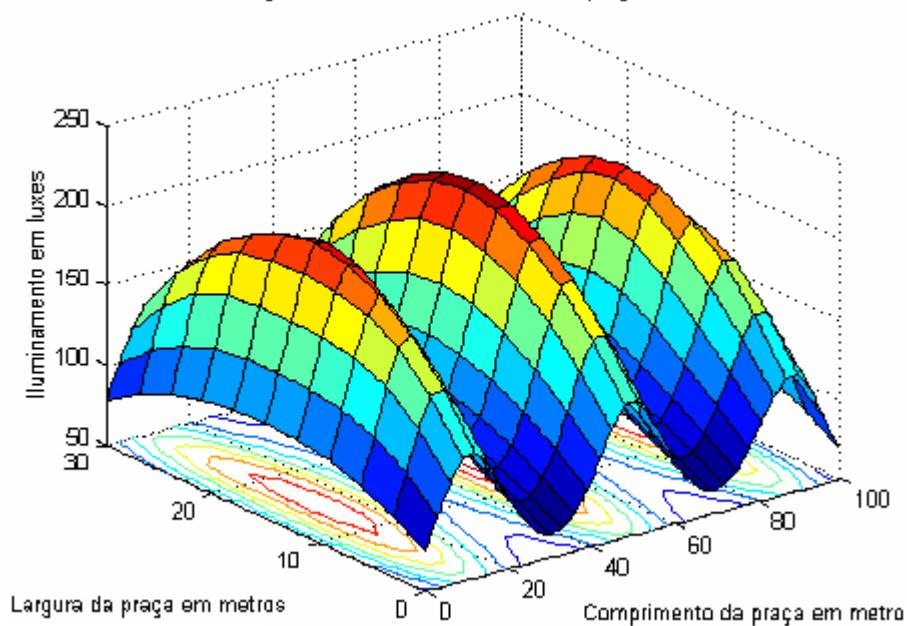


Figura 2 – Ilustração do problema

Após uma execução padrão do programa obtêm-se as distribuições de iluminamento das Figuras 3 e 4.



-Figura 3 – Distribuição do iluminamento na praça



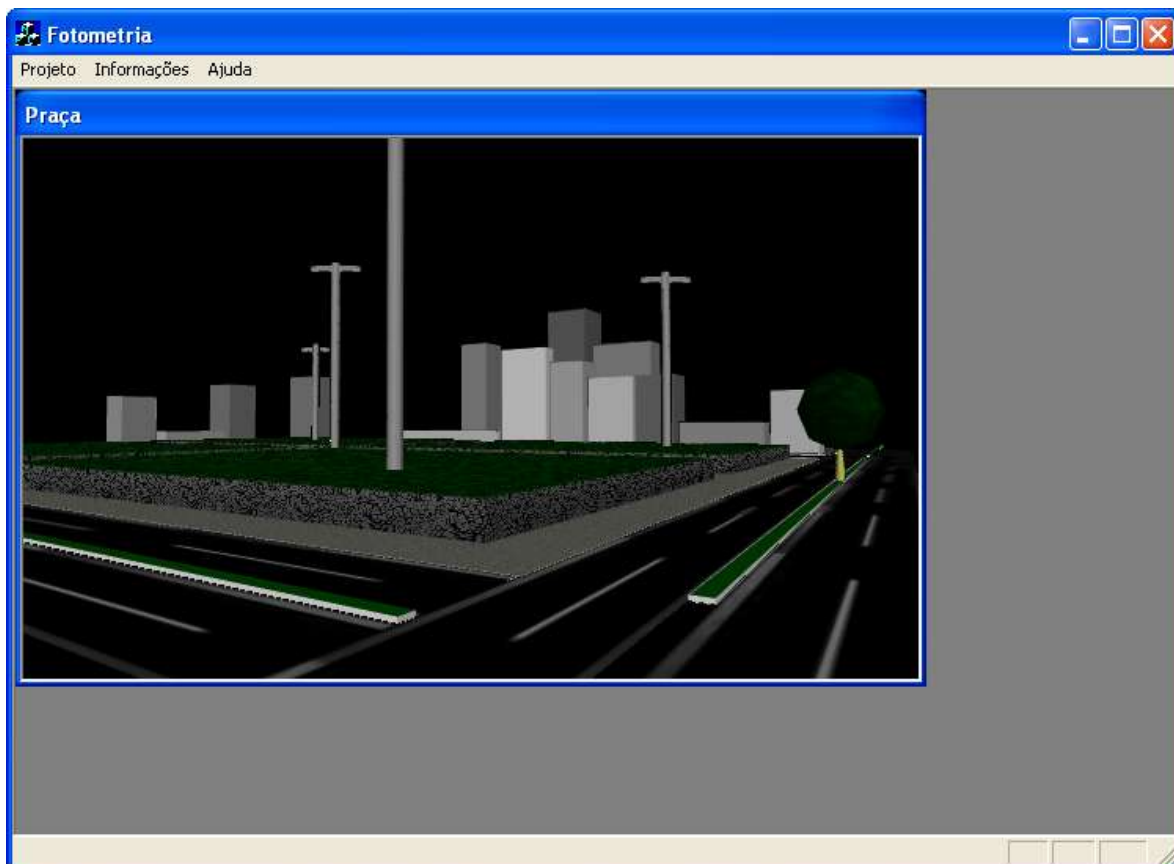
-Figura 4 – Distribuição 3D do iluminamento na praça

3.2 Estudo de caso 2:

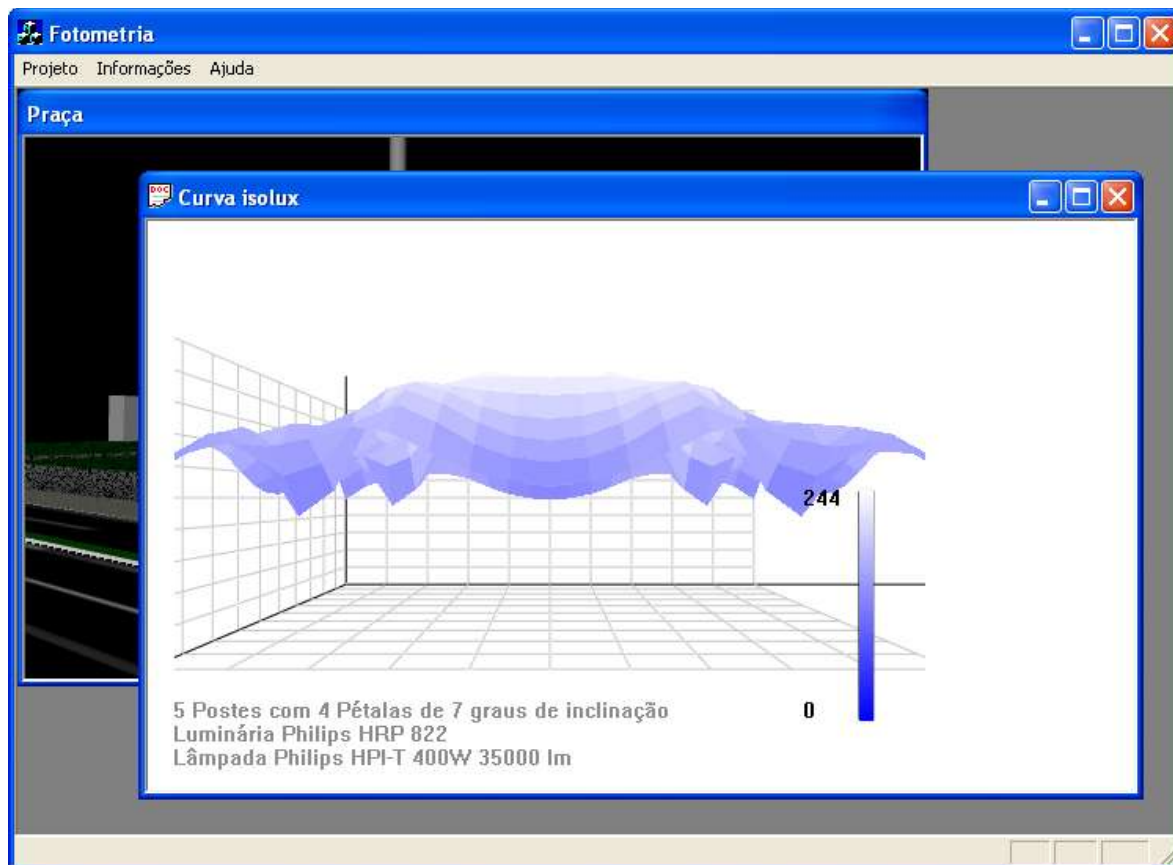
A criatividade na elaboração do programa e na apresentação dos resultados é considerada também na avaliação. Isto tem estimulado alguns alunos a utilizarem recursos de programação mais avançados. Assim, o segundo estudo de caso descreve um programa desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ por meio do Microsoft Developer Studio 97,

utilizando a plataforma de desenvolvimento MFC (Microsoft Foundation Classes) e a biblioteca gráfica de modelagem e exibição tridimensional OpenGL (Open Graphics Library). Os cálculos para a simulação dos níveis de iluminamentos são os mesmos adotados pelo Estudo de Caso 1.

Além dos parâmetros de entrada requeridos, o programa requer parâmetros mais detalhados dos postes, das luminárias e das lâmpadas, assim como as dimensões da praça. É possível cadastrar e apagar lâmpadas e luminárias, desde que sejam adequadas para a aplicação. Na Figura 5 é ilustrada a simulação 3D de uma praça em escala real com cinco postes localizados de forma simétrica. A simulação da luz está em processo de desenvolvimento. Utilizando teclas de navegação pode-se navegar pela praça e pela cidade a sua volta como se estivesse operando uma câmera de TV. Já na Figura 6, é ilustrado o resultado fotométrico, por meio da curva isolux da região que compreende a praça. O programa também pode enviar um relatório informando se o projeto de iluminação está de acordo com as normas da ABNT NBR 5382 de 1985 e sugerindo possíveis melhorias.



-Figura 5 - Simulação 3D da praça.



-Figura 6 - Curva isolux.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. Ed. LTC, 13ª ed., 1995.

MOREIRA, Vicente Delgado; COSTA, Edson Guedes. **Apostila do Laboratório de Instalações Elétricas: Fotometria**. Campina Grande: 2003.

MOREIRA, Vinícius de Araújo. **Iluminação e Fotometria teoria e aplicação**. Editora Edgard Blücher Ltda., 1976

THE STUDY OF PHOTOMETRY IN THE LABORATORY OF ELECTRICAL INSTALLATIONS OF THE UFCG

Abstract: *The technological update is always one of the goals of the curriculum structure of the Undergraduate Program of Electrical Engineering at UFCG (Federal University of Campina Grande – PB-Brazil), to allow an easy adjustment of the profile of its graduates to reality and to the new trends of the market. This work presents the experience of the Department of Electrical Engineering at UFCG on teaching the course Laboratory of Electrical Installations, specially on teaching Photometry. The Laboratory is an independent course from the theoretical one and integrates up to 15 hours of Lab classes with the following contents: Photometry, electrical projects for buildings and industry power plants. The spreading of computers, the development of computational programs and numerical*

methods allowed the development of techniques to be used on teaching Photometry. The subject photometry is taught in the laboratory by means of experimental measurement, comparisons between the calculated lighting levels using the ABNT methodology and the average of the measured points. Practical case studies using computational methods are solved by the students. In this way, a continuous and motivating way to update the subject is attained by the students helping them to adapt to new technologies.

Keywords: *Photometry, lighting, teaching, electrical installations.*