



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO LED E VAPOR METÁLICO (HID) 250W EM PISTAS DE ABASTECIMENTO DE POSTOS DE SERVIÇOS

Patrizia Di Trapano⁽¹⁾; Alexandre Góis⁽²⁾; Tullio C. Caetano Guimarães⁽³⁾ Gisele Saveriano De Benedetto⁽⁴⁾

- (1) DSc. Arquiteta, Professora Escola de Belas Artes - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pesquisadora do Programa de Pós Graduação em Arquitetura – PROARQ da Universidade Federal do Rio de Janeiro, patrizia@loggia.arq.br
- (2) Engenheiro, MBA em Gestão e Produção de Edifícios Eficientes, LATEC – Universidade Federal Fluminense – UFF, email: alexgois@integratta.com.br
- (3) Arquiteto, MSc. Programa de Pós Graduação em Arquitetura – PROARQ da Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: tullio@loggia.arq.br
- (4) Arquiteta, MSc. pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo FAU/USP, Especialista em Conforto Ambiental e Conservação de Energia (FUPAM/FAUUSP), e-mail: giseledb@hotmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objetivo comparar o desempenho entre as tecnologias de iluminação LED e vapor metálico (HID) 250W em pistas de abastecimento de postos de serviços. A avaliação levou em consideração aspectos relacionados à quantidade, qualidade da luz e recomendações do IES (2011) para iluminância de pistas, complementada através de medições de acordo com a NBR 5382 e simulações realizadas pelo software DIALux. A partir das conclusões obtidas, constatou-se que a iluminância média inicial dos postos com lâmpadas vapor metálico praticada atualmente apresenta valores maiores do que 500 lux. Percebe-se que a tecnologia LED dará possibilidades de se trabalhar com nível de iluminância inicial menor, em torno de 300 lux, diminuindo também a quantidade de luminárias. Esta constatação fará com que exista uma adequação do consumo de iluminação das pistas ao DPI (Densidade de Potência de Iluminação), definido pela ASHRAE (ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1, 2010), aumentando a eficiência energética da iluminação dos postos de serviços.

Palavras-chave: iluminação artificial, LED, simulação, eficiência energética, posto de serviço.

ABSTRACT

The purpose of this paper is compare the performance between metal halide lamps technology (HID) 250W and LED technology on gas service. The evaluation considered aspects related to the quantity, quality, IES (2011) recommendations for gas service station lighting, measurements according to NBR 5382 and simulations using the software DIALux. From the conclusions reached, it was found that the initial average illuminance of gas service with metal halide lamps technology presents values greater than 500 lux. It is noticed that the LED technology will give possibilities to work with smaller initial illuminance level, around 300 lux, decreasing the quantity of installed luminaires. As a conclusion, the result of LPD (lighting power density) will be according with the ASHRAE (ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1, 2010), increasing the energy efficiency of the lighting of the gas service.

Keywords: artificial lighting, LED, computer simulation, energy efficiency, gas service.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as luminárias de LED são referência em eficiência energética em iluminação, com aplicações no setor público e privado, de uso *indoor* e *outdoor*, utilizadas em edificações residenciais e comerciais, estacionamentos, shopping centers e postos de gasolina. Quando comparada às lâmpadas tradicionais HID (High Intensity Discharge), conhecidas como lâmpadas de vapor metálico, existem diversas razões técnicas que justificam o uso da tecnologia LED, dentre elas: baixo consumo de energia, vida útil de +50.000h, baixo custo com manutenção etc.

A partir de análise de projetos de iluminação de alguns postos da rede Ipiranga que utilizam a tecnologia vapor metálico 250W associada a reatores de alto fator de potência, observa-se que a iluminância inicial média é superior a 500 lux, sofrendo grande depreciação ao longo do tempo devido a vida útil e também pela dificuldade de se manter esse tipo de luminária limpa, livre de insetos. Este fato faz com que a potência instalada do sistema seja maior, ocasionando maiores gastos de energia. Percebe-se que novas tecnologias, como o LED, darão possibilidades de se trabalhar com níveis de iluminância inicial menores, devido à maior vida útil, além de custos menores com manutenção.

Como parte do projeto Posto Ecoeficiente, a Ipiranga acompanha a evolução da tecnologia LED desde 2007. Com a rápida e recente evolução dessa tecnologia, e a crescente oferta de luminárias por inúmeros novos fornecedores, fez-se necessário um estudo mais aprofundado sobre as novidades da tecnologia LED, comparando as duas situações de projeto, buscando aprofundar as questões relacionadas à iluminância inicial, quantidade de luminárias, qualidade da luz, depreciação dos sistemas, eficiência etc.

Neste contexto, foi realizada uma comparação entre dois postos da rede, um com a tecnologia vapor metálico 250W recém instalada, e outro com luminárias LED, instaladas em 2010, substituindo lâmpadas vapor metálico de 400W.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar o desempenho de duas tecnologias de iluminação aplicadas nas pistas de abastecimento de dois postos de serviços: com lâmpadas vapor metálico (HID) 250W e LED. A avaliação levou em consideração aspectos relacionados à quantidade, qualidade da luz e recomendações do IES (2011) para iluminância de pistas, complementada através de medições e simulações.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido nas seguintes etapas:

1. Consultas em diversas tabelas do IES (2011) que tratam sobre recomendações e critérios para determinação da iluminâncias nas tarefas em postos de serviços.
2. Medições com base na Norma NBR 5382, que fixa o modo pelo qual se faz a verificação da iluminância de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral.
3. Simulações através do software DIALux 4.10, com bases fotométricas das unidades de projetos em arquivos IES. O DIALux é um software destinado ao cálculo da iluminância dos ambientes. As simulações produzem como resultado curvas fotométricas, iluminâncias máximas, mínimas e médias e densidade de potência de iluminação DPI (W/m^2).

3.1. Recomendações e critérios para determinação da iluminâncias na pistas em postos de serviço

Segundo as tabelas do IES (2011), que tratam sobre recomendações e critérios para determinação da iluminâncias nas tarefas em pistas de postos de serviços (figura 1), a categoria “O” foi escolhida pelo fato de expressar uma melhor performance visual, segundo definição do IES (p.433, 2011). Neste caso, foi escolhida a faixa de idade dos frequentadores do posto entre 25 a 65 anos, sendo a média de iluminância de 200 lux.

Aprofundando essa primeira informação, foi consultada a tabela específica para recomendações de iluminâncias em postos de serviços nas áreas das bombas de abastecimento, conforme indicado na figura 2. No ítem ilhas de distribuição (*dispensig islands*), área de bombas de abastecimento (*Fuel pumps or short-time charging stations*) foi escolhida alta atividade (figura 3 - *high activity*)¹ e LZ4² (figura 4). Isto significa dizer que, a iluminância recomendada nessa área das bombas compreende um raio de 9 pés (2,74m) do centro de

¹Áreas com volumes relativamente grandes de pedestres e veículos durante a noite. Atividades externas típicas dos grandes centros.

²Área de atividade onde a visão dos usuários é adaptada para níveis elevados de luz. A Iluminação é geralmente considerada necessária para a segurança e/ou conveniência, sendo essencialmente uniforme e /ou contínua. Após o encerramento da atividade, a iluminação poderá ser apagada ou reduzida em algumas áreas.

cada bomba de abastecimento. A recomendação adotada pelo IES na faixa de idades entre 25 a 65 anos também é de 200 lux, tanto para iluminâncias horizontais quanto para verticais. Além disso, a razão de uniformidade máx/média é de 2:1, e de média/mínima 4:1. Esses dados servirão como referências para análise dos postos levantados.

Category	Recommended Illuminance Targets (lux)			Some Typical Applications and Task Characteristics	Visual Performance Description
	Visual Ages of Observers (years) Where at least half are				
	<25	25-65	>65		
J	20	40	80	<ul style="list-style-type: none"> Some outdoor commerce situations Some indoor social situations Some indoor commerce situations 	Common social activity and large and/or high-contrast tasks
K	25	50	100		
L	37.5	75	150		
M	50	100	200		
N	75	150	300		
O	100	200	400		Visual performance involves higher-level assessment of landscape, hardscape, architecture, and people and can be work related

Figura 1: Table 4.1 Recommended Illuminance Targets
 Fonte: IES -The Lighting Handbook - Tenth Edition: Reference and Application, 2011, p.4.33

Applications and Tasks	Notes	Recommended Maintained Illuminance Targets (lux) ^{a,c,d}								Uniformity Targets Over Area of Coverage			
		Horizontal (E _h) Targets				Vertical (E _v) Targets				1 st ratio E _h /2 nd ratio E _v if different uniformities apply			
		Visual Ages of Observers (years) Where at least half are				Visual Ages of Observers (years) Where at least half are				Max:Avg	Avg:Min	Max:Min	
		<25	25-65	>65	Caue	Category	<25	25-65	>65	Caue			
Dispensing Islands	Fuel pumps or short-time (Level III) charging stations												
High Activity ⁱ	E _h @pavement in area defined by 9' radius from center of each dispensing pump or charging station face; E _v @face of dispensing pump or charging station including transaction device. Control with motion sensors ^k .												
o LZ4 ^j		0	100	200	400	Avg	0	100	200	400	Avg	2:1	4:1

Figura 2: Table 34.2 – Retail illuminance recommendations – Service Station
 Fonte: IES -The Lighting Handbook - Tenth Edition: Reference and Application, 2011, p.34.28

Activity Level	Definition	Application Examples
Outdoor	Outdoor activity levels during nighttime hours	
High	Areas with relatively high volumes of pedestrians and vehicles or solely people during dark hours. Activity level is relative to a locale's populations, density of related applications, and general expected norms across the community. Typified by consistently high volume or extreme swings of very high volumes over short time periods. Outdoor facilities typical of large population centers.	<ul style="list-style-type: none"> Entertainment districts Outdoor pools at family hotels and community recreation centers Shopping districts and sports venues Transportation hubs University campuses

Figura 3: Table 22.4 – Indoor and Nighttime Outdoor Activity Level Definition
 Fonte: IES -The Lighting Handbook - Tenth Edition: Reference and Application, 2011, p.22.32

ZONE	Outdoor Lighting Situation	Definition
LZ4		Areas of human activity where the vision of human residents and users is adapted to high light levels. Lighting is generally considered necessary for safety, security and/or convenience and it is mostly uniform and/ or continuous. After curfew, lighting may be extinguished or reduced in some areas as activity levels decline.

Figura 4: Table 26.4 – Nighttime Outdoor Lighting Zone Definition
 Fonte: IES -The Lighting Handbook - Tenth Edition: Reference and Application, 2011, p.26.13

Sobre temperatura de cor é importante ressaltar que, segundo recomendações do IES (2011), para iluminâncias ≤500 lux a aparência de cor deverá ser quente ou intermediária. Isto significa estar entre 3500K a 5000K.

3.2. Norma NBR 5382

Tendo como base a referida Norma, foram seguidos os seguintes passos:

Utilização do luxímetro, no plano horizontal, a uma distância de 85 cm do piso;

1. Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras (figura 5);
2. Medições realizadas nos seguintes pontos: R1 , R2, R3 e R4, para uma área típica central. Repetir nos locais R5, R6, R7 e R8. Calcular a média aritmética das oito medições. Este valor é R na equação;
3. Medições nos pontos Q1, Q2, Q3 e Q4, em duas meias áreas típicas, em cada lado do recinto. Calcular a média aritmética das quatro leituras. Este valor é Q na equação;
4. Medições nos quatro locais T1, T2, T3 e T4 e calcular a média aritmética. Este valor é T na equação;
5. Medições nos dois lugares P1 e P2 em dois cantos típicos e calcular a média aritmética das duas leituras. Este valor é P na equação;

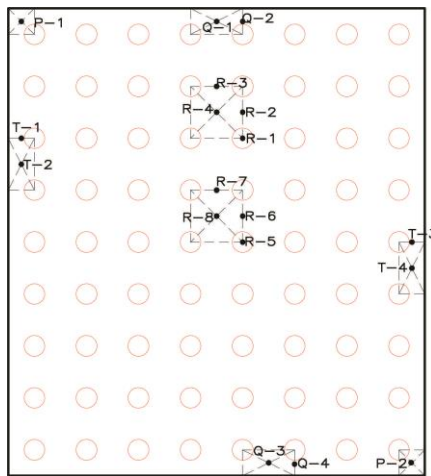


Figura 5: Metodologia para medição
Fonte: NBR 5382

Determinar a iluminância média na área, com a seguinte equação:

$$\text{Iluminância média} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

Onde:

N = número de luminárias por fila

M = número de filas

3.3. Simulações DIALUX

Os critérios de simulação adotados foram:

1. Pista com tecnologia vapor metálico - foi considerado um fator de depreciação (LLF – light lost factor) no valor de 0.5 que, para o DIALux, significa uma simulação realizada em local externo ou interno com alto grau de poluição. A iluminância média encontrada nas simulações refere-se a iluminância que deverá ser mantida ao longo da vida útil do sistema.
2. Pista com tecnologia LED - foi utilizado um fator de depreciação de 0.8 devido a pouca depreciação do fluxo luminoso do LED.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos da análise dos postos onde a metodologia foi aplicada.

4.1 Considerações sobre as tecnologias

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi considerado o tempo de acendimento diário das lâmpadas da pista do posto de serviços de 12h/dia (entre 18:00h as 6:00h). Isto significa dizer que a utilização será de 12h x 30dias/mês = 360h/mês x 12 meses = 4.320 horas/ano. Para lâmpada vapor metálico, que alcança 70% do fluxo luminoso em 10.000h (figura 6), o tempo estimado de vida útil é de aproximadamente 2 anos e três meses (LLD - Light Lost Depreciation), conforme mostra a figura 7. Esse momento é denominado a vida útil da lâmpada, ou seja, segundo definição da Norma de Desempenho da ABNT (NBR 15575:2013), refere-se ao período estimado de tempo em que o sistema atende aos requisitos de desempenho.

Para LEDs, sabe-se que o percentual mantido ao longo da vida é de 70%, normalmente conhecido como L70 para 50.000+ horas. Logo, serão necessários cerca de 11,57 anos (50.000/4.320) para o fluxo alcançar 70% do seu fluxo inicial. Na figura 8, observa-se que em 5 anos, o LLD é de 89%, fator relevante na escolha da nova tecnologia.

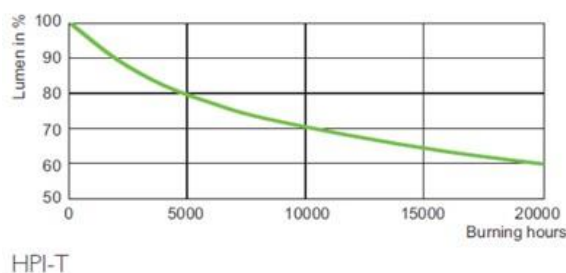


Figura 6: Gráfico de depreciação da lâmpada vapor metálico 250W
Fonte: Catálogo da Philips

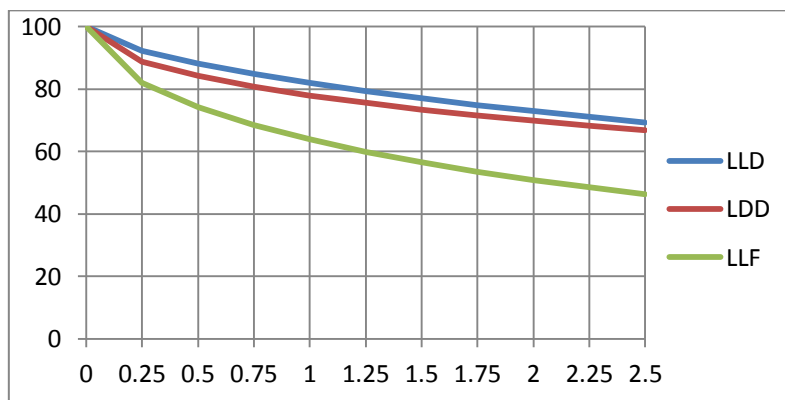


Figura 7: Gráfico de depreciação para lâmpadas Vapor Metálico
Fonte: IES (2011)

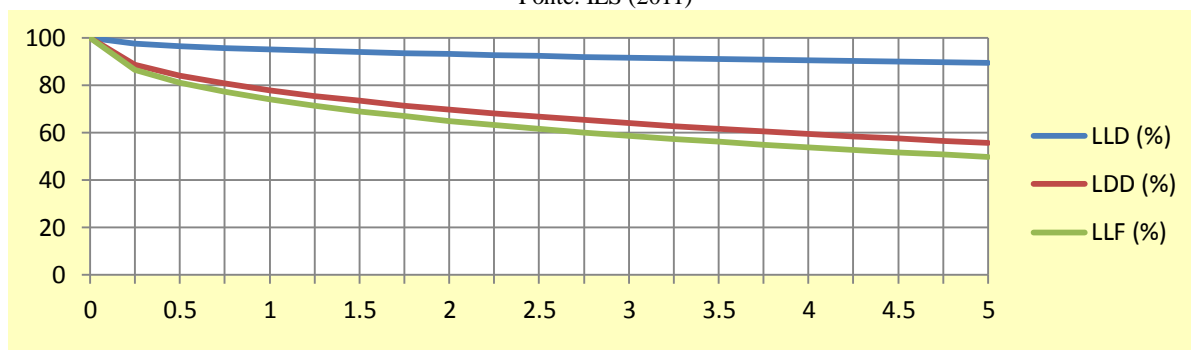


Figura 8: Gráfico de depreciação para luminárias de pista em LED em 5 anos
Fonte: IES (2011)

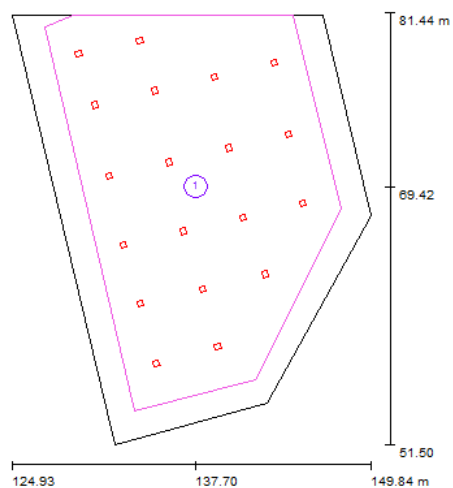
A manutenção também é um fator relevante nesta consideração. A análise da depreciação por sujeira (LDD - Light Dirty Depreciation), foi obtida no IES (p.10.29 – p.10.30, 2011), sendo definido que o ambiente das pistas seria sujo, as luminárias deveriam ser vedadas, sem aberturas superiores e inferiores.

Com base no gráfico da figura 7, observa-se que, com a tecnologia HID, se não houver manutenção periódica pelo menos a cada seis meses, em 2 anos e três meses o fator de depreciação do sistema (LLF – Light Loss Depreciation) será menor do que 50%.

Observa-se também que mesmo com a tecnologia LED, a manutenção periódica é importante. A curva de LLD (depreciação de fluxo luminoso) é irrelevante ao longo de 5 anos entretanto, a falta de manutenção programada levaria o LLF (fator de perda de luz) a percentuais próximos a 50% ao final dos 5 anos analisados. Para que isso não aconteça, faz-se necessário realizar manutenções programadas de pelo menos uma vez ao ano, elevando a curva de LDD (depreciação do fluxo por sujeira), aumentando também o LLF (LLD x LDD) (figura 8).

4.2 Posto Ipiranga – São Gonçalo - Niterói

O posto Ipiranga com tecnologia vapor metálico, situado em São Gonçalo - RJ, foi inaugurado na semana anterior ao dia em que foi realizada a medição (22/06/2012). A medição deste posto foi recomendada por apresentar luminárias novas e recém instaladas, sem apresentar ainda depreciação da vida útil. A pista apresenta iluminação com 19 luminárias de vapor metálico 250W, associadas a reatores de alto fator de potência conforme figura 9, com iluminância média nas medições de 451 lux.



Escala 1 : 341

Lista de superfícies de cálculo

Nº	Denominação	Tipo	Grelha	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superfície de cálculo 1	horizontal	128 x 128	775	208	1402	0.268	0.148

Factor de manutenção: 1.00, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Escala 1:278

Lista de luminárias

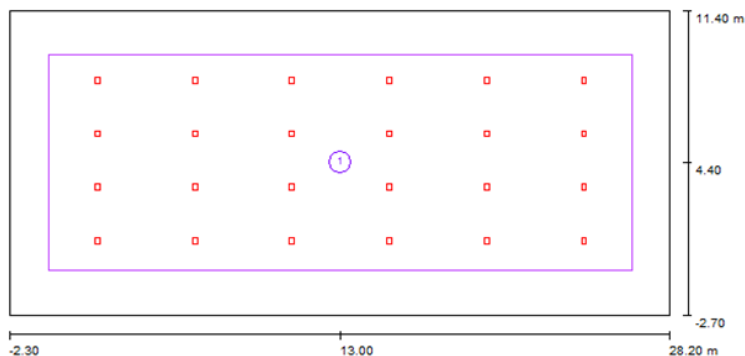
Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	19	MBS 902-1250 (1.000)	17774	25500	271.0
			Total: 337704	Total: 484500	5149.0

Figura 9: Dados luminotécnicos da simulação DEBAIXO da cobertura
Fonte: Simulação Dialux realizada pelos autores

DPI (Densidade de Potência de Iluminação): 13.2W/m² (superfície básica = 389 m²)
P.D. = 4.50m

4.3 Posto Ipiranga – São Cristóvão - RJ

O posto Ipiranga localizado em São Cristóvão, instalou 24 luminárias LED 137W em 2010, substituindo as 12 lâmpadas de vapor metálico 400W existentes. O objetivo na época era avaliar o desempenho da nova tecnologia, mesmo ciente que ainda não se tratava de uma solução economicamente viável. O resultado da medição feita em 2012, aproximadamente 2 anos após a instalação, foi uma iluminância média na pista de 514 lux.



Grelha: 13 x 5 Pontos

E_m [lx]
519

E_{min} [lx]
347

E_{max} [lx]
637

E_{min} / E_m
0.67

E_{min} / E_{max}
0.54

Factor de manutenção: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Escala 1:219

Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	24	Philips BBP300 S32 (1.000)	9272	12320	137.0
			Total: 222535	Total: 295680	3288.0

DPI (Densidade de Potência de Iluminação): 12.24W/m² (superfície básica = 268.65m²)

P.D. = 5.00m

Figura 10: Dados luminotécnicos da simulação **DEBAIXO** da cobertura

Fonte: Simulação Dialux realizada pelos autores

4.4 Discussão sobre medições x simulações

Ao se aprofundar na análise desses postos, foi observado que existe uma grande diferença entre medição e simulação quando se utilizam fontes vapor metálico (HID). Sabe-se que a simulação retrata uma situação perfeita, tanto de lâmpadas, luminárias e características das superfícies. Entretanto, a realidade em campo é bem diferente deste resultado. Duas condicionantes que afetam diretamente esse resultado seriam: a depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas e a depreciação por sujeira das luminárias. Além disso, segundo o IES (2006), existem outros fatores que deverão ser considerados nesta análise, que tratam sobre a operação das lâmpadas HID (High Intensity Discharge), que seriam: variações de reatores e tensão de alimentação, variações de lâmpadas e ótica da luminária.

Os resultados apontados no quadro 1 abaixo mostram que, ao se fazer a simulação do posto com tecnologia vapor metálico, recém inaugurado, percebe-se que a iluminância inicial prevista seria de 775 lux (19 luminárias). Observa-se que os valores iniciais de cálculo são altos em função da grande depreciação de fluxo luminoso e também por conta da sujeira que se acumula ao longo dos 2 anos e três meses de vida útil. Entretanto, existe outra questão relevante que seria o fato da medição (450 lux), realizada no início da vida do sistema, estar muito diferente da simulação (775 lux), levando-se a acreditar que os fatores citados pelo IES (2006), relativos a tecnologia HID, sejam os responsáveis por essa grande diferença.

Quadro 1: Resumo das medições e simulações

Tipo de lâmpada	VAPOR METÁLICO	LED
Medições (Fev/Maio 2012)	450 lux (início de vida)	514 lux (cerca de 2 anos de uso)
Simulação DIALUX Iluminância média mantida	387 lux (Fator de depreciação considerado) 0.5	519 lux (Fator de depreciação considerado) 0.8
Vida Útil do sistema	2,3 anos	11,5 anos
Simulação DIALUX Iluminância inicial	775 lux	650 lux

Ao se comparar com a pista do posto em São Cristovão, com luminárias em LEDs, foi encontrada a iluminância inicial simulada de 650 lux, e a média de 514 lux medida na pista com cerca de dois anos de uso. Nota-se que, ao se comparar com a simulação do software (650 lux), a diferença é bem menor.

Percebe-se que, a partir dessas constatações, a tecnologia LED dará possibilidades de se trabalhar com nível de iluminância inicial menor, quando comparado a lâmpada vapor metálico, devido a maior vida útil e menor depreciação de fluxo luminoso. Além disso, os fatores apontados pelo IES (2006), relativos à tecnologia HID, deixarão de influenciar no sistema.

Sobre a questão custo x benefício, observa-se que o DPI (Densidade de Potência de Iluminação) definido pela ASHRAE ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010 para coberturas determina o valor de 10,80W/m². Numa primeira análise, os postos medidos estariam próximos dessa condição.

Quadro 2: DPI (W/m²)

Localização	Consumo total (W)	Área (m ²)	DPI (W/m ²)
São Gonçalo Vapor Metálico	19 x 271W = 5149	389	13.2
São Cristovão LED	24 x 137W = 3288	268	12.2

Aprofundando essa análise, observa-se que o posto com vapor metálico trabalhou com 19 luminárias x 271W = 5.149 W para alcançar a média simulada de 387 lux. O posto com LED utilizou 24 luminárias x 137 W = 3.288 W para alcançar a média simulada de 519 lux. Percebe-se que, se este posto utilizasse 18 luminárias x 137W, alcançaria a média de 371 lux, e o DPI cairia para o valor de 9,2 W/m², mostrando que a tecnologia LED se tornaria mais eficiente.

Quadro 3: DPI (W/m²)

Localização	Consumo total (W)	Área (m ²)	DPI (W/m ²)	Ilum média (lux) SIMULADA
Vapor Metálico	19 X 271W = 5149	389	13.2	387
LED	24 x 137W = 3288	268	12.2	519
	18 x 137W = 2466		9.2	371

5. CONCLUSÕES

Com relação às recomendações de iluminâncias médias para a pista, o IES destaca a faixa de 200 lux. Após este estudo conclui-se que, ao se mudar de tecnologia, faz-se necessário rever a iluminância atualmente adotada nas pistas, com valores maiores que 500 lux, ocasionando gastos desnecessários com luminárias e energia. Observou-se também que as lâmpadas vapor metálico de fato requerem esses valores devido a depreciação (LLF) e também aos problemas inerentes da tecnologia.

Sugere-se então que as pistas com tecnologia LED iniciem com uma iluminância de 300 lux, que irão se depreciar ao longo dos 11,5 anos de vida útil. Considerando um fator de depreciação de 0.80, pode-se

manter a iluminância em torno de 240 lux, com temperatura de cor entre 3500 a 5000K, estando dentro dos limites do IES (2011). A razão de uniformidade sugerida também pelo IES deverá ser mantida sendo: máx/média de 2:1 e média/mínima 4:1. Para que não haja perdas que possam influenciar esse resultado é importante prever um programa de manutenção e limpeza periódica programada das luminárias, de modo a se manter a proposta inicial de iluminância.

Outra questão importante resultante deste trabalho diz respeito aos ganhos em DPI (W/m^2) ao se utilizar a nova tecnologia. O posto analisado, iluminado com vapor metálico, alcança valor de $13.2W/m^2$ para iluminância média simulada de 387lux. Caso o posto em LED trabalhe com a iluminância próxima a essa, pode chegar, por exemplo, a 370 lux com $9.2 W/m^2$.

Vale ressaltar que a tecnologia LED instalada em 2010 já está ultrapassada. As luminárias LED oferecidas hoje são mais eficientes (100W), e custam 1/3 do que custavam há três anos. Sendo assim, um novo retrofit de iluminação no posto de São Cristovão, com o novo valor proposto de iluminância inicial de 300lux, resultaria em apenas 10 luminárias LED de 100W, do mesmo fabricante, resultando em apenas $3,73W/m^2$. Essa análise mostra que, com a tecnologia LED, os postos podem se tornar mais eficientes, sem perder a qualidade da iluminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 5382** - Verificação de iluminância de interiores, 1985.

ANSI/ASHRAE/IESNA - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings- Lighting and Power Requirements - Standard 90.1, 2010.

IES -The Lighting Handbook - 10th Edition: Reference and Application, 2011.

IESNA LM-61-06. Approved Guide for Identifying Operating Factors Influencing Measured Vs. Predicted Performance for Installed Outdoor High Intensity Discharge (HID) Luminaires, 2006.