

LÂMPADAS DE ALTO RENDIMENTO E SEUS EFEITOS SOBRE MATERIAIS DE ACABAMENTO DE INTERIORES

Guimarães F.G.¹, Silva, F. C.², Oliveira M.C.A.³

^(1,2,3)Laboratório de Conforto Ambiental e Conservação de Energia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Sta. Mônica, B.11/ S. 43, Av. João Naves de Ávila 2160, Uberlândia, 38400-902, MG

e-mail ¹: flavia_guimaraes@bol.com.br; e-mail ²: feracruz@triang.com.br; e-mail ³: marielacao@ig.com.br

A presente pesquisa teve o apoio de bolsa de PIBIC concedida pela FAPEMIG.

RESUMO

Este artigo descreve a experimentação realizada com uma bancada óptica simples, projetada e construída pelos membros do grupo, de forma a visualizar os resultados de uma série de lâmpadas, especialmente as de alto rendimento lumen/watt, e avaliar colorimetricamente seus efeitos luminosos sobre uma seleção de materiais comuns de acabamento de interiores arquitetônicos. Em princípio, o objetivo era o de elaborar quadros comparativos de fácil interpretação para a tomada de decisões por parte de projetistas, que, pela novidade das atuais tecnologias de iluminação artificial, podem não estar familiarizados com os efeitos resultantes. A bancada foi construída e está sucintamente descrita, e os testes realizados, numa primeira etapa, com algumas poucas lâmpadas e materiais. O objetivo da pesquisa, portanto, foi cumprido, registrando-se as diferentes temperaturas de cor e, fotograficamente, as aparências diversas dos materiais sob as várias fontes. Durante seu desenvolvimento, porém, algumas discrepâncias inesperadas surgiram entre os resultados mensurados, visto que o comportamento da luminância e da iluminância nem sempre seguiam fielmente as equações mais usuais, abrindo caminho para futuras pesquisas que esclareçam adequadamente não só as questões observadas como ampliem o leque de amostras testadas.

ABSTRACT

This article describes the experimentation done with a simple optics bench, designed and built by the group members, in order to view the results of a series of light sources, especially ones of high lumen/watt output, on a selection of common interior finish materials, and to evaluate colorimetrically their luminous effect. In principle, the objective was to construct easily interpreted comparative tables for decision-making among design professionals who, due to the novelty of recent artificial lighting technologies, may not be familiarized with the resulting properties. The bench was built and is described, and the tests were realized, in this first phase, with a few lamps and materials. The objective of the research, therefore, was accomplished, having been registered the different color temperatures and, photographically, the various appearances of the materials under the light sources. During its development, however, some unexpected discrepancies appeared within the measured results, since the behavior of luminance and illuminance did not always follow the most usual equations, opening the way for future research that may not only adequately answer the observed disparities but also broaden the range of tested samples.

INTRODUÇÃO

A pesquisa procura especificar numericamente aspectos fotópticos, isto é, aqueles relacionados à percepção de cor pelo sistema visual humano, para materiais de acabamento utilizados habitualmente nas construções. A percepção de uma mesma cor pode ser diferenciada pela utilização de uma fonte de luz artificial diferente. Busca-se, então, estipular esta cor “verdadeira” dada pela incidência de luz proveniente de lâmpadas colóquias para projetos de interiores. Tendo-se como idéia original a verificação destas cores, foi construída uma bancada óptica simples que permitiu, através de ensaios, medir estes efeitos e achar valores específicos, através de medições de cromaticidade, temperatura de cor e desníveis de iluminamento incidentes e refletidos por esses materiais.

O trabalho tem como fundamento o início de um vasto campo de pesquisa, posto que só a construção da bancada poderia ser tida como uma pesquisa em si. Foram utilizadas apenas três cores de tintas para esta amostragem, tido isto como um início para o estudo da relação entre as cores e as lâmpadas utilizadas em espaços internos iluminados artificialmente. Devido à exigüidade de espaço neste artigo, é discutida apenas a metodologia desenvolvida e mostrados alguns dos resultados obtidos, não aprofundando-se na demonstração equacional e nem nos fundamentos colorimétricos utilizados.

Dada à construção da bancada óptica (MOREIRA, 1987), as medições feitas foram fundamentadas em normas da *Commission Internationale de L'Éclairage* (CIE) e nas Normas Técnicas Brasileiras (NTB). Assim, foram utilizados **iluminantes** e **observadores** padronizados, estipulando-se valores médios adotados. A CIE define os padrões como: A, B, C e D, para luz natural, e D50, D65, de 2° e de 10° para luminâncias artificiais, sendo os dois últimos de interesse específico para esta pesquisa. Os observadores D50 e D65 de 2° possuem uma tabela de valores onde se encontram **comprimento de onda** (definida em nanômetros) e **fatores de ponderação**, a fim de se calcular valores tristímulos X, Y e Z, onde Y identifica a luminância e X e Z posicionam a cor numa tabela colorimétrica. Na prática, o método de fatores de ponderação é pouco utilizado, sendo mais comum o uso de **coordenadas de cromaticidade**, pois estas independem da luminância (MUÑOZ, 1987). Neste trabalho, porém, em vista de que será obtida a luminância, será aplicado o método recomendado pela CIE, que é, conforme dito acima, o de fatores de ponderação. Os observadores **Padrão 1931** são válidos para observações feitas sob condições de visualização de 2°, que equivale ao campo visual central, isto é, a ativação de uma área da retina equivalente a 2 radianos de abertura, para experimentos de equiparação de cores. As tabelas para os iluminantes D50 e D65 (NBR 13655, 2001) em 2° serão usadas como parâmetros comparativos para o cálculo de valores tristímulos em intervalos de comprimentos de onda de 10nm e de 20nm.

Em volta do centro do campo visual central, existe uma zona que contém uma combinação de cones e bastonetes, sendo os cones mais sensíveis à cor e os bastonetes mais sensíveis à forma. Supõe-se esta imagem como uma pequena parte do campo visual, dada como uma tarefa visual definida precisamente em cor, luminosidade e forma, situada a 8° para cima e 10° para baixo do centro. O observador de 10° foi criado por volta de 1964 e foi considerado como dado suplementar na equiparação de cores, e usar-se-á sua tabela também como comparação (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Da mesma forma, o ângulo se refere à área afetada da retina, em que a maior abertura ativa um maior número de cones e bastonetes. O espectro visível não provoca apenas a sensação luminosa como também é responsável pela sensação de cor, relativa ao comprimento de onda da radiação recebida. Para cada cor o olho humano reage diferentemente à luminosidade. O comprimento de onda de 555nm, correspondente ao amarelo-esverdeado, resulta na maior acuidade visual, enquanto cores como o vermelho e o roxo, nos extremos da faixa visível, resultam em acuidade visual mínima.

A cor é composta por três variáveis: matiz, saturação e luminância, descrita anteriormente. A matiz permite distinguir uma cor da outra; a saturação ou pureza limita-se a uma determinada matiz correspondendo à cor espectral padrão; à medida que esta cor se aproxima do branco seu grau de saturação diminui, enquanto que, quanto mais próxima do preto, maior será seu grau de saturação. A matiz e a saturação em conjunto formam o cromatismo. Os estímulos de cores propostos pela CIE não são estímulos reais e sim matemáticos. Estes valores tristímulos são representados por curvas em relação aos componentes X, Y e Z, onde a curva de variação Y é igual à curva internacional de luminosidade espectral relativa. Dada uma cor C, ela poderia ser representada por $C = \bar{x}R + \bar{y}G + \bar{z}B$, onde R simboliza o vermelho (*red*), G o verde (*green*) e B o azul (*blue*).

Como estes valores usam uma representação gráfica vetorial (três dimensões), é necessário torná-los viáveis para um diagrama de 2 dimensões. Assim tem-se:

$$x = \frac{\bar{x}}{x+y+z} \quad y = \frac{\bar{y}}{x+y+z} \quad z = \frac{\bar{z}}{x+y+z}$$

$$\text{Sendo : } X + Y + Z = 1$$

Desta forma, serão necessários apenas dois coeficientes tricromáticos para representar qualquer cor do espectro em um diagrama cartesiano. Tendo-se os valores de x e y pode-se representar os valores no diagrama de cromaticidade (MOREIRA, 1987). (Fig. 1).

Na figura 3 observa-se o *spectrum locus* como sendo o lugar geométrico das cores. Esta linha curva também delimita o espectro visível com os respectivos comprimentos de onda (vermelho 700 nm, verde 546 nm e azul 435,5 nm). A reta que liga os pontos iniciais e finais da curva espectral dos comprimentos de onda é denominada de linha púrpura, sendo este o limite de representação geométrica das cores. Pode-se tirar do diagrama também o ponto branco que representa a soma de todas as cores, onde a saturação é nula. Sua coordenada é dada por 0.33; 0.33, também chamada de ponto C, onde representa-se a luz do dia média para um iluminante-padrão tipo C.

Pela fig.3, tem-se a curva de temperaturas de cor. Sendo determinada uma cor L de valores x , y e z estipulados, este ponto no gráfico representa uma cor iluminada pelo observador C de luz-padrão estabelecido pela CIE. Ligando L a C e prolongando a reta até o *spectrum locus* determina-se o ponto O que marca o comprimento de onda da cor estabelecida por L. A reta formada pelo pontos CO representa o lugar geométrico em que as cores poderão ser obtidas pela mistura das cores C e L. A pureza dessa cor é expressa em porcentagem, pela razão entre os comprimentos $CL:CO = CL:(CL+LO)$.

Neste trabalho foi utilizado o Sistema de Medições CIE. Segundo a norma (TB-23,1991) os iluminantes padrão A, B, C, D65 e outros iluminantes D, definidos pela CIE em termos de suas distribuições de potência espectrais relativas, se destinam a representar os seguintes valores. O sistema **CIELAB** esta definido na norma (TB-23,1991) onde o espaço cromático tridimensional aproximadamente uniforme, que se obtém representando em coordenadas retangulares as grandezas L^* , a^* , e b^* definidas pelas equações abaixo, onde X , Y , e Z representam o estímulo de cor considerado, e X_n , Y_n , e Z_n representam um estímulo acromático branco especificado. Com essas variáveis e com equações específicas obtêm-se a **Diferença de cor $L^* a^* b^*$ CIE 1976** (“Diferença de cor CIELAB (ΔH_{ab}^*)”), e a Diferença de Matiz a, b CIE. Este sistema, o mais utilizado para a quantificação e a medição de cor, foi criado em 1976 pela CIE. Ele fornece um espaço mais uniforme da distribuição das cores. A sensação da cor esta baseada em três elementos: claridade (ou luminosidade), tonalidade (ou matiz) e saturação (ou cromaticidade).

O Espaço Cromático $L^* u^* v^*$ CIE 1976 **Sistema CIELUV**, é um espaço cromático tridimensional aproximadamente uniforme que se obtém representando em coordenadas retangulares as grandezas L^* , u^* , e v^* , em que Y , u' e v' representam um estímulo de cor considerado e Y_n , u'_n , v'_n representam um estímulo acromático branco. Os valores correspondentes aproximados de claridade, saturação, croma e matiz podem ser calculados também por equações específicas, tanto quanto a Diferença de cor $L^* u^* v^*$ CIE 1976 (“Diferença de cor CIELUV (ΔE_{uv}^*)”) e a diferença de matiz u, v (CIE 15.2, 1976 e MINGRONE, 1994).

Para indicar de forma consistente as propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz, idealizou-se o índice de reprodução de cores (IRC). A percepção varia segundo o indivíduo e suas experiências anteriores, a avaliação nem sempre corresponde à realidade. Para facilitar o esclarecimento, é costume, entre os fabricantes, a apresentação de uma tabela que informe comparativamente o índice de reprodução de cores, a temperatura de cor e a eficácia ou eficiência luminosa. A reprodução da cor pode ser classificada como índice de reprodução de cor R_a da CIE, o mais comum. Este índice é derivado de um jogo de oito cores, que são iluminadas por uma fonte de luz de referência ($R_a = 100\%$) e a fonte de luz a ser testada. Compara-se visualmente para definir quão próximo a luz de teste reproduz as cores vistas sob a fonte de referência.

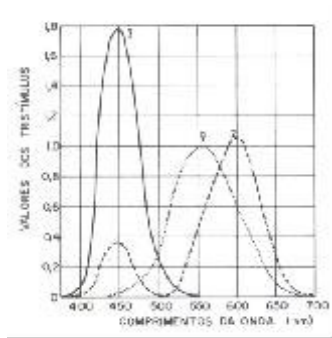


Figura 1 - Comprimentos de onda em relação aos valores trissimulante x, y e z (MOREIRA, 1987).

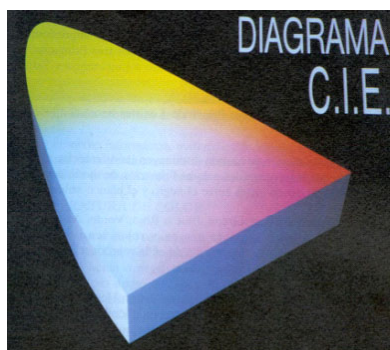


Figura 2 - Aproximação do Gráfico Cromático CIE (MUÑOZ, 1994).

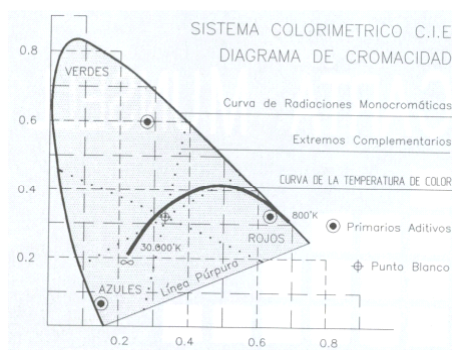


Figura 3 - Sistema Colorimétrico, diagrama de cromaticidade (MUÑOZ, 1994)

A cor da superfície a ser percebida é, obviamente, influenciada pelo conteúdo de cores da fonte luminosa — este efeito é justamente a reprodução da cor. A **Tabela 2** demonstra como uma luz colorida pode realçar ou distorcer a cor dos objetos. É importante que as fontes de luz proporcionem uma reprodução das cores correta de acordo com os objetivos específicos do projeto. Seriam estes, por exemplo, espaços para galerias, residências (sala, cozinha, banheiros, etc.), vitrines, vestiários e museus, entre outros. A luz branca contém as sete cores básicas do espectro, porém nem todas as fontes de luz branca, tais como lâmpadas, luz natural ou solar, contém iguais quantidades de cada cor. A luz do meio dia, por exemplo, apresenta uma distribuição das cores bastante uniforme, enquanto uma lâmpada incandescente contém uma grande quantidade de vermelho e as fluorescentes, que são normalmente deficientes no vermelho, apresentam picos de amarelo, verde e algumas partes de azul.

Tabela 1- Relação entre as lâmpadas e as temperaturas (PEREIRA e Souza, 2000).

Tipo de local e atividade	Cor da Lâmpadas		
	Fria	Neutra	Quente
Salas de aula			X
Ginásios		X	
Garagens	X	X	
Imprensa	X		
Indústrias em geral		X	
Galerias de arte			X
Oficinas		X	
Restaurantes			X
Salas de Reunião			X
Fachadas de Edifícios	X	X	

Tabela 2– Influencia da cor da luz na cor dos objetos (PEREIRA e Souza, 2000).

Cor do objeto	Cor da luz			
	Amarelo	Vermelho	Azul	Verde
Amarelo	Amarelo brilhante	Laranja avermelhado	Marrom claro	Amarelo limão
Vermelho	Laranja brilhante	Vermelho brilhante	Vermelho azulado	Vermelho amarelado
Azul	Púrpura claro	Púrpura escuro	Azul brilhante	Azul verdoso
Verde	Verde amarelado	Verde oliva	Azul verdoso	Verde brilhante

A cor da radiação pode ser definida de acordo com a temperatura do emissor, isto é, a temperatura que um corpo negro deverá atingir para emitir um espectro similar ao da fonte de luz – temperatura, em K, da cor correlata. Como se sabe, qualquer corpo, ao ser aquecido, emite radiação eletromagnética, cujo comprimento de onda depende da temperatura do emissor. Quando estas temperaturas variam até 600K, estes comprimentos de onda são maiores que os da faixa visível. Com o aumento da temperatura, o espectro move-se para a porção visível. Em torno de 6000 K (radiação solar) a emissão está centrada na banda visível. Cabe salientar que a referência feita a cores quentes ou frias (quanto a sua aparência) tem significado inverso ao da temperatura da cor. Isto é o vermelho “quente” tem na verdade a menor temperatura de cor, enquanto o azul “frio” é emitido pelos corpos à mais alta temperatura. As fontes de luz podem ser divididas, com certa aproximação, de acordo com sua aparência de cor e temperatura de cor correlata. A **Tabela 1** mostra alguns valores aproximados para as cores quando as dividimos em quente, neutra e fria (Pereira e Souza, 2000).

METODOLOGIA

Para a obtenção dos valores fotométricos, foi primeiramente feita a montagem da bancada, atividade que ocupou o tempo relativo à primeira parte da pesquisa. Em seguida, as amostras foram submetidas à medições. Estas foram realizadas no ambiente fechado do laboratório de fotografia da UFU, ou seja sem interferência de nenhuma outra fonte de luz senão a de teste. Primeiro foram feitas sete medições de luz refletida sobre cada amostra de tinta nas cores branco gelo, branco neve e vermelho e seis da luz emitida diretamente por cada lâmpada: a incandescente 100W/220V, a halógena dicrômica 50W/12V, a halógena dicrômica com soquete E27, 50W/127V e, por último, a fluorescente compacta 26W/127V. Foram medidas a luminância, a iluminância, a temperatura de cor nominal e as coordenadas X e Y, com as quais achou-se a temperatura de cor corrigida pelo gráfico da CIE. Para cada lâmpada e cada amostra de material de acabamento as medições foram feitas à 70, 120 e 190 cm de distância da fonte de luz. Os aparelhos utilizados foram o kelvenômetro, que mediu a temperatura de cor nominal, X e Y e a iluminância (lx), e o luminancímetro para a luminância (cd/m^2).

Tabela 3- Temperatura da cor correlata da luz colorida (PEREIRA e SOUZA, 2000).

Cor da Luz	Temperatura da cor correlata (K)
Vermelho	800 – 900
Amarelo	3.000
Branco	5.000
Azul	8.000 – 10.000
Azul brilhante	60.000 – 100.000

Tabela 4 – Aparência de cor (PEREIRA e SOUZA, 2000).

Aparência de cor	Temperatura de cor correlata (K)
Fria: Branca-azulada	> 5.000
Intermediária: Branca	3.000–5.000
Quente: Branca-avermelhada	< 3.000

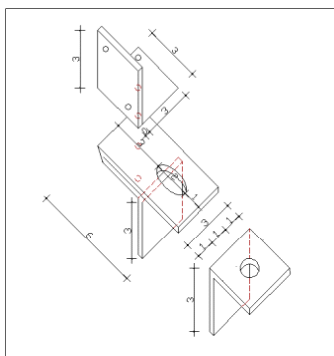


Figura 4 - Peças componentes da bancada óptica.

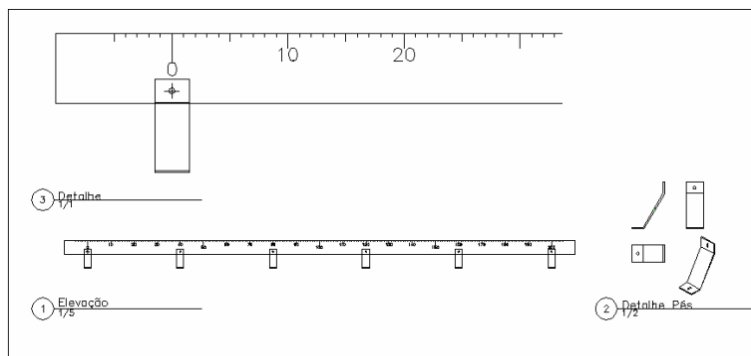


Figura 5 – Régua da bancada com graduação em centímetros.

Viu-se que os aparelhos, apesar de calibrados, são extremamente instáveis, resultando em valores as vezes bastante variáveis em pequenos intervalos de tempo sob condições idênticas. Para obter resultados de alguma coerência, acharam-se os valores médios estatísticos simples dos dados obtidos, retirando-se as medidas de maior e de menor valor de cada ensaio. Com estes resultados, criaram-se duas tabelas. A primeira contém os valores médios das características dos materiais testados e o valor corrigido da temperatura de cor, com fotos das amostras; a segunda é dos valores médios da temperatura de cor nominal e temperatura de cor corrigida pelo gráfico CIE.

A bancada construída consta de uma régua de 2,10m de aço, graduada em centímetros, pintada com tinta preta esmaltada fosca para reduzir a influência de luz refletida sobre os materiais testados. As peças de suporte dos soquetes das lâmpadas e dos absorvedores de luz divergente são de madeira compensada, aparafusadas em peças metálicas projetadas de forma a permitir movimentação, para centralização da fonte de luz com o eixo da amostra, e rotação, quando necessária. Estas são apoiadas na régua, que por sua vez é sustentada por pés metálicos afixados a uma prancha de compensado.

RESULTADOS

As tabelas a seguir demonstram a formatação de apenas alguns dos resultados obtidos, de acordo com tipo de lâmpada, material sendo testado e distância da fonte à superfície iluminada, sendo divididas em: 1) valores médios; 2) temperaturas de cor das tintas testadas; 3) temperaturas de cor das lâmpadas.

**Tabela 5 – Temperatura de cor da lâmpada dicróica 50W/ 12V
Tinta Branco Gelo**

Distância	Iluminância	X	Y	Temp. de cor	Luminância
0,7	579	0,45	0,42	2698	275
1,2	216	0,45	0,42	2654	182
1,9	83	0,46	0,41	2618	60
Tinta Vermelha					
0,7	124	0,65	0,33	1600	55
1,2	90	0,57	0,36	2034	159
1,9	45	0,53	0,38	2258	22
Tinta Branco Neve					
0,7	1184	0,44	0,43	2780	1217
1,2	258	0,45	0,42	2732	279

Tabela 6 - Temperatura de cor da amostra de Tinta Acrílica Branca Gelo, distância 1,20 m.

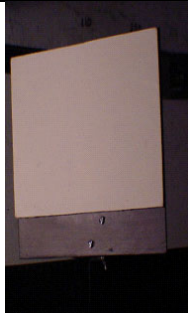
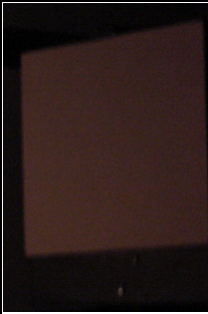

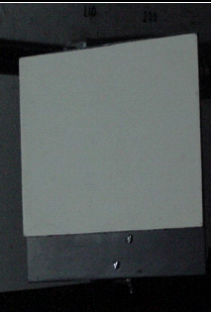


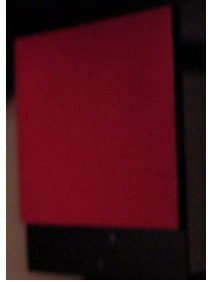
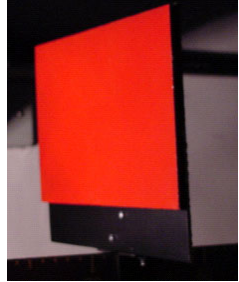
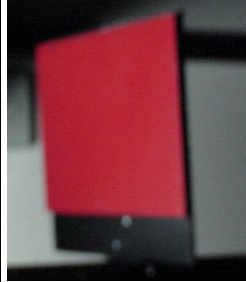
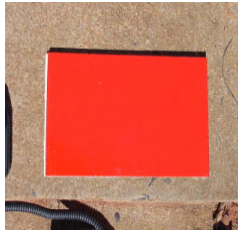
Tinta Acrílica, Branca Gelo Fosco	Dicróica 50W – 12V	Dicróica 50W –E27 127V	Incandescente 100W – 220V	Fluorescente Compacta 26W – 127V
Distância (m) 1.20				
Foto dia 	Temp. Cor Nominal 2654 K	Temp. Cor Nominal 2612 K	Temp. Cor Nominal 2592 K	Temp. Cor Nominal 5280 K
Temp. Cor Nominal Luz Natural (16:00) 4500 K	Temp. Cor Corrigida 2900 K	Temp. Cor Corrigida 2780 K	Temp. Cor Corrigida 2800 K	Temp. Cor Corrigida 5600 K

Tabela 7 - Temperatura de cor da amostra de Tinta Esmaltada Vermelha, distância 0,70 m.

Tinta Sintética, Vermelha	Dicrónica 50W – 12V	Dicrónica 50W –E27 127V	Incandescente 100W – 220V	Fluorescente Compacta 26W – 127V
Distância (m) 0.70				
Foto dia 	Temp. Cor Nominal 1600 K	Temp. Cor Nom. 1628 K	Temp. Cor Nominal 2756	Temp. Cor Nominal 2916
Temp. Cor Nominal Luz Natural (16:00) 3430 K	Temp. Cor Corrigida *****	Temp. Cor Corrigida *****	Temp. Cor Corrigida 2850 K	Temp. Cor Corrigida 2050 K

CONCLUSÃO

A construção da bancada óptica permitiu a realização de várias medições mas, em alguns casos, os resultados apresentaram um comportamento randômico. Notadamente, obtiveram-se resultados não esperados e de valor irregular nos casos de iluminância e de luminância, alternadamente, enquanto que, pela teoria equacional de redução quadraticamente proporcional do fluxo em função da distância da fonte, teriam que seguir uma sintônia de valores sequenciais. Observa-se que as lâmpadas halógenas apresentam esse comportamento na distância relativamente pequena de 0,70m, provavelmente devido às suas características de concentração do feixe de luz emitido, enquanto tendem a ter um comportamento razoavelmente previsível a partir de 1,20 m. Conclui-se que, com a proximidade da superfície, a intensidade luminosa, dependente do ângulo sólido, interfira nos resultados à pequena distância, quando o ângulo sólido fica reduzido. Seu fluxo também pode sofrer com a variação da tensão da rede do laboratório, na maioria das vezes imperceptível ao olho humano, mas registrável nos aparelhos de medição. As dicróicas 50W/12V e a 50W/127V obtiveram seus melhores resultados quando utilizadas à distância aproximada de 1,20 m.

Outra situação que apresentou medições não esperadas foi a de luminância da superfície vermelha sob a luz da lâmpada fluorescente compacta. Esta, apesar de emitir uma luz difusa, provoca reflexos fortes pontuais em certas partes da amostra na superfície de cor viva, o que torna difícil obter valores constantes durante a mensuração. É possível que isto se deva à composição da tinta vermelha utilizada, que poderá conter elementos que tornam sua superfície microscopicamente irregular. A fluorescente compacta 26W/ 127V usada nos ensaios deu bons resultados à pequenas e médias distâncias. Outras tintas vermelhas serão testadas no futuro.

As medições proporcionaram resultados concretos, tais como a temperatura de cor dos materiais e das lâmpadas testados, mas abriu também novos caminhos para pesquisa. Dos resultados obtidos, consegue-se, inicialmente, uma relação entre as temperaturas de cor e as cores abordadas, que fica visível na leitura das tabelas. Estes valores possuem um coerência entre os valores do aparelho e as temperaturas de cor corrigidas, o que demonstra uma maior fidelidade dessas medições. Previamente à finalização dos quadros, porém, os testes foram refeitos para obter confirmação, obtendo-se os mesmos resultados.

Conclui-se que a tinta sintética branca gelo na luz do dia sob um iluminamento de 20.570 lx teve a sua temperatura de cor a 4500K, o que caracterizou uma aparência de cor intermediária (branca). No laboratório, a mesma amostra foi medida sob a lâmpada incandescente dicrónica 50W/12V, que obteve, a 0,70 e a 1,20 m, uma temperatura de cor de 2900K e à 1,90 m, de 2700K, o que a classificou como tendo aparência de cor quente (branca-avermelhada). Com a dicrónica 50W/127V, sua temperatura não passou de 2900K para as três distâncias. Já com a lâmpada fluorescente compacta, às três distâncias, a

aparência de cor das amostras foram maiores que 5000K (6250K, 5600K e 5400K, respectivamente) caracterizando uma aparência de cor fria (branca-azulada).

A tinta esmaltada vermelha teve um iluminamento de 10425lx e uma temperatura de cor de 3430K, tendo uma aparência de cor também intermediária (branca) diante da luz natural. A 0,70 e a 1,20 m, nas medições com as lâmpadas dicróicas 50W/12V e 50W/127V, não foi possível achar uma temperatura de cor corrigida pelo gráfico CIE, devido aos reflexos pontuais citados anteriormente, mas, segundo os resultados das medições feitas diretamente no laboratório, ela variou de 1600K a 2216K. A dicróica 50W/127V à 1,20 m já foi, pelo gráfico CIE, de 2500K. Todas elas apresentam uma aparência de cor quente (branca-avermelhada) e a lâmpada incandescente repete essa mesma aparência de cor, chegando a uma mínima de 2278K e máxima de 2850K. A lâmpada fluorescente compacta já apresenta uma temperatura de cor que varia a 0,70 m de 2050K até 5600K a 1,90 m de distância, variando assim também a sua aparência de cor que vai de quente (branca-avermelhada) a fria (branca-azulada).

Por último, a análise da amostra da tinta acrílica branca neve teve um iluminamento de 26500lx e uma temperatura de cor na luz natural de 4950K, sendo que na distância de 0,70 m na lâmpada dicróica 50W/12V, apresentou uma temperatura de cor de 3150K, com aparência de cor intermediária (branca), e a 1,20 e a 1,90 m, uma aparência de cor quente, pois sua temperatura foi de 2900K. Nas lâmpadas dicróica 50W/127V e incandescente, tanto à 0,70, 1,20 e 1,90 m, sua aparência de cor foi intermediária pois suas temperaturas variaram entre 2260K à 2900K. Quanto à lâmpada incandescente, surpreendentemente, esta manteve sua temperatura de cor acima de 5600K e abaixo de 6700K, dando uma aparência de cor fria (branca-azulada).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MINGRONE, A.C., (1994). **Iluminação: Importância e Metodologia de Aplicação na Arquitetura**. Tese de Mestrado, USP.
- MOREIRA, V. A., (1987) **Iluminação e fotometria: teoria e aplicação**. Edgar Blücher. São Paulo.
- MUÑOZ, J.F., (1994) **Instalaciones de Iluminación em la Arquitectura**. Valladolid: Universidad de Valladolid. Salamanca.
- PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B (2000). **Iluminação**. Apostila. Florianópolis.
- VIANNA, N.S. & GONÇALVES, J.C.S; (2001) **Iluminação e Arquitetura**. Virtus, São Paulo.
- TB-23 (Dez /1991): **Iluminação**.
- NBR NM-ISO-13655 (Out/2001): **Tecnologia gráfica – medição espectral e cálculo colorimétrico para conteúdos originais em artes**.