

ESTUDO LUMINOTÉCNICO DE RODOVIA PARA ATENDIMENTO À NORMA BRASILEIRA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM TECNOLOGIA LED (LIGHT-EMITTING DIODE)

*LIGHTING RESEARCH OF A HIGHWAY TO MEET THE PUBLIC LIGHTING BRAZILIAN
REGULATION WITH LIGHT-EMITTING DIODE*

Bruno Augusto Vidal¹; Wagner Luiz de Mello²; Antônio Carlos da Cunha Migliano³

RESUMO

A iluminação de vias e estradas é um fator relevante para a segurança rodoviária, por melhorar a visibilidade de motoristas e pedestres. E quando a iluminação é aplicada visando à eficiência energética, o vão entre postes é maximizado ao seu limite e conseqüentemente, minimizada a poluição luminosa. Com essas primícias, este trabalho apresenta um projeto de iluminação para um trecho de 2 quilômetros da rodovia SP-098 na cidade de Mogi das Cruzes, SP, com finalidade de melhorar o sistema existente, proporcionando uma iluminância média de 20 lux e 0,3 de fator de uniformidade por toda a extensão do trecho estudado. Na medição luximétrica in loco da infraestrutura existente, o trecho apresentou 13 lux de iluminância média, valor este abaixo do mínimo exigido pela norma brasileira regulamentadora de iluminação pública, a NBR 5101:2018, não garantindo segurança e visibilidade aos usuários. Portanto, estudou-se a redistribuição dos postes utilizando luminárias LED de alto fator de eficiência energética para regularização do mesmo. Utilizou-se um software específico que aplica o Método de Lumens para simulação dos efeitos luminotécnicos de campo, fornecendo dados confiáveis para validação do projeto. Como resultado, o projeto indicou que para garantir uma iluminância média mínima e fator de uniformidade de acordo com a NBR 5101:2018 é necessário redistribuir 50 postes de iluminação, com altura de instalação de 12 metros, vão entre postes de 40 metros, utilizando luminárias LED com fluxo luminoso mínimo de 26000 lumens e potência luminosa de aproximadamente 200 watts.

Palavras-chaves: Iluminação. LED. Eficiência Energética. Rodovia. NBR 5101:2018.

ABSTRACT

The road lighting is a relevant factor for safety as it improves visibility for drivers and pedestrians. And when lighting is applied for energy efficiency, the gap between poles is maximized to the limit, and consequently decreasing light pollution. With these concepts, this work presents a lighting project for a 2 km stretch of the SP-098 highway in the city of Mogi das Cruzes in São Paulo to improve the existing system, providing an average illumination minimum of 20 lux and 0.3 of uniformity factor throughout the length of the studied section. In the lighting measurement in loco of the existing system, the segment presented 13 lux of average illuminance, this value below the minimum required by the Brazilian regulation for public lighting, NBR 5101:2018, not guaranteeing safety and visibility to users. Therefore, the redistribution of the poles was studied using LED luminaires of high energy efficiency factor to regularize the same. We used specific software that applies the Lumens Method to simulate field lighting effects, providing reliable data for project validation. As a result, the project indicated that to ensure a minimum average illuminance and uniformity factor across the entire surface of the stretch according to NBR 5101:2018 it is necessary to redistribute 50 lighting posts, with installation height of 12 meters, gap between poles of 40 meters, use of LED luminaires with minimum luminous flux of 26.000 lumens and luminous power of approximately 200 watts.

Keywords: Lighting. LED. Highway. Energy Efficiency. NBR 5101:2018.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica do Centro Universitário Brazcubas.

² Coordenador e Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Brazcubas.

³ Professor Titular Doutor da Braz Cubas Educação e Pesquisador Titular Doutor do Instituto de Estudos Avançados, São José dos Campos, SP.

INTRODUÇÃO

O papel principal da iluminação rodoviária, segundo a NBR 5101:2018 [1] da Associação Brasileira de Normas Técnicas, é proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos, de forma rápida, precisa e confortável. Sendo assim, os projetos e estudos realizados com esta finalidade devem procurar promover, sempre que possível, reduzir acidentes em períodos escuros, auxiliando na segurança de indivíduos e facilitar o tráfego local de uma forma eficiente, tanto tecnicamente, quanto energeticamente.

Outro benefício de um projeto luminotécnico que visa a eficiência energética é a maximização dos vãos entre postes, o qual garante a luminosidade necessária porém reduz a poluição luminosa, uma das causadora dos efeitos de encadeamento de motoristas. De acordo com dados recolhidos na Espanha [2], 5% dos acidentes rodoviários são causados pelo efeito de encadeamento. Outro estudo [3], este realizado pela seguradora de veículos americana Arnold Clark Vehicle Management, contabilizou 8983 acidentes no ano de 2017 causados pela visão afetada por fatores externos de iluminação.

Após análise de um trecho de 2 quilômetros da SP-098 na cidade de Mogi das Cruzes, SP, por meio da execução in loco do aplicativo Luxímetro Ourolux [4], disponibilizado pela empresa de mesmo nome, juntamente com a leitura da NBR 5101:2018 e da IES DG-4-14 (Norma internacional) [5], obteve-se o valor de iluminância média de 13 lux no local, valor este que não atende as normas vigentes e não garante a segurança necessária aos motoristas e pedestres da região.

A partir disso, foi idealizado um estudo luminotécnico para efetivar o atendimento aos parâmetros mínimos exigidos em norma, produzindo um projeto adequado de iluminação e uso racional da energia, levando em consideração o uso de lâmpadas e luminárias eficientes, e com distribuição, posicionamento e alturas de montagens apropriadas.

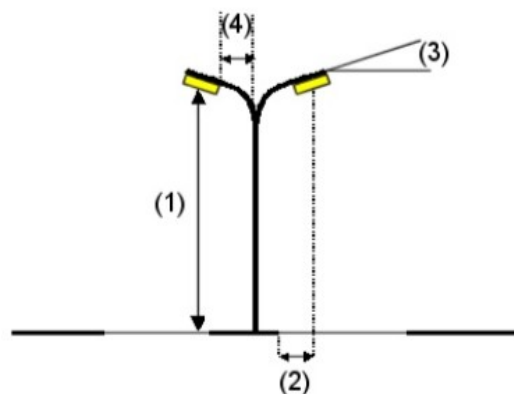
METODOLOGIA

O estudo foi realizado em três etapas, pré-definidas como: análise, projeto e validação. Com a união destas fases de estudo, desenvolveu-se uma conclusão técnica a qual informa os parâmetros básicos para atendimento à norma regulamentadora NBR 5101:2018 [1].

Na primeira etapa do estudo, denominada de análise, por meio de plataformas digitais GPS, criou-se um levantamento de dados geográficos para criação do trecho de rodovia em planta para estudo. Estes dados foram captados no formato UTM (Universal Transversa de Mercator), transferidos para o software AutoCAD [6] o qual, após distribuição dos pontos

num plano cartesiano, foi possível traçar as linhas de delimitação exatas da rodovia em questão. Com a análise dos pontos em planta, confirmou-se que a extensão total do trecho estudado é de 2 quilômetros e que a largura da via é de 10,8 metros. O trecho é inteiramente linear e plano. Estes dados foram armazenados para realização do cálculo luminotécnico.

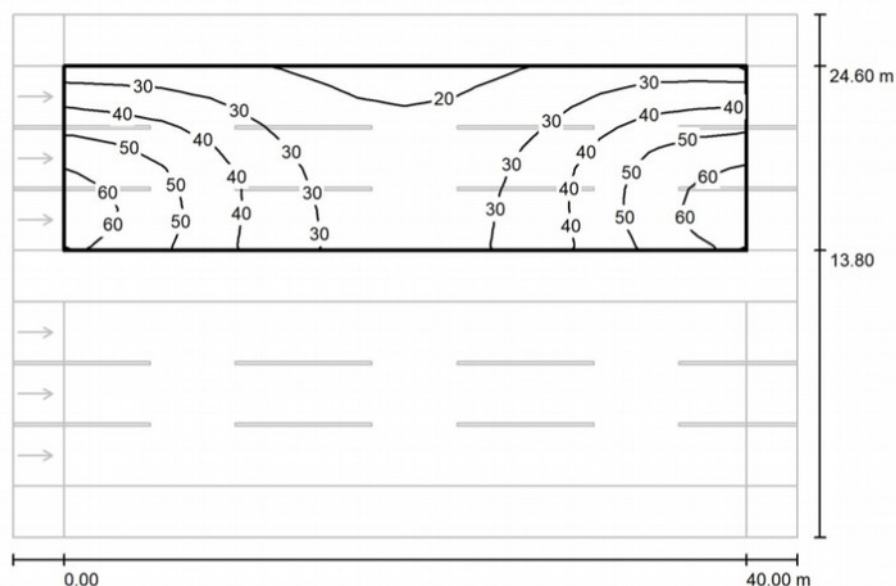
Após a etapa de análise, iniciou-se a etapa de projeto, na qual se deu o desenvolvimento do cálculo luminotécnico necessário para futura validação e possível execução. Para isso, foi realizada uma consulta à Tabela 1 disponível em [1] para classificação do volume de tráfego na via e, a partir de dados fornecidos pelo DER (Departamento de Estradas de Rodagem) [7], obteve-se a informação de que se trata de um via de tráfego intenso. Esses dados são parâmetros básicos para assim obter-se a classificação da iluminação, conforme dados apresentados na Tabela 4 de [1], dados estes que declaram que se trata de uma classificação de iluminação V2 por se tratar de uma via coletora de volume de tráfego intenso.



A luminária escolhida para substituição e estudo de atendimento à norma é a TK SL-200, fabricada pela LEDSTAR [8], com as seguintes características técnicas: potência luminosa 200 W, fluxo luminoso total 25.000 lumens, eficiência luminosa de 125 lumens/W, temperatura de cor de 5000 kelvins, equipada com relé fotoelétrico e grau de proteção mecânico IK9. Quanto ao seu método de instalação, ele se dará por meio de postes curvos de aço galvanizado de 12 metros de altura e 2,5 metros de braço duplo de iluminação com ângulo de 70°. A figura abaixo representa a configuração da instalação.

Figura 1 - Configuração da instalação, onde: (1) 12m; (2) 1m; (3) 5°; (4) 1,5m.

Fonte: elaborada pelo autor no software Dialux.



Inserindo os dados no software de simulação luminotécnica [5] obteve-se uma planta contendo as linhas isométricas informando a luminosidade média do plano, e também uma planta com os mesmos valores, porém utilizando cores falsas para melhor compreensão do espaço iluminado. As plantas podem ser vistas nas figuras a seguir:

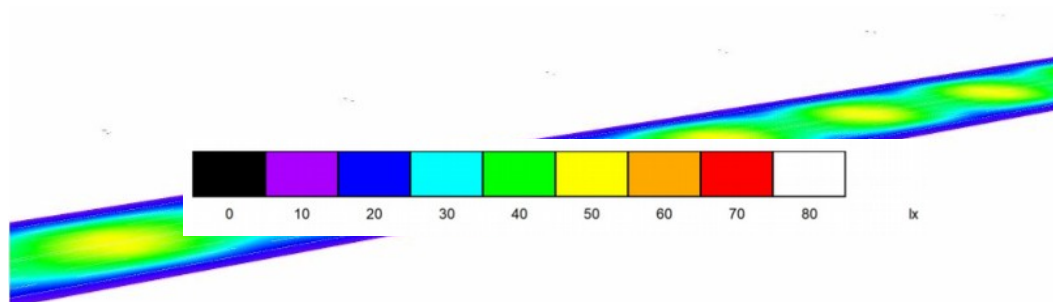


Figura 1 - Linhas isométricas de um trecho entre postes (Valores em Lux)

Fonte: elaborada pelo autor no software Dialux.

Figura 2 - Cores falsas de um trecho da rodovia. (Valores em Lux)

Fonte: elaborada pelo autor no software Dialux.

Outra forma de representar os dados obtidos pelo software foi criando uma tabela disponibilizando os valores da iluminância em cada ponto do plano cartesiano da planta de um trecho entre postes conforme é possível verificar na tabela seguinte.

10.200	27	27	26	24	21	19	17	17	19	21
9.000	35	34	32	28	24	21	19	19	21	24
7.800	43	41	37	32	26	22	21	21	22	26
6.600	50	48	42	36	29	24	22	22	24	29
5.400	56	52	47	39	31	26	24	24	26	31
4.200	61	55	49	41	33	27	24	24	27	33
3.000	63	57	50	41	34	27	25	25	27	34
1.800	64	58	50	40	34	28	25	25	28	33
0.600	61	56	49	40	34	28	25	25	28	34
m	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143

Tabela 1: Tabela isográfica de um trecho entre postes (Valores em Lux)

Fonte: elaborada pelo autor no software Dialux.

Por meio da simulação em software técnico especializado em cálculos luminotécnicos obteve-se o valor correspondente a iluminância média e iluminância mínima do projeto, valores estes que foram empregados nas fórmulas seguintes para obtenção do grau de iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo do projeto.

Conforme [1], iluminância média mínima ($E_{med,min}$) do projeto são os valores obtidos pelo cálculo da média aritmética das leituras realizadas, em plano horizontal, sobre o nível do pisos. O valor é obtido pela seguinte expressão:

$$E_{med,min} = (E1 + E2 + E3 + E4...) / n = 36 \text{ lux.} \quad (1)$$

Ainda de acordo com [1], fator de uniformidade da iluminância é a razão entre a iluminância mínima e a iluminância média em um plano especificado. Isto é:

$$U = E_{min} / E_{med} = 0,472 \text{ lux.} \quad (2)$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a classificação da iluminação e ciente de que se trata de uma V2, tem-se acesso a luminância média mínima e fator de uniformidade mínimo necessário para atendimento á norma conforme Tabela 2 apresentada a seguir:

Tabela 2 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{med,min}$ (Lux)	Fator de uniformidade mínimo $U=E_{min}/E_{med}$
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: Tabela 5 da NBR 5101:2018. Pag 19 [1].

Assim, por meio desta validação, é possível afirmar que os valores de iluminância média mínima e fator de uniformidade estão acima do valor mínimo solicitado em norma, portanto, existe o atendimento a norma NBR 5101:2018 ao se instalar um poste de aço galvanizado de 12 metros de altura, braço de iluminação de 1,5 metros, luminária TK SL-200 fabricada pela LEDSTAR de 200W de potência elétrica, 2500 lumes de fluxo luminoso, temperatura de cor de 5000 Kelvins, há 1 metro do limite da via, com vão médio entre postes de 40 metros, sendo assim necessário 50 pontos de iluminação dispostas no trecho de 2 quilômetros estudados para atender aos requisitos mínimo de forma eficiente energeticamente e tecnicamente.

REFERÊNCIAS

[1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5101/2018**: iluminação pública - procedimento. Rio de Janeiro, 2018.

[2] Philips **Prevención de Accidentes**. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.es/sistemas/temas/luz-blanca-led/prevencion-de-accidentes>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.

[3] Arnold Clark Vehicle Management **The most common causes of road accidents**.

Disponível em: <<https://www.acvm.com/news/the-most-common-causes-of-road-accidents.html>>. Acesso em: 13 de mar. 2019.

[4] Ourolux **Manual de Uso - Luxímetro Ourolux**. Disponível em: <<http://www.ourolux.com.br/luximetro>>. Acesso em 13 de mar. 2019.

[5] Illuminating Engineering Society. **IES DG-4-14: Design Guide for Roadway Lighting Maintenance**. New York, 2014. Acesso em: 15 fev. 2018.

[6] Autodesk, Inc. **User's Guide**. San Rafael, USA, 2011. Licença de uso: Student Version. Serial number 900-98525362.

[7] DER. **Volume Diário Médio das Rodovias - VDM**. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/MalhaRodoviaria/VolumeDiario.aspx>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

[8] LEDSTAR – Luminária LED para iluminação Pública **TK SL-200**. Disponível em: <<https://www.ledstar.com.br/produto/luminaria-publica-led-200w-street-light-trooki/>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

[9] Dial GmbH. **Dialux - User Manual**. Lüdenscheid, DE, 2011. Licença de uso: 700-03885.