ILUMINAÇÃO, CONFORTO E SEGURANÇA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

C.E. Nagawo, E.M.L. Moraes, T. S. Dias, S. S. Teixeira, A. O. Araújo, A. B. Santos.

RESUMO

A Iluminação Pública de uma cidade é um elemento primordial para a composição da paisagem urbana e usufruto qualitativo de seus espaços comuns, seja por motoristas ou pedestres, sendo necessário um desenho cuidadoso desta a fim de garantir níveis de luz adequados às tarefas desempenhadas, ao conforto e a segurança dos transeuntes. Este artigo busca caracterizar a condição de iluminamento do sistema viário no *Campus* Guamá da Universidade Federal do Pará através de medições dos níveis de iluminância. Os resultados possibilitaram diagnosticar as áreas com iluminação adequada e as com deficiência, enumerando os elementos que comprometem o bom aproveitamento da luz, percebendo-se a importância de manter a constância no espaçamento entre os equipamentos de iluminação, a garantia da uniformidade nos níveis de iluminância, e a adequada altura das luminárias ajustada a arborização de modo a não produzir interferência na passagem da luz nem originar sombras indesejadas nas áreas de circulação.

1. INTRODUÇÃO

Antes da iluminação pública barata, limpa e eficiente que se observa nos dias atuais, poucas atividades eram possíveis de serem realizadas no espaço público à noite (MASCARO, 2006). A iluminação elétrica mudou o tempo e as horas de vida normal diurna, pois sua principal função é a de prolongar os nossos dias de modo que fornece a quantidade de luz necessária para a orientação no ambiente urbano, sendo um projeto harmonioso com o entorno capaz de proporcionar iluminação adequada a automóveis e pedestres, garantindo a segurança, conforto e eficiência às atividades noturnas. (SANTOS, 2005; LOPES, 2009; GARCÍA et al, 2015).

Por isso, foram desenvolvidas lâmpadas e luminárias que, em conjunto, possibilitassem uma boa distribuição da luz sem um grande dispêndio de energia elétrica (SANTOS, 2011). Entretanto nem sempre essas evoluções nas tecnologias de Iluminação Pública (IP) tiveram foco único na qualidade da luz, uma vez que o consumo de energia elétrica também era um limitador (SANTOS, 2005). Por exemplo, no caso das lâmpadas a vapor de sódio, amplamente utilizadas na iluminação pública atual, proporciona um elevado rendimento na produção da luz mas com índice de reprodução de cores deficiente (DIAS, 2013). Entretanto resultados de entrevistas revelam que a percepção de conforto, segurança

e luminosidade das pessoas melhora quando se utiliza a lâmpada de vapor metálico (luz branca) do que quando se usa a de vapor de sódio (luz amarelada). Apesar disso, o resultado de experimentos de reconhecimento de rostos revela uma diferença não muito significativa entre as duas lâmpadas, revelando que se trata de uma questão com fatores mais subjetivos e complexos a serem examinados. (KNIGHT, C. 2010)

Para Painter (1996) uma boa iluminação pública contribui não só para a segurança, mas também para a redução de crimes e medo do crime, encorajando um uso maior das ruas em áreas residenciais depois do anoitecer. Isso se dá pelo aumento da sensação de segurança ser fundamenta na maior visibilidade e possibilidade de não ser pego de surpresa. No entanto, a iluminação pública não deve ser vista como solução de todos os crimes, mas sim como um catalisador que causa mudanças no comportamento social para contribuir na redução da desordem e criminalidade.

Assim, até pouco tempo atrás, a iluminação de espaço urbano era uma área negligenciada, tanto pelos iluminadores como pelos arquitetos e urbanistas, (MASCARO, 2006) que devido a falta de planejamento acabaram por tornar a IP deficiente em muitos locais. Essa afirmação foi comprovada no Campus do Guamá da Universidade Federal do Pará, em Belém, que mesmo sendo considerado o maior complexo universitário da Região Norte, com mais de 50 mil alunos (UFPA, 2016), padece com as condições precária da iluminação pública local. Este, apresenta áreas verdes em grande quantidade, porém sem integração relevante com os edifícios do setor, locados no sentido Leste-Oeste e conectados por um sistema viário periférico (XIMENES, 2011).

Ao longo do sistema viário são distribuídas luminárias, as quais se encontram em mau estado de conservação devido ao depósito de poeira e seu natural envelhecimento, causando depreciação ao fluxo luminoso emitido e diminuindo o nível de iluminação (SANTOS, 2011). Essas condições contribuem para o aparecimento de zonas escuras ou com baixos níveis de iluminação, provocando desconforto visual e o aumento do risco para usuários das vias de comunicação já que reduz a distância de visualização dos obstáculos. (LOPES, 2009)

As zonas com baixa iluminação tendem a promover ocorrências de assaltos e atos criminosos, pois "quem procura fazer algo de errado, não quer ser visto. Por isso, a boa iluminação é uma grande inimiga do crime. Isso está provado mundialmente.” (Roizenblatt apud AVER, 2013). Essa situação também pode ser sinônimo de perigo para os condutores de veículos, uma vez que “a taxa de acidentes mortais no período noturno em vias não iluminadas é aproximadamente 3 vezes a taxa do período diurno, baseado numa proporção de veículos e distâncias a viajar.” (Lopes, 2009, p 5).

Diante da problemática exposta e da falta de planejamento e adequação dos equipamentos de iluminação pública ao espaço circundante no Campus do Guamá da UFPA em Belém, este trabalho tem como objetivo diagnosticar as condições da IP sob os aspectos do conforto luminoso e da segurança física de seus usuários e, ainda, propor um projeto que aponte estratégias específicas para os aspectos citados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base no levantamento bibliográfico e de campo foi feito o mapeamento das vias de grande fluxo de veículos e pedestres, as quais contornam o complexo de edifícios do setor

Profissional do *campus*. Sob a planta cartográfica foram locados os pontos de iluminação e gerado o mapa com as informações físicas da área de estudo juntamente com a indicação exata da localização dos postes de iluminação (Figura 01).

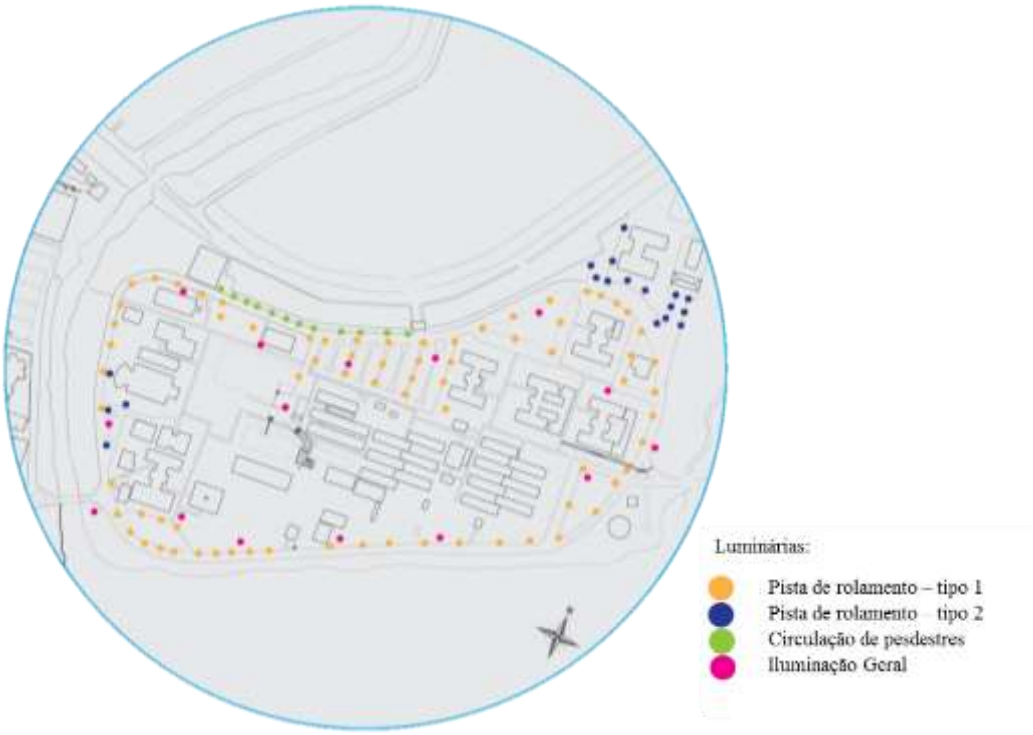


Figura 01: Planta com os pontos de luz existentes no setor Profissional do *campus* Guamá.
Fonte: Prefeitura da UFPA. Adaptador por Nagawo, 2014.

2.1 Calibração do modelo - análises de sensibilidade

Foram catalogadas as luminárias e lâmpadas instaladas na área de estudo para a formulação do método de medição e comparação com os níveis de iluminância medidos nas vias. Para tal os postes e lâmpadas foram fotografados e identificados em catálogos de equipamentos para iluminação pública. Existem 4 tipos de luminárias: dois para iluminação das vias de circulação de veículos; um para iluminação geral; e um para iluminação de pedestres (Figura 2), sendo a identificação do tipo e formato das lâmpadas feita através de visitas noturnas *in loco*, onde todas as lâmpadas são de vapor de sódio. (Figura 3)

Figura 02: Correspondência entre os luminárias indicadas em catálogos e as presentes no campus

Figura 03: Simbologia e lâmpadas correspondentes e foto com exemplo de coloração emitida por uma lâmpada a vapor de sódio na área de estudo.

2.2 Medição da Iluminância

Os níveis de iluminância foram medidos com um luxímetro de marca Homins, modelo 204. As medições de campo ocorreram no período de 10 dias no horário entre 19:00h e 20:00h, sendo o método de medição de iluminância baseado nas recomendações da norma NBR 5101/1992 no subitem 7.2 (ABNT, 1992). Foram dispostos 9 pontos em uma malha reticulada de 3 metros no sentido transversal da via e 6 metros no sentido longitudinal. Esse sistema de medidas foi definido a partir da largura das vias e da distância entre o posicionamento dos postes.

Para a elaboração do mapa com as curvas Isolux foram locados os pontos das medições do nível de iluminância na planta cartográfica com todas as informações coletadas. Os valores medidos foram introduzidos em cada ponto de medição, as coordenadas nos eixos X e Y no mapa do formato CAD. Os dados foram inserido em uma tabela *Excel* a qual foi processada no programa *Surfer* que gerou o mapa de curvas Isolux. Assim foi possível examinar com maior precisão os valores de iluminância na área de estudo e relacioná-los com os componentes de iluminação do *campus* identificados anteriormente (luminárias e lâmpadas), permitindo a análise dos fatores responsáveis pelo comportamento da iluminação na área de estudo.

2.3 Confecção do Mapa com as Condições Ideais de Iluminação

Procurou-se elaborar uma modelo com a iluminação ideal para área de estudo, com os espaçamentos entre os postes e um método de cálculo de rebaixamento da altura de montagem das luminárias, para adequá-la a vegetação existente. Usou-se como referência os modelos sugeridos no manual de IP da CEMIG (CEMIG, 2012). Para a simulação da iluminação proposta foi utilizado o software DALUX, a planta baixa com todos as informações gráficas do campus, no formato CAD, assim como as alturas dos postes, tipos de luminárias e lâmpadas. Configurada a área de estudo foi feito o cálculo da quantidade de iluminação para o campus a partir da nova proposta.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor analise do objeto de estudo, foram elaborados diferentes mapas com intervalos específicos de níveis de iluminância de modo a possibilitar a visualização das áreas com

maiores ou menores condições de percepção e conforto visual. Os intervalos correspondem a 3 níveis considerados: abaixo, adequados e acima dos recomendados pela norma. Adotou-se como parâmetro de análise uma via com fluxo médio de pedestres e com volume de tráfego motorizado noturno também leve, inferior a 150 veículos/hora, em pista única (MORAES, et al., 2013). Nessas condições a iluminância média mínima (Emed, min) exigida é igual a 5 lux e o fator de uniformidade mínimo (U) recomendado, em função do tipo de via e volume de tráfego, é de até 0,2 segundo a NBR 5101/92 (ABNT,1992). Definidos os critérios sob os quais deveriam ser avaliadas a vias de circulação do *campus* e com os mapas já interpolados pelo programas *Sufer*, foram efetuadas as análises das condições de iluminação na área de estudo. A Figura 4 ilustra (em vermelho) as áreas com níveis de iluminamento inferiores à 5 Lux

A Figura 04 delineia uma quantidade significativa de áreas em níveis de iluminamento inferior aos recomendados pela NBR 5101/92, com destaque para as áreas 1, 2 e 3. Essa condição ocorre basicamente por dois motivos: no caso da área 1 é possível verificar que a extensão da área é muito grande e, apesar de não possuir obstrução de elementos vegetais, há poucas luminárias em funcionamento, especialmente no estacionamento, evidenciando a importância da manutenção dos equipamentos para a qualidade visual do espaço; já nas demais áreas existe a presença expressiva de vegetação de grande porte, porem o sistema de iluminação pública implantado não é adequado ao local, comprometendo a eficiência luminosa através de grandes manchas de sobra devido a obstrução da luz pelas copas.

Porém é possível observar que há áreas com valores de iluminância que atendem os níveis exigidos pela norma, como pode ser visto na Figura 05 a qual apresenta curvas Isolux para valores entre 5 Lux e 25 Lux. Esses valores estão distribuídos em algumas áreas do *campus*, demonstrando que setor profissional possui níveis adequados de iluminância nessa áreas. Contudo, há pontos com maiores ou menores níveis de iluminamento, comprometendo a uniformidade de iluminação do espaço.

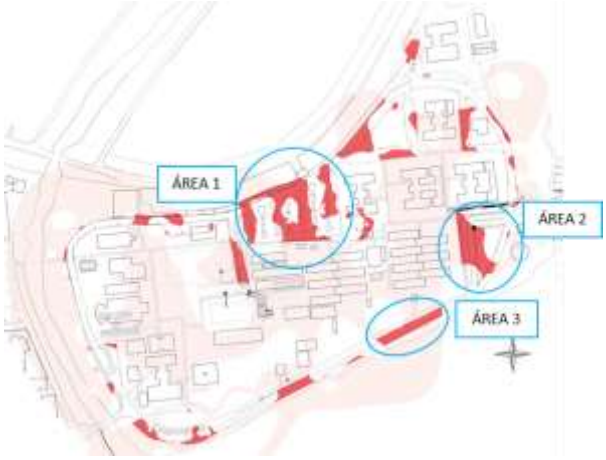


Figura 04: Mapa de iluminação com valores inferiores à 5 Lux.

Figura 5: Mapa de iluminação com os valores entre 5 Lux a 25 Lux.

Nas Figura 06 e 07 estão expostas as áreas com níveis entre 40 e 60 Lux e 60 e 80 Lux, ou seja, níveis muito acima do indicado pela norma (5 Lux). Observa-se que esses níveis são registrados de forma pontual por toda a extensão do setor, sendo motivado pela proximidade às luminárias, uma vez que o nível de iluminância é maior no entorno imediato destas. Todavia, é possível verificar a intensidade desses níveis em uma área específica do campus (Área 4). Esta área é relativamente nova, de modo que apresenta

luminárias tipo 2 (Figura 02) e maior concentração desses equipamentos, além de pouca presença de vegetação de grande porte, porém com latente falta de projeto e melhor distribuição dos pontos de luz nesse espaço.

Figura 06: Níveis de iluminância de 40-60 Lux **Figura 07: Níveis de iluminância de 60-80 Lux**

A variação da intensidade luminosa compromete a distribuição uniforme da iluminação, resultando assim em áreas com índices de uniformidades variados e, em alguns casos, abaixo dos valores estabelecidos em norma. Como a uniformidade decai com variação dos níveis de iluminância, esta permanecerá inconstante enquanto não houver adequação dos equipamentos ao entorno. A Figura 08 ilustra de forma esquemática com escala de cores o fator de uniformidade no setor de análise, possibilitando concluir que tais valores variam de 0,6U à 0U, apresentando zonas com uniformidade adequada e outras não.

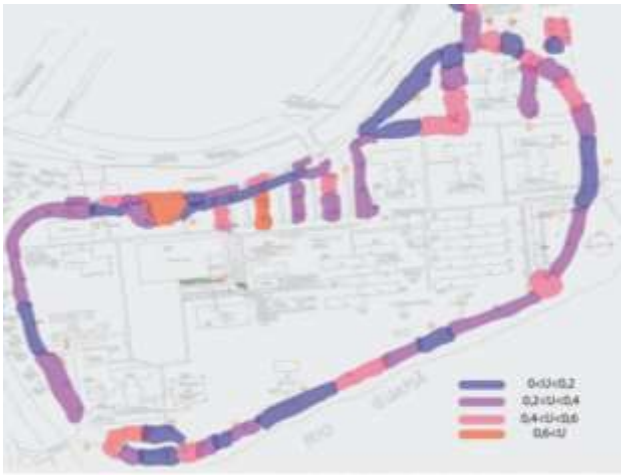


Figura 08: Mapa esquemático do fator de uniformidade (U) da área de estudo.

Apesar de a pesquisa centrar suas análises nas vias de rolamento e o sistema de trânsito para pedestres estar concentrado em passarelas ao longo do setor, existe ainda um intenso fluxo de pessoas em calçadas contornam a via, demonstradas na Figura 09. Essa figura mostra a comparação dos níveis de iluminamento nas áreas de pedestre, sendo possível verificar regiões expressivas de níveis abaixo do recomendado pela norma. Tal situação compromete a segurança das pessoas, uma vez que ambientes com esses níveis facilitam a ação de agentes criminosos e comprometem o sentimento de seguridade dos usuários, principalmente por estes estarem a pé e, portanto, mais vulneráveis a possíveis eventos criminosos.

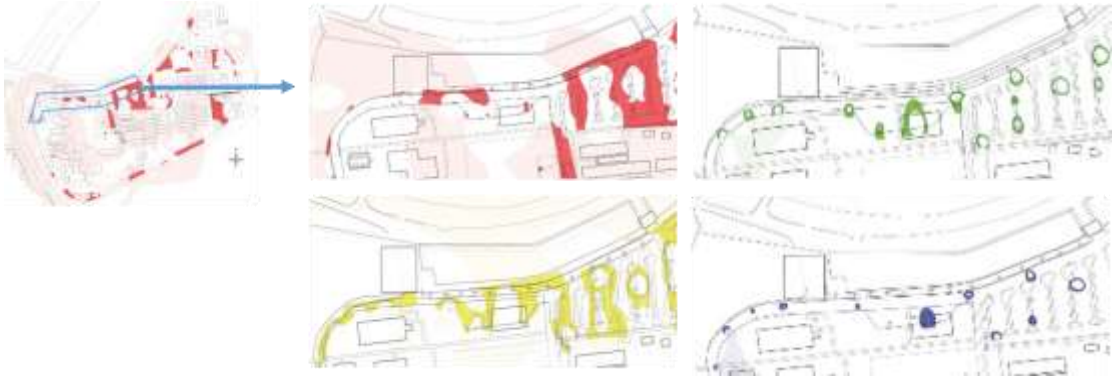


Figura 08: Níveis de iluminância em área de circulação de pedestre.

Portanto, a intensidade e distribuição da luz no setor profissional hoje apresenta-se em condições de baixa distribuição (altos contrastes), baixa manutenção (postes sem lâmpadas ou com lâmpadas "queimadas") e baixa uniformidade. Esses situações foram considerada no projeto de iluminação propostos para o setor.

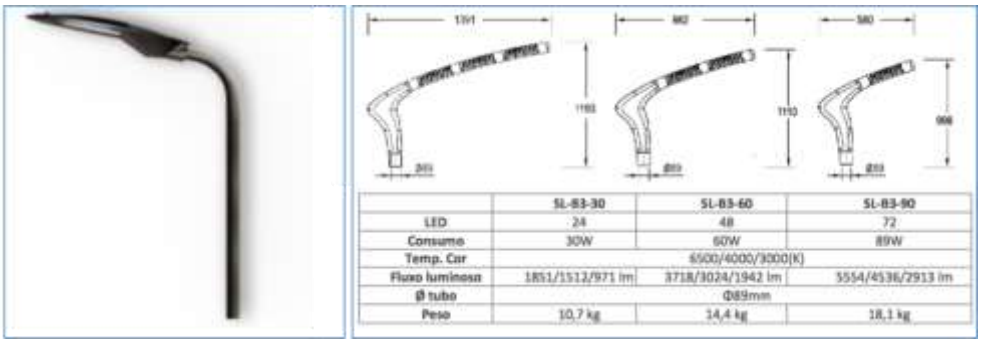
4. PROJETO DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO

A partir do quadro em que se traçou das condições de iluminação no setor profissional, percebeu-se as deficiências e necessidades da iluminação para as melhores condições de conforto visual e consumo de energia. Para tanto, buscou-se propor um sistema de IP que levasse em consideração os aspectos da distribuição, uniformidade e consumo, adotando luminárias à 10 metros de altura com espaçamento de 35 metros entre elas, voltadas para a via e sem interferência de vegetação de grande porte. Já nas áreas com vegetação de médio porte foram utilizadas luminárias a altura de 8 metros e espaçamento de 28m, buscando-se evitar o ofuscamento com maior altura de montagem das luminárias. Nas áreas de estacionamento e circulação de pedestres (ÁREA 6) foram utilizados luminárias a 3 metros de altura, selecionando luminárias que não emitissem radiação luminosa acima de 90º para evitar desperdício de luz seguindo recomendações da Iluminating Engineering Society of North América (SANTOS, 2005).

Apesar das vantagens de custo apresentadas pelas lâmpadas de sódio de alta pressão para iluminação pública, sua luz amarelada torna difícil o controle da reprodução das cores. Desse modo, e por questões sustentáveis, propõe-se o uso de lâmpadas LED que além de sua eficiência energética e durabilidade, possibilitam melhor reprodução de cores e facilitam o reconhecimento visual pela coloração branca da luz por elas emitida. (SALES, R., 2011) Por isso, as luminárias adotadas têm as seguintes características:

1- Luminária Pública LED; alumínio fundido; Modelo SL-A2-90; 80 Leds; consumo 96 W; temperatura de cor 6500K; Eficiência/W 93/72 lm/W; Fluxo luminoso 8962 lm; altura de instalação de 8 – 10m; (Figura 9)

2- Luminária para passarela, jardim e estacionamento LED; alumínio fundido; Modelo SL-B3-60; consumo 60W; temperatura de cor 6500K; Eficiência/W 62 lm/W ; fluxo luminoso 3718 lm; altura de instalação de 3 – 5 m. Essas luminárias de jardim com anteparo superior não permitem a emissão de luz acima da horizontal evitando, assim, ofuscamento e evasão da luz. (Figura 9)



	SL-B3-30	SL-B3-60	SL-B3-90
LED	24	48	72
Consumo	30W	60W	89W
Temp. Cor	6500/4000/3000(K)		
Fluxo luminoso	1851/1512/971 lm	3718/3024/1942 lm	5554/4536/2913 lm
Ø tubo	Ø89mm		
Peso	10,7 kg	14,4 kg	18,1 kg

Figura 09 - Modelo de luminária adotada para as vias de tráfego e modelo de luminária adotada para vias de pedestre e estacionamentos
Fonte: DIALUX, 2016.

A partir desses critérios, chegou –se a proposta apresentada na Figura 10, onde é mostrada exclusivamente a distribuição da iluminância alcançada com o projeto proposto, podendo-se observar que os níveis de iluminamento são mais uniformes, com valores entorno de 20e 40 Lux, e o Índice de uniformidade (U) de 0,6.

Figura 10 – Distribuição da iluminância do projeto proposto para a área de estudo

Tal proposta promove um melhoramento nas condições de iluminação do campus, uma vez que permite níveis de iluminação sempre acima do mínimo exigido pela norma e com poucas oscilações, contribuindo assim para a boa uniformidade do campus. Isso permite maior segurança no setor, pois a partir da eliminação de zonas sombreadas pela vegetação e incremento da iluminação em vias reduz o medo e a atividade criminosa. (GARCÍA et al, 2015) Portanto, a eficiência energética não deve estar desconectada da segurança dos usuários do espaço, uma vez que a iluminação horizontal em conjunto com iluminação vertical destaca a presença dos pessoas na rua. A melhoria da percepção visual, realça movimentos suspeitos a distância, detalhes e intenções de figuras que se aproximam tornam-se mais claras, (BORRALHO, 2012) de modo que estudos anteriores comprovam que acidentes durante a noite em rodovias são reduzidos em até 25% em ruas bem iluminadas (BULLOUGH, DONNEL e REA, 2012).

5. CONCLUSÃO

Os campos universitários no Brasil e em outros países estão a cada dia mais próximos da comunidade local, não somente alunos, funcionários e professores usufruem desses espaços, as atividades de lazer e cultura fazem parte do cotidiano dos *campus* de modo que o fator de segurança e conforto luminoso estão entre as prioridades para os gestores. O *campus* universitário da UFPA em Belém apresenta condições bastante preocupante de iluminação. O exemplo do setor profissional mostrou que os índices de iluminamentos variam entre mínimos e altíssimos em pequenas distância e que faz com que os fatores de uniformidade (U) seja também muito baixos, embora haja níveis de uniformidade aceitáveis e recomendáveis em algum pontos específicos. Porém, um altos níveis de iluminância não implicam necessariamente em boa luminosidade, pode ocorrer que vias com altos iluminamento possuam baixa uniformidade e consequentemente alto risco de insegurança. O mais esperado é que os índice de iluminamento, o fator de uniformidade e o sentido de segurança estejam associados aos conceitos de eficiência e tecnologia. Foi o que priorizou-se neste projeto.

É compreensivo que os sistemas de iluminação necessitem de atualizações e adaptações aos novos e/ou diferentes usos, os *campus* universitários, assim como a cidade, são também mutáveis e ajustáveis ao tempo e a necessidade. A iluminação pública existente hoje no *campus* analisado é a mesma que foi implantada no período de sua construção (década de 60) quando a vegetação era jovem e o fluxo de veículos e pessoas menos intenso, portanto, é importante a reestruturação da distribuição dos pontos de lux. Embora a IP não é exclusivamente responsável pelo controle da segurança e consumo de energia geral no campus, ela está diretamente relacionada a ambos os problemas.

Por isso, a iluminância média é a variável mais significante quando se trata de segurança rodoviária, pois o número de acidentes de trânsito pode ser influenciado pela iluminação rodoviária e quanto maior for o nível de iluminância mais o número de acidentes tende a diminuir (JACKETT, M.; FRITT, W.; 2012). De modo geral a proposta do projeto de iluminação relatado neste artigo procurou direcionar critérios e ações para a implantação de um projeto tecnicamente moderno, eficiente, seguro e confortável para motoristas e pedestre. Espera em breve expandir a análise para os outros setores do *campus*. Esta pesquisa faz parte da elaboração do mapa ambiental do *campus* universitário da UFPA em Belém, iniciado em 2013.

6. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com apoio financeiro do programa Jovens Talentos para a Ciências da Capes e com a colaboração de alunos voluntários do Laboratório de Análise e Desenvolvimento do Espaço Construído-LADEC da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPA aos quais apresentamos nosso especial agradecimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992) **Iluminação Pública, NBR 5101**. Rio de Janeiro.

AVER, Ana. (2013) A Relação Iluminação Pública e Criminalidade. **Revista Online Especialize**. Goiânia. Dispovível em

<http://especializandovoce.com/uploads/arquivos/7e766f5534244d2d51fc7fe1b55f9444.pdf>Acesso em: 18 abril 2014

BORRALHO, André João Patrício. (2012) **Iluminação Pública em Espaço Urbano – Recomendações de referência e aplicação às Avenidas Novas em Lisboa** – Dissertação apresentada ao curso Arquitetura Paisagista, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2012

BULLOUGH, Jhon D.; DONNELL, Eric T.; REA, Mark S. (2012) To illuminate or not to illuminate: Roadway lighting as it affects trafic safety at intersections. **Accident Analysis and Prevention**. Filadélfia.

DIAS, T. S. (2013) **Fontes de Luz Artificial: Tecnologia de Lâmpadas**. In: WORKSHOP DE ILUMINAÇÃO ARTIFICAL, Belém: UFPA.

CEMIG: COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. (2012) **Manual de Distribuição: projetos de iluminação pública**. Minas Gerais.

JACKETT, Michael; FRITH, William. (2013) Quantifying the impact of road lighting in road safety – A New Zealand Study. **IATSS Research**. n. 36, 139-145. Disponível em < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111212000325> Acesso 16 Abril 2015.

GARCIA, A.; HURTADO, A; AGUILAR-LUZÓN, M.C. Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. **Safaty Science**. n.78; 142-148. Filadélfia.

KNIGHT, C. Field Surveys of the Effect of Lamp Spectrum on the perception os safety and comfort at night. **Lighting Research Technology**, n. 42; 313-329. UK, 2010.

MASCARÓ, L. E. A. R. (2006) **A iluminação do Espaço Urbano**. São Paulo.

MORAES, E. M. L., et al. (2013) **A Contaminação Acústica na Cidade Universitária da Universidade Federal Do Pará em Belém**. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Brasília.

PAINTER, Kate. (2014) The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark. **Landscape and Urban Planning**, n.35; 193-2016 Disponível em < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169204696003118> Acesso em: 20 Abril 2014.

SALES, R.P. (2011) **Led, o novo paradigma da iluminação pública**. – 2011. 116f. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento de Tecnologia). Curitiba.

SANTOS, Cristina Raquel Aragão. (2011) Unviersidade do Porto: **Iluminação Pública e Sustentabilidade Energética**– 2011. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Porto.

SANTOS, Eduardo Ribeiro. (2005) **A Iluminação Pública como Elemento de Composição da Paisagem Urbana**. 109f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Curitiba.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. (2016) **Histórico e Estrutura**. Belém. Disponível em < www.portal.ufpa.br > Acesso em: 16 de setembro de 2015.

XIMENES, J.; et all. (2011) **Plano director do *campus* Belém da UFPA**. In: XIV ENCONTRÓ NACIONAL DA ANPUR, 2011. Rio de Janeiro.